



Regeneración natural de *Pinus pseudostrobus* en zonas degradadas por incendio

RUBÉN A. MARROQUÍN FLORES*, JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ**, FORTUNATO GARZA OCAÑAS**, ÓSCAR AGUIRRE CALDERÓN**, EDUARDO ESTRADA CASTILLÓN**, RAFAEL BOURGUET DÍAZ***

Algunos autores han encontrado que la mayor fuente de plántulas, después de un incendio, proviene de las semillas de plantas en el sitio, y que la lluvia de propágulos de fuentes externas y los bancos de germoplasma tienen un bajo efecto en la regeneración. Por otra parte, se considera que los bancos de semillas son la fuente primaria de propágulos colonizadores en áreas tratadas por quemaduras prescritas; además, los mecanismos de movimiento de las semillas a través de la dispersión por viento y animales también son importantes.¹

El "aprovechamiento del paisaje con asistencia de la regeneración natural",² uno de los tipos de restauración, requiere de una perspectiva del paisaje, ya que los disturbios y la regeneración natural son sensibles a la heterogeneidad del paisaje y a sus patrones en el uso del suelo. Las especies de pinos con semillas aladas como *Pinus pseudostrobus* Lindl. pueden esparcirse rápido y dominar el sitio, comparadas con otros tipos de dispersión de semilla, como la gravedad, en la que a las especies les toma décadas o centurias colonizar pequeñas áreas. El pastoreo selectivo por herbívoros también causa cambios en la composición de especies, aunque puede recuperarse lentamente.¹

En la restauración ecológica hay dos caminos para recuperar el orden histórico de la comunidad:

- A través de la regeneración natural cuando tome lugar.
- A través de una rápida colonización con semillas, plántulas o por otros medios.

En ningún caso la restauración es simple.¹ El presente estudio evalúa la regeneración natural de *P. pseudostrobus* en estados tempranos de regeneración, en un ecosistema de pino-encino degradado por incendio; además, hace una discusión de comentarios comparativos con prácticas previas de regeneración artificial en el sitio.

Objetivos

Evaluar la regeneración natural y hacer una discusión, a partir de una simulación de su situación, con relación a los trabajos de regeneración artificial y obras de rehabilitación que se realizaron con anterioridad.

* Candidato a Doctor FCF, UANL.
rubenalejandromarroquin@ext.cemex.com
** Profesor-investigador FCF, UANL.
*** Profesor-investigador DIA, ITESM.

Materiales y métodos

Las localidades La Boquilla y El Rincón de los Encinos, en Laguna de Sánchez, Santiago, N. L., son dos sitios del Parque Nacional Cumbres de Monterrey afectados por incendios forestales en 1998 (figura 1). Se realizaron trabajos de manejo con plantaciones de *P. pseudostrobus* (regeneración artificial) y obras de rehabilitación en 2001 y 2002, respectivamente. En marzo de 2004 se registró la densidad de la regeneración natural de plántulas de *P. pseudostrobus* en estos parajes, como continuación del proyecto original.

El diseño del experimento consistió en cuatro muestras de 2 x 5 m en ocho parcelas de 20 x 20 m,

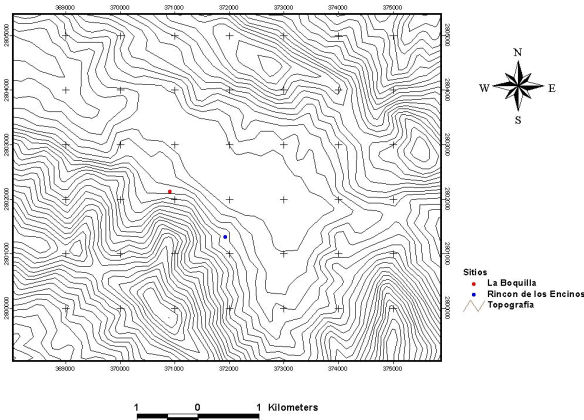


Fig. 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo.

en las cuales se registraron las plántulas presentes por regeneración natural de *Pinus pseudostrobus* menores a .3 m de altura

Resultados

Densidad

La densidad en la localidad La Boquilla resultó con diferencia de ($P \leq .05$), el tratamiento de Incendio 2 (de alta intensidad) tiene el valor medio más alto, con 969 plántulas por hectárea, sin embargo, la prueba de medias de Dunns no mostró diferencias entre los valores medios de los tratamientos (tabla I y figura 2).

Tabla I. Muestra de las densidades de plántulas por hectárea en los tratamientos de la localidad La Boquilla.

Tratamientos	Densidad/ha
Barreras	281
Exclusión	813
Control	375
Semilla	844
Incendio 1	750
Referencia	563
Incendio 2	969

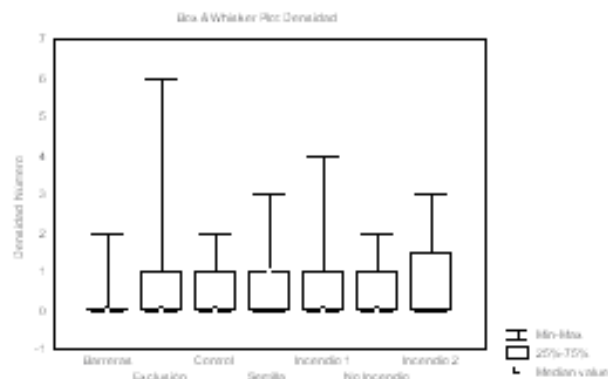


Fig. 2. Valores medios de densidad por tratamiento en la localidad La Boquilla: $H = 15.505$ ($P = 0.017$).

La densidad en la localidad El Rincón de los Encinos no mostró diferencia significativa en los tratamientos, el valor medio en el tratamiento de referencia es el más alto, con 813 plántulas por hectárea (tabla II y figura 3).

Tabla II. Muestra de las densidades de plántulas por hectárea en los tratamientos de la localidad El Rincón de los Encinos.

Tratamientos	Densidad/ha
Barreras	375
Exclusión	344
Control	438
Semilla	375
Incendio 1	625
Referencia	813
Incendio 2	594

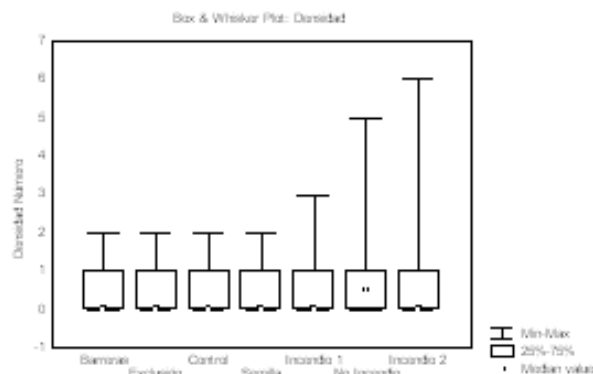


Fig. 3. Valores medios de densidad en la localidad El Rincón de los Encinos: $H = 6.713$ ($P = 0.348$).

Discusión

El proyecto original consideró el establecimiento y monitoreo de plantaciones de *Pinus pseudostrobus* en 2001 y 2002. Con el tiempo se comprobó que la regeneración natural actuó sobre el escenario degradado por el incendio a finales de 2003. La evaluación de la regeneración natural no mostró diferencias entre los tratamientos en las dos localidades. La densidad de plántulas de forma natural fue la misma en todos los tratamientos.

La siguiente discusión intenta relacionar los datos obtenidos de la regeneración natural, haciendo una comparación con la regeneración artificial realizada en 2001, sólo en la localidad La Boquilla, en Laguna de Sánchez.

I. Con la información obtenida se creó un modelo, en el programa Stella®, que consta de tres submodelos, los cuales parten de la cantidad de semillas. Es decir, son observados desde el punto de vista reproductivo, y del éxito en la regeneración.

Se consideró un sistema artificial, donde se colecta y manejan las semillas sembradas por el hombre en el campo, lo que se denominó Submodelo pinos/semilla.

Se consideró un sistema artificial, donde la producción es manejada por el hombre, las semillas se colocan en contenedores, en condiciones ambientales favorables para la germinación y etapas iniciales de la plántula, lo que se denominó Submodelo pinos/plántula.

Se consideró un sistema natural donde las se-

millas son dispersadas en el sitio por árboles locales, lo que se denominó Submodelo pinos/naturales.

La explicación a la simulación para la regeneración artificial (PS semillas sembradas, PP plántulas plantadas) y para la regeneración natural (PN plántulas naturales), en los próximos diez años se muestran en escala 1:100,000 en la figura 4, y 1:1,000 en la figura 5, donde se pueden observar los tres procesos.

En la regeneración natural se está considerando una repetición del establecimiento en 2008, y por falta de información sobre su tasa de mortalidad se estableció una densidad máxima que se denominó Capacidad de carga, de 226.5 árboles/ha, la cual se obtuvo de dos estudios de caracterización de la vegetación^{3,4} en sitios similares con bosques mezclados de pino-encino en Nuevo León.

En las figuras 4 y 5 se puede observar la eficiencia en el uso de semillas llenas para generar

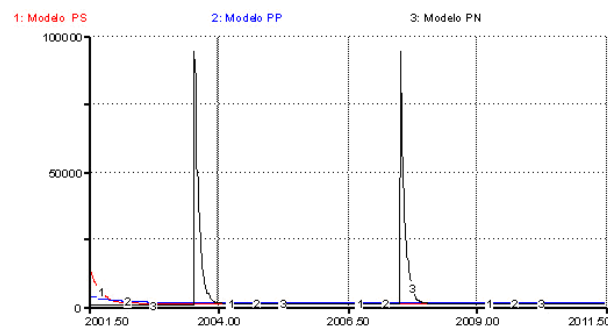


Fig. 4. Regeneración de *Pinus pseudostrobus* con base en esfuerzo por semillas llenas.

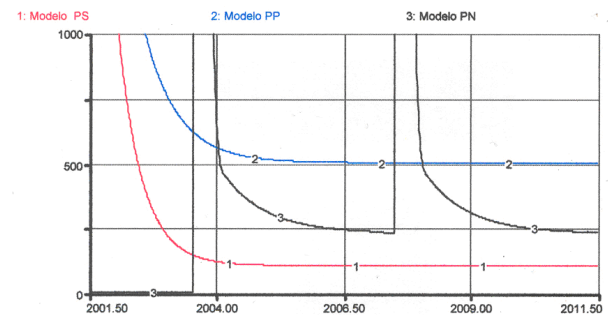


Fig. 5. Regeneración de *Pinus pseudostrobus* con base en la capacidad de carga del sistema en los próximos diez años.

plántulas de *Pinus pseudostrobus*. Es un enorme esfuerzo el que hace la naturaleza por restaurar su sistema. Le sigue la regeneración artificial por semillas llenas sembrando cuatro por cepa. Se considera al proceso pinos-plántula, el cual es un típico sistema de producción en vivero, como el sistema más eficiente en la relación pino/semilla.

II. Para este caso el modelo cambia. Los submodelos parten de la cantidad de cepas. Es decir, son observados desde el punto de vista del éxito en la regeneración.

Se consideran los mismos submodelos, pinos/semilla, pinos/plántula y pinos/naturales.

En las figuras 6 y 7 se puede observar la eficiencia en el uso de cepas de *Pinus pseudostrobus*. Se

PS (100), modelo PP (500) y modelo PN (226.5) para pinos/semilla, pinos/plántula y pinos/naturales, respectivamente.

El dilema en los proyectos de restauración es enfrentar la función de los ecosistemas contra la auténtica reconstrucción de la comunidad histórica; hay quien sugiere que, de cualquier forma, se debe poner más atención al proceso de la regeneración natural, como una herramienta en la restauración.²

La regeneración natural y artificial en la localidad están limitadas a una escasa e irregular precipitación y malas condiciones de suelo; se requiere de ambos, además del conocimiento ecológico y la confianza en que la naturaleza pueda ayudar a la restauración.

La fórmula de la Ley de enfriamiento de Newton representa una buena analogía de la estructura de respuesta de las observaciones realizadas.

$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_m)$$

Donde k es la constante de proporcionalidad; T es la cantidad de semillas o plántulas y Tm la capacidad de carga del sistema.

La constante K en la regeneración natural a partir de semilla (I) fue mayor que en los tratamientos artificiales (siembra de semillas y siembra en vivero), lo que explica claramente que en la germinación de los tres procesos se reducen exponencialmente: K dispersión natural = 12; K para siembra de semillas = 5; K para siembra en vivero = 1.5.

La constante K de proporcionalidad a partir de semilla (I) presenta mucha velocidad al inicio y disminuye gradualmente, representando una respuesta más lenta del sistema.

La constante K en la regeneración natural a partir de cepa en el segundo modelo (II) fue menor que en los tratamientos artificiales (siembra de semillas y siembra en vivero): K para cepas con plántulas a partir de dispersión natural = 1.2; K para cepas con plántulas a partir de siembra de semillas = 2.1; K para cepas con plántulas a partir siembra en vivero = 1.5.

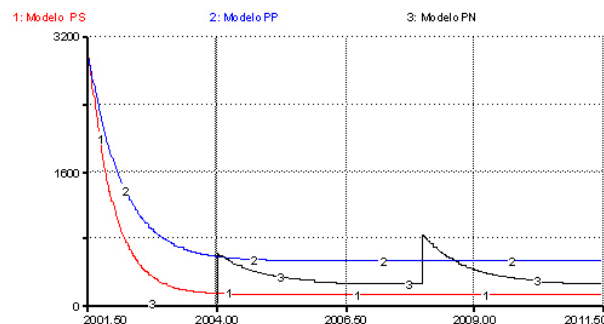


Fig. 6. Regeneración de *Pinus pseudostrobus* con base en esfuerzo a partir de cepas.

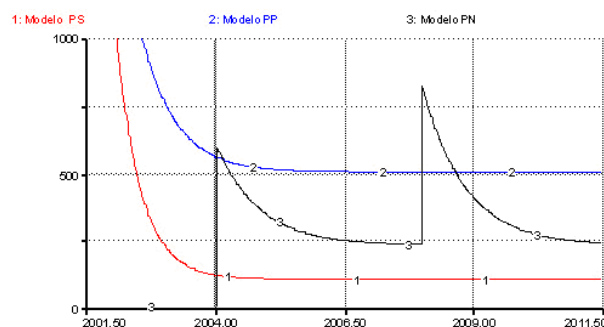


Fig. 7. Regeneración de las cepas de *Pinus pseudostrobus* con base en la capacidad de carga del sistema en los próximos diez años.

considera al proceso pinos/plántula, el cual es un típico sistema de producción en vivero, como el sistema más eficiente en la relación pino/cepa. Se observa que el establecimiento alcanza valores de la capacidad de carga estimada, éstos son: modelo

Al parecer hay dos procesos: el de semilla a plántula y el de cepa a plántula, y la observación refleja, en gran medida, la enorme aptitud genética que ganan las plántulas a partir de un proceso natural (la dispersión), ya que la naturaleza ofrece un proceso de menos muertes, más robustez, una vez que han seleccionado las semillas más aptas. Se afirma que la regeneración natural (figura 8) no es un proceso deficiente, lo que pareciera ser al inicio (modelo I), y la constante K de proporcionalidad remite a esta afirmación una vez que las plántulas germinaron (modelo II).

Es necesario seguir aprendiendo cómo ayudar a la naturaleza y cómo ser ayudados por ella.



Fig. 8. Plántula natural de *Pinus pseudostrobus*.

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en dos parajes de la localidad Laguna de Sánchez, en 2004. Se evaluó la regeneración natural de *Pinus pseudostrobus* dentro y fuera de los sitios donde se realizaron trabajos de regeneración artificial y obras de rehabilitación con la misma especie en 2001 y 2002. Se demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se presenta a manera de discusión un modelo de simulación para ambos tipos de regeneración en el paraje La Boquilla.

Palabras claves: Regeneración natural, Pinos, Pino real.

Abstract

This study was carried out at two locations from Laguna de Sánchez during 2004. Natural regeneration of *Pinus pseudostrobus* inside and outside of the plots, where works of artificial regeneration and rehabilitation had taken place during 2001 and 2002, was evaluated. Results showed no significant differences between treatments. Modeling is discussed for both regeneration types in the location known as “La Boquilla”.

Key words: Natural Regeneration, Pines, Pino real.

Referencias

1. Friederici, P. 2003. Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Forest. Ecological Restoration Institute at Northern Arizona University, Society for Ecological Restoration International. Island Press, 562 pp.
2. Fiedler, P., Jain, S. 1992. Conservation Biology. The theory and practice of nature conservation preservation and management, Chapman and Hall 507 pp.
3. Jiménez, J., Aguirre, O., Kramer, H. 1988. Bestandesstrukturalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen_Mischwald Nordostmexikos. Forstarchiv 69. Jahrgang, 227-234.
4. Baca, V. J. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino. Tesis de maestría en la Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
5. Gurrola, R. M. 1996. Análisis de conos de *Pinus durangensis* Mtz. En un Área Semillero de la UCODEFO No. 6 El Salto, Durango. Tesis en el Instituto Tecnológico Forestal No.1. El Salto, Durango. 53 pp.
6. Jones, S., L. 1998. The Once and Future Forest. A guide to forest restoration strategies. Island Press.

Recibido: 19 de mayo de 2005
Aceptado: 04 de mayo de 2006