Impacto del gradiente altitudinal en la producción de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), en Coahuila, México

Emmanuel Toribio-Ferrer y Horacio Villalón-Mendoza*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Carretera Nacional km 145, Linares, Nuevo León, México

Artículo recibido el 27 de junio de 2022 y aceptado el 4 de junio de 2022

Impact of the altitudinal gradient on the production of a commercial forest plantation of Candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.), in Coahuila, Mexico.

Abstract

A study was carried out to determine the impact of the altitudinal gradient (1,010-1,170 masl) of a commercial forestry plantation of candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), to reach the stage of harvest maturity, in the Ejido Mala Noche and Arracadas, San Pedro, Coahuila, Mexico. Nine circular sites of 100 m2 (radius of 5.64 m) were randomly located. Dependent variables were quantified: height (h), greater diameter (D) and smaller (d) expressed in cm, to determine survival / ha, usable and non-usable plants and biomass (kg) / ha, regeneration and dead plants are also counted based on the independent variable (altitude). To evaluate the impact of the altitudinal gradient, the analysis of the ANOVA variance was applied. The results of the analysis of variance indicate that there are highly significant differences ($p \leq 0.05$) among the variables measured according to the altitude variable.

Key words: barrier altitude gradient, *Euphorbia*, wax production, commercial forest plantation, harvest.

Resumen

Se llevó a cabo un estudio para conocer el impacto del gradiente altitudinal (1,010-1,170 m) de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) para alcanzar la etapa de madurez de cosecha, en el Ejido Mala Noche y Arracadas, San Pedro, Coahuila, México. Se utilizó un arreglo factorial, ubicando de manera aleatoria, nueve sitios de forma circular de 100 m^2 (radio de 5.64 m). Se cuantificaron variables dependientes: altura (h), diámetro mayor (D) y menor (d) expresado en cm, sobrevivencia/ha, plantas aprovechables y no aprovechables, biomasa (kg)/ha, regeneración y plantas muertas en función de la variable independiente (altitud). Se utilizó un análisis de la varianza ANOVA. Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferentes altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las variables medidas en función de la variable independiente altitud.

Palabras claves: Gradiente altitudinal, *Euphorbia antisyphilitica*, producción de cera, plantación forestal comercial, cosecha.

*Autor de correspondencia
Email: horacio.villalon@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)
DOI: https://doi.org/1033154/rlrn.2022.01.03

Introducción

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc), se distribuye en zonas semiáridas de México, los habitantes de la región desértica dependen principalmente de la cera obtenida de la planta para generar sus ingresos económicos como una forma de subsistencia, algunas veces en combinación con otras actividades como la agricultura, la ganadería, aprovechamiento de fibra seca de lechuguilla (*Agave lechuguilla*), y hojas secas de orégano (*Lippia graveolens*), entre otras especies no maderables (De León, 2008).

La candelilla se reproduce de manera asexual mediante rebrotes de tallos aéreos y subterráneos y por semillas. Los tallos de esta especie alcanzan aproximadamente 90 cm de altura media, diámetro de cobertura de 30 a 60 cm de largo y de diámetro por vara de 0.1 a 1.0 cm (De la Garza *et al.*, 1992).

La distribución de la candelilla en su hábitat natural, contribuye a la prevención de la erosión edáfica, favorece al crecimiento de otras especies en el área, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), sotol (*Dasylirion cedrosanum*), guapilla (*Hechtia glomerata*), entre otras; se desarrolla en laderas, suelos calcáreos, poca profundidad, pedregosidad, pH entre 7.4 a 8.4 (Cano, 2013).

Actualmente, el aprovechamiento inadecuado de esta especie tiene fuertes repercusiones sociales y económicas, considerando que la falta de agua en zonas desérticas para la agricultura, conlleva que el aprovechamiento de la candelilla sea una actividad extractiva como única alternativa económica (De la Garza *et al.*, 1992).

Una de las alternativas realizadas entre los años 2000 al 2014 para zonas semiáridas de México como estrategias para incrementar la producción, fue el establecimiento de plantaciones forestales comerciales con especies nativas de la región en áreas donde se desarrolla la planta, con evidencia de su existencia de manera natural, para lograr la sobrevivencia o mostrar un buen desarrollo sin poner en riesgo la planta (De la Garza *et al.*, 1992).

Aun cuando las plantaciones fueron establecidas en regiones naturales o nativas, ha tenido grandes fracasos por su establecimiento en sitios improvistos para su desarrollo y producción. Por lo tanto, se buscará determinar el resultado obtenido de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), siendo el interés particular del presente estudio el impacto del gradiente altitudinal situado entre 1,010 a 1,170 msnm para conocer el comportamiento con respecto a diferentes valores cuantitativos de variables asociadas (biomasa aprovechable (kg), densidad de plantas/ha, sobrevivencia de plantas/ha, plantas aprovechables/ha, y números de regeneración/ha, ya que estas variables tienen mayor significancia ecológica (Mueller-Dombois y Ellemberg, 1974), y permiten una comparación entre la especie en diferentes hábitos para alcanzar la madurez de cosecha (Bonham, 1980).

Del 2000 al 2014 se establecieron en el estado de Coahuila 40,603 hectáreas de plantaciones forestales comerciales no maderables, de las cuales, 27,967 hectáreas corresponden a la candelilla (CONAFOR, 2015), con la finalidad de lograr una estrategia para aumentar la producción forestal y reducir el déficit del abasto de materias primas forestales; encaminadas a generar alternativas en el desarrollo económico en las regiones desérticas del país (SEMARNAT, 2014).

De 2015 al 2019 en el estado de Coahuila, se reforestaron con la especie de candelilla, 27,799 hectáreas en la modalidad de prácticas en predios con producción no maderables (CONAFOR, 2019), como mecanismos para asegurar la regeneración en áreas previamente aprovechadas con base en la NOM-018-SEMARNAT-1999, buscando la sustentabilidad de sus recursos (SEMARNAT, 2014).

Una investigación realizada en poblaciones de candelilla para conocer la mortalidad de las plantas de una plantación forestal comercial, en el municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila, se evaluaron las variables de porcentaje de mortalidad y altura en función de la pendiente, concluyendo que en la topografía loma existe baja sobrevivencia de las plantas (Flores, 2013).

Otra variable evaluada ha sido la sobrevivencia en tres plantaciones de candelilla en diferentes condiciones en el Noreste de Coahuila, destacando como resultado de la investigación que la mayor sobrevivencia corresponde en áreas de laderas de sierra y disminuyen en condiciones de terrenos con planicie (Bartolomé, 2017).

Con relación a la sobrevivencia de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) realizada en el Ejido Hipólito del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, se compararon dos métodos de plantación en planicie y ladera de sierra, encontrando que el mayor

inconveniente fue la depredación y consumo por lagomorfos, resultado de decremento de los parámetros de la biomasa (kg), y la sobrevivencia, sin existir una evaluación en etapa de madurez de cosecha (Flores, 1995).

El presente estudio tiene la finalidad de conocer el impacto del gradiente altitudinal en desarrollo de las plantas de candelilla de una plantación forestal comercial establecida en el año 2012 y que, de acuerdo a su calendario de corte programado, se espera que para en el año 2019, estará en condiciones de ser aprovechadas alcanzando la etapa de madurez de cosecha.

Con ello se quiere dar elementos para asegurar el éxito de sobrevivencia y desarrollo de una plantación forestal comercial, en busca de la necesidad de ser autosuficientes, contribuir con la conservación y legalidad de procedencia y uso sustentable de un producto forestal no maderable obtenido de una plantación en zonas áridas y semiáridas.

Materiales y Métodos

Localización del área del estudio

El área del estudio se ubica en el Ejido Mala Noche y Arracadas, perteneciente al municipio de San Pedro, Coahuila. Se encuentra entre las coordenadas geográficas 25°54’4.43’’ N y 102°26’35.57’’ O, tal como se observa en la figura 1.

La plantación forestal comercial fue autorizada por

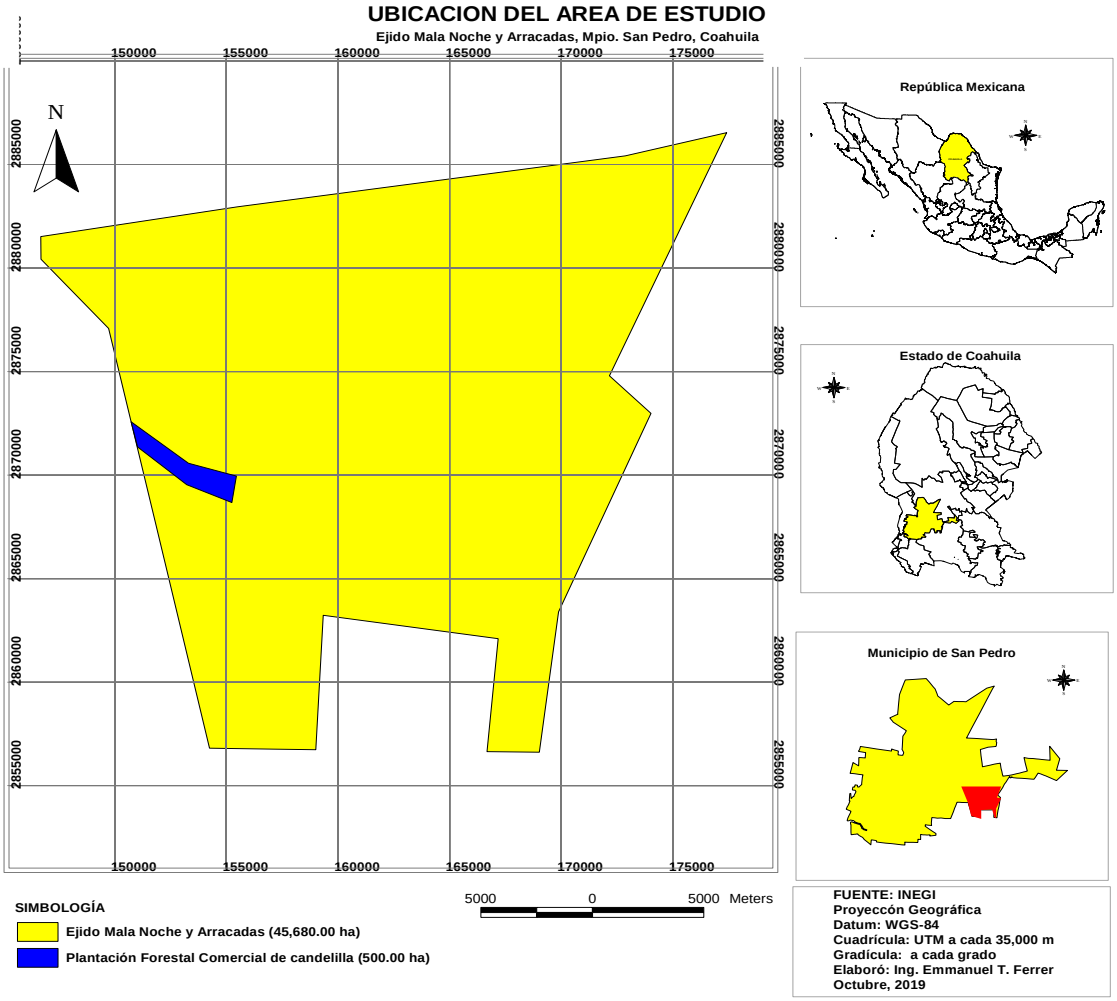


Figura 1. Ubicación de la plantación forestal comercial en el Ejido Mala Noche y Arracadas, San Pedro, Coahuila.

CONAFOR en el año 2011 en el estado de Coahuila, bajo el folio de solicitud S201105000576, en una superficie de 500 ha y establecida en el año 2012 a una densidad de 4,000 plantas/ha, ver figura 2.



Figura 2. Productores ejidales plantado la candelilla en el año 2012.

Características físicas del área del estudio

Topografía. El área de estudio presenta altitudes entre los siguientes límites: 1,010 a 1,170 msnm; con una pendiente de 0≥10 %; según la información obtenida del mapa hipsométrico, escala 1:4,000,000 de INEGI, 1990.

Clima. La condición climática presente en el área, es BSohw (Árida-semicálido), con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2 % del total anual; temperatura media anual entre 18 °C y del mes más cálido superior a los 22 °C (García-E.-CONABIO, 1998).

Suelo. En el área predomina el regosol calcárico (Rc), de origen coluvial, profundidad somera, textura franco arenoso, estructura granular, consistencia friable, con presencia de grava y piedra (De la Garza *et al.*, 1992).

Características biológicas del área

Vegetación. En el área del estudio predomina el matorral desértico rosetófilo, que conforma una comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies vegetales con hojas acomodadas en forma de roseta, con o sin espinas; generalmente acaulescentes (sin tallo aparente), aunque con frecuencia presenta características "arrosetadas" con tallos bien definidos (Rzedowski, J. 1978).

Metodología utilizada

El área de muestreo comprende un gradiente altitudinal: planicie y lomeríos o pendiente menor a 5 % (1,010-1,090 msnm), con una superficie de 159 ha, a través de cañadas (1,091-1,130 msnm), con pendiente de 5 al 10 % en una superficie de 203 ha y finalmente extendiéndose hasta las cercanías del parteaguas de la sierra con pendiente de ≥ a 10 % y (1,131 -1,170 msnm) en 138 ha (Figura 3).

Muestreos

Se utilizó el sistema de muestreo estratificado aleatorio, en las cuales fueron distribuidos 3 sitios de forma circular de 100 m^2 (radio de 5.64 m) por estrato, siendo un total de 9 sitios, orientados en sentido perpendicular a la pendiente (Ramírez, M. 2011). En las cuales se midieron las variables de altura media (h), diámetro mayor (D) y menor (d) de cobertura expresados en centímetros de cada una de las plantas encontradas dentro del sitio (Camacho, 1990; De la Garza y Berlanga, 1993).

Materiales utilizados

- Cuerdas de 5.64 m
- Formato de campo
- Cámara fotográfica
- Estacas de campo de 30 cm de altura.
- Cinta métrica.
- Plantilla de muestreo.
- Carta topográfica G13D18 Escala 1:50,000 de INEGI.
- GPS Garmin etrex *3x*

Ubicación de los sitios en el área de plantación

Parámetros evaluados. Se evaluaron dos tipos de variables: dependiente (bióticas) e independiente (abiótica) (Mueller-Dombois y Ellemberg, 1974). Se registraron, además plantas muertas y de regeneración.

Variables dependientes

Altura media (cm). En la medición de la altura media se utilizó una cinta métrica (ver figura 4), esto se efectuó colocando en el centro de la planta y tomando como referencia la altura que presenta la mayoría de los tallos (De la Garza y Berlanga, 1993).

Diámetro mayor (cm) de cobertura. Se obtuvo sobreponiendo la cinta métrica con aproximación al centímetro en la parte más ancha de la cobertura de la planta (De la Garza y Berlanga, 1993), ver figura 5.

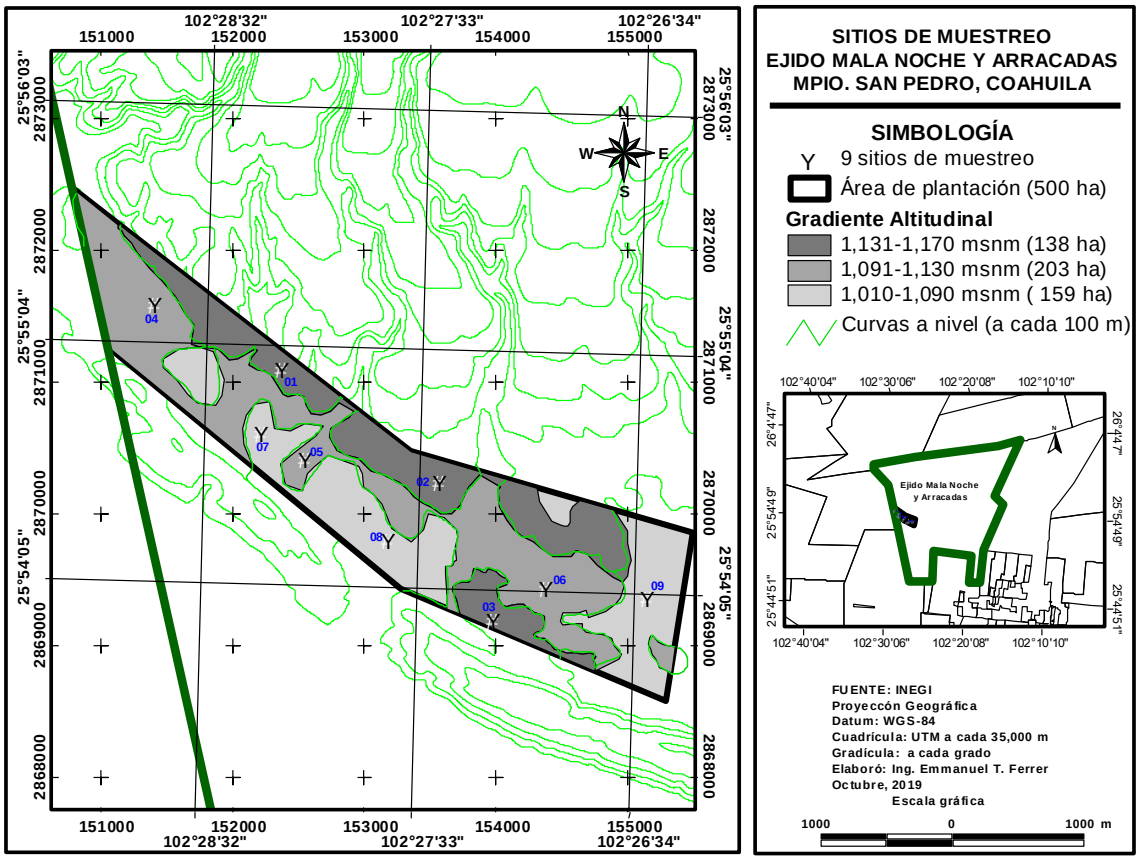


Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreos en el área de estudio.



Figura 4. Medición de altura media de la planta de candelilla (cm) en campo.



Figura 5. Medición de diámetro mayor (cm) de cobertura de la planta.

Diámetro menor (cm) de cobertura. De la misma manera se midió el diámetro menor de cobertura de la planta, colocando la cinta métrica en la parte más angosta de cobertura (De la Garza y Berlanga, 1993), ver figura 6.



Figura 6. Medición de diámetro menor (cm) de cobertura de la planta.

Regeneración. Se registraron individuos en rebrotes (únicamente se contabilizaron), que son aquellas plantas que constan de al menos 2 tallos con 10 cm de altura en promedio (Figura 7) y una separación mayor a los 20 cm de distancia de la planta madre (CONABIO, 2016).

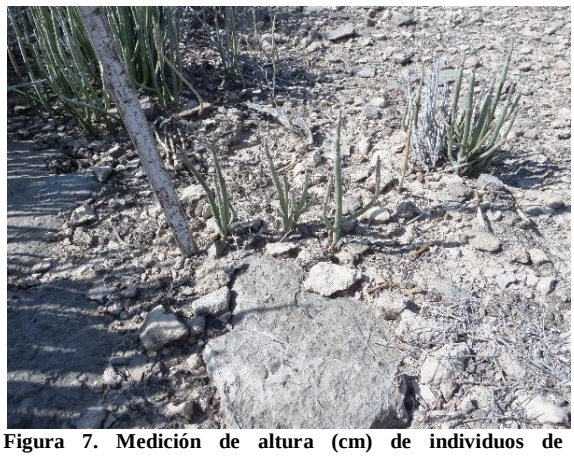


Figura 7. Medición de altura (cm) de individuos de regeneración.

Sobrevivencia. Se contabilizaron el número de plantas vivas y muertas (Figura 8), lo anterior para determinar en qué gradiente altitudinal afecta el desarrollo y crecimiento de la planta.

Biomasa de la planta (kg). El método empleado para determinar la biomasa de candelilla, se realizó mediante la utilización de un modelo de predicción, el cual es capaz de revelar la biomasa usando los valores de altura media (cm), diámetro mayor (cm) y diámetro menor (cm) de la cobertura de la planta propuesto por Camacho (1990).



Figura 8. Característica de una planta de candelilla "muerta" en el área del estudio.

El método consiste primeramente en calcular el volumen (1) de la planta y posteriormente calcular la biomasa en kg (2), los modelos empleados fueron:

$$(1)\quad V = \frac{(\pi)(D)(d)(h)}{4}$$

Donde:
V = Volumen de la biomasa en cm^3.
π = Constante (3.141592).
D = Diámetro mayor de cobertura de la planta en cm.
d = Diámetro menor de cobertura de la planta en cm.
h = Altura media de la planta en cm.
4 = Valor constante.

$$(2)\quad X = 0.0002620 * V^{0.7736}$$

Donde:
X = Biomasa de la planta en kg.
V = Volumen de la biomasa en cm^3.
0.0002620 = Valor constante.
0.7736 Valor constante.

Estimar la posibilidad de aprovechamiento de cerote. Sólo se aprovechará la candelilla en etapa de madurez de cosecha (altura mínima de 30 cm y diámetro superior a los 25 cm) y para determinar la posibilidad total de aprovechamiento de biomasa (kg), se multiplica por la intensidad de corta del 80 %, dejando sin intervenir el 20 % con base a lo establecido por la NOM-018-SEMARNAT-1999.

Para determinar la extracción de la cera de una planta verde se logra un 2.5 %, después de 30 días de almacenamiento este porcentaje se incrementa hasta 3.4 % (De la Garza y Berlanga, 1993). Para el

presente estudio de investigación se multiplica por 3 %, que obedece al porcentaje de extracción de cerote en pailas al aire libre en la región de la comarca lagunera, donde está establecida la plantación.

Variable independiente

Altitud (m). Con el apoyo de un receptor de posicionamiento global (GPS) Garmin etrex *3x*, y corroborándose cada una de las elevaciones con la ayuda de la carta topográfica G13D18 "Mala Noche y Arracadas", año de edición 2016, escala 1:50,000 (INEGI, 2016). Ver figura 9.



Figura 9. Con el apoyo del GPS se georreferenciado cada sitio muestreado.

Método analítico

Con los datos obtenidos en los muestreados realizados, siendo 3 sitios de 100 m^2 por estrato, generando una base de datos total de 201 plantas encontradas en 9 sitios totales; al evaluar cada variable dependiente (biótica), se procedió a realizar un análisis de la varianza ANOVA con un nivel de significancia $p \leq 0.05$. Lo anterior para diferenciar las variables dependientes (bióticas) conforme incrementa el valor de la variable de la gradiente (Ter Braak, 1998), posteriormente, se realizó por separado el análisis estadístico de sobrevivencia y regeneración, para determinar si es significativa dicha variable.

Resultados

Se evaluaron el desarrollo de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), en una superficie de 500 ha, establecida en el año 2012 en el ejido Mala Noche y Arracadas, Mpio. San Pedro, Coahuila; en diferentes altitudes.

Densidad y volumen de las poblaciones de candelilla

Para conocer el potencial productivo de biomasa (kg) de la candelilla por gradiente altitudinal, se realizó mediante la utilización de variables morfométricas de altura (h), diámetro mayor (D) y menor (d) representados en cm; se calculó la biomasa individual (kg) en las plantas muestreadas por sitio y para obtener la densidad y existencias reales por hectárea, los valores obtenidos se multiplicaron por 100 considerando que la superficie ocupada por cada sitio es equivalente a 0.01 ha.

Se encontró que la biomasa total (kg)/ha osciló entre 84.051-3,449.162 kg/ha y una densidad total/ha entre 567 a 3,800 plantas. La densidad promedio general fueron las siguientes:

En base a la tabla 1, se observa que hay mayor porcentaje de mortalidad en gradiente altitudinal baja con pendientes (< 5 %), siendo el área con mayor desprovistas de vegetación y sobrepastoreo, además corresponde en áreas donde no exista plantas de candelilla de manera natural o terreno sin pedregosidad.

Tabla 1. Densidad y biomasa totales/ha en función del gradiente altitudinal.

Altitud (m)	Biomasa (kg)/ha	Densidad plantas/ha
1,010-1,090	84.051	567
1,091-1,130	1,245.619	2,333
1,131-1,170	3,449.162	3,800

Como se puede apreciar en la tabla 2 los resultados obtenidos evidencian que existen diferentes altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre la densidad de plantas/ha en función de la variable de altitud (figura 10).

Tabla 2. Análisis de varianza de la densidad de plantas/ha de candelilla en función de la variable de altitud.

Fuentes	SS	G.L	MS
	2516267.00	2	1258133.00
Densidad de plantas/ha	SSE	F	P
	30933.33	244.0345	0.000002**

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad. ** = Diferencia estadística altamente significativa.

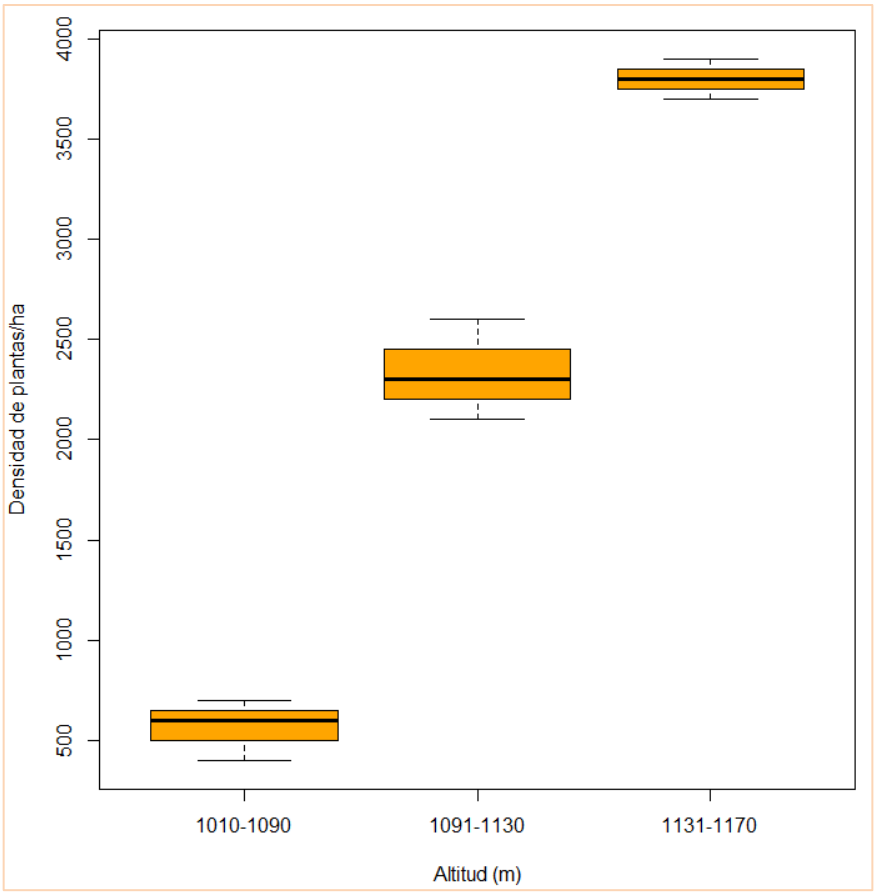


Figura 10. Densidad de plantas/ha en función al gradiente altitudinal.

Por lo tanto, la mayor sobrevivencia de la plantación forestal comercial de candelilla se encuentra en laderas, tomando en cuenta que las plantas tienden a protegerse con otras especies asociadas en temporadas de mayor temperatura, aunado a la existencia de pedregosidad y pendiente superior a 10 %. En la parte plana del terreno, correspondiente a una superficie de 159 ha como se observa en la figura 3, sólo hubo sobrevivencia del 5 %, con una mortalidad del 95 %. Lo cual evidentemente muestra una señal que si es significativo el gradiente altitudinal y la pendiente para lograr el desarrollo de la plantación (figura 11). Al comparar las figuras 10 y 11 se observa que la mayor sobrevivencia se encuentra en la altitud (1,131-1,170 msnm), con un valor porcentual del 85 %. Técnicamente para futuras plantaciones y para que sea un éxito, se debe de excluir áreas de barreales o planas, siendo de mayor éxito en terreno con pendientes superiores al 10 %.

Densidad de plantas aprovechables

Considerando lo señalado por la NOM-018-SEMARNAT-1999 que menciona que sólo se puede aprovechar plantas de candelilla en etapa de madurez de cosecha, y retomando la tabla 1, donde se menciona la densidad de plantas totales/ha, se presenta a continuación la figura 12, donde se muestra la densidad de plantas aprovechables/ha.

Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferentes altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre la densidad de plantas aprovechables/ha, en función de la variable de altitud.

En la tabla 3 se muestran los valores promedio de las densidades manejadas /ha.

En función de lo anterior, el valor promedio de la densidad de plantas aprovechables/ha se multiplicó por la superficie de cada estrato obtenida por

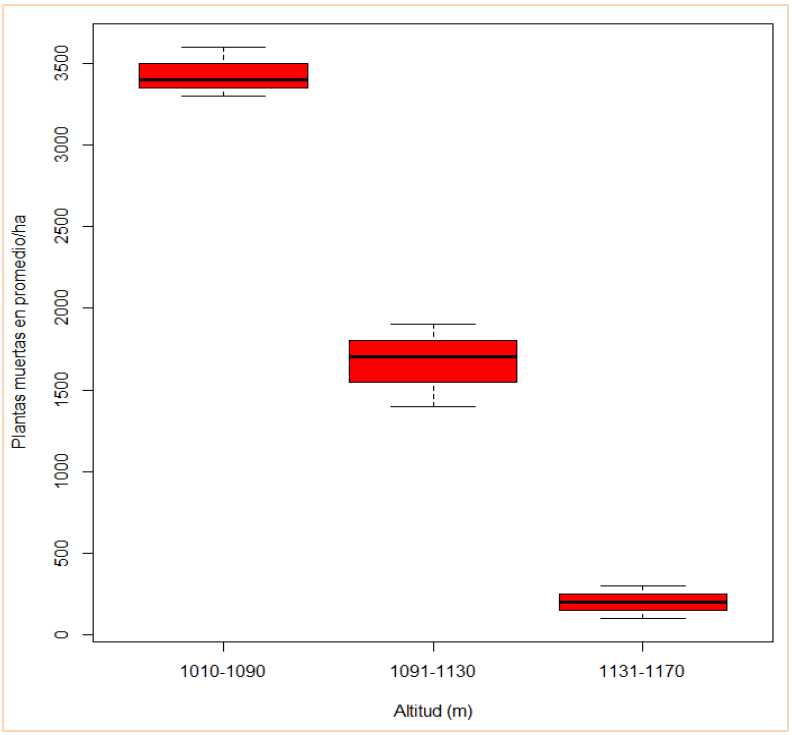


Figura 11. Densidad de plantas muertas en promedio/ha, en función al gradiente altitudinal.

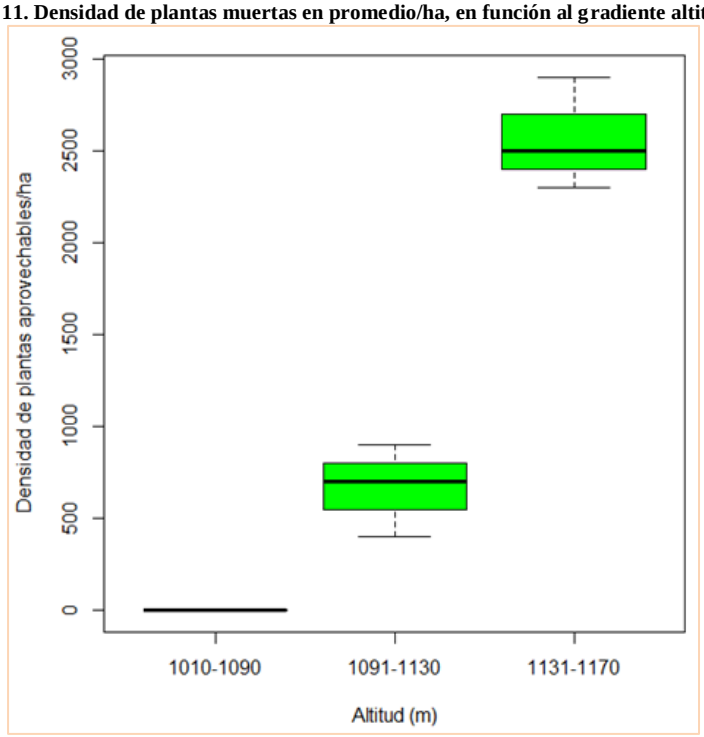


Figura 12. Densidad de plantas aprovechables en promedio/ha en función al gradiente altitudinal.

Tabla 3. Densidad de plantas aprovechables en promedio/ha, en función del gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	Densidad plantas aprovechables en promedio/ha
1,010-1,090	0
1,091-1,130	667
1,131-1,170	2,567

gradiente altitudinal, lo anterior para conocer la densidad total que existe de plantas en etapa de madurez de cosecha en una superficie de 500 ha de la plantación. En la tabla 4 se pueden observar los resultados del análisis de varianza de la densidad de plantas aprovechables/ha de candelilla en función de la variable de altitud.

Tabla 4. Análisis de varianza de la densidad de plantas aprovechables/ha de candelilla en función de la variable de altitud.

Fuentes	SS	G.L	MS
Densidad de plantas aprovechables/ha	2516267	2	1258133
	SSE	F	P
	30933.33	244.034	0.000002**

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad,. ** = Diferencia estadística altamente significativa.

Considerando la densidad de una plantación forestal comercial en 500 ha, equivale 2,000,000 plantas, en una densidad de 4,000 plantas/ha; el resultado obtenido sólo corresponde el 26.22 % de la densidad total que representa 524,400 plantas totales, ver la relación presentada en la tabla 5, donde se muestra la densidad de plantas totales (aprovechables y no aprovechables).

Tabla 5. Densidad de plantas totales (aprovechables y no aprovechables).

Densidad de plantas aprovechables totales	Densidad de plantas no aprovechables totales
354,200.000	170,200.000

Probablemente la sequía efectuada en los últimos años, aunado al 31.8 % de la superficie que fue plantada en áreas de barreales, sea un factor importante en la baja sobrevivencia.

Como se puede ver en la tabla 6 donde se muestra la estimación de la posibilidad total de biomasa aprovechable (en kg) de las plantas en etapa de madurez de cosecha que son 1,077.778 plantas/ha, en promedio, la intensidad de corta fue del 80 % correspondiente a 862.222 plantas/ha, dejando sin intervenir en campo el 20% restante en promedio (215.556 plantas/ha en promedio), en alcance al porcentaje estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999, la cual establece que se debe de dejar en el sitio sin intervenir como mínimo un 20 %, esto es para garantizar la regeneración sexual y variabilidad genética de la especie dentro del área por aprovechar.

Tabla 6. Estimación de la posibilidad total de biomasa aprovechable (kg).

Superficie (ha)	E.R.T. de biomasa aprovechables (kg)/500 ha	I.C.	P.T. de biomasa aprovechable (kg)
500	511,336.492	80	409,069.194

E.R.T= Existencias reales totales (kg), I.C.=Intensidad de corta (%) y P.T.=Posibilidad total (kg).

En la figura 13, se observa la clasificación de la densidad total de plantas de candelilla en aprovechables y no aprovechables.

Además, se mantendrán sin intervenir en el área de plantación, la totalidad de las plantas no aprovechables (1,155.556 plantas/ha promedio), lo que, aunado a las plantas en etapa de madurez de cosecha, favorecerá la regeneración del recurso.

Considerando la proporción de las plantas en etapa de madurez de cosecha que no será intervenida y que es de 215.556 plantas/ha promedio, las que en conjunto con las plantas no aprovechables que son 1,155.556 plantas/ha en promedio, corresponde a 1,371.111 plantas/ha (Figura 14).

De todo lo expuesto con anterioridad, se deduce que la población que se dejará en campo (1,371.111 plantas/ha en promedio), es superior a las plantas a intervenir (862.222 plantas/ha en promedio) y representa 61.39 % de la densidad total promedio/ha, que es de 2,233.33 ejemplares.

Biomasa (kg) en promedio/ha de plantas aprovechables

Para determinar la posibilidad total de aprovechamiento de biomasa (kg) de candelilla, con base a las existencias reales totales de biomasa aprovechable (kg) estimadas por la superficie a cada gradiente altitudinal y multiplicando por la intensidad de corta 80 % (Tabla 6), lo cual, está acorde con lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999, que establece que se debe de dejar en el sitio sin intervenir como mínimo un 20 %.

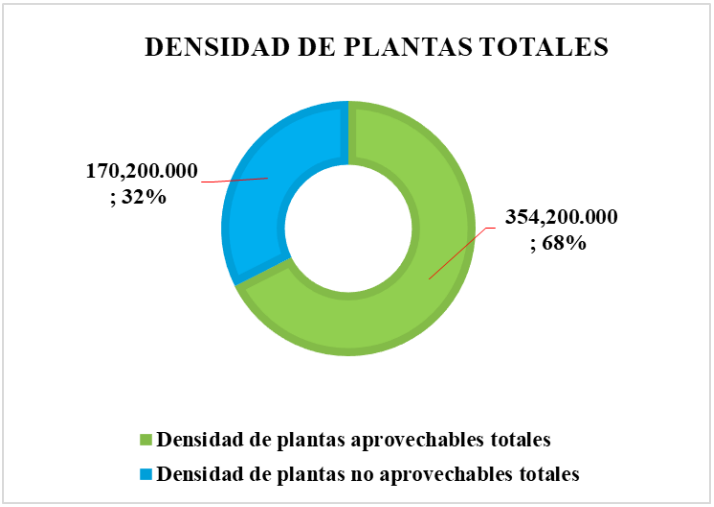


Figura 13. Densidad total de candelilla en 500 ha.

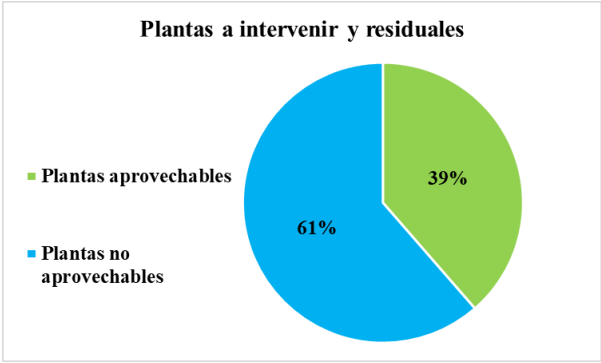


Figura 14. Porcentaje de la densidad plantas en promedio a intervenir y residuales.

Con base en la posibilidad total de biomasa aprovechable (kg), de candelilla en 500 ha de la plantación, se procedió a estimar la posibilidad total de aprovechamiento de cerote (kg), esto resulta de multiplicar la posibilidad total de biomasa aprovechable (kg), por el porcentaje de rendimiento de cerote que normalmente se obtiene en la región del 3 % (0.03), como se muestra en la tabla 7 que muestra los valores de la posibilidad total de aprovechamiento de cerote (en kg).

En la figura 15, se observa que la mayor cantidad de biomasa aprovechable (kg) se encuentra en el gradiente altitudinal con pendiente superior al 10 %, en alcance a la figura 12.

Biomasa aprovechable (kg de cerote), de la plantación obtenida con lo programado a los 7 años de su establecimiento

Para estimar el calendario de corta programado a realizar a los 7 años después del establecimiento y que corresponde al año 2019, con una producción estimada en 24,000.00 kg de cerote, obtenida de la siguiente manera:

$$V = (b)(d)(s)(i)(r)$$

b=Peso de una planta
d=densidad por hectárea
s=superficie plantada
i= intensidad de corta
r=rendimiento de la paila

Tabla 7. Valores posibilidad total de aprovechamiento de cerote (kg).

Superficie (ha)	P.T. de biomasa aprove-chable (kg)	Rendimiento (%)	P.T. de cerote aprove-chable (kg)
500	409,069.194	3	12,272.076

P.T.=Posibilidad total (kg).

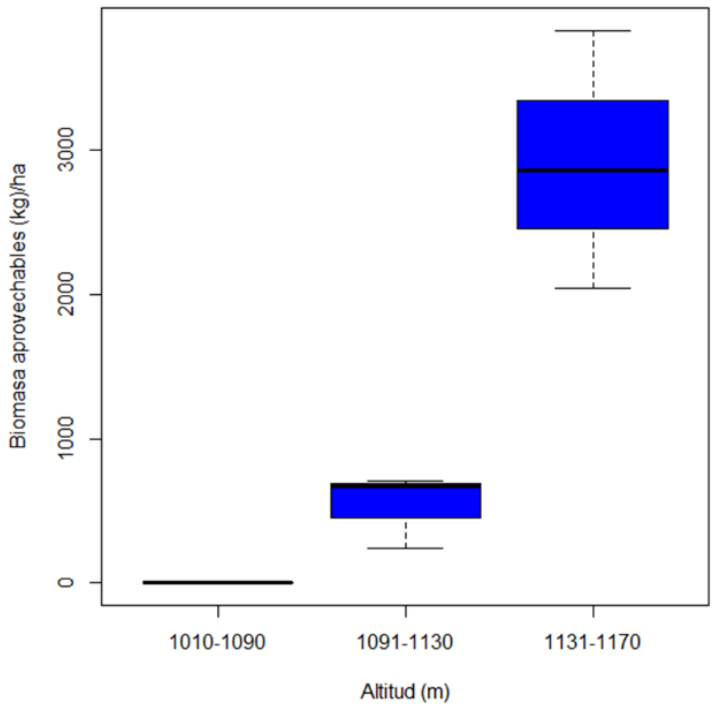


Figura 15. Biomasa aprovechable (kg), en promedio/ha.

Resultado

$$V = (0.5)(4{,}000)(500)(80\%)(3\%)$$
$$V = 24{,}000\ kg\ de\ cerote$$

Comparando el resultado obtenido de la tabla 7, difieren al valor programado a lo estimado en comparación de las figuras 12 y 15, se observa que el 67.57 % de la población ubicadas en el gradiente altitudinal (1,131-1,170 msnm) están en condiciones de ser aprovechadas, viceversa de la población encontrada en entre la altitud (1,010-1,090 msnm).

En referencia a la biomasa aprovechable (kg)/ha, como se puede ver en la tabla 8 los resultados indican que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) en función del gradiente altitudinal.

Tabla 8. Análisis de varianza de la biomasa aprovechable (kg)/ha de candelilla en función de la variable de altitud.

Fuentes	SS	G.L	MS
Biomasa aprovechable (kg)/ha	2306187	2	1153094
	SSE	F	P
	279516.10	24.75192	0.001263

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad

Evaluación de la regeneración

Las plantas en promedio de 10 cm de altura con 2 tallos como máximo y una distancia de al menos 20 cm de la planta madre se consideraron como regeneración y únicamente se contabilizaron. La densidad obtenida por sitio, se multiplicaron por 100 para obtener la densidad en ha, siendo la superficie ocupada por cada sitio, equivalente a 0.01 ha.

En la tabla 9 se pueden apreciar los valores obtenidos en el análisis de varianza resultando una alta diferencia estadística (p= 0.0000022).

Tabla 9: Análisis de varianza de la densidad de regeneración/ha de candelilla en función de la variable de altitud.

Fuentes	SS	G.L	MS
Densidad de regeneración/ha	99463.41	2	49731.70
	SSE	F	P
	2864.443	104.1704	0.0000022

SS= suma de cuadrados, G.L= grados de libertad, MS= media de los cuadrados, SSE= Suma del cuadrado el error, F=Factor calculado y P= Probabilidad

Los resultados obtenidos muestran que en el gradiente altitudinal (1010-1090 msnm) se observa inferior el porcentaje de regeneración, aproximadamente 66 individuos por ha, siendo la altitud (1,131-1,170 msnm) con una densidad de en promedio de 1,466 individuos (Figura 16). Cabe señalar que cada individuo de regeneración evaluado dará origen a una nueva planta de candelilla (Figura 17).

En la siguiente fotografía (Figura 17), se puede observar una planta de candelilla, después de 7 años de su establecimiento, cuenta ya con dos nuevos macollos formando dos nuevas plantas, resultado de la regeneración y en función al gradiente altitudinal candelilla mediante la regeneración.



Figura 17. Formación de nuevas plantas de candelilla mediante la regeneración.

Estructura poblacional

Altura media (cm). Para la construcción de las gráficas, se consideraron únicamente a las plantas muestreadas (organizándolas en categorías de 10 cm), de acuerdo con los datos de campo (Figuras 18 y 19). Con base en la información recabada en campo se determinó la estructura poblacional.

No hubo plantas de tamaño relativamente grande, en la categoría de 70 a 90.

En plantas no aprovechables, de altura de 5 cm a 19 cm existen 35 individuos (17.41 %) y de 20 a 29 cm corresponde a 62 individuos (30.85 %).

De las plantas aprovechables, las más abundantes fueron aquellas de entre 30 a 39 cm que representaron el 26.87 % de la población, seguido de las plantas de 40 a 49 cm con un 15.92 %, mientras que las plantas de entre 50 a 59 cm representaron el 7.96% de la población, finalmente 60 a 69 cm con 1.0 %.

Con base en la figura 18, observamos que la estructura vertical (altura) es relativamente buena.

Diámetro mayor (cm). En la figura 19, se observa que el mayor número de individuos están concentrados en las categorías de diámetro mayor de 30 a 39 cm, con 62 individuos; seguido de 40 a 49 cm con 56 individuos y de 20 a 29 con 44 individuos, que representan el 30.85 %, 27.86 % y 21.89 %, respectivamente, del total de la población del muestreo. La categoría que presenta menos número de individuos es de 60 a 69 cm, con 5 individuos.

Con base en los resultados obtenidos se puede definir que la variable estudiada (gradiente altitudinal), tiene una influencia directa sobre la sobrevivencia, densidad de plantas aprovechables/ha, biomasa aprovechable (kg)/ha, por ende, en la regeneración. Por otro lado, existen otras variables secundarias que influyen en el desarrollo y crecimiento, como la pedregosidad y la pendiente, las cuales tienen influencia de manera directa sobre el desarrollo de la cobertura media (cm), y altura (cm), de la candelilla, que en conjunto pueden ser de importancia para evitar la mortalidad de especies en zonas semiáridas de México (Pavón y Briones, 2001). Otra variable que favorece la sobrevivencia de las plantas en zonas semiáridas son las especies vegetales asociadas y que sirve de protección durante el crecimiento y desarrollo para alcanzar la etapa de cosecha (Pealtzer, 2001).

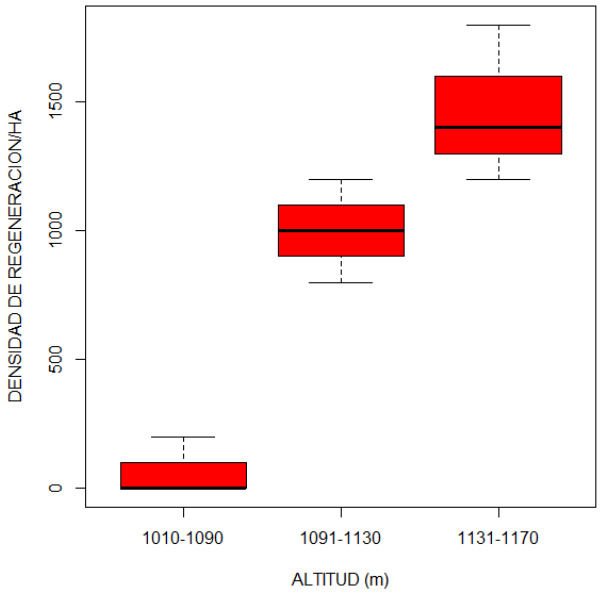


Figura 16. Densidad de regeneración/ha, en función a la altitud.

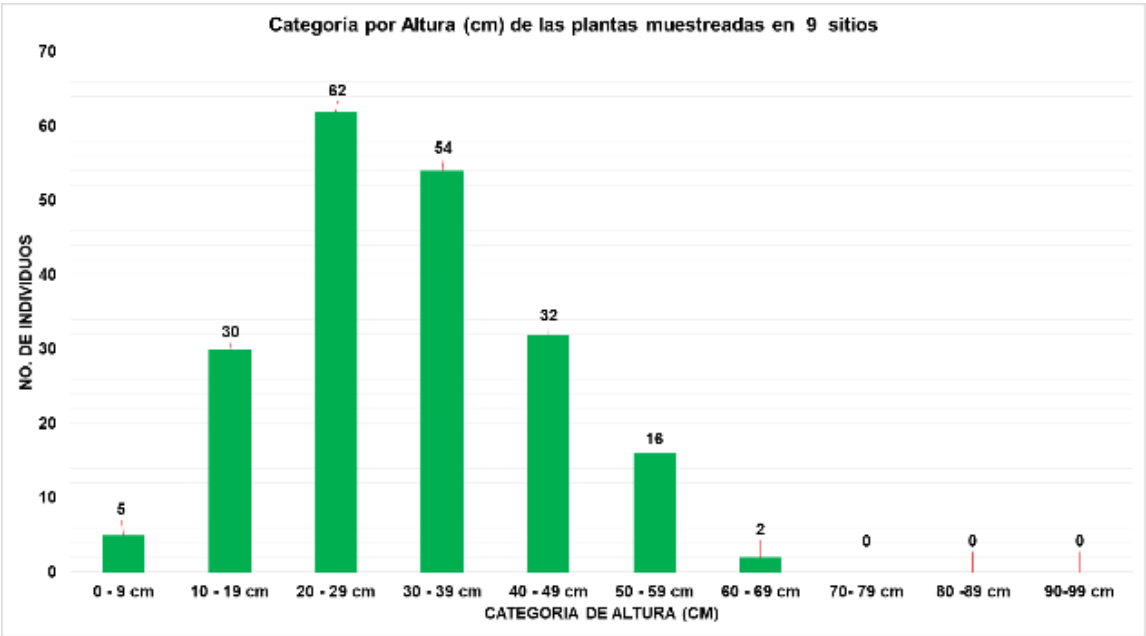


Figura 18. Distribución de individuos de la población en cada categoría de altura (cm) en los nueve sitios muestreados.

En áreas plantadas ubicadas en gradiente altitudinal alta, favorece la conservación a mayor tiempo de la humedad del suelo y reduce la evaporación potencial aunado a la precipitación según Vetaas y Chaudhay (1998). Debido a que la precipitación representa una diferencia en la existencia de especies, a mayor evaporación, existe mayor riesgo de un incendio forestal.

A pesar que la candelilla es una especie con respuesta positiva a las condiciones adversas del ambiente, tiene tolerancia al estrés hídrico, y las altas y bajas temperaturas (Martínez-Ballesté y

Mandujano, 2013). Sin embargo, la baja sobrevivencia puede ser el resultado de una continua presión sobrepastoreo y en algunas veces desmontes para transformar en áreas agrícolas.

Aunado a las entrevistas realizadas con los productores candelilleros del ejido, señala que la plantación forestal comercial fue establecida entre en los meses de junio a agosto del 2012 y analizando la figura 20 llamada "curva de crecimiento" con valores de precipitación y

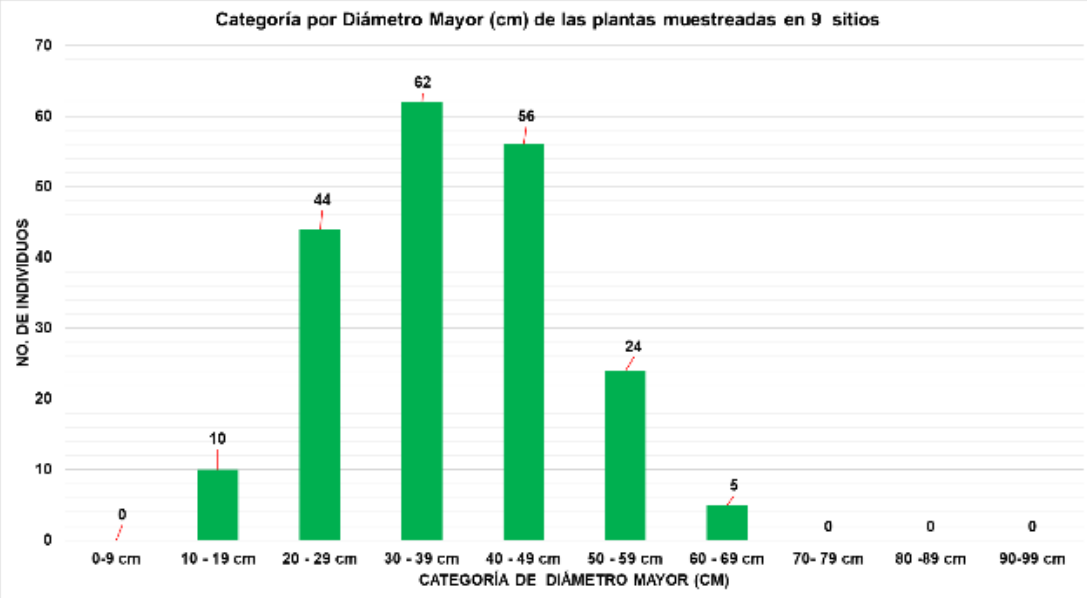


Figura 19. Estructura de la población por diámetro mayor (cm).

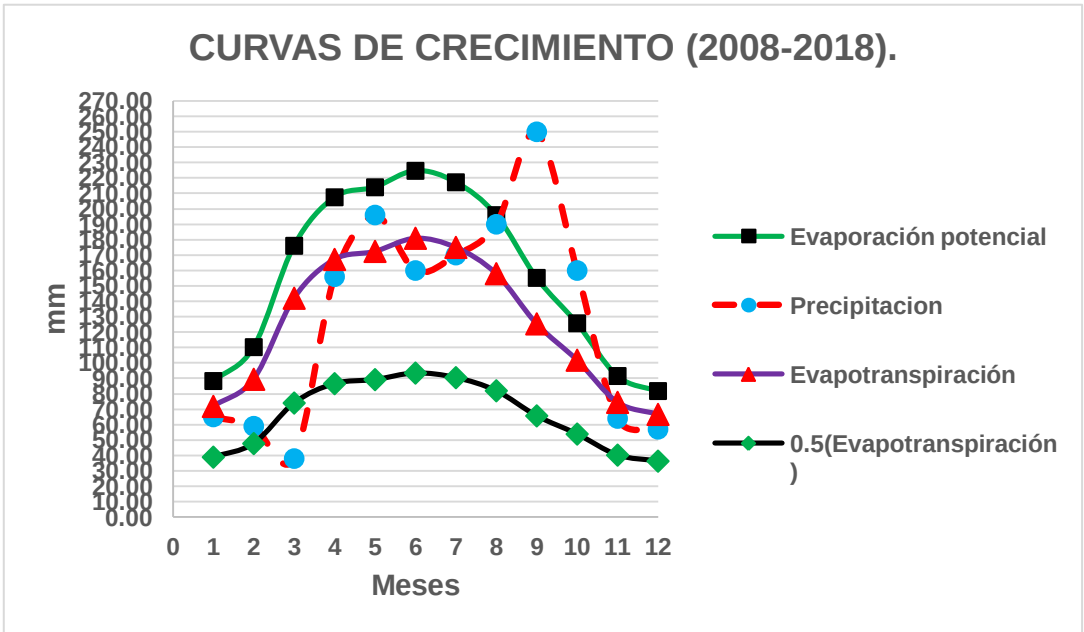


Figura 20. Promedio mensual de la precipitación y la evaporación potencial en San Pedro, Coahuila.

evaporación potencial de los últimos 10 años en la región lagunera, con información de la estación más cercana No. 5157 San Francisco del Valle, San Pedro, Coahuila (CONAGUA, 2019), se determina que la mayor precipitación presentan en los meses de agosto a octubre, época del año con las condiciones ideales de humedad para reforestar o plantar; siendo junio a julio los meses con mayor evaporación y por ende los resultados de sobrevivencia se disminuye (Villa *et al*., 2010), ver figura 20.

Además, pudiera ser que las técnicas de plantación sea un factor importante en la sobrevivencia, aunado a la mala calidad de plantas, sin raíces, falta de cajetes individuales, áreas sin protección o exclusión del ganado, puede afectar el desarrollo de la plantación (Flores, 1995).

Cabe mencionar que se observó que a pesar de la baja sobrevivencia de candelilla en la superficie plantada, sí se puede realizar el primer ensayo de aprovechamiento, ya que existe una densidad de 354,200 plantas aprovechables, sin poner en riesgo la permanencia de las mismas en el área plantada, señalando que existe al menos 170,200 plantas no aprovechables, aunado al 20 % de las plantas aprovechables que se dejará en el terreno sin intervenir con base al criterio de la NOM-018-SEMARNAT-1999.

Si bien es cierto, que el calendario de corte programado para siete años, obtendría una producción de 24,000 kg de cerote en 500 ha; una vez determinado la biomasa aprovechable (kg), de cerote del presente estudio, técnicamente es inferior (12,273.00 kg de cerote), a la programación. Sin embargo, si sustenta la producción, considerando que, en el ejido, existen alrededor de 51 ejidatarios quienes son productores de esta especie, y depende económicamente de la producción de cerote de candelilla, percibirán en conjunto un ingreso anual en promedio $736,380.00 por la venta de cerote, en alcance al $60.00 precio actual por kilogramos, como una actividad temporal en complemento a lo tradicional.

Los mejores incrementos en los parámetros de biomasa (kg), altura media (cm), diámetro mayor y menor (cm), sobrevivencia y regeneración, además de alcanzar en etapa de madurez de cosecha corresponde en el gradiente altitudinal (1,131-1,170 msnm) presente en laderas de sierra.

En referencia a la regeneración, presenta mayor desarrollo (1,466 individuos/ha en promedio) en terrenos con pendiente superior a 10 %; en área sin pendiente existe en promedio 66 individuos por ha, esto significa que el porcentaje de regeneración es demasiado bajo en condición de planicie y aun cuando la candelilla posee una de sus mejores defensas debido a su reproducción en forma vegetativa, pero este medio de propagación no es seguro ni absoluto que sea un proyecto de éxito.

Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos para la variable de gradiente altitudinal, nos demostró que este varía durante el desarrollo y crecimiento de una plantación forestal comercial de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), hasta alcanzar la etapa de cosecha.

Que, para futuros proyectos de plantación forestal comercial, incluir actividades de protección con la finalidad de evitar el pastoreo en el área a plantar.

De los tipos de vegetación presente en el área del estudio, el matorral desértico micrófilo predomina en terrenos denominados llanos; seguido del rosetófilo, y en base a los resultados obtenidos, existe mayor desarrollo y crecimiento de la candelilla en matorral rosetófilo.

De la información recabada en campo en la entrevista con los productores, éstos argumentaron que las condiciones adversas, como las sequías y las heladas han sido limitantes para el desarrollo de sus plantaciones; sin embargo resultan más importantes, la elección del sitio y el manejo de plantación, así mismo evitar el desinterés en vigilancia de las plantaciones forestales por los productores durante su desarrollo.

El presente trabajo pretendió servir de base para futuros proyectos encaminadas al establecimiento y manejo de especies forestales no maderables en terreno que han perdido su vegetación forestal natural considerando que con las plantaciones y reforestaciones contribuye a la conservación y uso sostenido, en busca de actividades complementarias a lo tradicional que aporte a la economía local para los habitantes en zonas semiáridas del país.

Se recomienda darle continuidad al presente estudio, incrementando el tamaño de muestra y anexando otras variables no registradas en esta investigación, como humedad del suelo y competitividad entre especies.

Con los datos obtenidos en campo y de la biomasa (kg) estimada, pueda servir para que el Ejido Mala

Noche y Arracadas. Se solicitó por primera vez las remisiones forestales de productos procedencia de una plantación forestal comercial, algo que a la fecha no ha sucedido a nivel regional o estatal, por falta de investigaciones..

Referencias

Bartolomé H. H. (2017). Sobrevivencia en Tres Plantaciones de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) en diferentes condiciones en el Noreste de Coahuila.

Bonham, C. D. (1980). Measurements for terrestrial vegetation. Wiley and Sons, New York. pp. 338.

Camacho O., M. (1990). Análisis dimensional en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica)* en el C.E.F. "La Sauceda" Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 37 – 39.

Cano P., A., E.E. Villavicencio G, y M. Martnez S. (2013). Caracterización ecológica y socioeconómica de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc). INIFAP Campo Experimental Saltillo, 1. 139-173.

CONABIO, (2016). Criterios para la toma de datos sobre las plantas de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc), Curso-Taller "Perspectiva De La Candelilla En Coahuila"

CONAFOR, (2011). Apoyos Proárbol 2011 resultados de las plantaciones forestales comerciales.

CONAFOR, (2015). Gerencia de plantaciones forestales comerciales. [internet]. Disponible en el sitio de red: https://www.gob.mx/conafor /documentos/plantacionesforestales-comerciales-27940. [Revisado el 21 de octubre de 2009].

CONAGUA, (2019). Estaciones climatológicas. Estación 5157 San Pedro, Coahuila. https://smn. conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Estadistica/5022.pdf.

De León Z., M. A. (2008). Mejoras tecnológicas al proceso de extracción de cera de candelilla. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah. México. 58 p.

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-CIRNE. Campo Experimental La Sauceda. Saltillo, Coah. México. 14 p.

De La Garza, De La P. F. E.; Berlanga R., C. A. (1993). Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Folleto Técnico Núm. 5. INIFAP Campo experimental "La Sauceda". Saltillo, Coah, Méx. 46 p.

Flores-López. C. (1995). Viabilidad de las semillas, emergencia de plántulas y plantaciones de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en Ramos Arizpe, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía.

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 en Nuevo León. San Nicolás de los GARZA, Nuevo León, México, 134.p

García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998).

INEGI, (1990). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Lugo-Hupb J., Vidal Zepeda, R., Fernández-Equiarte, A., Gallegos-García, A., Zavala-H, J. y otros.

INEGI, (2016). Conjunto de datos vectoriales de información topográfica serie III. Mala Noche y Arracadas, escala 1:50,000. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825218027

Martínez-Ballesté A, Mandujano MC (2013) The consequences of harvesting on regeneration of a non-timber wax producing species (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) of the Chihuahuan Desert. Economic Botany 67: 121-136.

Mueller-Dombois & H. Ellenberg. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons. New York, USA pp. 547.

Pavón, N. P.; O. Briones. (2001). Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. Journal of Arid Environments, 49(2):265-277.

Peltzer, D. A. (2001). Plant responses to competition and soil origin across a prairieforestboundary. Journal of Ecology, 89:176-185.

Ramírez, M, (2011). Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia inicial (ISI) de las plantaciones forestales comerciales, paginas 18.

Rzedowski, J. (1978). La vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F., México. 432 pp.

SEMARNAT, (2014). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. México. D.F. México. [internet]. Disponible en el sitio de red:http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/publicaciones/Publicaciones/ManualClima%20%C3%81rido.pdf. [Revisado el 22 de octubre de 2019].

SEMARNAT, (1999). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Norma Oficial Mexicana NOM-018-RECNAT-1999. http://www. profepa.gob.mx/innovaportal/file/3332/1/nom-018-semarnat-1999.pdf (21 de octubre del 2019).

ter Braak, C. J. (1998). CANOCO Reference Manual And User's Guide. Center for Biometry Wageningen, Netherlands, 351 pp.

Villa-Salas, B. A., (1981). *Investigación sobre Candelilla*, Ciencia Forestal INI. No. 32, México.

Vetaas, O. R. & Ram. P. Chaudhary. (1998). Scale and species-environment relationships in a central Himalayan oak forest, Nepal. Plant Ecology, 134:67-76

Villa-Castorena M. Catalán-Valencia E.A. Inzuna-Ibarra M.A. Gonzalez-Lopez M. de L. y Arreola-Avila J.G. (2010). Producción de plántulas de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) mediante estacas. Revista Chapingo. 16 (1): 37-47.