

MATA BALDERAS, JOSÉ MANUEL; TREVIÑO GARZA, EDUARDO J.; JIMÉNEZ
PÉREZ, JAVIER; AGUIRRE CALDERÓN, ÓSCAR; ALANÍS RODRÍGUEZ,
EDUARDO; SALINAS CASTILLO, WILBER ENRIQUE
Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un
ecosistema semiárido-templado
Ciencia UANL, Vol. XIII, Núm. 1, enero-marzo, 2010, pp. 72-77
Universidad Autónoma de Nuevo León
México

Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40211897011>



Ciencia UANL
ISSN (Versión impresa): 1405-9177
rciencia@mail.uanl.mx
Universidad Autónoma de Nuevo León
México



Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un ecosistema semiárido-templado

JOSÉ MANUEL MATA BALDERAS*, EDUARDO J. TREVIÑO GARZA*,
JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ*, ÓSCAR AGUIRRE CALDERÓN*, EDUARDO ALANÍS RODRÍGUEZ*
WILBER ENRIQUE SALINAS CASTILLO**

Los disturbios son eventos discretos en el tiempo que modifican la estructura de un ecosistema, comunidad o población y cambian el ambiente físico, sustrato o la disponibilidad de recursos.¹ Su presencia a lo largo del tiempo contribuye a la pérdida de la biodiversidad de los ecosistemas forestales.² El deterioro de éstos se acentúa por diversos factores que inciden en su degradación o desaparición, siendo los incendios forestales uno de los disturbios más importantes.³ En 1998, se presentó una alta incidencia de incendios forestales en el mundo, en México se afectaron 585.000 ha, incluyendo zonas de importancia ecológica la región de Miquihuana, donde ocurrieron ocho incendios, que afectaron una superficie de 862 ha, principalmente de pinos piñoneros.³ La importancia de esta área radica en la presencia de dos especies productoras de piñones: *Pinus cembroides* y *Pinus nelsonii*, ésta última se encuentra listada en la NOM 059-EMARNAT-2001 como especie en protección especial y endémica.

Una alternativa para la recuperación de áreas degradadas es la restauración ecológica, la cual se refiere, de acuerdo a la Sociedad de Restauración Ecológica (Society for Ecological Restoration, SER), como el proceso de reparación de daños causados por el ser humano a la diversidad y dinámica de ecosistemas nativos.⁴ A su vez, se define como el conjunto de acciones con una visión a largo plazo, mediante el cual se asiste, facilita o simula la sucesión natural,^{5,6,7} promueve el restablecimiento de la estructura y función del ecosistema en toda su complejidad, y favorece las interacciones entre los organismos. Una de las estrategias de la restauración ecológica es la revegetación, la cual puede hacerse por medio de plantaciones forestales, o bien, por diferentes tipos de siembra como la aérea, al voleo y directa. En la Sierra Madre Oriental del noreste de México se ha limitado la utilización de la revegetación como

* Sistemas de Innovación y Desarrollo Ambiental, S.C.

** Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

*** Unidad Académica Multidisciplinaria de Agronomía y Ciencias (UAMAC).

técnica de restauración de ecosistemas degradados por incendios, sin embargo existen algunas investigaciones^{8,9,10,11} que evalúan la sobrevivencia de especies en plantaciones forestales con otros fines.

A nivel internacional se ha evaluado la efectividad de la siembra directa en áreas de difícil acceso,^{12,13,14} la información disponible de su aplicación en México y su efectividad son escasas. Considerando lo anterior y las características de la zona de trabajo, se planteó la hipótesis de que la siembra directa con estas especies de pino sería una alternativa viable para la rehabilitación de la misma, teniendo como objetivos: determinar la pertinencia de la siembra directa de *Pinus cembroides* y *Pinus nelsonii* en la rehabilitación de áreas impactadas por incendios. Paralelamente se determinaron la forma y el tamaño adecuado de los sitios de muestreo, para obtener de manera eficiente la información de estas labores, en función de su precisión y costos operativos del levantamiento.

Una estrategia evolutiva del género *Pinus* es su resistencia a los incendios,¹⁵ en este caso en particular debido a la intensidad y duración del incendio no hubo sobrevivencia de este género en el área. Dos años después del fenómeno natural se estableció un programa de restauración ecológica, donde se realizaron prácticas para favorecer la sucesión natural, colocando restos del material vegetal incendiado y rocas de forma perpendicular a la pendiente, para evitar la pérdida de suelo por arrastre.^{16,17} En los meses de abril, mayo y junio del 2002 se realizó una siembra directa, se utilizaron ambas especies con una densidad de 1,089 cepas por hectárea y un espaciamiento de tres por tres metros, en cada cepa se colocaron cinco semillas a una profundidad de tres a cinco centímetros.

Materiales y métodos

El área se localiza al suroeste del estado de Tamaulipas, en el municipio de Miquihuana. (figura 1), entre los 99° 45 y 99° 50 de longitud oeste

y 23° 35 y 23° 40 de latitud norte. La vegetación del área está representada por elementos de pino piñonero y encinos arbustivos bajos sobre suelos someros en climas templado subhúmedo y semiseco cálido.¹⁸

El área de estudio se concentra en cinco parcelas de restauración (Miquihuana = 17 ha, Marcela 1 = 35 ha, Marcela 2 = 35 ha, Cervando Canales = 64 ha y Aserradero = 49 ha) con una superficie total de 200 hectáreas, en una zona impactada por un incendio forestal ocurrido en abril de 1998, el incendio fue superficial y de copa, con una duración de cuatro días, e impactó significativamente a la vegetación nativa.

Se realizó un inventario bietápico, en la primera etapa, y con ayuda de la cartografía de la zona se establecieron cuadros de 100 por 100 metros (una hectárea) considerados como unidades primarias de muestreo (UPM). Dentro de las UPM se establecieron, en una segunda etapa, sitios de muestreo considerados como unidades secundarias de muestreo (USM). La selección de las unidades en ambos casos fue de manera aleatoria, en primera instancia las UPM se numeraron progresivamente del 1 al 200.

Para determinar el tamaño de la muestra se seleccionaron de manera preliminar cinco UPM. Este premuestreo sirvió de la misma manera para determinar la forma y el tamaño de los sitios. En

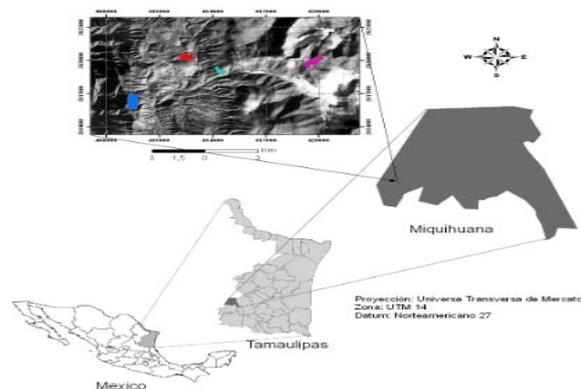


Fig. 1. Ubicación del área de estudio.

éstas se establecieron, por un lado, líneas de 30 metros, y por otro, sitios circulares de 100 y 250 m².

En cada USM se registró como variable la presencia o ausencia de plantas vigorosas, independiente del número de plantas presentes por cepa. En caso de la presencia de plántula en malas condiciones, se consideraba como ausencia (figura 2).



Fig. 2.- Muestra el registro de una plántula de Pinus nelsonii.

Los parámetros del inventario se calcularon con las ecuaciones propuestas por Akça,²¹ donde la media se calcula del promedio del total de las muestras. La varianza de la estimación considera la variabilidad que se presenta dentro de las UPM y entre las UPM, como lo muestra el siguiente modelo:

$$S_x^2 = \frac{1}{m \cdot n} \left[S_{Entro}^2 \left(1 - \frac{n}{N} \right) + \frac{n \cdot S_{Dentro}}{N} \cdot \left(1 - \frac{m}{M} \right) \right]$$

El tamaño de la muestra de las USM (*m*) en este diseño de inventario se estima con el siguiente modelo, en el cual se incluyen, además de la estimación de la varianza, los costos de la estimación del levantamiento, tanto de las UPM (*C_p*) como de los costos de las USM (*C_s*).

$$m_o = \sqrt{\frac{s^2 D}{s^2 E}} \cdot \frac{C_p}{C_s}$$

Para el cálculo del número de UPM (*n*) se utiliza el siguiente modelo:

$$n = \frac{S^2 E + S^2 D}{m_o \left(S^2 + \frac{1}{N} (S^2 E + \frac{S^2 D}{M}) \right)}$$

Resultados y discusión

Derivado del muestreo preliminar se determinó que la forma y el tamaño de la muestra con mayor precisión fueron en las líneas de 30 metros (tabla I).

Tabla II.- Muestra la comparación de los valores estadísticos del muestreo de dos parcelas experimentales para ambas especies evaluadas. *x*= valor promedio, *σ*= desviación estándar, *E*= error.

Método	<i>x</i>	<i>σ</i>	<i>E</i>
Líneas 30 m	2.64	3.4	0.481
100 m ²	4.22	5.46	0.772
250 m ²	7.84	9.841	1.392

Una vez que se determinó la forma de los sitios a utilizar, y con los resultados obtenidos del premuestreo, se calculó una *n* de 31 UPM y con *m* de 10 USM.

La sobrevivencia general de la siembra directa fue de 24.8 %, que es baja si se consideran los resultados obtenidos en reforestaciones establecidas por la CONAFOR, en 2002, en la zona con plántulas, donde se reporta una sobrevivencia entre 40 y 60 %.⁸

La varianza de la estimación (*S²x*) fue del 5.43. Sin embargo, la variabilidad entre las UPM fue alta (29.4 %) como resultado de la diferencias existentes entre las UPM (*S²E*) a causa de orografía, exposición y disponibilidad de humedad (figura 3).

En el caso de la variabilidad dentro de las USM (*S²D*) fue de 12.15, debido a que existe una relación espacial entre las muestras

Para evaluar si existía una diferencia significativa entre la sobrevivencia de las especies pioneras evaluadas, se procedió a calcular los



Fig. 3. Muestra la orografía heterogénea ubicada en la parcela experimental denominada Marcela 1.

valores promedios de las UPM, se calculó la prueba de *t* de Student, y se obtuvo como resultado que sí existe una diferencia significativa en los valores promedios ($t=0,002$). Razón por la cual se procedió a estimar estadísticamente las diferencias registradas en dos de las cinco parcelas de restauración, en la cuales se establecieron ambas especies de piñonero, de tal manera que se determinó que la sobrevivencia para la especie *cembroides* en las parcelas, Aserradero y Marcela 2, presentan valores superiores, en comparación con la especie *nelsonnii*, es decir, los valores de sobrevivencia fueron más altos para la especie *cembroides* en la mayor parte las parcelas de restauración, siendo esta especie la que se considera más adaptada para las prácticas de reforestación en la zona (tabla II).

Además de la sobrevivencia de la siembra directa, se tomaron en consideración los costos

Tabla II.- Muestra la comparación de los valores estadísticos del muestreo de dos parcelas experimentales para ambas especies evaluadas. \bar{x} = valor promedio, σ = desviación estándar, E = error.

	Aserradero		Marcela 2	
	<i>Pinus cembroides</i>	<i>Pinus nelsonnii</i>	<i>Pinus cembroides</i>	<i>Pinus nelsonnii</i>
\bar{x}	2.857	2.024	3.00	1.903
σ	3.586	2.948	3.86	2.577
E	0.678	0.455	0.618	0.463

operativos y se compararon con los costos de una plantación forestal en la localidad (tabla III). A continuación se muestran el desglose de las actividades, cantidades, costos unitarios y totales para ambos métodos en una superficie similar de 100 hectáreas, tomando como base los costos de producción de plántulas, contrastándolos con los costos de procesamiento de de la siembra directa.

Tomando en consideración todo el proceso, desde la obtención de semilla hasta el monitoreo

Tabla III.-Costos de plántulas con base en la CONAFOR, 2005 y el costo de proceso de semilla. C. =Cantidad unitaria, C.T. = Costo total.

Actividades	Siembra Directa		Plantación Forestal	
	C.	C.T	C.	C.T
Costo de semilla	150 Kg	15,000	--	--
Proceso de estratificación	150 kg	6,000	--	--
Proceso de peletización	150 Kg	10,500	--	--
Acondicionamiento del área	100 ha	120,000	100 ha	120,000
Colecta de semilla	--	--	30 Kg	3,000
Costos de manejo de vivero	--	--	100,000	100,000
Traslado y plantación	--	--	100,000	800,000
Monitoreo	--	27,000	--	27,000
Total		\$178,500		1'050,000

después de dos años posteriores a la ejecución de la siembra o plantación, la siembra directa tiene un costo total de \$178,500 para 100,000 cepas sembradas, mientras la plantación forestal tiene un costo total de \$1'050,000 para plantar 100,000 plántulas en el mismo numero de cepas. El costo de la plantación es tan alto como resultado de la ausencia de caminos de acceso para transportar las plántulas en vehículos motorizados, por lo que tienen que trasladarse en animales de carga, teniendo un costo de traslado y plantación de ocho pesos por plántula.

Tomando en consideración que la siembra directa tiene una sobrevivencia del 24.8% y un cos-

to \$178,500 por cada 100,000 cepas, esto tendría un valor unitario por planta viva de \$7.19 pesos, en contraste con la plantación en una superficie similar, se obtuvo un costo de \$1'050,000 pesos con una sobrevivencia promedio del 50%, y un valor unitario de \$21.00 pesos por planta viva después de dos años.

Conclusiones

Por lo anterior podemos concluir que la siembra directa con *Pinus cembroides* y *Pinus nelsonii* es una alternativa viable para la rehabilitación en estos ecosistemas semiáridos de difícil acceso, ya que es tres veces más económico que una plantación forestal

El análisis de la información derivada del levantamiento en diferentes formas y tamaños de sitio permite concluir que el muestreo de líneas de 30 m es el más adecuado, debido a su precisión ($\sigma=3.4$, $E=0.481$) y su facilidad para la obtención de datos en campo.

La comparación de la sobrevivencia de las dos especies de pino piñonero utilizadas permite concluir que *P. cembroides* es la especie más adecuada para la recuperación de esta región.

Recomendaciones

Con base en los resultados de la baja sobrevivencia, se recomienda, para alcanzar el estándar de una plantación, aumentar la densidad de siembra al doble, sin que esta medida incremente los costos considerablemente. Por otro lado, el establecimiento de una cepa para la siembra directa se considera innecesario, se recomienda la utilización de una coa para este fin, limitándose la profundidad de siembra a tres centímetros.

Resumen

En la presente investigación se evaluó la pertinencia de la siembra directa de *Pinus cembroides* y *P. nelsonii*, como una técnica de rehabilitación de

zonas afectadas por incendio en Tamaulipas, México. Se utilizó un inventario bietápico para la evaluación de la sobrevivencia de las especies utilizadas en cinco parcelas restauradas en una región semidesértica templada a dos años de establecidas. Como unidades de muestreo, se utilizaron líneas de 30 metros seleccionadas después de una comparación con otras formas de sitio. Los resultados de la presente investigación mostraron que la siembra directa con estas especies de pino es técnicamente viable y económicamente rentable, la especie que mostró una mejor adaptación fue *P. cembroides*.

Palabras clave: Noreste de México, *Pinus cembroides*, Especie endémica.

Abstract

In the present study assessed the relevance of direct seeding of *Pinus cembroides* and *P. nelsonii* as a technique of rehabilitation of areas affected by fire in Tamaulipas, Mexico. Two-stage inventory was used to evaluate the survival of the species used in five restored plots in a temperate semi-desert region set to two years. As sampling units were used 30-meter lines selected after a comparison with other forms of site. The results of this investigation showed that direct seeding with pine species is technically possible and economically feasible; the species that showed a better adaptation was *P. cembroides*.

Keywords: Norwest of México, Endemic species, *Pinus cembroides*.

Agradecimientos

De manera especial, se agradece al proyecto Restauración de Zonas Incendiadas en la Región de Peña Nevada, desarrollado por la Unidad Académica Multidisciplinaria de Agronomía y Ciencias (UAMAC) de la UAT, que se encargó del diseño y establecimiento de la siembra. También agr-

dezcó a José Juan González Álvarez, por su apoyo en el levantamiento de datos.

Bibliografía

1. Caribello, J. 2003. Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Guía metodológica. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 96 pp.
2. Lindenmayer, D.; Margules, C.R.; Botkin, D. B. 2000. Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conservation Biology*. 14(4):941-950.
3. Conafor, 2009. Comisión Nacional Forestal. Áreas afectadas por incendios forestales. www.conafor.org.mx
4. Choi, Y. 2007. Restoration Ecology to the Future: A Call for New Paradigm. *Restoration Ecology* 15(2): 351-353.
5. Cipollini, K.; Maruyama, A.; Zimmerman, C. 2005. Planning for restoration: A decision Analysis Approach to prioritization. *Restoration Ecology*. 13(3):460-470.
6. Keith, B. 2004. Global restoration network. *Ecological Restoration*. Vol. 22(4):252 pp.
7. Ruiz, M.; Mitchell, T. 2005. Restoration Success: How is it being measured? *Restoration Ecology*. 13(3):569-577.
8. Alanís, E.; Jiménez, J.; Espinoza, D.; Jurado, E.; Aguirre, O. A.; González, M. A. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2):113-118.
9. Barrera, J.; Ríos, H. 2002. Acercamiento a la ecología de la restauración. *Pérez-Arbelaezia* (13) 33-46.
10. Jiménez, J.; Jurado, E.; Aguirre, O.; Estrada, E. 2005. Effect of grazing on restoration of endemic dwarf pine (*Pinus culminicola* Andresen et Beaman) populations in northeastern Mexico. *Restoration Ecology* 13(1):103-107.
11. Marroquín, R.; Jiménez, J.; Garza, F.; Aguirre, O.; Estrada, E.; Bourguet, R. 2006. Pruebas de regeneración artificial de *Pinus pseudostrobus* en localidades degradadas por incendios. *CiENCiA UANL*, (9):298-303.
12. Coffey, K.L. y Kirkman, L.K. 2006. Seed Germination Strategies of Species With Restoration Potential in a Fire-Maintained Pine Savanna. *Natural Areas Journal* 26(3):289-299.
13. Lindborg, R. 2006. Recreating Grasslands in Swedish Rural Landscapes - Effects of Seed Sowing and Management History. *Biodiversity and Conservation* 15:957-969.
14. Pausas, J.G.; Bladé, C.; Valdecantos, A.; Seva, J.; Fuentes, D.; Alloza, J.A.; Vilagrosa, A.; Bautista, S.; Cortina, J.; Vallejo, R. 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice - a review. *Plant Ecology* 171:209-220.
15. Rodríguez, D. A.; Fulé, P. Z. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12(1):23-37.
16. Whisenant, S. 2005. First steps in erosion control. *Forest restoration in landscapes*. Springer New York, pp. 350-356.
17. Chauhan, M. 2005. Book Review. Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests. *Restoration Ecology*. 13(3):578-579.
18. Mata, J. M. 2008. Pertinencia de la siembra directa en la rehabilitación de áreas incendiadas con dos especies de pino piñonero (*pinus cembroides* y *pinus nelsonii*) en la Sierra Madre Oriental, en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas. Tesis de maestría. FCF, UANL.
19. González, M. A.; Himmelsbach, W.; Jiménez, J.; Müller, B. 2005. Reconstruction of fire history in pine-oak forests in the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Forestarchiv* 76:138-143.
20. Murthy, M. N.: A note on estimation of variance components in a multi-stage sampling design based on interpenetrating sub-samples. *Metrika*, 13, 1968, •. 2-3, s. 98-103
21. AKCA A (2001) *Waldinventur*. Frankfurt, Sauerländer's Verlag. 193 p.

Recibido: 26 de abril de 2009
Aceptado: 3 de agosto de 2009