

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Sobrevivencia en Tres Plantaciones de Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) en
Diferentes Condiciones en el Noreste de Coahuila

Por:

HERLIN ANTELMO BARTOLOMÉ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Sobrevivencia en Tres Plantaciones de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en
Diferentes Condiciones en el Noreste de Coahuila

Por:

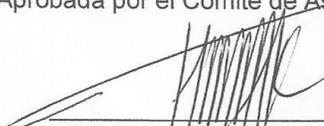
HERLIN ANTELMO BARTOLOMÉ HERNÁNDEZ

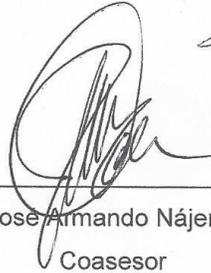
TESIS

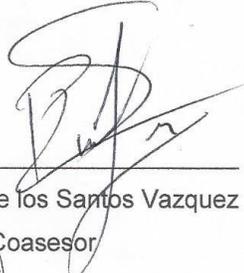
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

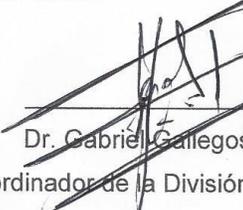
INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal


M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor


Ing. Rodolfo de los Santos Vazquez
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2017

El presente trabajo de tesis fue apoyada por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38-111-425103001-2192 como responsable el Dr. Celestino Flores López.

Así como del apoyo de la empresa Multiceras S.A. de C.V. bajo supervisión del Ing. Rodolfo de los Santos Vazquez.

DEDICATORIA

A mis abuelos Pedro Bartolomé Gálvez † y Cándida Roblero Zunun † (paternos) y Jesús Hernández Chávez y Adamina Hernández Borrallés † (maternos).

A mis padres Antelmo Bartolomé Roblero y Olga Hernández Roblero quienes han sido padres sabios, me han formado con disciplina, amor y firmeza el cual me servirá para una vida con valores y principios, gracias a ustedes he podido realizar mis estudios, han sido la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor. Los quiero mucho.

A mis hermanos Jenry Alexander Bartolomé Hernández, Milania Hernández Roblero y Yadira Guadalupe Bartolomé Hernández por ser seres especiales, ser los primeros amigos que tuve, me han llenado de felicidad en todo momento. Los llevo en mi corazón gracias por su cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y acompañarme en todo momento, me has llenado de salud y amor, gracias por la mejor familia y por darme la oportunidad de terminar mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios así como el apoyo y facilidades para la realización de la investigación.

Al Dr. Celestino Flores López un gran académico de la universidad, que fue parte de esta valiosa investigación, su apoyo incondicional, entusiasmo, orientación, sugerencias y comentarios fueron de gran valor. Con quien quedo enormemente agradecido, por ser al asesor de esta investigación.

Al M.C. José Armando Nájera Castro por la disposición brindada para la revisión del escrito, sus correcciones y aportaciones contribuyeron a mejorar la versión final de la tesis.

Al Ing. Rodolfo de los Santos Vazquez quien fue el me introdujo a esta investigación. Su apoyo incondicional, sugerencias y comentarios fueron de gran valor para la terminación de este trabajo.

Al M.C. Antonio Ilizaliturri Verastegui por su amistad y haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo los análisis de suelos propuestos en esta investigación.

A mis amigos de la generación CXXIII en especial a Isidro David Hernández, Luis Enrique Mendoza, Miguel Ángel Pérez, Carlos Daniel Velasco, Pablo Marroquín, María del Socorro Méndez, Mixer Mejía, Aldren Hilario Pérez, Hermilo Gabriel Díaz, Luis Enrique García y Oliver Gómez, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMEN..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivo General..... | 3 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 3 |
| 1.2.1 Hipótesis..... | 3 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Descripción de la candelilla..... | 4 |
| 2.1.1 Taxonomía de la candelilla..... | 4 |
| 2.1.2 Hábitat y distribución de la candelilla..... | 5 |
| 2.2 Aprovechamiento de la candelilla..... | 5 |
| 2.3 Uso de la candelilla..... | 6 |
| 2.4 Plantaciones de candelilla..... | 7 |
| 2.4.1 Importancia de las plantaciones de candelilla..... | 7 |
| 2.4.2 Establecimiento de plantaciones de candelilla..... | 7 |
| 2.4.3 Técnicas de plantaciones de candelilla..... | 8 |
| 2.5 Estudios en plantaciones de candelilla..... | 8 |
| 2.5.1 Condiciones..... | 8 |
| 2.5.2 Variables evaluadas..... | 9 |
| 2.5.3 Supervivencia..... | 10 |
| 2.6 Problemas de salinidad en plantas..... | 11 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 12 |
| 3.1 Localización del área de estudio..... | 12 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2 | Descripción del área de estudio | 13 |
| 3.3 | Tipo de muestreo | 14 |
| 3.4 | Evaluación de sobrevivencia y variables evaluadas | 16 |
| 3.4.1 | Evaluación de salinidad..... | 17 |
| 3.4.2 | Generación de mapa de contorno de sobrevivencia | 18 |
| 3.5 | Análisis estadístico de comparación | 20 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 4.1 | Sobrevivencia en plantaciones de candelilla..... | 21 |
| 4.1.1 | Mapas de contorno de porcentaje de sobrevivencia por plantación.... | 21 |
| 4.1.2 | Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia, así como las variantes de sobrevivencia de plantas de candelilla..... | 25 |
| 4.1.3 | Comparación de las tres plantaciones de candelilla..... | 40 |
| 5 | CONCLUSIONES | 41 |
| 6 | RECOMENDACIONES..... | 42 |
| 7 | LITERATURA CITADA | 43 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Puntos centrales de referencia de las plantaciones de candelilla..... | 13 |
| Cuadro 2. Descripción de las plantaciones de candelilla evaluadas | 14 |
| Cuadro 3. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco, municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila, fecha de toma de datos del 14 al 16 de diciembre de 2015. | 18 |
| Cuadro 4. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas, municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, fecha de toma de datos del 18 al 20 de marzo de 2016..... | 19 |
| Cuadro 5. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral, municipio de General Cepeda, Coahuila, fecha de toma de datos del 5 al 10 de diciembre de 2015..... | 19 |
| Cuadro 6. Conductividad eléctrica y pH de la plantación San Antonio del Jaral y plantación aledaña del municipio de General Cepeda, Coahuila. | 22 |
| Cuadro 7. Comparación de porcentajes de sobrevivencia de medias de las tres plantaciones de candelilla..... | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Ubicación de puntos centrales de referencia de las plantaciones de candelilla bajo estudio en el estado de Coahuila | 12 |
| Figura 2. Ubicación de sitios muestreados de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 15 |
| Figura 3. Ubicación de sitios muestreados de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila..... | 15 |
| Figura 4. Ubicación de sitios muestreados de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 16 |
| Figura 5. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 22 |
| Figura 6. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 23 |
| Figura 7. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 24 |
| Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 25 |
| Figura 9. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 26 |
| Figura 10. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 26 |
| Figura 11. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 27 |
| Figura 12. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 27 |

| | |
|--|----|
| Figura 13. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 28 |
| Figura 14. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 28 |
| Figura 15. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 29 |
| Figura 16. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila. | 29 |
| Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila..... | 30 |
| Figura 18. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 31 |
| Figura 19. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 31 |
| Figura 20. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 32 |
| Figura 21. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 32 |
| Figura 22. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 33 |

| | |
|---|----|
| Figura 23. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 33 |
| Figura 24. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 34 |
| Figura 25. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. | 34 |
| Figura 26. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 35 |
| Figura 27. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 36 |
| Figura 28. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 36 |
| Figura 29. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 37 |
| Figura 30. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 37 |
| Figura 31. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 38 |
| Figura 32. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 33. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila..... | 39 |
| Figura 34. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila..... | 39 |

RESUMEN

La candelilla es uno de los recursos naturales más importantes del norte de México, tanto para los pobladores de la región como subsistencia y para diversas industrias nacionales e internacionales en el proceso de la cera. El presente estudio tiene como objetivo comparar el porcentaje de sobrevivencia de tres plantaciones de candelilla y las causas de mortalidad de la planta. Se realizó la evaluación y comparación de sobrevivencia en tres plantaciones en los municipios de Cuatro Ciénegas, Parras de la Fuente y General Cepeda. La evaluación se realizó por medio de un muestreo por conglomerados de una etapa, en él se establecieron sitios cuadrados permanentes de 400 metros cuadrados (20 x 20 m), tomando un tamaño de muestra de 40 sitios por plantación. Las plantaciones presentan diferencias de altitud, fecha de plantación y tipo de vegetación. Para la evaluación de la sobrevivencia de los sitios se hizo el conteo de plantas existentes tanto vivas o muertas. Posteriormente a cada planta se hizo el conteo de tallos muertos, tallos con crecimiento apical, tallos sin crecimiento apical, tallos con rebrotes laterales y tallos con rebrotes subterráneos, para obtener el porcentaje de sobrevivencia de cada plantación. La plantación San Antonio del Jaral del municipio de General Cepeda presentó mayor mortalidad con 65% de sobrevivencia en donde se encontraron plantas muertas en cuencas cerradas, con grado de salinidad (Conductividad eléctrica, CE) altos que fueron de 4-9 dS/m (deciSiemens por metro), se interpreta como una causa de mortalidad de las plantas; La plantación Lucio Blanco del municipio de Cuatro Ciénegas presentó un 92% de sobrevivencia, mientras que la plantación Las Ánimas del municipio de Parras de la fuente presentó un porcentaje de 98% de sobrevivencia, siendo estas las plantaciones con mayor sobrevivencia. Además presentaron mayor número de tallos con crecimiento apical, mayor número de rebrotes laterales y subterráneos.

Palabras clave: candelilla, sobrevivencia, salinidad, plantación.

ABSTRACT

The candelilla is one of the most important natural resources of the north of Mexico, for the people of the region as well as for subsistence and for diverse national and international industries in the process of the wax. The present study aims to compare the percentage of survival of three plantations of candelilla and causes of mortality of the plant. The evaluation and comparison of survival in three plantations were performed in the municipalities of Cuatro Ciénegas, Parras de la Fuente and General Cepeda. The evaluation was conducted by means of a one stage cluster sampling, where permanent square sites of 400 square meters (20 x 20 m) were established, taking a sample size of 40 sites per plantation. Plantations show differences in altitude, planting date and type of vegetation. For the evaluation of the survival of the sites was counted of existing plants both alive and dead. After each plant was counted dead stalks, the stems with apical growth, stems without apical growth, stems with lateral shoots, stems with underground shoots, to obtain the percentage of survival of each plantation. The San Antonio del Jaral plantation in the municipality of General Cepeda presented higher mortality with 65% survival where dead plants were found in closed basins with high salinity (EC), which were of 4-9 dS / m (DeciSiemens per meter), is interpreted as a cause of plant mortality; The Lucio Blanco plantation in the municipality of Cuatro Ciénegas presented a 92% survival rate, while the Las Ánimas plantation in the municipality of Parras de la Fuente showed a 98% survival rate, being the plantations with the greatest survival. They also showed a higher number of stems with apical growth, more lateral and subterranean regrowths.

Keywords: Candelilla, survival, salinity, plantation.

1 INTRODUCCIÓN

México, por su ubicación geográfica se encuentra dentro del cinturón de las zonas áridas. Consecuencia de esto, es que el 51 % del territorio es considerado por los especialistas como zona árida (Medellín-Leal, 1986). Las zonas áridas y semiáridas se extienden por más del cincuenta por ciento del territorio de México; se caracterizan por la irregularidad de la precipitación y temperaturas extremas. El problema principal en las zonas áridas es la escasez de agua; sin embargo, sostienen una diversidad vegetal con alrededor de seis mil especies, que permiten a los habitantes de esas zonas contar con gran variedad de plantas adaptadas por miles de años a las drásticas condiciones impuestas por la aridez (Gómez, 2011).

Estos organismos vegetales se enfrentan a condiciones ambientales extremas como es la sequía, que les obligan a desarrollar adaptaciones morfofisiológicas (Granados-Sánchez *et al.*, 1998). Especies que se han desarrollado en ambientes limitantes en agua disminuyen su velocidad de crecimiento, su transpiración, su eficiencia fotosintética; reorganizan la distribución de sus nutrientes, dándole prioridad a la formación de las semillas para garantizar su reproducción y consecuente descendencia, todo ello para disminuir su gasto energético (Covarrubias, 2007).

Dentro de las especies que se han adaptado a las condiciones de sequias esta la candelilla, este es un arbusto perenne de entre 20 y 110 cm de altura compuesto por tallos rectos de color verde pálido, con pocas hojas muy pequeñas. Como medio de defensa contra el calor, toda la planta se reviste de una capa cerosa, la cual impide la desecación de sus tejidos por evaporación excesiva (Canales *et al.*, 2006). La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) es una planta nativa de México y del suroeste de los estados unidos; en México abarca una superficie mayor a los 14 millones de hectáreas (Villa, 1981).

La candelilla representa una importante fuente de ingresos para las comunidades de zonas semidesérticas consideradas como de extrema pobreza. Sin embargo, existe

una sobreexplotación de esta especie, lo que hace necesario la reforestación para la conservación de este recurso (Villa-Castorena *et al.*, 2010).

Para reforestar en menos tiempo las áreas degradadas, una estrategia es la producción de plántulas de candelilla mediante semilla y partes vegetativas en condiciones de vivero, para la obtención de plantas en forma masiva. En el estado de Coahuila del 2002 al 2011 se logró reforestar una superficie de 97,903 ha. A través de material vegetativo de candelilla, principalmente en los municipios con mayor producción de candelilla (CONAFOR-SEMARNAT [S.F.]).

A través de diferentes años realizando esfuerzos por reforestar cada vez mayores superficies de terrenos forestales en Coahuila, se ha observado que el éxito del establecimiento de las plantaciones van decreciendo a menos del 70% de sobrevivencia, lo que hace demasiado costoso el esfuerzo a las diversas entidades involucradas, tales como la SEMARNAT, CONAFOR, SEDENA, así como otras organizaciones participantes y los mismos poseedores que realizan las reforestaciones (CONAFOR, 2005).

A pesar de la importancia económica de la candelilla existe un gran desconocimiento sobre la planta, aspectos fundamentales de la biología en términos de producción, sobrevivencia y conservación, lo que eventual vulnera su permanencia debido a prácticas inadecuadas de manejo.

El objetivo del presente estudio es conocer algunos factores bióticos y edafológicos que interactúan en las plantaciones de candelilla, para obtener información más acertada de las condiciones físicas de los terrenos al momento del establecimiento de una reforestación o plantación de candelilla. Se realizó la evaluación y comparación de sobrevivencia en tres plantaciones de candelilla en el estado de Coahuila por ser el estado líder de producción de cera. Las plantaciones se encuentran en los municipios de Cuatro Ciénegas, Parras de la Fuente y General Cepeda, éstas fueron establecidas en diferentes fechas y diferentes condiciones físico ambientales.

1.1 Objetivo General

- Comparar el porcentaje de sobrevivencia de tres plantaciones de candelilla y las posibles causas de mortalidad.

1.2 Objetivos Específicos

- Estimar los porcentajes de mortalidad y sobrevivencia así como la distribución de los porcentajes de sobrevivencia en la plantación.
- Comparar los porcentajes de sobrevivencia entre plantaciones.
- Analizar el efecto de la salinidad del suelo como posible causa de la mortalidad de plantas.
- Analizar las técnicas utilizadas en el establecimiento de plantaciones como posibles efectos en la sobrevivencia y/o mortalidad de plantas.

1.2.1 Hipótesis

Ho: El porcentaje entre las plantaciones de candelilla es diferente bajo las condiciones establecidas.

Ha: El porcentaje entre las plantaciones de candelilla no es diferente bajo las condiciones establecidas.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la candelilla

2.1.1 Taxonomía de la candelilla

Euphorbia antisyphilitica Zucc. Pertenece a la familia Euphorbiaceae, cuyos integrantes se caracterizan por ser parecidos a los cactus, pero con la diferencia de que producen látex. La especie crece en el semidesierto mexicano, y se conoce con el nombre de candelilla. La cual presenta tallos largos y erectos de color verde grisáceos, con la particularidad de que en su parte externa producen un material ceroso que le sirve de protección contra el ataque de hongos, insectos y bacterias, pero principalmente, contra el clima extremo del semidesierto (Rojas *et al.*, 2011). La candelilla es una planta subarborescente que puede medir de 30 a 70 cm de altura, con un tallo principal subterráneo, paralelo al suelo, cilíndrico y grueso, generalmente más oscuro que el resto de la planta, del cual nacen grupos de abundantes raicillas adventicias en diferentes partes del rizoma, que funcionan como elementos de propagación vegetativa. Además posee numerosos tallos aéreos, erectos no ramificados, cilíndricos, amacollados (que crecen en manojos) y de color verde glauco, que se revisten de una exudación cerosa que protege a la planta de la desecación a que está expuesta debido a la aridez del clima en que se desarrolla (Cervantes, 2002).

La Candelilla es un arbusto perenne de 90 y hasta 110 cm de cobertura, formado por tallos cuya altura es de 20 a 80 cm o un poco más, tallo principal subterráneo y procumbente, cilíndrico y grueso, generalmente más oscuro que el resto de la planta, con gran cantidad de raicillas adventicias que nacen por grupos en diferentes partes; presenta tallos más delgados, numerosos, solitarios y erectos que emergen, semejantes a “varas” de color verde glauco debido a la capa de cera que los cubre, de tramo en tramo se observan nudosidades; su ramificación es simpódica. Los rebrotes son de color verde pálido con tintes rojizos en algunas partes; mientras que las “varas” maduras son verdes más oscuro (INIFAP-SEMARNAT [S.F.]).

2.1.2 Hábitat y distribución de la candelilla

La candelilla es una planta característica del matorral xerófilo. Crece en condiciones de clima y suelo extremadamente pobres, su principal área de distribución se ubica en el Desierto Chihuahuense, aunque se ha registrado en Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Hidalgo, Guanajuato, Puebla, Querétaro y Oaxaca (SAGARPA-INIFAP, 2012). La candelilla se distribuye en Castaños, General Cepeda, Ramos Arizpe, Saltillo y San Pedro, Coahuila; Nazas, Durango; Tehuacán, Puebla; Cedral, Guadalcázar, Matehuala y Villa Guadalupe, San Luis Potosí; Miquihuana, Tamaulipas (INIFAP-SEMARNAT [S.F.]).

La candelilla rara vez forma poblaciones puras, por lo general se asocia con diversas plantas de los ecosistemas áridos donde habita. Esta especie prospera en varios tipos de vegetación del semi-desierto mexicano. Se presenta en el llamado matorral inerme, que es una comunidad vegetal formada en más del 70% por plantas sin espinas, en donde se asocia con especies como la gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), el hojasén (*Flourensia cernua* DC.), la hierba del burro (*Franseria dumosa* Gray) y la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), entre otras (CITES, 2009).

El estado de Coahuila produce alrededor del 80% del volumen total de cera de candelilla que se comercializa mundialmente; por tal motivo, los principales esfuerzos orientados a la reforestación de la candelilla se han concentrado en esta región (Instituto de la Candelilla, 2013), las áreas con potencial de distribución de candelilla, lechuguilla y orégano; de acuerdo a la aptitud del estado de Coahuila (Alto y Medio). Señala que en una superficie de aproximadamente 21,517 km² la candelilla tiene un potencial alto de distribución representando un 14.28% de la superficie total del estado, mientras que el área ocupada con medio potencial para distribución es de 53,697 km² lo que representa un 35.64 % (Cisneros, 2015).

2.2 Aprovechamiento de la candelilla

El descubrimiento y uso de candelilla se debe a los indígenas prehispánicos del norte de México, quienes extraían cera cruda hirviendo los tallos en recipientes de barro

y después era mezclada con colorantes con fines ornamentales. La técnica de extracción de la cera de candelilla tiene casi un siglo de que fue diseñada por borrego y flores y aún se sigue implementado esta técnica a pesar de que es de alto riesgo por el hecho de manejar su solvente corrosivo y tóxico como lo es el ácido sulfúrico, así como también por el contacto directo, de igual forma la intensa extracción ha ocasionado que a pesar de la gran capacidad de regeneración de las plantas, muchas poblaciones naturales hayan sido eliminadas como resultado de la práctica tradicional de explotación del recurso (Ochoa-Reyes *et al.*, 2010).

Por lo anterior en base a especificaciones técnicas de la NOM-018-SEMARNAT-1999, establece que se debe dejar sin intervenir al menos el 20% de la planta en madurez reproductiva para propiciar su regeneración, pero cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación (NOM-018-SEMARNAT-1999).

2.3 Uso de la candelilla

La candelilla se ha utilizado desde la época de la colonia, los españoles la utilizaron para elaborar velas. Las características físico-químicas de la cera que se obtiene de esta planta, le han permitido conquistar el mercado tanto nacional como internacional. Es utilizada para la elaboración y acabado de una infinidad de productos entre los que destacan: adhesivos, anticorrosivos, cosméticos, fármacos, lubricantes, plásticos, textiles, tintas, pinturas y abrillantadores entre otros (CONABIO, 2008). La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) es una planta que tiene múltiples usos en industrias como la cosmética, alimenticia y la electrónica, ya que se utiliza para la fabricación de tintas, pinturas, cosméticos, adhesivos, recubrimientos, abrillantadores, pulimentos, aislantes eléctricos, circuitos integrados, gomas de mascar, recubrimientos de frutas con fines de exportación, velas contra insectos, diluyentes y endurecedores de otras ceras, entre otros (CONAFOR, 2016).

2.4 Plantaciones de candelilla

2.4.1 Importancia de las plantaciones de candelilla

Dentro de plantas nativas de importancia económica de las zonas áridas destaca la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) por ser especie productora de cera. La cera de candelilla, junto con el ixtle de lechuguilla son la fuente principal de ingresos de alrededor de 20,000 familias campesinas. La explotación de la candelilla por varias décadas aunada a técnicas de recolección destructivas, que eliminan la planta completa, ha ocasionado una disminución drástica en las poblaciones (Cavazos, 1997).

2.4.2 Establecimiento de plantaciones de candelilla

Campos y Chávez (1981) mencionan que en estudios realizados la candelilla puede ser propagada directamente a través de estacas; en el cual de este modo se puede establecer dentro de cada ejido de la región un programa de reforestación “directa”, orientado a preservar la candelilla en su habitat. Esta actividad ha sido planteada dentro del programa de la candelilla; se estima que podrá ser de implementación inmediata, sin embargo, se sugiere que antes de proceder, sea elaborada la estrategia correspondiente. Especialmente en cuanto a la organización, designación de ejidos, definición del número de hectáreas, y estimación de costos, estrategia que corresponda a los métodos óptimos de transplante.

Del 2000 al 2015 se establecieron en la entidad de Zacatecas 7,873 hectáreas de plantaciones comerciales no maderables, 7424 ha de candelilla, 254 ha de lechuguilla, 87 ha de yuca y 107 ha de pinos. Este tipo de plantaciones se refieren al cultivo y manejo de especies forestales con el fin de producir materias primas, como las no maderables, con el objetivo de industrializarlas o comercializarlas. Esta cifra de plantaciones solo es superada por los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Chiapas y Veracruz (CONAFOR, 2016).

2.4.3 Técnicas de plantaciones de candelilla

Por desconocimiento del comportamiento de la candelilla en cuanto a su reproducción se determinó a nivel de parcelas demostrativas el método más efectivo para la reproducción de la candelilla. En ellas aplicaron los siguientes tratamientos: siembre de semilla al voleo, plantaciones de cinco tallos a equidistancia de 50 x 50 centímetros, y por último plantaciones de rizomas, de estos el mejor sistema de reproducción de esta especie es por tallos (Villa, 1981). Para establecer una plantación se utilizan macollos o grupos de 10 o más tallos unidos por sus rizomas y raíces, el material colectado se divide teniendo cuidado de que los tallos no se desprendan de sus raíces, lo importante es que de cada planta colectada se obtenga el mayor número de macollos, lo ideal es que todos estén formados por 10 tallos; sin embargo, en la práctica no siempre es posible lograrlo, siendo preciso utilizar a veces un mayor número de tallos, pero siempre se debe intentar obtener el mayor número de manojos posible de cada planta para las plantaciones (Cano *et al.*, 2013).

Rodríguez (2012) experimentó la emergencia de tallos de candelilla a partir de rizoma con o sin tallos en condiciones de invernadero. En la que resultó que empleando rizomas con más de tres tallos de candelilla es más factible, se establezca y desarrolle la planta y de esta forma iniciar programas de reforestación. Pero en las condiciones establecidas en el invernadero, la candelilla no se propaga a partir de un rizoma.

Derivada de Información de estudios realizados en el pasado aseguran que la candelilla puede ser propagada directamente a través de estacas; de este modo se podría establecer dentro de cada ejido de la región un programa de reforestación “directa”, orientado a preservar la candelilla en su habitat (Campos y Chávez, 1981).

2.5 Estudios en plantaciones de candelilla

2.5.1 Condiciones

La candelilla se desarrolla en asociación con múltiples especies, la mayoría de ellas de porte bajo y arrosetadas. La candelilla crece generalmente mezclada con

especies espinosas de la región. No forma masas puras, se encuentra en forma de manchas ocupando desde una pequeña fracción de tierra hasta varios centenares de áreas (Flores, 2013). Generalmente habita en laderas, en suelos calcáreos, de origen aluvial, y someros con profundidad menor a 25 cm, de textura franco arenosa, poco profundos, pedregosos, con buen drenaje, ricos en carbonato de calcio, con un pH que va de 7.4 a 8.4 y pobres en nitrógeno; asociada a otras plantas como lechuguilla, sotol ocotillo y diversos cactus (Cano, 2013).

El clima que prefiere la candelilla, de acuerdo a la clasificación de Köppen adaptada a la República Mexicana por Enriqueta García (2004), es el BW (muy árido con lluvias en verano), donde existe una precipitación pluvial media que varía de 120 a 200 mm al año, una temperatura media anual de 18 a 22°C, resistiendo temperaturas máximas de 47°C y mínimas hasta de -14°C; sus poblaciones se encuentran situadas de 250 a 1,400 metros sobre el nivel del mar (Ortega, 1981).

2.5.2 Variables evaluadas

En un estudio en poblaciones de candelilla en el municipio de Cuatro Ciénegas y Ocampo se menciona que la altura de las plantas está en función de las variables localidad tratamiento y topografía, en donde las medias de la alturas de las localidades van de 29.84 cm hasta 37.84 cm indicando que en las localidades el mejor tratamiento se encuentra en topografía loma (Flores, 2013).

Otro variable evaluada ha sido rendimiento de cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en poblaciones naturales de Cuatro Ciénegas, Coahuila, a partir de la biomasa estimada individualmente de ejemplares colectados, en los predios San Lorenzo y Reforma, en los cuales se colectaron 219 plantas, obteniendose tres ejemplares como minimo, resultantes de la intersección en altura media y diametro medio de cobertura en centímetros y promediados entre si. El porcentaje de rendimiento de cerote resultante en los ejidos San Lorenzo fue 3.55% y en la reforma fue 4.067% (Roblero, 2012).

Otro estudio que evalúo el rendimiento se realizó en el ejido Rodeo, Mazapil, Zacatecas, en el cual para predecir el peso verde de la planta de candelilla, como el rendimiento de cera se empleó variables dasométricas altura y cobertura de copa. Se compararon ecuaciones para estimar la biomasa de la planta de candelilla incluyendo la raíz. Los resultados arrojaron que la mejor ecuación para predecir biomasa de candelilla es $Y = a + b(H \cdot D^2)$, donde Y= Biomasa de la candelilla, a= Parámetros estadísticos, b= Parámetros estadísticos, H= Altura de la planta y D= Diámetro medio de la cobertura de la planta. Por presentar mejor ajuste de acuerdo con el valor de coeficiente de determinación a los indicadores estadísticos (R^2 0.9708) (Ramírez, 2015).

2.5.3 Supervivencia

Con relación a la supervivencia, Flores (1995) realizó la comparación de métodos de plantación en el Ejido Hipólito, Ramos Arizpe, Coahuila. La primera condición en planicie y la segunda en ladera de sierra. En el resultado que la plantación de candelilla en la condición topográfica de planicie el mayor inconveniente fue la depredación y el consumo por lagomorfos, resultando en el decremento de los parámetros de volumen, peso y supervivencia; sin embargo, la parte vegetativa de tallos con porción de raíz (planta completa) arrojó mejores resultados en los parámetros volumen, peso, número de rebrotes y supervivencia.

Para efectuar plantaciones de candelilla el método de reproducción más idóneo es el asexual utilizando tallos. Es aconsejable utilizar 5 tallos para la reproducción, debido a que al utilizarse 10 la emisión de hijuelos trae consigo una saturación en la población y muchos tallos tendieron a secarse; en cambio se ve más uniforme la plantación con 5 tallos y por ende hay menor mortalidad en los mismos (Dávila, 1981).

Maldonado ([S.F.]), realizó la investigación de candelilla con el propósito de domesticarla iniciando los estudios para encontrar el método de reproducción adecuado de la especie, ya sea en forma sexual o asexual. Los resultados indican que la reproducción sexual es la más efectiva, sobre todo cuando se utilizan tallos. En la cual se probaron 5 y 10 tallos, obteniéndose los mejores resultados en cuanto a su establecimiento, desarrollo y producción de cera cuando se utilizaron 10 tallos por cepa.

En otro estudio de reproducción asexual de plantas de candelilla de cuatro ecotipos diferentes Cuatro Ciénegas, Cuencamé, Tlahualillo y Viesca evaluaron cuatro tratamientos a las estacas: con prorooot (P) magic root (M) ácido fenoxiacético (AF) concluyeron que la localidad de Cuatro Ciénegas posee características genéticas especiales que lo hacen ser superior al resto de los ecotipos y no necesita de productos químicos para la formación de raíces y crecimiento de brotes (Villa *et al.*, 2010).

2.6 Problemas de salinidad en plantas

El término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales que perjudican a las plantas por su efecto tóxico. La situación más frecuente de salinidad en los suelos es por NaCl pero los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Lamz y González, 2013), el proceso de salinidad es una de las principales causas de degradación química, ya que se presenta fundamentalmente en las zonas áridas. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en los suelos (Mata-Fernández, 2014), la salinidad afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. La alta concentración de sales le ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico. El estrés salino, inhibe el crecimiento de la planta, de hecho el bajo crecimiento de vegetales en zonas salinas es una característica adaptativa de las plantas para sobrevivir a este tipo de estrés. En la naturaleza la capacidad de tolerar la salinidad parece estar inversamente relacionada a la tasa de crecimiento (Alcaraz, 2012).

El incremento de sales va afectando el porcentaje y retardando el proceso de germinación, las semillas de Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* L.) y Zacate Guinea Var Tanzania (*Panicum maximum* L.) presentan un comportamiento fisiológico sobresaliente hasta conductividades de 5 dS/m (deciSiemens por metro, unidad de medición de conductividad eléctrica), reduciéndose significativamente a concentraciones mayores. En el desarrollo de plántula el efecto fue negativo al incrementarse la salinidad a conductividades mayores de 5 dS/m (Rangel, 2009).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se localiza en el estado de Coahuila de Zaragoza en los municipios de Cuatro Ciénegas, Parras de la Fuente y General Cepeda (Figura 1).

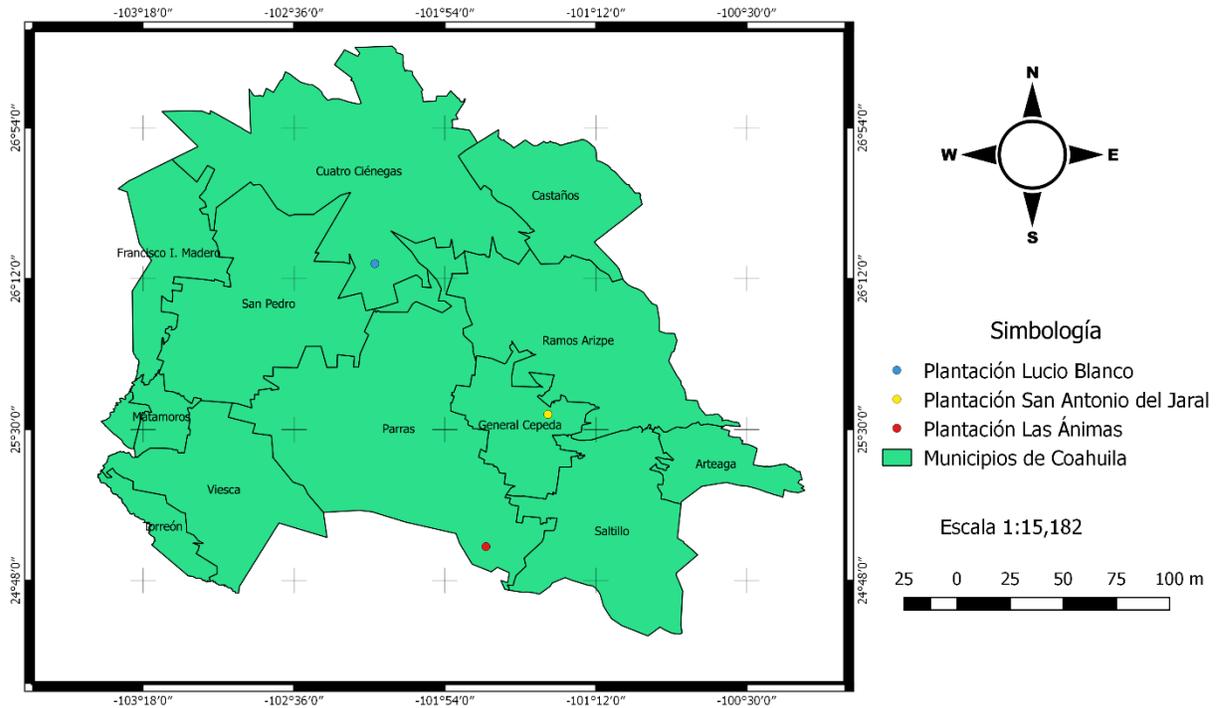


Figura 1. Ubicación de puntos centrales de referencia de las Plantaciones de candelilla bajo estudio en el estado de Coahuila.

En el Cuadro 1 se puede observar que en las tres poblaciones presentan una diferencia altitudinal. La plantación de san Antonio del Jaral tiene la menor altitud y la plantación de las Ánimas tiene la mayor latitud. Otra diferencia de las poblaciones es la fecha establecida de plantación que no se menciona en el cuadro, la primera población San Antonio del Jaral fue establecida en el año 2012 por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la plantación Lucio Blanco y Las Ánimas fueron establecidas en el mes de enero en el año 2014 por Multiceras S.A. de C.V, a través de subsidio de la CONAFOR.

Cuadro 1. Puntos centrales de referencia de las plantaciones de candelilla.

| Población | Municipios | Latitud norte | Longitud oeste | Altitud (msnm) |
|-----------------------|---------------------|---------------|----------------|----------------|
| Lucio Blanco | Cuatro Ciénegas | 26°16'55" | 101°18'83" | 1450 |
| Las Ánimas | Parras de la Fuente | 25°35'27" | 102°23'20" | 1890 |
| San Antonio del Jaral | General Cepeda | 25°34'14" | 101°25'20" | 1200 |

3.2 Descripción del área de estudio

En el Cuadro 2 se observa que las tres plantaciones evaluadas pertenecen al tipo de vegetación de matorral xerófilo (Rzedowski, 2006), el cual son de las comunidades menos afectadas por las actividades del hombre, consecuencia lógica de las condiciones climáticas imperantes que por lo general no son favorables ni al desarrollo de la agricultura, ni al de la ganadería intensiva y el aprovechamiento de las plantas silvestres es asimismo limitado.

Como se puede ver en el Cuadro 2 las plantaciones pertenecen al mismo tipo de suelo, calisol (INEGI, 2009), este tipo de suelo está asociado a un clima árido o semiárido, haciendo alusión a la sustancial acumulación de caliza secundaria. El material original lo constituyen depósitos aluviales, coluviales o eólicos de materiales alterados ricos en bases. El relieve es llano a colinado, la vegetación natural es de matorral o arbustiva de carácter xerofítico junto a árboles y hierbas anuales. El perfil es de tipo ABC. El horizonte superficial es de color pálido y de tipo ócrico; el B es cámbico o árgico impregnado de carbonatos, e incluso vértico. En el horizonte C siempre hay una acumulación de carbonatos.

Las plantaciones presentan un clima BW clima árido desértico, la evaporación excede las precipitaciones, siempre hay déficit hídrico. Las precipitaciones se sitúan entre un 0% y un 50%. Bajo estas condiciones la vegetación es muy escasa o nula. Se da en los desiertos y algunos semidesiertos (García, 2004).

Las localidades evaluadas se ubican en la Región Hidrológica Bravo-Conchos y Nazas-Aguanaval, las tres poblaciones pertenecen a la cuenca R Bravo-San Juan y L. de Mayrán y Viesca (INEGI, 2009).

Cuadro 2. Descripción de las plantaciones de candelilla evaluadas.

| Plantaciones | Vegetación | Suelo | Clima | Hidrología |
|---|-------------------|----------|--------------------------|---|
| Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas | Matorral xerófilo | Calcisol | BW clima árido desértico | Mapimí (57%) Bravo-Conchos (39%), Nazas-Aguanaval (4%) |
| Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente | Matorral xerófilo | Calcisol | BW clima árido desértico | Nazas-Aguanaval (87%) Bravo-Conchos (5%), Mapimí (5%) y el Salado (3%). |
| San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda | Matorral xerófilo | Calcisol | BW clima árido desértico | Bravo-Conchos (95%) y Nazas-Aguanaval (5%) |

Fuente: vegetación (Rzedowski, 2006), suelo (INEGI, 2009), clima (García, 2004) e hidrología (INEGI, 2009).

3.3 Tipo de muestreo

La evaluación se realizó por medio de un muestreo por conglomerados, por presentar agrupamientos naturales relativamente homogéneos (Scheaffer *et al.*, 1993). En él se establecieron sitios cuadrados permanentes de 400 metros cuadrados (20x20), tomando un tamaño de muestra de 40 sitios por plantación (Figura 2, 3 y 4). En donde cada sitio es un conglomerado y las plantas son las unidades de muestreo, el muestreo fue en una sola etapa ya que todas las plantas dentro de la parcela seleccionada fueron evaluadas. La metodología empleada fue la establecida en el Manual de Verificaciones del Programa para el Establecimiento de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), elaborado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR-SEMARNAT, 2013).

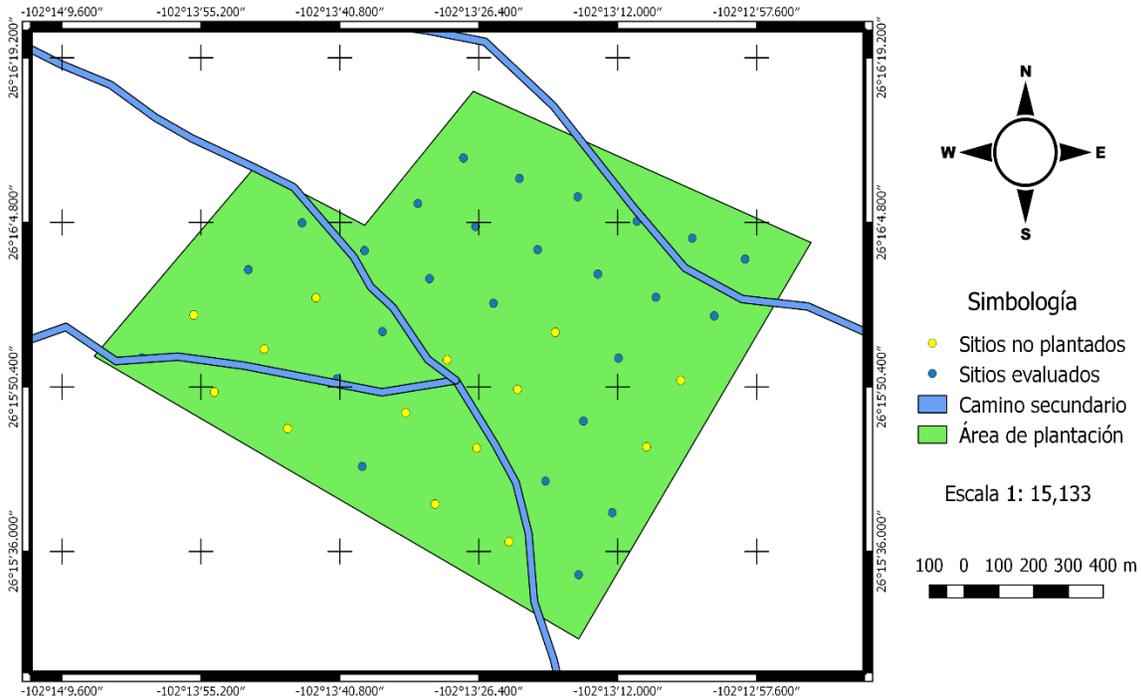


Figura 2. Ubicación de sitios muestreados de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

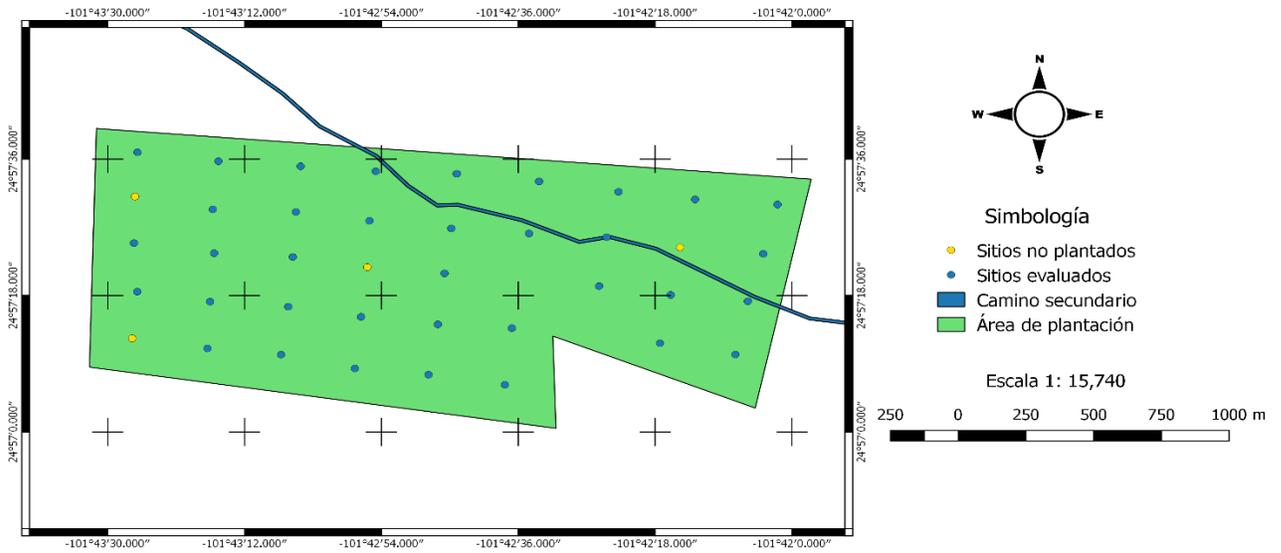


Figura 3. Ubicación de sitios muestreados de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

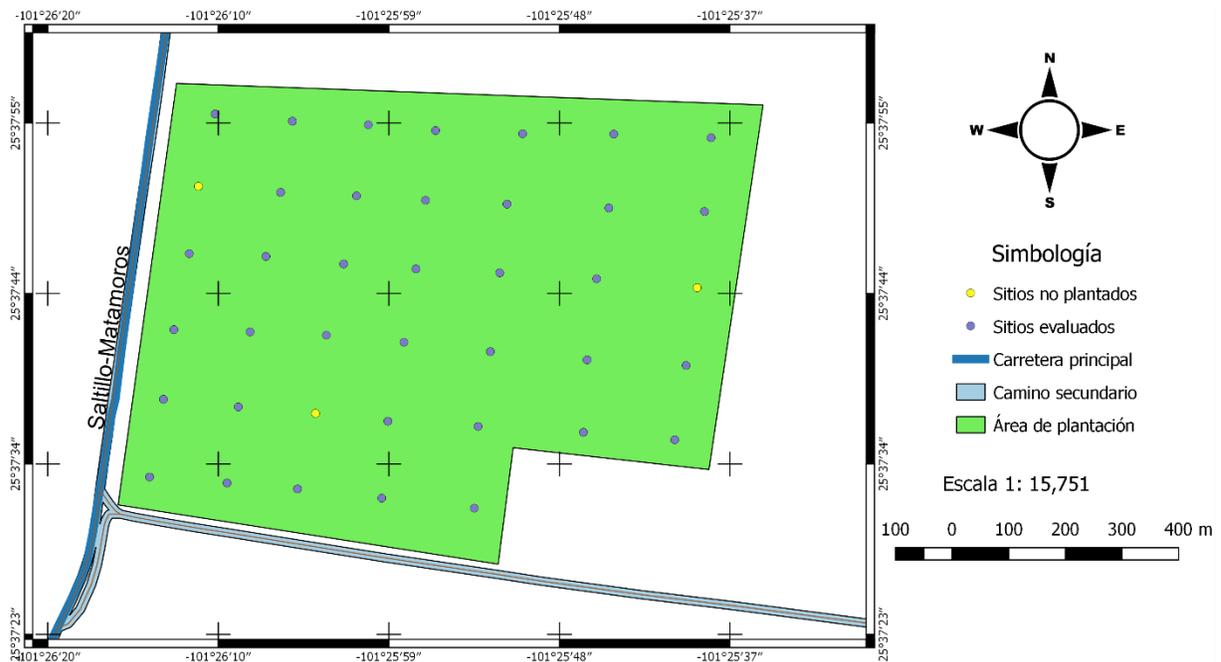


Figura 4. Ubicación de sitios muestreados de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

3.4 Evaluación de sobrevivencia y variables evaluadas

Para evaluar la sobrevivencia de las plantaciones primero se localizaron los 40 sitios con ayuda de un receptor GPS Garmin. Para delimitar un conglomerado se utilizó una brújula Sunnto, en ella se ubicaron los rumbos (norte, sur, este y oeste). Una vez ubicado los rumbos se procedió a delimitar un sitio de muestreo cuadrado de (20 x 20 m) empleando una cinta métrica, en donde el centro de la parcela de muestreo quedo referenciado con una estaca con los siguientes datos: número de sitio, coordenadas geográficas, fecha y elevación sobre el nivel del mar.

Finalmente para evaluar la sobrevivencia de cada sitio de muestreo se contabilizo el número de plantas vivas y muertas, iniciando con las plantas ubicadas en Norte franco, posteriormente a cada planta se le contabilizó el número de tallos muertos, tallos con crecimiento apical, tallos sin crecimiento apical, tallos con rebrotes laterales, tallos con rebrotes subterráneos. También a cada planta se observó si presentaba afectaciones por ramoneo.

Una vez concluida la evaluación de sobrevivencia, se procedió con la evaluación de técnicas de plantación, que consistía en extraer una planta ubicada afuera del sitio,

para ello se empleó una pala plana y un talache. El objetivo del método es observar la condición en la que fue plantada (solo tallos, tallos unidos con rizoma, tallos unidos con rizoma y bulbo, tallos solo mordidos, tallos solo mordidos con rizoma y tallos solo mordidos con rizoma y bulbo).

3.4.1 Evaluación de salinidad

Para evaluar el grado de salinidad se realizó un muestreo de suelo, únicamente en la plantación San Antonio del Jaral por presentar problemas recurrentes de bajos rendimientos de sobrevivencia, esto se hizo en sitios con sobrevivencia y no sobrevivencia. Las muestras de suelo se obtuvieron con una pala plana a una profundidad de 2 capas de 0-30 y 30-60 cm, colectándose en cada capa al menos 500 g de suelo (Complejo de Laboratorios Bolsa de Comercio de Rosario [S.F.]).

Las muestras obtenidas se llevaron al Laboratorio de Química de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para obtener pH y la conductividad eléctrica (CE). La salinidad se obtuvo con un análisis de conductividad eléctrica (CE). El procedimiento consistió en lo siguiente:

1. Primeramente las muestras de suelo fueron liberadas de impurezas, para esto fueron cribadas:

2. Para todas las muestras se pesó 300 g de suelo seco en una balanza digital, el cual fueron colocadas en un recipiente de un litro en él se agregó 100 ml de agua destilada y se mezcló vigorosamente por 10 minutos. Esto se hizo para todas las muestras, después se dejó reposar 24 horas.

3. Al día siguiente se utilizó un embudo Buchner conectado a un matraz Kitasato y a una bomba de vacío. El suelo se colocó en el embudo Buchner para extraer la filtración. Teniendo filtrado todas las muestras de suelo se pasaron al conductímetro para obtener la conductividad eléctrica (CE).

4. Para obtener el pH se empleó únicamente 10 g de suelo, este fue colocado en un vaso con 25 ml de agua destilada mezclando vigorosamente la solución por 10

minutos. Después de mezclar cada muestra se reguló el medidor de pH con solución buffer, teniendo regulado el medidor se pasaron las muestras al medidor de pH.

3.4.2 Generación de mapa de contorno de sobrevivencia

Para la generación del mapa de contorno se trabajó primeramente en la captura de los datos de sobrevivencia de los sitios en Excel. Una vez obtenida la base de datos de todos los sitios, se realizó la sumatoria de tallos vivos totales por planta de cada sitio, para obtener con una condicionante la sobrevivencia (Viva o Muerta).

Posteriormente insertando una tabla dinámica de la base de datos, se obtuvo el resumen de número total de plantas de cada sitio y el número de plantas vivas y muertas. Para después obtener con una regla de tres el porcentaje de sobrevivencia de cada sitio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco, municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila, fecha de toma de datos del 14 al 16 de diciembre de 2015.

| | | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | Sitio 31 100% | Sitio 30 100% | Sitio 19 100% | Sitio 18 100% | Sitio 7 83% | Sitio 6 100% |
| | Sitio 32 71% | Sitio 29 100% | Sitio 20 100% | Sitio 17 75% | Sitio 8 75% | Sitio 5 100% |
| Sitio 40 100% | Sitio 33 100% | Sitio 28 100% | Sitio 21 100% | Sitio 16 | Sitio 9 100% | Sitio 4 |
| Sitio 39 100% | Sitio 34 | Sitio 27 100% | Sitio 22 | Sitio 15 | Sitio 10 67% | Sitio 3 |
| Sitio 38 | Sitio 35 | Sitio 26 83% | Sitio 23 | Sitio 14 | Sitio 11 100% | Sitio 2 57% |
| Sitio 37 63% | Sitio 36 | Sitio 25 | Sitio 24 86% | Sitio 13 | Sitio 12 | Sitio 1 100% |

Nota: Los sitios sombreados en la plantación Lucio Blanco no fueron plantados.

Cuadro 4. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas, municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, fecha de toma de datos del 18 al 20 de marzo de 2016.

| | | | | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Sitio 23 100% | Sitio 22 100% | Sitio 13 100% | Sitio 12 100% | Sitio 3 94% | Sitio 2 100% | Sitio 38 83% | Sitio 32 100% | Sitio 31 100% |
| Sitio 24 | Sitio 21 100% | Sitio 14 40% | Sitio 11 100% | Sitio 4 100% | Sitio 1 100% | Sitio 37 90% | Sitio 33 | Sitio 30 100% |
| Sitio 25 100% | Sitio 20 100% | Sitio 15 100% | Sitio 10 | Sitio 5 100% | | Sitio 36 100% | Sitio 34 92% | Sitio 29 71% |
| Sitio 26 100% | Sitio 19 100% | Sitio 16 100% | Sitio 9 100% | Sitio 6 100% | Sitio 40 100% | | Sitio 35 100% | Sitio 28 88% |
| Sitio 27 | Sitio 18 100% | Sitio 17 100% | Sitio 8 100% | Sitio 7 75% | Sitio 39 100% | | | |

Nota: Los sitios sombreados en la plantación Las Animas no fueron plantados.

Cuadro 5. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral, municipio de General Cepeda, Coahuila, fecha de toma de datos del 5 al 10 de diciembre 2015.

| | | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sitio 29 100% | Sitio 30 54% | Sitio 31 57% | Sitio 32 52% | Sitio 33 49% | Sitio 34 53% | Sitio 35 56% |
| Sitio 22 | Sitio 23 35% | Sitio 24 62% | Sitio 25 62% | Sitio 26 65% | Sitio 27 83% | Sitio 28 19% |
| Sitio 15 74% | Sitio 16 18% | Sitio 17 83% | Sitio 18 61% | Sitio 19 60% | Sitio 20 69% | Sitio 21 |
| Sitio 8 79% | Sitio 9 29% | Sitio 10 58% | Sitio 11 38% | Sitio 12 67% | Sitio 13 72% | Sitio 14 19% |
| Sitio 1 41% | Sitio 2 79% | Sitio 3 | Sitio 4 69% | Sitio 5 65% | Sitio 6 46% | Sitio 7 42% |
| Sitio 36 80% | Sitio 37 88% | Sitio 38 42% | Sitio 39 84% | Sitio 40 75% | | |

Nota: Los sitios sombreados en la plantación San Antonio del Jaral no fueron plantados.

Para crear el mapa de contorno de sobrevivencia se utilizó el programa SigmaPlot 10.0 en la hoja 1 del programa se colocaron los porcentajes de sobrevivencia para después elegir el gráfico Contour Plot.

3.5 Análisis estadístico de comparación

Para la comparación de medias de las tres plantaciones se utilizó el análisis de varianza de un solo factor bajo un modelo de efectos fijos, donde cada observación busca ofrecer información acerca de la media de la población de sitios muestreados con una distribución normal independiente como media y varianza (Steel y Torrie, 1985; Montgomery, 2010). El modelo correspondiente se presenta en la Ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Y_{ij} = La variable respuesta (porcentaje de sobrevivencia) de la ij -ésima unidad experimental μ = Efecto de la media general, τ_i = Efecto correspondiente a la i -ésima plantación, ε_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la i -ésima plantación.

Para esto se utilizó la variable porcentaje de sobrevivencia en una hoja de Excel, se utilizó la transformación de arcoseno, porque los datos provienen de distribuciones binomiales, esto para que los resultados tengan una distribución aproximadamente normal (Zar, 2010).

Teniendo resultados para la obtención del análisis de varianza se utilizó el programa de SAS (Statistical Analysis System versión 9.0) utilizando los procedimientos PROC GLM y PROC ANOVA para obtener el análisis de varianza y la determinación de la significancia entre las tres poblaciones de candelilla (Sit, 1995), a partir de las diferencias encontradas se realizó un análisis de comparación de medias de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron tres plantaciones de candelilla en el estado de Coahuila de Zaragoza, en los municipios de Cuatro Ciénegas, Parras de la Fuente y General Cepeda. Las tres plantaciones presentan diferencias como fecha de plantación, altitud y tipo de vegetación.

4.1 Sobrevivencia en plantaciones de candelilla

4.1.1 Mapas de contorno de porcentaje de sobrevivencia por plantación

La primera evaluación fue la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, la candelilla se encontró relacionada con las especies de Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), Pita (*Yucca endlichiana* Trel.), Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), Sangre de drago (*Jatropha dioica* Sessé) y Ocotillo (*Fouquieria splendens* Engelm.).

Al ser evaluada esta plantación se encontraron varias plantas muertas en cuencas cerradas, según (Mata-Fernández, 2014), en cuencas cerradas se observa con frecuencia el proceso de salinidad. Por ello se estimó el grado de salinidad conforme a la conductividad eléctrica, en sitios donde no había sobrevivencia en él se obtuvo grados de salinidad que varían de 4 a 9 ds/m (deciSiemens por metro). Al respecto Alcaraz (2012) menciona que la alta concentración de sales afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo que sería una de las causas posibles de mortalidad de la planta. Se observa en el Cuadro 6 la plantación San Antonio del Jaral y una plantación Aledaña que también fue evaluada por presentar la misma condición topográfica. Se encontró que donde no hay sobrevivencia la salinidad es mayor el cual afecta el aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. Pero se observó que no tiene relación la conductividad eléctrica con el pH que va de un rango de 7.02 a 7.34 que también fue evaluado a partir de muestras de suelo.

Cuadro 6. Conductividad eléctrica y pH de la plantación San Antonio del Jaral y plantación aledaña del municipio de General Cepeda, Coahuila.

| Plantaciones | Conductividad eléctrica (CE) ds/m | Potencial de hidrógeno (pH) |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| San Antonio del Jaral, si hay sobrevivencia 0-30 | 0.7 | 7.22 |
| San Antonio del Jaral, si hay sobrevivencia 30-60 | 3 | 7.2 |
| Aledaña, si hay sobrevivencia 0-30 | 2 | 7.14 |
| Aledaña, si hay sobrevivencia 30-60 | 1.4 | 7.3 |
| San Antonio del Jaral, no hay sobrevivencia 0-30 | 9 | 7.02 |
| San Antonio del Jaral, no hay sobrevivencia 30-60 | 5 | 7.33 |
| Aledaña, no hay sobrevivencia 0-30 | 4 | 7.07 |
| Aledaña, no hay sobrevivencia 30-60 | 4 | 7.34 |

Nota: La plantación aledaña está en el kilómetro 3 entronque carretera Saltillo-Torreón hacia el poblado de Hipólito, Ramos Arizpe, Coahuila.

La plantación San Antonio del Jaral presentó solamente 6 sitios con sobrevivencia mayor a 80%. En la Figura 5 se observa que la mayor superficie corresponde a los sitios con 60% y 40% de sobrevivencia donde hubo presencia de cuencas cerradas y la menor superficie corresponde al 100% de sobrevivencia.

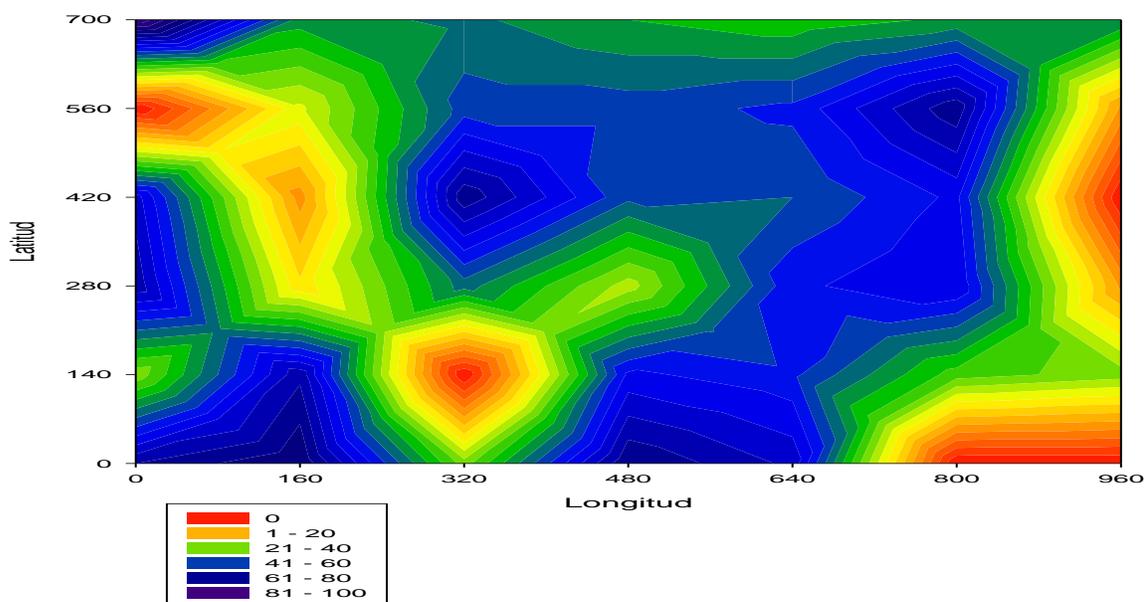


Figura 5. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

La segunda plantación evaluada fue Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, en esta las plantas presentaban una asociación con las especies de Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), Orégano (*Origanum vulgare* L.), Palma samandoca (*Yucca carnerosana* Trel.), Nopal rastrero (*Opuntia rastrera* Weber), Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), Coyonoxtle (*Cylindropuntia imbricata* F.M.), Sotol (*Dasyllirion wheeleri* S.), Gatuño (*Mimosa biuncifera* Benth). En la Figura 6 se observa que varios de los sitios presentaron 0% de sobrevivencia pero la razón es que no fue plantada todo el área completa, se encontraron los sitios sin presencia de planta, además se menciona que no está presente lo relacionado a cuencas cerradas como en la plantación San Antonio del Jaral.

La plantación Lucio Blanco presentó 20 sitios con sobrevivencia mayor a 80%. En la Figura 6 se observa que la mayor superficie corresponde a los sitios con 100% de sobrevivencia y la menor superficie corresponde al 20% de sobrevivencia.

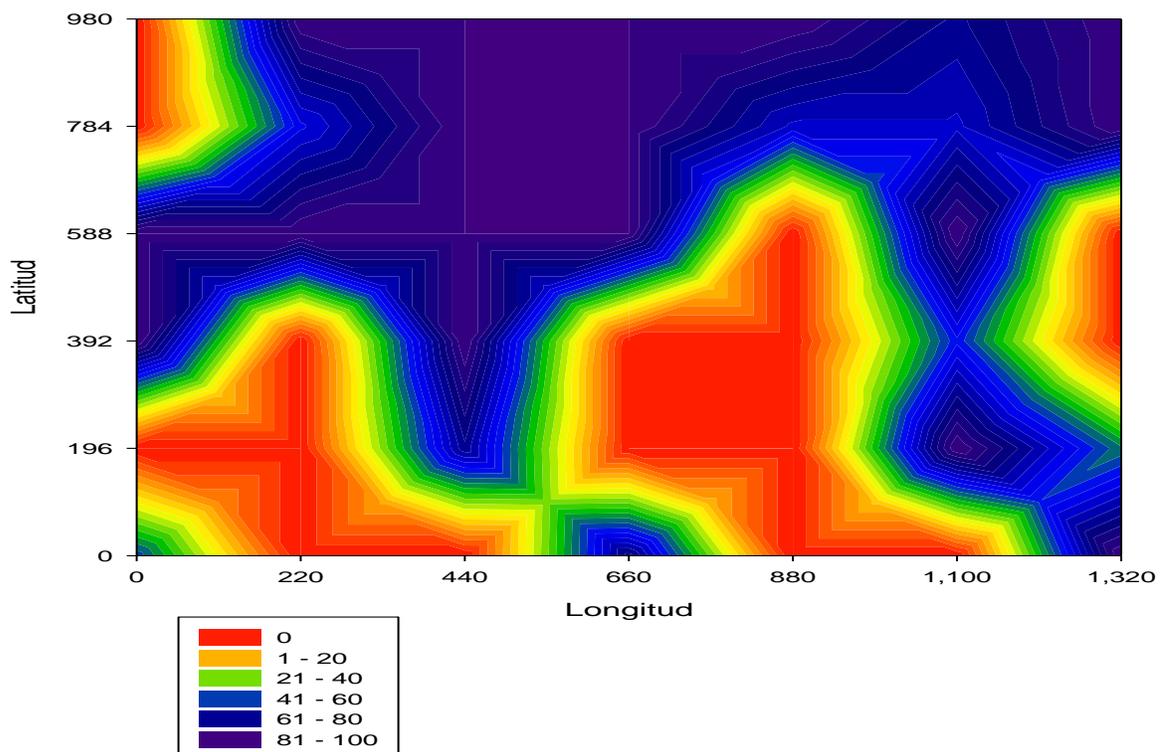


Figura 6. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

La tercera evaluación fue la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, la planta estaba relacionada con especies similares de la plantación Lucio Blanco; Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), Orégano (*Origanum vulgare* L.), Palma samandoca (*Yucca carnerosana* Trel.), Nopal rastrero (*Opuntia rastrera* Weber), Nopal cegador (*Opuntia microdasys* Lehm.) Gobernadora (*Larrea tridentata* Cov.), Coyonoxtle (*Cylindropuntia imbricata* F.M.), Sotol (*Dasyllirion wheeleri* S.), Gatuño (*Mimosa biuncifera* Benth). En la Figura 7 se observa que dicha plantación presenta poca mortalidad a comparación de las dos plantaciones San Antonio del Jaral y Lucio Blanco además que no está presente lo relacionado a cuencas cerradas. De acuerdo al resultado anterior se asemeja lo manifestado por (Flores, 2013), la candelilla se desarrolla en asociación con múltiples especies, la mayoría de ellas de porte bajo y arrosietadas, se desarrolla generalmente mezclada con especies espinosas de la región, no forma masas puras.

La plantación Las Ánimas presentó 33 sitios con sobrevivencia mayor a 80%. En la Figura 7 se observa que la mayor superficie corresponde a los sitios con 100% de sobrevivencia y la menor superficie al 20% de sobrevivencia.

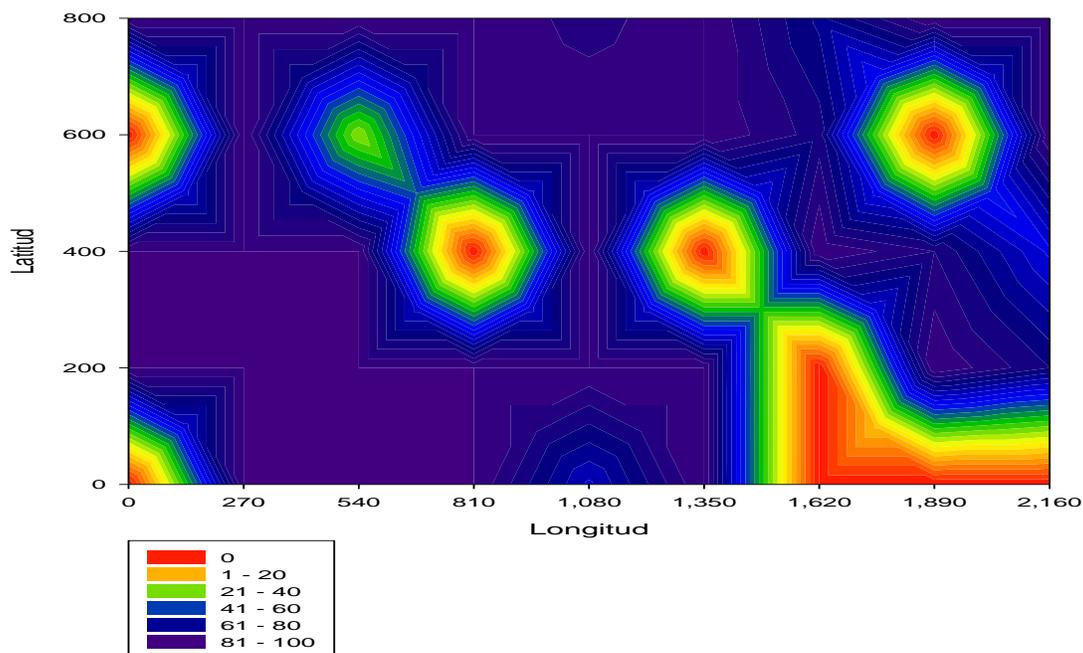


Figura 7. Mapa de contorno de porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

4.1.2 Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia, así como las variantes de sobrevivencia de plantas de candelilla.

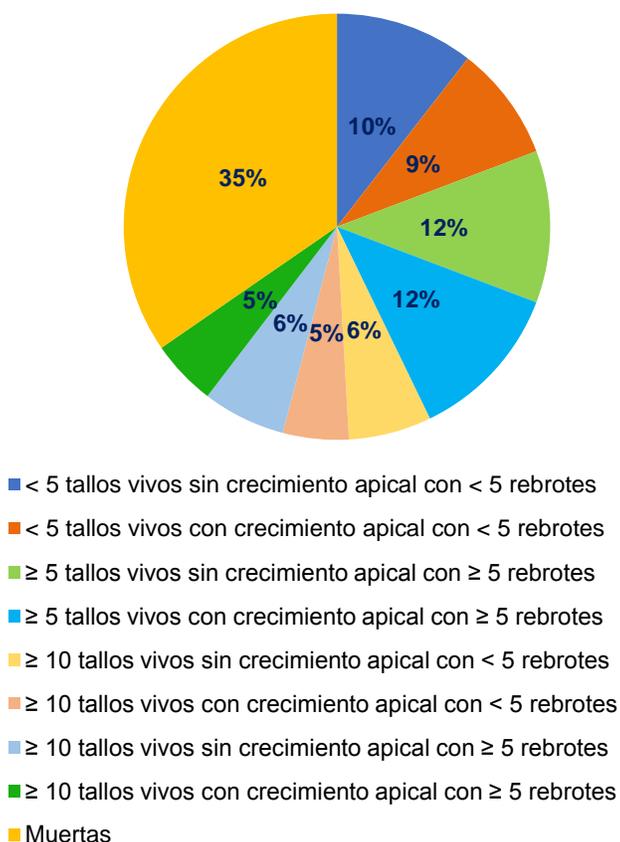


Figura 8. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

En la Figura 8 se observa que las plantas muertas tienen un porcentaje de 35% y las plantas vivas un porcentaje de 65%. Esto indica que el porcentaje de sobrevivencia en esta plantación es demasiado bajo. Por ello se tuvo que extraer 50 plantas muertas para analizar la técnica de plantación establecida, en donde el 20% fueron establecidas solamente por tallos, 66% por tallos unidos con rizoma y 14% por tallos unidos con rizoma y bulbo.

El 20% de las plantas extraídas la técnica de plantación fue solamente por tallos, misma que podría ser una de las posibles causas de muerte de las plantas de candelilla, esto de acuerdo a Cano *et al.*, (2013) y Rodríguez, (2012) quienes experimentaron que para establecer una plantación de candelilla se realiza utilizando

macollos o grupos de 10 o más tallos unidos por sus rizomas y raíces lo que propicia mayor factibilidad a que se establezca y desarrolle la planta.

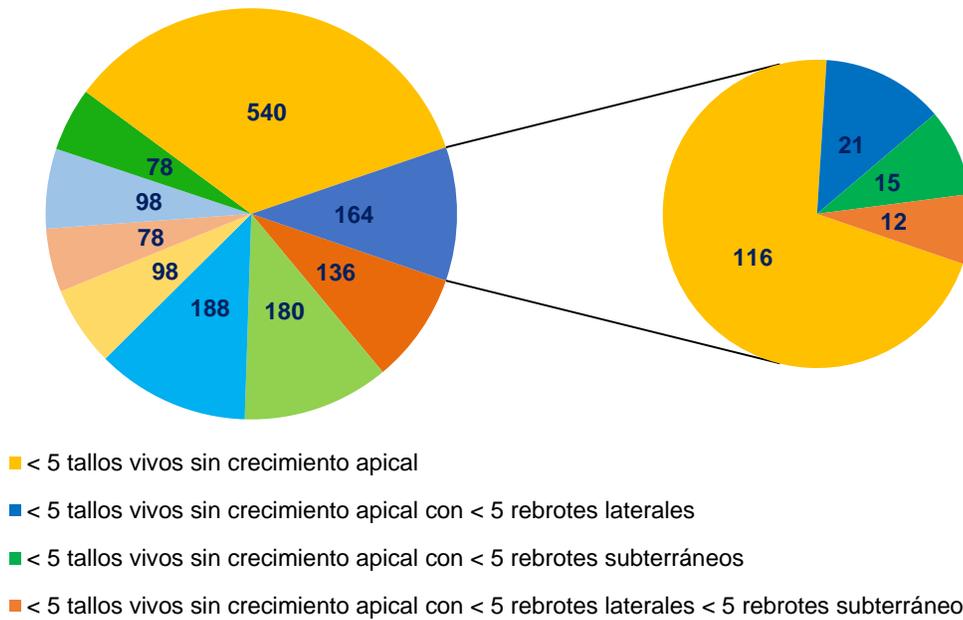


Figura 9. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

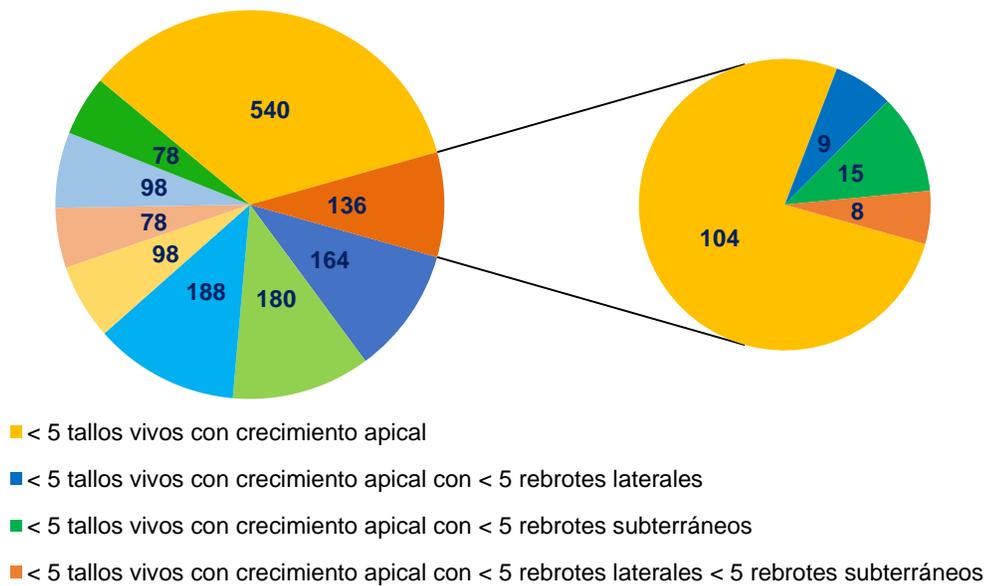
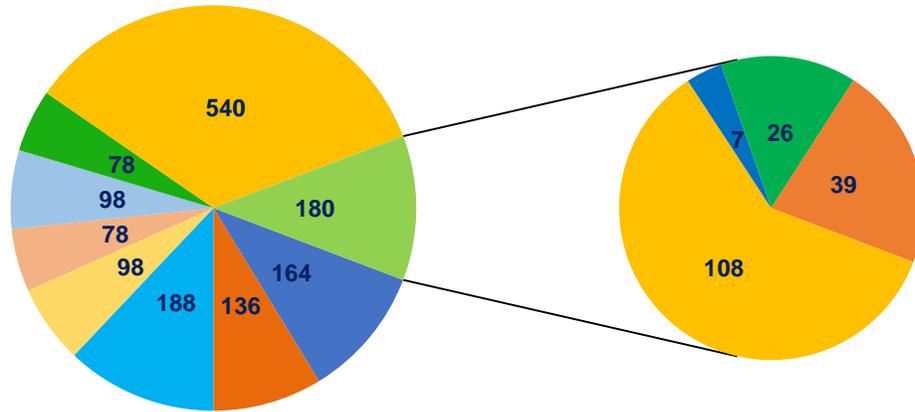
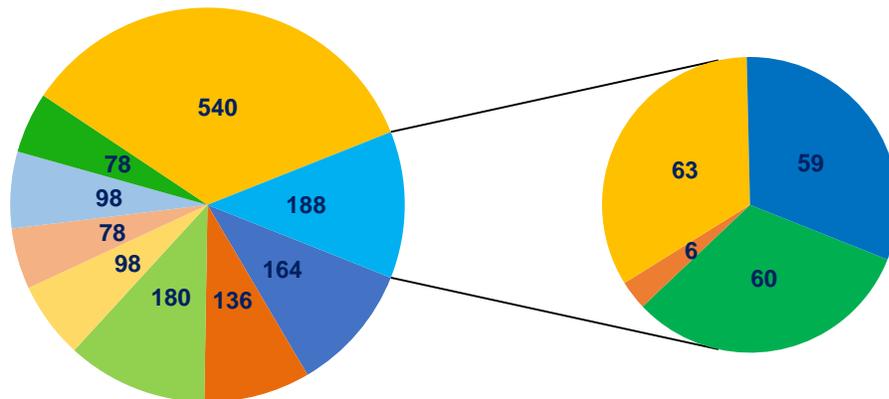


Figura 10. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.



- ≥ 5 tallos vivos sin crecimiento apical
- ≥ 5 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales
- ≥ 5 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes subterráneos
- ≥ 5 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales ≥ 5 rebrotes subterráneos

Figura 11. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.



- ≥ 5 tallos vivos con crecimiento apical
- ≥ 5 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales
- ≥ 5 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes subterráneos
- ≥ 5 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales ≥ 5 rebrotes subterráneos

Figura 12. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

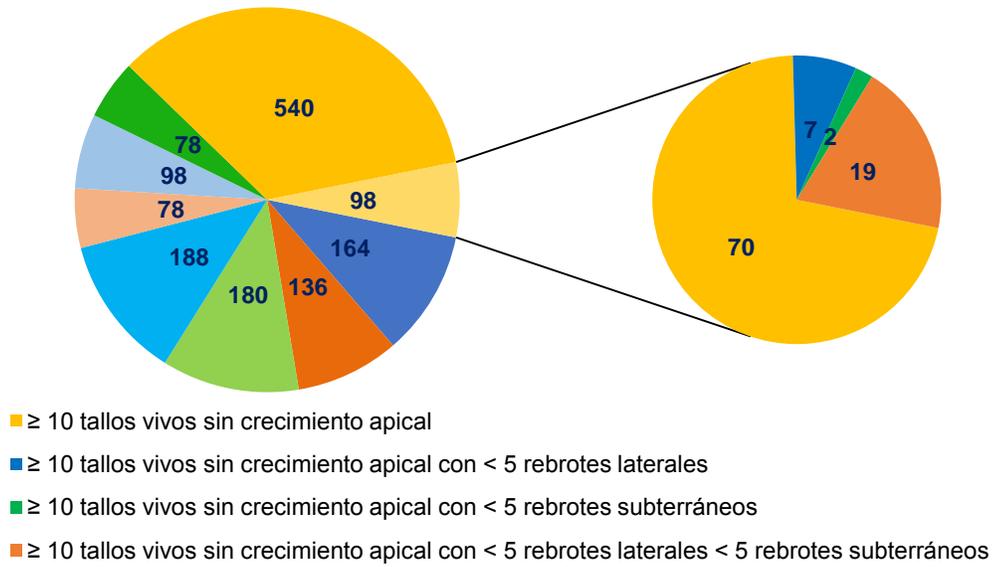


Figura 13. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

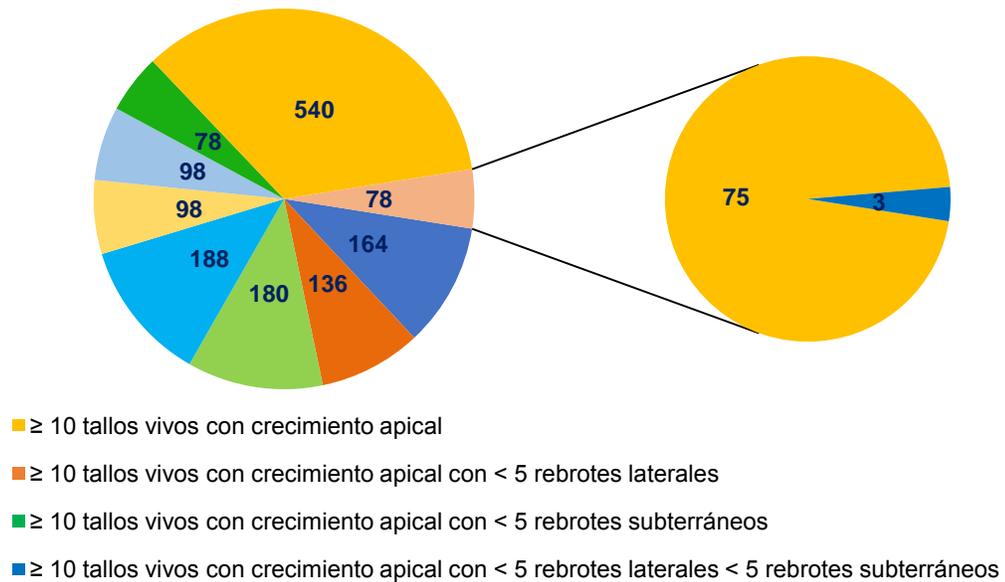
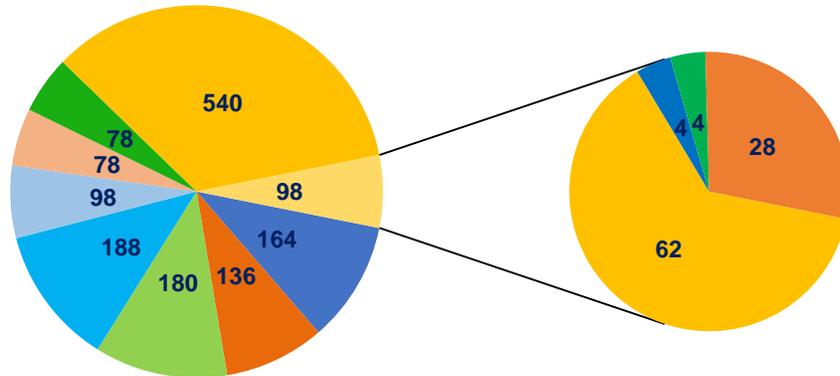
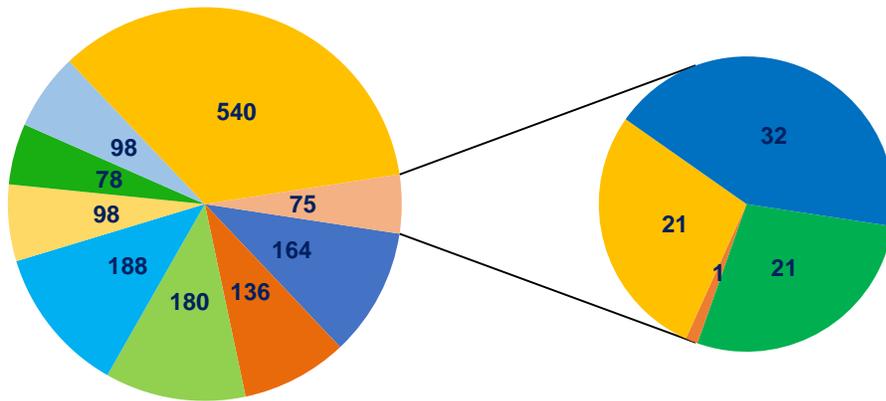


Figura 14. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.



- ≥ 10 tallos vivos sin crecimiento apical
- ≥ 10 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales
- ≥ 10 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes subterráneos
- ≥ 10 tallos vivos sin crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales ≥ 5 rebrotes subterráneos

Figura 15. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.



- ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical
- ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales
- ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes subterráneos
- ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes laterales ≥ 5 rebrotes subterráneos

Figura 16. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación San Antonio del Jaral municipio de General Cepeda, Coahuila.

En las Figuras del 9 al 16 se observa que la presencia de rebrotes laterales como rebrotes subterráneos es muy bajo en relación a la fecha establecida de plantación que fue hace 5 años. Además que la presencia de tallos con crecimiento

apical es menor que la presencia de tallos sin crecimiento apical, esto indica que la plantación no sea regenerado lo suficientemente. Además se observa que las variantes con menor porcentaje en la plantación fueron los ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical con ≥ 5 rebrotes y ≥ 10 tallos vivos con crecimiento apical con < 5 rebrotes obteniendo un porcentaje de 5%.

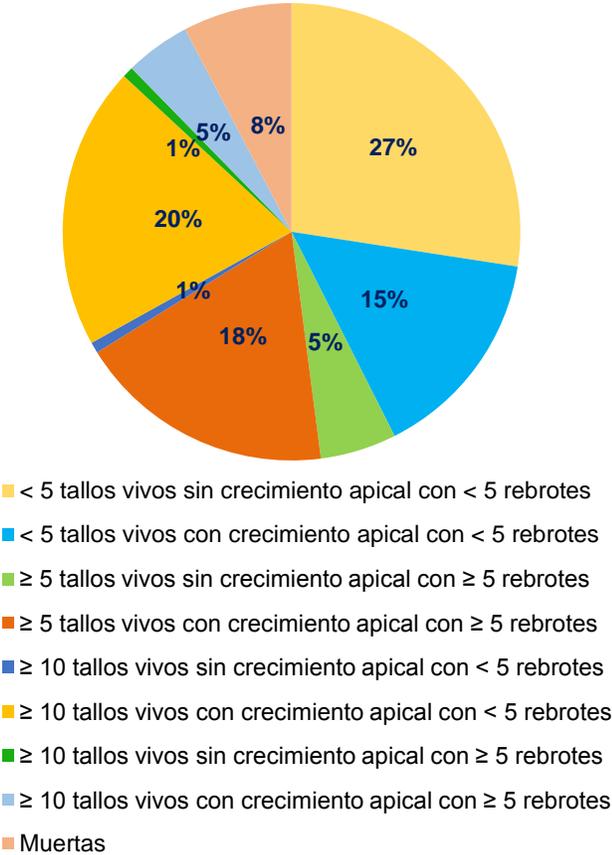


Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

En la Figura 17 se observa que las plantas muertas representan un porcentaje de 8% y las plantas vivas 92%. Esto indica que es una plantación con una sobrevivencia alta.

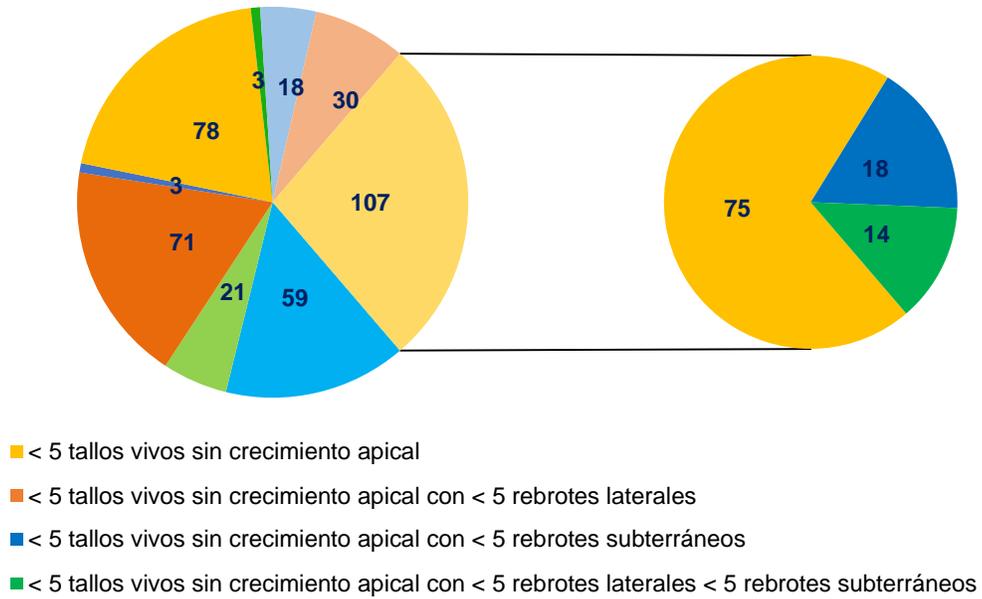


Figura 18. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

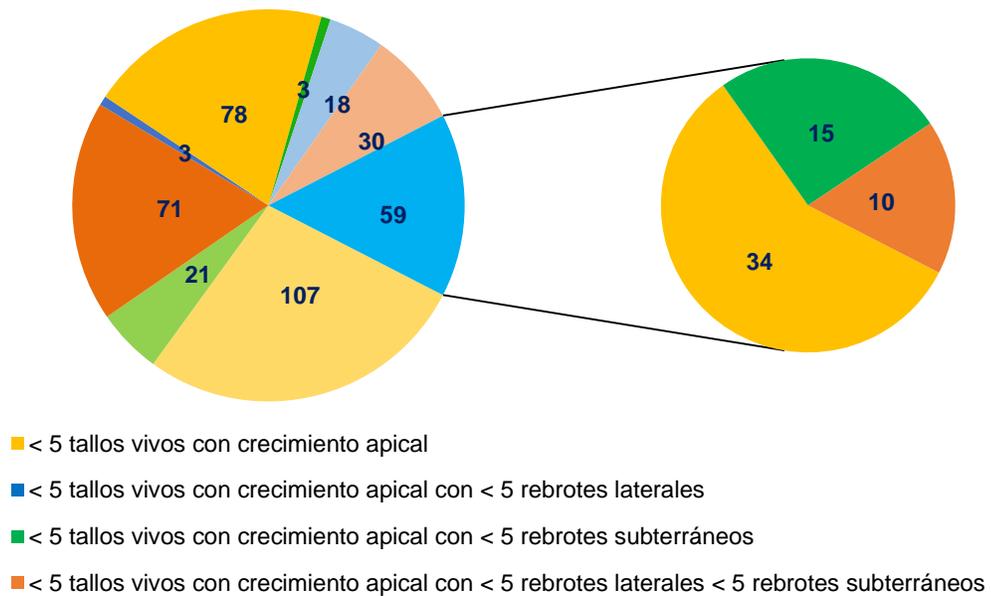


Figura 19. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

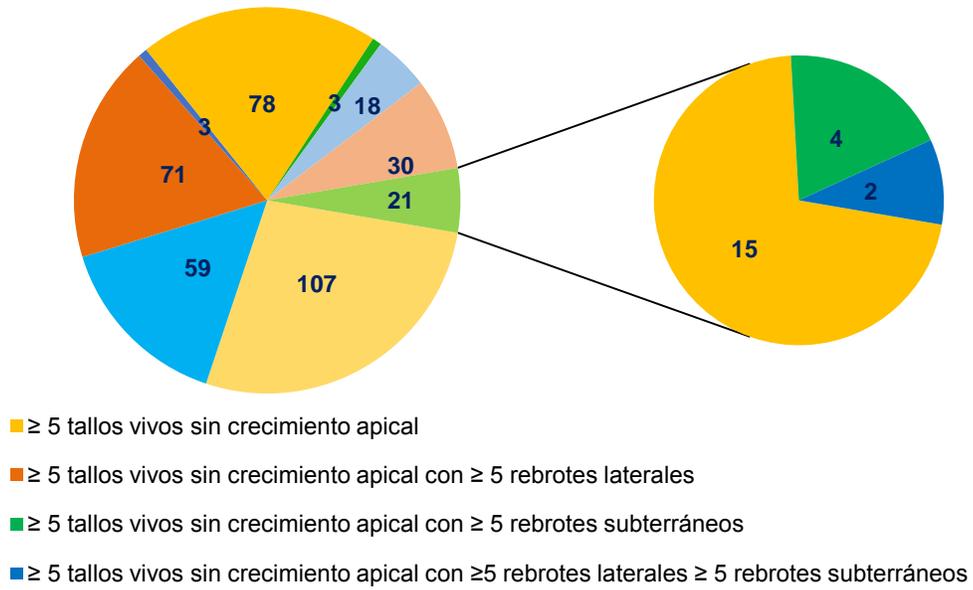


Figura 20. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

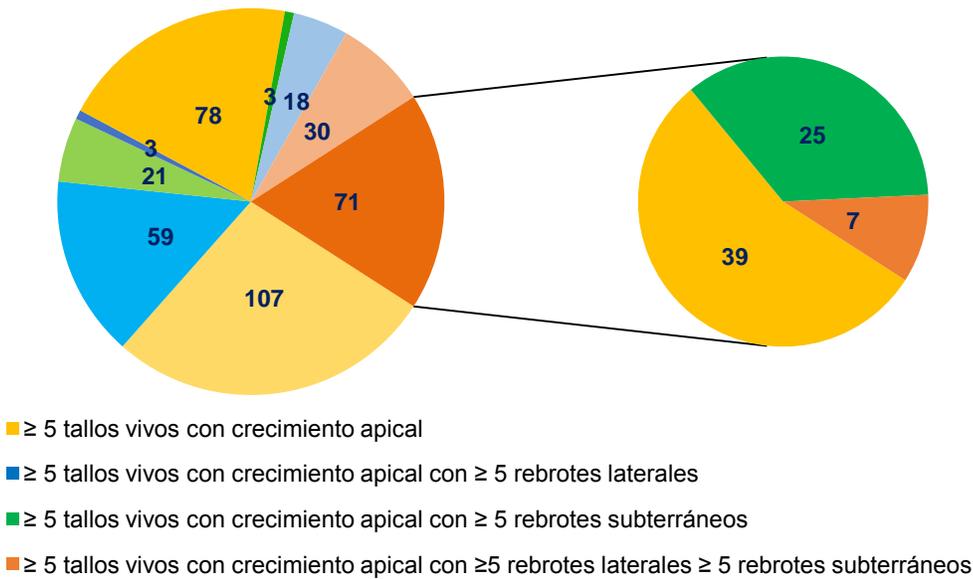


Figura 21. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

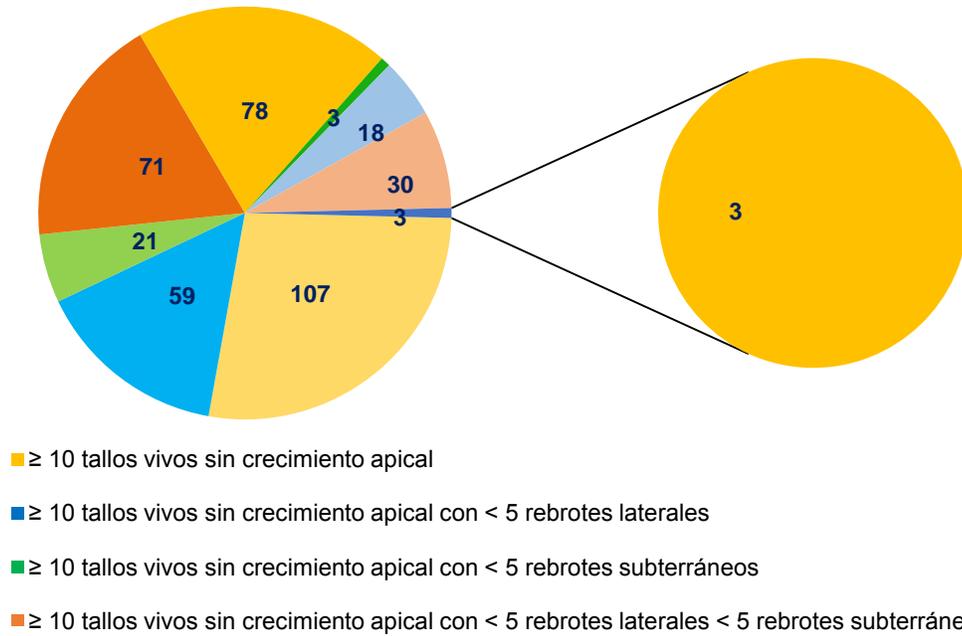


Figura 22. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

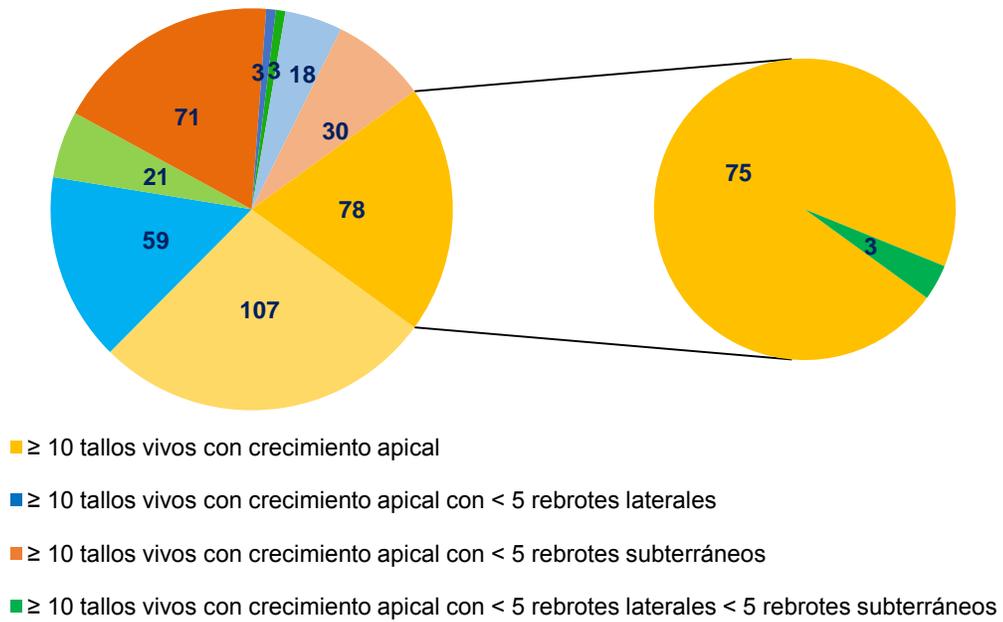


Figura 23. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

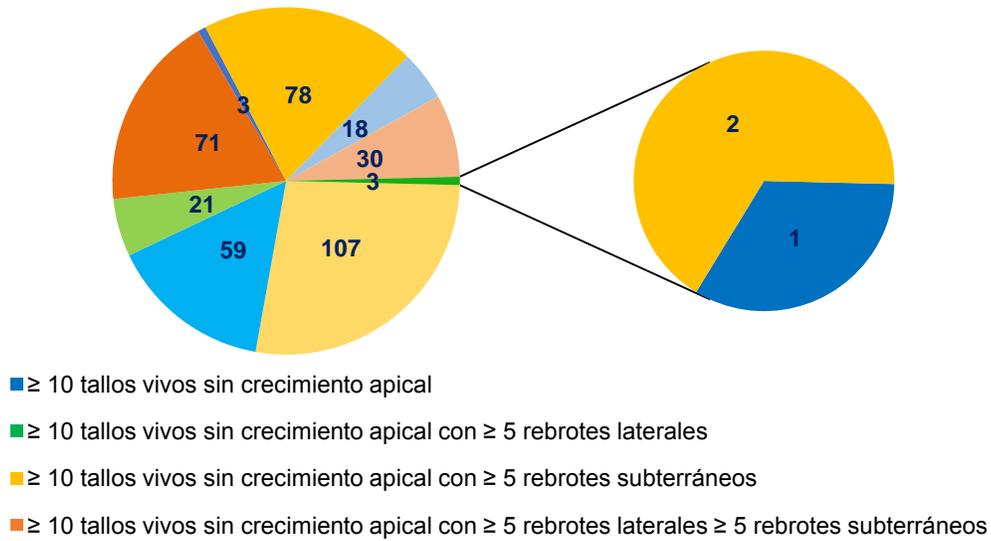


Figura 24. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

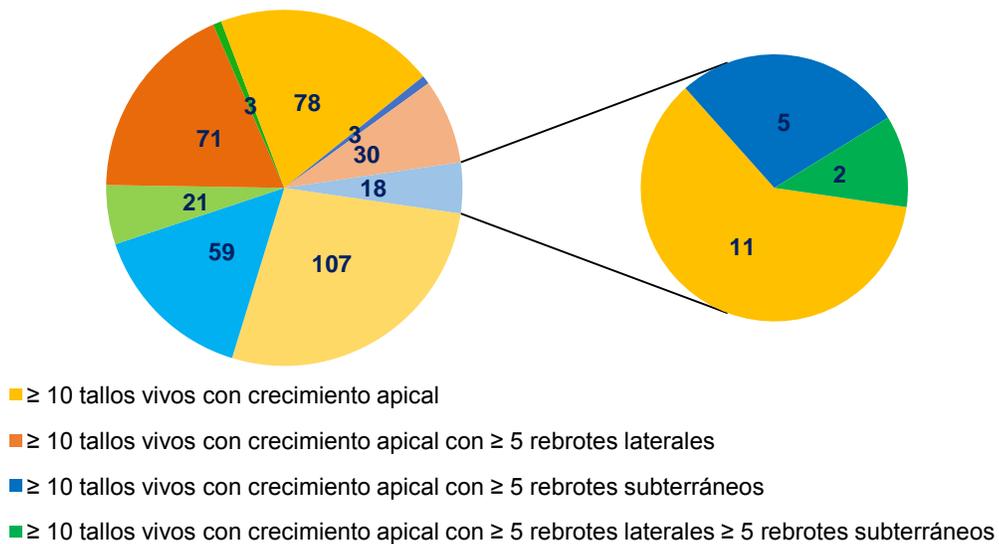


Figura 25. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Lucio Blanco municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

En las Figuras del 18 al 25 correspondientes a la plantación Lucio Blanco la presencia de rebrotes laterales es bajo a comparación de rebrotes subterráneos esto debido a que la plantación fue establecida hace 1 año, además se observó que la presencia de tallos con crecimiento apical es mayor que la presencia de tallos sin crecimiento apical, esto indica que la plantación se ha regenerado rápidamente. Los

resultados se relacionan con lo mencionado por Villa *et al.* (2010) en su estudio de reproducción asexual de plantas concluye que la localidad de Cuatro Ciénegas posee características genéticas especiales que lo hacen ser superior al resto de los ecotipos y no necesita de productos químicos para la formación de raíces y crecimiento de brotes.

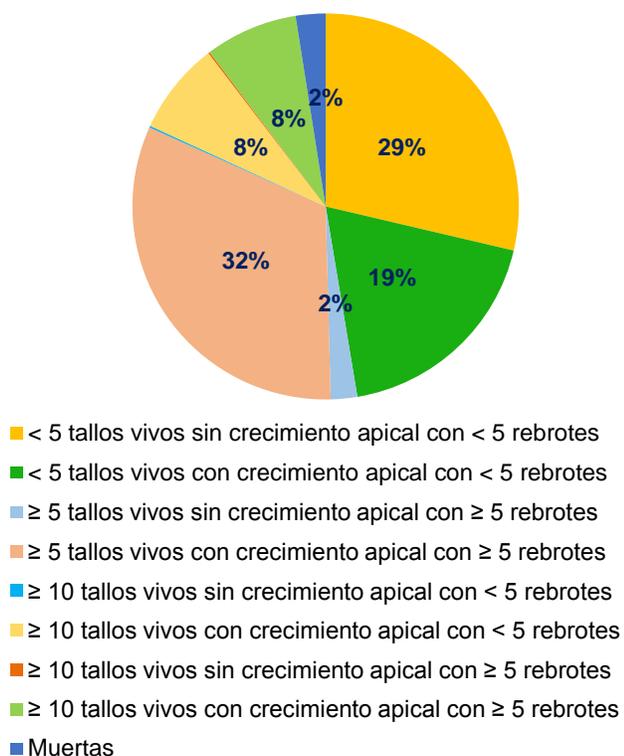


Figura 26. Porcentaje de sobrevivencia de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

En la Figura 26 se observa el número de plantas muertas con un porcentaje de 2% y el porcentaje de plantas vivas 98%. Este resultado interpreta que es una plantación exitosa por el alto porcentaje de sobrevivencia. Además destaca que esta plantación fue la que presentó mayor altitud a 1890 msnm, con ello se comprueba lo que menciona Flores (1995), quien realizó la comparación de métodos de plantación en el Ejido Hipólito, Ramos Arizpe, Coahuila. La primera condición en planicie y la segunda en ladera de sierra. Resultando con mejores incrementos en los parámetros de volumen, peso y sobrevivencia en la condición topográfica de ladera de sierra. También coincide a la propuesta de (Cano, 2013) la candelilla crece de manera general

en laderas, en suelos calcáreos, de origen aluvial, asociada a otras plantas como lechuguilla, sotol ocotillo y diversos cactus.

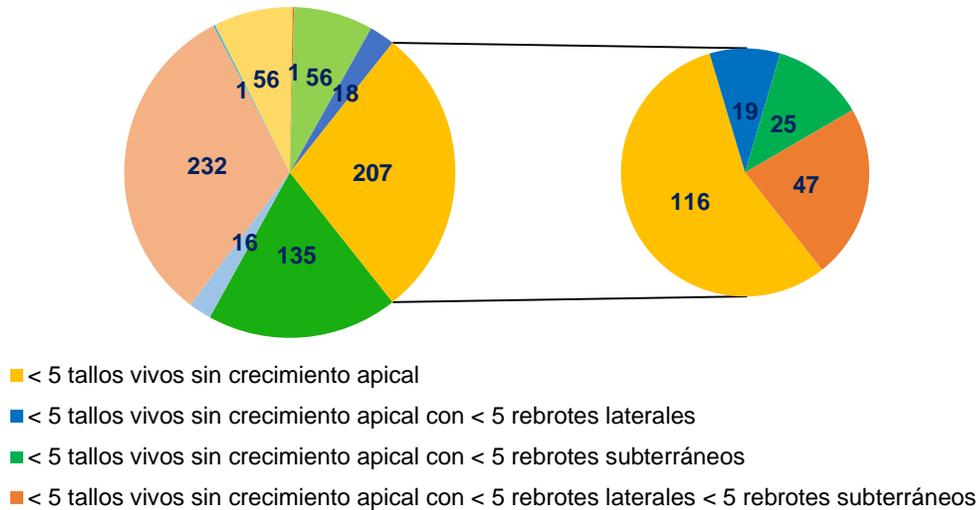


Figura 27. Porcentaje menores de 5 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

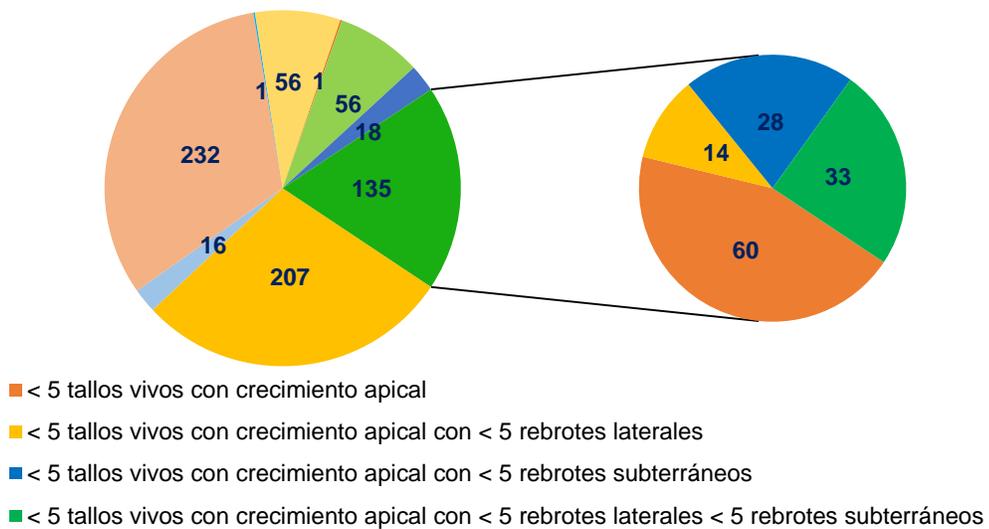


Figura 28. Porcentaje menores de 5 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

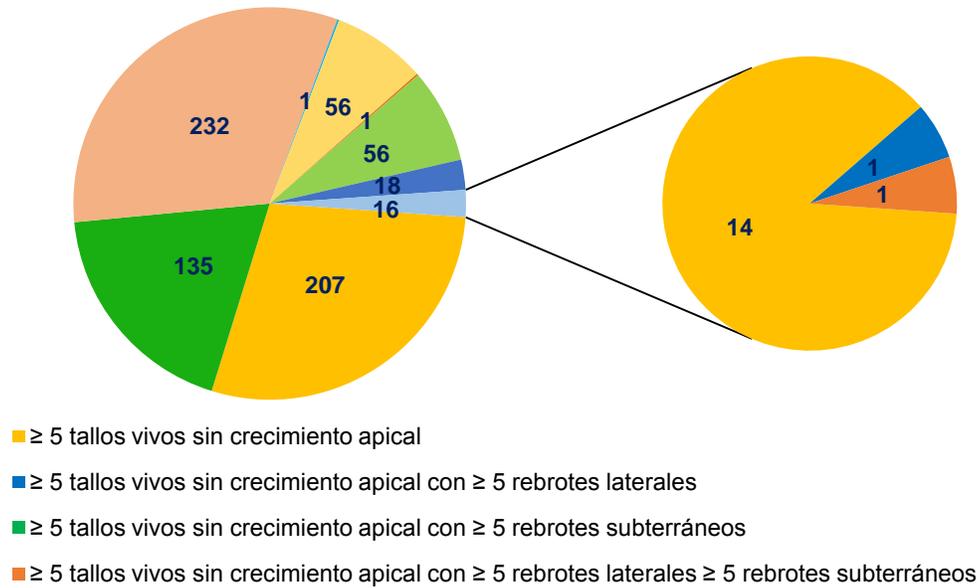


Figura 29. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

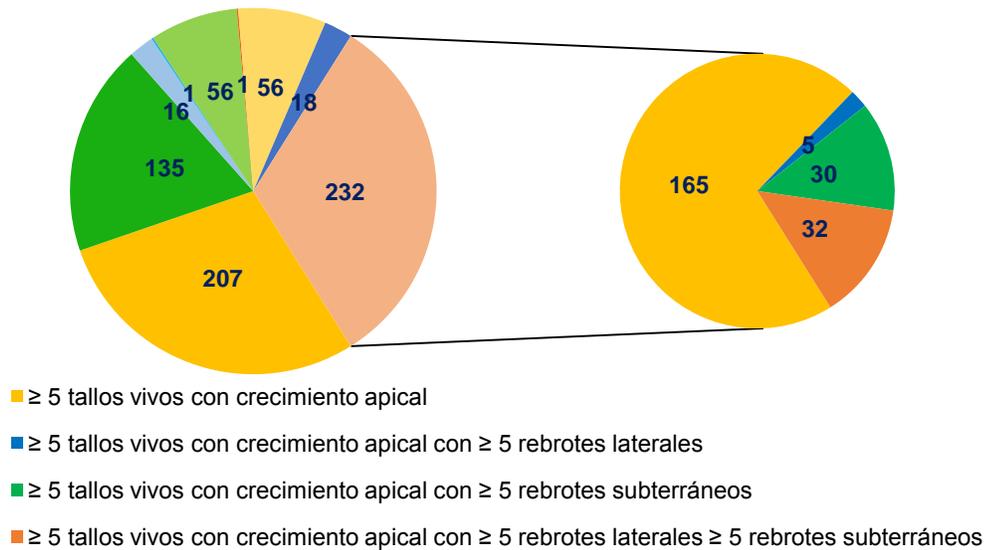


Figura 30. Porcentaje mayor o igual a 5 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

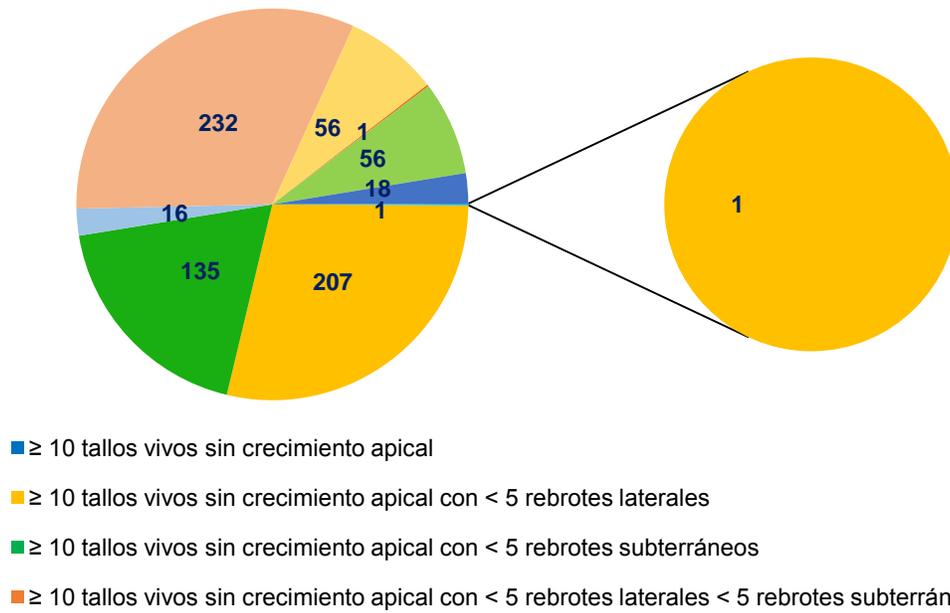


Figura 31. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos sin crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

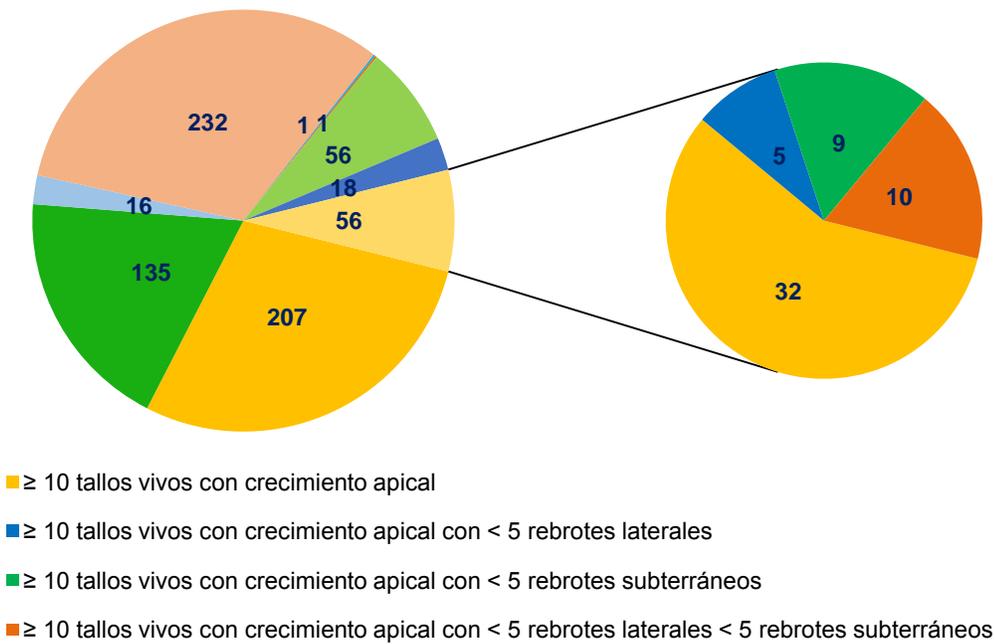


Figura 32. Porcentaje mayores de 10 tallos vivos con crecimiento apical con menos de 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

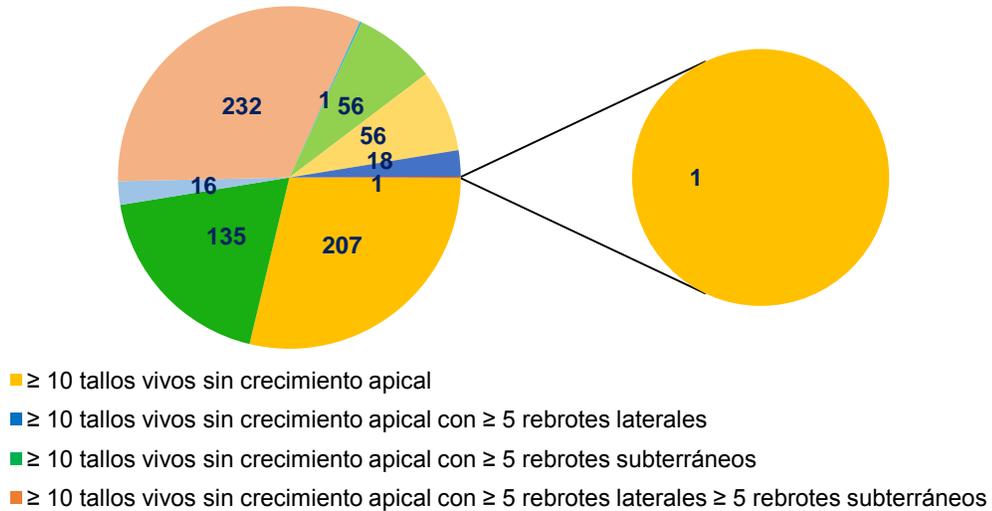


Figura 33. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos sin crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

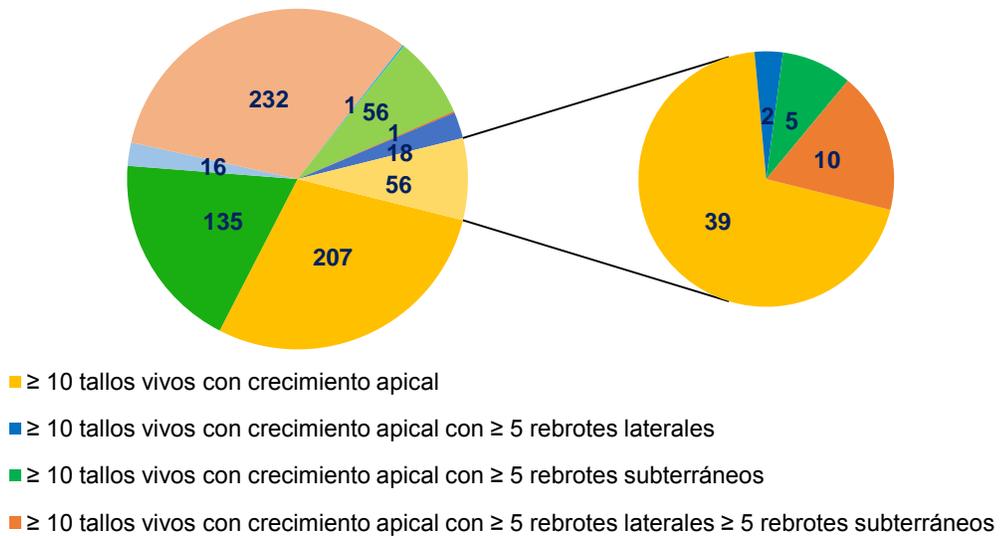


Figura 34. Porcentaje mayor o igual a 10 tallos vivos con crecimiento apical con mayor o igual a 5 rebrotes de la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente, Coahuila.

En las Figuras del 27 al 34 también se observa la presencia de rebrotes laterales es bajo a comparación de rebrotes subterráneos esto debido a que la plantación fue establecida hace 1 año, pero la presencia de tallos con crecimiento apical es mayor que la presencia de tallos sin crecimiento apical, esto nos indica que esta plantación se ha regenerado muy pronto y que el área en que se estableció la plantación es el área adecuada por tener un alto porcentaje de sobrevivencia.

4.1.3 Comparación de las tres plantaciones de candelilla.

En el Cuadro 7 se presenta la comparación de porcentajes entre las tres plantaciones de candelilla, en él se utilizaron únicamente los sitios muestreados con su debido porcentaje de sobrevivencia. Se puede observar que las tres plantaciones de candelilla presentan diferencias altamente significativas, podemos ver que la plantación Lucio Blanco de Cuatro Ciénegas (2) y la plantación Las Ánimas de Parras de la Fuente (3) son iguales en sobrevivencia y que la plantación San Antonio del Jaral (1) presenta diferencias altamente significativas con la plantación Lucio Blanco (2) y la plantación Las Ánimas (3).

Cuadro 7. Comparación de medias de porcentajes de sobrevivencia de las tres plantaciones de candelilla.

| ¶Comparación de plantaciones | Diferencia entre medias | Simultáneo 95% límites de confianza | ¶Significancia |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 3-2 | 4.895 | -3.380 13.170 | |
| 3-1 | 33.360 | 25.833 40.887 | *** |
| 2-3 | -4.895 | -13.170 3.380 | |
| 2-1 | 28.465 | 20.237 36.693 | *** |
| 1-3 | -33.360 | -40.887 -25.833 | *** |
| 1-2 | -28.465 | -36.693 -20.237 | *** |

¶Número 1= Plantación San Antonio del Jaral, ¶Número 2= Plantación Lucio Blanco, ¶Número 3= Plantación Las Animas y P*** altamente significativo.

En especial la plantación San Antonio del Jaral, algunas áreas plantadas fueron en cuencas endorreicas donde presentó la mayor mortalidad de plantas debido a la salinidad (Alcaraz, 2012) y además la técnica de plantación no fue del todo adecuada, porque algunas plantas se plantaron solo tallos disminuyendo la posibilidad de sobrevivencia (Villa, 1981; Flores, 1995), por otra parte se desconoce el lugar de procedencia del material plantado y esto también puede hacer la diferencia en la sobrevivencia, sobre todo si corresponde a un ecotipo diferente al lugar de establecimiento, considerar el ecotipo en una plantación es importante para que los resultados de sobrevivencia a corto plazo sean favorables, como resultado en el estudio de reproducción asexual en Cuatro Ciénegas, Coahuila, considerando los ecotipos (Villa *et al.*, 2010).

5 CONCLUSIONES

Las plantaciones con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron las de un año de establecidas, la plantación Lucio Blanco de Cuatro Ciénegas y la plantación Las Ánimas de Parras de la Fuente.

La plantación San Antonio del Jaral de General Cepeda es la que presenta mayor mortalidad por ser establecida dentro de cuencas cerradas. Además presenta poca regeneración de tallos con crecimiento apicales, como también rebrotes laterales y rebrotes subterráneos.

La plantación Lucio Blanco del municipio de Cuatro Ciénegas y la plantación Las Ánimas municipio de Parras de la Fuente presentan el mayor número de tallos con crecimiento apical, mayor número de rebrotes laterales y subterráneos considerando que los fenotipos sean mejores. Además son las plantaciones que se encuentran en mayor altitud.

En San Antonio del Jaral las técnicas de plantación no fueron adecuadas del todo, por ser el 20 por ciento establecidas con tallos y rizomas.

Se acepta la hipótesis nula (H_0) porque el porcentaje entre las plantaciones de candelilla es diferente bajo las condiciones establecidas.

6 RECOMENDACIONES

En aquellos sitios con porcentajes menores a 80% de sobrevivencia se sugiere las áreas a reposición para una mayor productividad del sitio.

Implementar los mapas de contorno en las evaluaciones de sobrevivencia utilizando un muestreo con distribución sistemática, con el propósito de analizar factores topográficos y edáficos.

Monitorear la plantación Lucio Blanco y Las Ánimas que fueron establecidas hace un año para determinar las posibles causas de mortalidad o su desarrollo y tener más elementos para sugerir técnicas en el establecimiento de plantaciones.

No establecer plantaciones de candelilla en donde estén presentes las cuencas endorreicas, ya que el grado de salinidad afecta la sobrevivencia.

Considerar las condiciones donde se establecieron las plantaciones de Lucio Blanco y Las Animas así como las técnicas de plantación con tallos y rizoma para asegurar la sobrevivencia en futuras plantaciones.

7 LITERATURA CITADA

- Alcaraz A., F. J. 2012. Salinidad y vegetación. Geobotánica tema 18. Universidad de Murcia, España. 11 p.
- Campos L., E., y O Chávez P. 1981. Candelilla. Centro de investigación en química aplicada. 5:1-101.
- Canales G., E., V. Canales M., y E. M. Zamarrón R. 2006. Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. Biodiversitas. 69: 1-5.
- Cano P., A., E. E. Villavicencio G., y M. Martínez S. 2013. Caracterización ecológica y socioeconómica de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.). INIFAP Campo Experimental Saltillo. 1: 139-173.
- Cavazos D., J.R. 1997. Uso múltiple de los agostaderos en el norte de México. Ciencia Forestal. 22: 3-27.
- Cervantes R., M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 1-21.
- Cisneros B., M. A. 2015. Áreas potenciales de distribución para tres especies forestales no maderables mediante la metodología multicriterio y SIG en Coahuila. Tesis profesional de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 40 p.
- CITES. Evaluación del estatus de *Euphorbia antisiphilitica* en México dentro de los apéndices de la CITES. Decimoctava reunión del comité de flora Buenos Aires (Argentina), 17-21 de marzo de 2009. 10-13 P. [En línea]. [Consultado: 16 de enero de 2017.] Disponible en Web <https://cites.org/common/com/pc/18/X-PC18-Inf10.pdf>.
- Complejo de Laboratorios Bolsa de Comercio de Rosario. s/f. Etapas de la toma de muestra para análisis de suelo. Rosario Santa Fe, Argentina. pp.1-6.
- CONABIO. 2008. Conservación, uso y comercio de la candelilla. Taller nacional. México D.F. 3 p. [En línea]. [Consultado: 11 de enero 2017.] Disponible en Web https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/123420/bp011_taller_candelilla_171208.pdf.

- CONAFOR. 2005. Programa Estratégico Forestal 2005-2025 para el Estado de Coahuila. 119 p.
- CONAFOR. 2016. Comparten conocimientos para aprovechamiento de candelilla en Zacatecas. [En línea]. [Consultado: 12 de enero de 2017.] Disponible en Web <https://www.gob.mx/conafor/prensa/comparten-conocimientos-para-aprovechamiento-de-candelilla-en-zacatecas>.
- CONAFOR. 2016. Destaca Zacatecas a nivel nacional por plantaciones comerciales. [En línea]. [Consultado: 11 de enero de 2017.] Disponible en Web <https://www.gob.mx/conafor/prensa/destaca-zacatecas-a-nivel-nacional-por-plantaciones-comerciales?idiom=es>.
- CONAFOR-SEMARNAT. 2003. Manual para la verificación de la propuesta técnica forestal y ambiental de los beneficiarios del PRODEPLAN (aspectos técnicos). Gerencia de desarrollo de plantaciones forestales comerciales. México. 26 p.
- CONAFOR-SEMARNAT. s/f. *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. Boletín informativo. 9 p.
- Covarrubias R., A. A. 2007. Sobrevivir al estrés: cómo responden las plantas a la falta de agua. Biotecnología. 14: 254-256.
- Dávila A., H. 1981. Métodos de reproducción de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*). Primera reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. 31: 346-350. [En línea]. [Consultado: 8 de febrero de 2017.] Disponible en Web http://repositorio.inecc.gob.mx/ae/ae_001234.pdf.
- Flores del A., M de la L. 2013. Situación actual de las poblaciones de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc): inventario, su propagación sexual y asexual en el estado de Coahuila, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. 134 p.
- Flores L., C. 1995. Viabilidad de semillas, emergencia de plántulas y plantaciones de “candelilla” (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 131 p.
- García., E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Serie Libros, Instituto de Geografía, UNAM, México. 6: 98 p.

- Gómez L., F. 2011. Aprovechamiento, manejo y valoración de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. Tesis profesional de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 208 p.
- Granados-Sánchez D., López-Ríos G. F., y Gama-Flores J. L. 1998. Adaptaciones y estrategias de las plantas de zonas áridas. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 4 (1): 169-178.
- INEGI. 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos General Cepeda, Coahuila de Zaragoza. [En línea]. [Consultado: 24 de febrero de 2017.] Disponible en Web <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05011.pdf>.
- INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Cuatro Ciénegas, Coahuila de Zaragoza. [En línea]. [Consultado: 24 de febrero de 2017.] Disponible en Web <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05007.pdf>.
- INEGI. 2009c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Parras, Coahuila de Zaragoza. [En línea]. [Consultado: 24 de febrero de 2017.] Disponible en Web <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05024.pdf>.
- INIFAP-SEMARNAT. s/f. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. 110 p. [En línea]. [Consultado: 1 de octubre de 2016.] Disponible en Web http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual_Clima_arido.pdf.
- Instituto de la Candelilla. 2013. El trabajo de investigadores mexicanos enfocado en el reforzamiento de la planta de candelilla para asegurar su reforestación exitosa. [En línea]. [Consultado: 10 de enero de 2017.] Disponible en Web http://www.candelilla.org/wp-content/uploads/2013/06/RCIC_Art-3.1.pdf.
- Lamz A., y M González. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Cultivos tropicales., 34(4): 31-32.
- Maldonado, L. J. s/f. El campo experimental forestal la sauceda-líneas de investigación. [En línea]. [Consultado: 9 de febrero de 2017.] Disponible en Web

<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/viewFile/928/926>.

- Mata-Fernández I., Rodríguez-Gamiño M. L., López-Blanco J., y Vela-Correa G. 2014. Salinidad y sodicidad en suelos. Revista Digital del Departamento. El hombre y su ambiente. 1(5):26-35.
- Medellín-Leal F. 1983. Problema de las zonas áridas de México. Zonas áridas. 4: 57-63.
- Montgomery, D. 2010. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. México D.F. Limusa Wiley. 700 p.
- Ochoa-Reyes E., Saucedo-Pompa S., De La Garza H., D. G. Martínez., R. Rodríguez., y Aguilar-González C. N. 2010. Extracción tradicional de cera de *Euphorbia antisyphilitica*. Acta Química Mexicana 2(3): 1-13.
- Ortega R., S. A. 1981. Métodos y épocas de corte de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*). Primera reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. 31: 351-356. [En línea]. [Consultado: 8 de febrero de 2017.] Disponible en Web http://repositorio.inecc.gob.mx/ae/ae_001234.pdf.
- Ramírez L., A. G. 2015. Tablas de predicción de biomasa y rendimiento de cera para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. en Mazapil, Zacatecas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 69 p.
- Rangel O., E. 2009. Germinación y vigor de semilla de dos especies de gramíneas forrajeras bajo diferentes intensidades de salinidad (KCL). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82 p.
- Roblero P., E. F. 2012. Modelos de predicción de biomasa y rendimiento de cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en poblaciones naturales de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 55 p.

- Rodríguez H., M. G. 2012. Inducción del desarrollo vegetal de *Euphorbia antisyphilitica* mediante *Bacillus* sp. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Jiquilpan de Juárez, Michoacán. 75 p.
- Rojas M., R., S. Saucedo P., M. A. De León Z., D. Jasso C., y C. N. Aguilar. 2011. Pasado, presente y futuro de la candelilla. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 2: 7-18.
- Rzedowski., J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- SAGARPA-INIFAP. 2012. Propuesta de metodología para formular el inventario nacional de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*): fase 1. [En línea]. [Consultado: 13 de enero 2017.] Disponible en Web http://www.inifap.gob.mx/comef/sitepages/proy_candelilla.aspx.
- Scheaffer., R. L., W. Mendenhall., y L. Ott. 1993. Elementos de muestreo. Grupo editorial iberoamérica. 321 p.
- SEMARNAT-RECNAT. 1999. Norma Oficial Mexicana-018-RECNAT. Establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de hierba de candelilla, transporte y almacenamiento del cerote. Diario Oficial de la Federación. 23 de abril de 2003. pp:1-9.
- Sit., V. 1995. Analyzing ANOVA Designs. Biometrics Information Handbook. british Columbia. 5:28-32.
- Steel D., R. G., y J. Torrie H. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. Colombia. 2:154-155.
- Villa S., A. B. 1981. Investigación sobre candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el área del CIFNE. Ciencia Forestal. 6: 4-17.
- Villa-Castorena M., Catalán-Valencia E. A., Inzunza-Ibarra M. A., González-López M. de L., y Arreola-Ávila J. G. 2010. Producción de plántulas de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) mediante estacas. Revista Chapingo. 16 (1): 37-47.
- Zar., J. H. 2010. Biostatistical Analysis. Quinta edición. Prentice Hall. New jersey. 946 p.