

Evaluación del efecto, método e intensidad de cosecha en la regeneración de *Euphorbia antisiphilitica* zucc de una plantación forestal comercial

Evaluation of the effect, method and harvest intensity on the regeneration of *Euphorbia antisiphilitica* zucc of a commercial forest plantation

Antonio Can-Pineda¹, Adrián Hernández-Ramos¹, Fátima López-López², Julio César Ríos-Saucedo³ y Xavier García-Cuevas⁴.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. ²Estudiante del Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados.

³INIFAP-C.E. Valle de Guadiana.

⁴INIFAP-C.E. Chetumal.

*Autor para correspondencia: cano.antonio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La candelilla es una de las especies forestales no maderables de importancia comercial y económica con una gran diversidad de aplicaciones y es actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón. El objetivo fue analizar si la intensidad y método de aprovechamiento de la candelilla tiene un efecto en la regeneración en una PFC. En una superficie de 200 ha de plantación, a partir de un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados (DEBCA) se evaluaron cinco tratamientos de intensidades de cosecha y un testigo de referencia, a partir del peso verde de la regeneración emergida. El análisis estadístico consto de un análisis de varianza (ANAVA) con un modelo lineal simple para evaluar el efecto de los tratamientos y la comparación de medias a partir de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos. Los tratamientos como de bloques fueron estadísticamente diferentes, se confirma que existen una diferente estimulación en la respuesta de la regeneración de candelilla causado por el método de cosecha empleado para la extracción de la especie en PFC. Siendo los tratamientos 3 (Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional) y 2 (Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional), superiores al presentar mayor regeneración, con respecto al resto de los tratamientos.

Palabras clave: manejo forestal, forestales no maderables, DEBCA, métodos de cosecha.

ABSTRACT

Candelilla is one of the non-timber forest species of commercial and economic importance with a great diversity of applications and is currently used in more than 20 different industries in the United States, the European Union and Japan. The objective was to analyze if the intensity and the method of use of the candelilla has an effect on the regeneration in a PFC. In an area of 200 ha of plantation, from an experimental design in completely randomized blocks (DEBCA), five treatments of harvest intensities and a reference control were evaluated, from the green weight of the emerged regeneration. The statistical analysis consisted of an analysis of variance (ANAVA) with a simple linear model to evaluate the effect of the treatments and the comparison of means from Tukey's additivity test in 2 steps. The block treatments were statistically different, confirming that there is a different stimulation in the candelilla regeneration response caused by the harvest method used for the extraction of the species in PFC. Being the treatments 3 (Extraction of 50% of the plant with the traditional method) and 2 (Extraction of 75% of the plant with the traditional method), superior to presenting greater regeneration, with respect to the rest of the treatments.

Key words: forest management, non-timber forest, DEBCA, harvesting methods

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas áridos y semiáridos de México se encuentran cerca de 2,200 especies vegetales que proveen Productos Forestales No Maderables (PFNM) de las cuales 425 tienen algún uso doméstico-regional y 25 de ellas tienen un uso comercial, concentrando así el 32 % de la producción nacional de Recursos Forestales No Maderables (RFNM; Tapia et al., 2008). La candelilla es una de las especies forestales no maderables de importancia comercial y económica que tiene una gran diversidad de aplicaciones y es actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas de todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Hernández-Ramos et al., 2019; SEMARNAT, 1999). La mayor densidad de candelilla se concentra en el estado de Coahuila y es por lo tanto el principal productor de cera, aportando cerca del 80 % de la producción nacional (Padilla, 1959).

Ante la necesidad de contar con materia prima abundante y suficiente que sostenga la cadena productiva de la cera de candelilla, el aprovechamiento intensivo ha sido una opción desde hace varias décadas, sin embargo, esta práctica tiene un gran impacto en la conservación de sus poblaciones naturales, ya que su aprovechamiento implica la extracción total de la planta en grandes extensiones de terreno. Esta especie presenta una reproducción por rizomas y forma grupos de tallos en manchones, por lo que las raíces residuales que quedan después de su extracción pueden rebrotar, específicamente si la recolección se efectúa durante la temporada de secas. El periodo necesario para alcanzar su recuperación, si se conservan las raíces, es de 10 a 12 años (Foroughbakhch et al., 2010).

En este sentido las Plantaciones Forestales Comerciales (PFC) de candelilla se presentan como una nueva opción productiva para el desarrollo de la población rural y un manejo sostenible de la especie. Sin embargo, los pocos esfuerzos hechos al respecto no han prosperado, debido a la falta de tecnología para un establecimiento exitoso en terrenos con aptitud (Cano et al. 2019) pero también debido a la inexistencia de prácticas apropiadas para el aprovechamiento de las plantaciones de candelilla ya establecidas con apoyos federales. El objetivo del presente fue analizar si la intensidad y método de aprovechamiento de la candelilla tiene un

efecto en la regeneración después de su aprovechamiento en PFC a partir del peso verde observado a un año de la aplicación de los tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

La PFC de candelilla bajo estudio está ubicada en el Ejido “El Ojito” en el municipio de Ramos Arizpe, dentro de la región semiárida al sur del estado de Coahuila (Figura 1). El sitio se encuentra a una elevación de 1049 m.s.m.n., bajo un clima seco, semicálido (BWhw), con lluvias escasas todo el año, un porcentaje de precipitación invernal del 18 %, temperatura media anual entre 20° y 22° C y una precipitación media anual que oscila entre 150 y 500 mm (González, 2012).

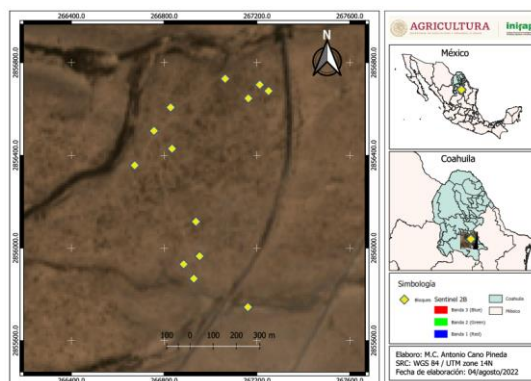


Figura 1. Ubicación geoespacial de las unidades experimentales de candelilla dentro de la PFC, en el Ejido El Ojito, Ramos Arizpe, Coahuila.

Diseño experimental.

La superficie evaluada de la PFC de candelilla tiene una extensión de aproximadamente 200 ha, donde en 2020 mediante un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados (DEBCA) se establecieron 15 bloques de 30 m x 10 m, distribuidos de manera aleatoria dentro del área de estudio. Cada bloque se dividió en 6 subparcelas de 5 m x 10 m a las que de manera aleatoria se les aplicó uno de los tratamientos por subparcela. Se determinaron cinco tratamientos correspondientes a diferentes intensidades de cosecha (Extracción de candelilla) y un testigo de referencia (Tablas 1 y 2). Para evitar sesgo e independencia entre observaciones se realizó una aleatorización de los tratamientos dentro de cada bloque.

Tabla 1. Intensidad de aprovechamiento y método de extracción de candelilla (descripción de los tratamientos).

CODIGO	ID	DESCRIPCIÓN
T_100	1	Extracción total de la planta con el método tradicional
T_75	2	Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional
T_50	3	Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional
T_25	4	Extracción del 25 % de la planta con el método tradicional
R_100	5	Extracción total de la planta con rozadera
Testigo	6	Sin extracción

Tabla 2. Aleatorización de los tratamientos dentro de bloques.

		TRATAMIENTOS					
BLOQUES	1	R_100	Testigo	T_50	T_100	T_75	T_25
	2	T_75	T_25	Testigo	T_100	T_50	R_100
	3	R_100	T_25	T_75	T_100	Testigo	T_50
	4	Testigo	T_75	T_50	T_25	T_100	R_100
	5	Testigo	T_25	T_100	T_75	T_50	R_100
	6	T_75	R_100	T_100	T_25	Testigo	T_50
	7	R_100	T_25	Testigo	T_75	T_50	T_100
	8	T_75	Testigo	T_25	T_50	R_100	T_100
	9	T_50	Testigo	R_100	T_25	T_100	T_75
	10	T_50	T_25	Testigo	T_100	T_75	R_100
	11	T_75	T_25	R_100	Testigo	T_50	T_100
	12	T_50	T_25	R_100	Testigo	T_100	T_75
	13	R_100	T_25	T_50	T_100	Testigo	T_75
	14	T_25	T_75	Testigo	T_100	R_100	T_50
	15	T_50	T_100	T_75	R_100	T_25	Testigo

Toma de datos en campo

Al año del establecimiento del experimento (2021), se hizo la toma de datos referente al incremento en peso verde de la regeneración. Para esto se realizó el conteo de todos los individuos de regeneración incorporados por planta y se midió un diámetro y una altura promedio de toda la regeneración. La estimación del peso verde de forma individual se hizo de manera indirecta a partir del modelo alométrico propuesto por Cano *et. al.* (2020), la cual es $pv = 0.011184 * D^{1.471981} * At^{1.091052}$, donde pv es el peso verde (gr), D es el diámetro promedio de la cobertura (cm) y At es la altura media de la planta (cm), posteriormente el pv de la regeneración por planta se obtuvo con la sumatoria de todos los individuos incorporados.

Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) con un modelo lineal simple para evaluar el efecto de los tratamientos entre bloques bajo $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$ vs H_0 : al menos el efecto de un tratamiento es diferente (Fórmula 1). La estadística de prueba para H_0 se construyó con base en las medias de los tratamientos con un $\alpha = 0.05$.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

donde $i = 1, \dots, 6$ tratamientos y $j = 1, \dots, 15$ bloques, Y_{ij} : variable respuesta para el efecto de tratamiento i -ésimo y el bloque j -ésimo, μ : es la media general, τ_i : es el efecto del tratamiento i -ésimo, β_j : es el efecto del bloque j -ésimo, $\tau\beta_{ij}$ es la interacción bloque-tratamiento $y\epsilon_{ij} \sim NIID(0, \sigma^2)$ variables aleatorias no observables.

Posterior al ANAVA, se hizo una comparación de medias a partir de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos, además se realizó un análisis gráfico mediante Box-plot. El análisis se realizó en el paquete estadístico RStudio versión Build 554 (R Core Team, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANAVA indican que el efecto tanto de tratamientos como de bloques es estadísticamente significativo, debido a que el p -valor para tratamientos es $2.2e-16$ y el p -valor de bloques es 0.003878 , estos valores están por debajo del valor de $\alpha = 0.05$ (Tabla 3), por lo que se confirma que se rechaza H_0 , esto significa que existen una diferente estimulación en la respuesta de la regeneración de candelilla causado por el método de cosecha empleado para la extracción de la especie en PFC.

Tabla 3. ANAVA con el modelo lineal simple

Fuente de variación	G.L.	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	5	35.143	7.0286	48.9077	$2.2e-16^{***}$
Bloque	14	5.314	0.3796	2.6413	0.003878^{**}
Error	70	10.060	0.1437		

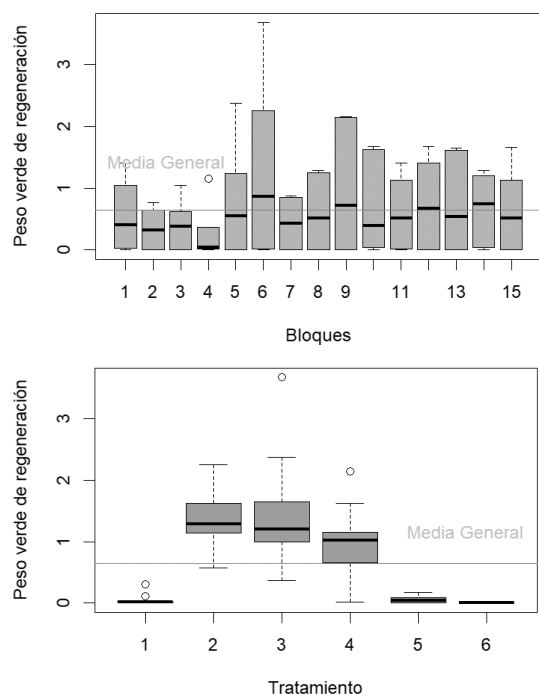


Figura 2. Gráficos de Box-plot de la comparación de medias por tratamiento y por bloque. En tratamientos: 1=T₁₀₀, 2=T₇₅, 3=T₅₀, 4=T₂₅, 5=R₁₀₀ y 6=Testigo.

Con la prueba de Tukey se encontró que la diferencia mínima significativa entre medias de los efectos de tratamientos es de 0.4056 gr de peso verde regenerado y la relación de medias queda estructurada en el Tabla 4, donde los tratamientos 3, 2 y 4 son estadísticamente diferentes de los tratamientos 1, 5 y 6, esto se corrobora en los gráficos Box-Plot y comparación de medias (Figura 2 y 3), los primeros tratamientos son superiores al presentar mayor media de peso verde de regeneración de candelilla. En el caso de los bloques, la diferencia mínima significativa es de 0.7694 gr de peso verde regenerado, además se observa que las medias se agrupan en dos categorías estadísticamente diferentes a y b (Tabla 4), siendo el bloque 6 el que presenta mayor regeneración de candelilla (Figura 2 y 3).

Tabla 4. Diferencia de medias de los efectos de tratamientos y bloques en la regeneración de candelilla.

Tratamiento	Media de tratamiento	Grupo	Bloque	Medias por bloque	Grupo
3	1.4109	a	6	1.2805	a
2	1.3496	ab	9	0.9554	ab
4	1.0046	b	5	0.7838	ab
5	0.0564	c	12	0.7357	ab
1	0.0383	c	13	0.7222	ab
6	0.0000	c	10	0.6866	ab
			14	0.6661	ab
			15	0.6360	ab
			8	0.5943	ab
			11	0.5933	ab
			1	0.5486	ab
			7	0.4306	b
			3	0.4020	b
			2	0.3417	b
			4	0.2732	b

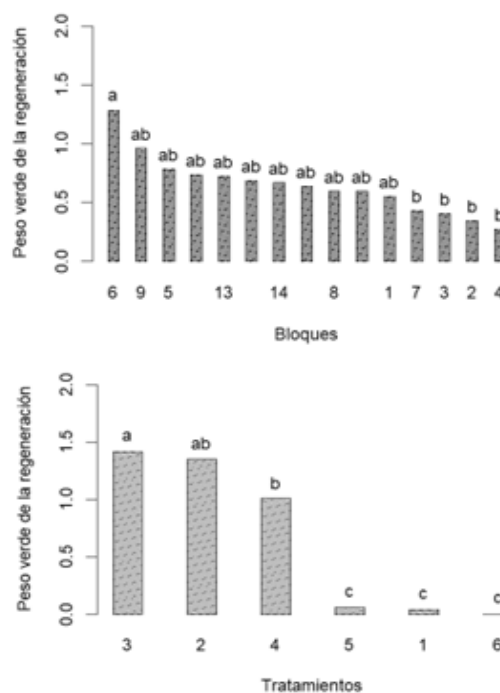


Figura 3. Gráficos de comparación de medias de regeneración de candelilla entre bloques y tratamientos.

De esto, los tratamientos 3 (Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional) y 2 (Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional), son estadísticamente similares (Figura 3), siendo superiores al presentar mayor regeneración, con respecto al resto de los tratamientos. Esto indica que, a mayores

intensidades de corta, se tiene mayor incremento en regeneración de candelilla en plantaciones forestales comerciales. En cuanto a la interacción bloque-tratamiento indica que hay una interacción cruzada entre las fuentes de variación y el ANAVA que resulta de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos corrobora esa información al presentar un p-valor del coeficiente $Z=0.7241e-14$ que es menor que $\alpha=0.05$ y por lo tanto se concluye que se obtiene mayor respuesta en la regeneración al aplicar el tratamiento 2 o 3 en sitios productivos (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de la varianza de los datos ajustando un modelo lineal simple que considera interacción entre las fuentes de variación.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor
Tratamiento	5	35.143	7.0286	109.1436	2.2e-16***
Bloque	14	5.314	0.3796	5.8943	2.058e-07***
Z	1	5.616	6.6164	87.2138	7.241e-14***
Error	69	4.443	0.0644		

CONCLUSIONES

Los datos parciales obtenidos a la fecha, indican que es factible utilizar el método de cosecha tradicional en candelilla limitando la intensidad de aprovechamiento (al 50 o 75% de cada individuo), para obtener mayor peso verde de la regeneración en PFC. La aplicación de los resultados obtenidos promoverá el aprovechamiento sostenible de PFC establecidas en el norte de México.

LITERATURA CITADA

- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Cano P. A., Hernández R. A., Hernández R. J., García C.X., Flores L. C. 2020. Estimación del peso verde de la regeneración natural en plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. UJED. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Pp. 1206-1212.
- Cano P. A., Hernández R. A., Villavicencio G. E. E., García C. X. 2019. Definición de la aptitud de terreno para el establecimiento de plantaciones comerciales de candelilla en Coahuila. Memorias, X Reunión Nacional de investigación Forestal. pp 96-98.
- Padilla F., G. 1959. Determinación del contenido de cera en plantas de candelilla *Euphorbia* spp. En las seis zonas productoras del norte de México. Tesis de licenciatura, ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38p.
- Foroughbakhch P., R., M. A. Alvarado V., J. L. Hernández P., J. P. Serna O. y Ma. de la L. Flores del A. 2010. Propagación vegetativa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en zonas áridas del estado de Coahuila. In: Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Son. México. pp. 26-47.
- González M., F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -instituto Nacional de Ecología. 173 p.
- Ortiz, M., P. López S., R. Cepeda, R. González, M. Martínez S. 2022. Ecuaciones para estimar biomasa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 13. 173-200. 10.29298/rmcf.v13i72.1231