

Estructura del dosel en la zona de transición entre el bosque y el pedregal de volcán Parícutín, Michoacán, México

Morales Hernández J., Gómez-Romero M. y Lindig-Cisneros R. ✉

Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán.

Resumen

Los procesos de sucesión primaria en áreas afectadas por vulcanismo son bien conocidas, sin embargo, el estudio de este proceso en contextos específicos puede aportar información muy valiosa para la restauración ecológica de sitios severamente degradados, en donde las condiciones físicas asemejan aquellas consecuencia de desastres naturales de gran intensidad, como son las erupciones volcánicas. Con la finalidad de cuantificar la estructura del dosel en la zona de transición entre el bosque y el pedregal del volcán Parícutín, se realizaron transectos que intersectan la zona entre el bosque y el pedregal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Para analizar la información se consideraron tres zonas (Bosque, Transición y Pedregal) los resultados indican que; de las diez especies arbóreas registradas, ocho se encuentran en el bosque, siendo la comunidad con mayor riqueza de especies; siguiendo la zona de transición y, con un número menor de especies, la comunidad del pedregal (siete y seis especies respectivamente). Las especies más abundantes fueron en primer lugar *Pinus montezumae*, siguiéndole *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus* y con pocos individuos *Quercus crassipes*, *Buddleia cordata*, *Crataegus pubescens*, *Quercus obtusata*, *Ilex toluca* y representadas con un solo individuo, las especies *Clethra mexicana* y *Sambucus mexicana*. Tres de ellas fueron las más importantes ya que tuvieron la mayor abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia: *P. montezumae*, *P. leiophylla*, y *P. pseudostrobus*. Los resultados de este estudio sugieren que las especies con más potencial para ser utilizadas en sitios severamente degradados con sustratos de origen volcánico, son las especies dominantes que no presentaron limitaciones de dispersión y que muestran características que les permitan sobrevivir en los pocos sitios de establecimiento que se presentan.

Palabras clave: Sucesión primaria, volcán Parícutín, pedregal, establecimiento, perturbación.

Abstract

The processes of primary succession in areas that suffered the effects of volcanism are well known, nevertheless, the study of this process in specific contexts can provide useful information for the restoration of severely degraded ecosystems, where conditions are similar to those consequence of natural disasters, such as volcanic eruptions. With the aim of quantifying the canopy structure in the transition zone between the forest and the lava flows of the Parícutin volcano, transects were laid that intersect the forest and lava flow area in the Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

For data analysis three zones were considered (Forest, Transition and Lava Flows), results show that: from ten tree species found, eight were present in the forest, being the community with the highest species richness, followed by the transition zone and, with the lowest species richness, the lava flows (7 and 6 species respectively). The most abundant species were *Pinus montezumae*, followed by *P. leiophylla* and *P. pseudostrobus* and with few individuals *Quercus crassipes*, *Buddleia cordata*, *Crataegus pubescens*, *Quercus obtusata*, *Ilex toluca* and represented by only one individual, the species *Clethra mexicana* and *Sambucus mexicana*. Three species were the most important because they shared the highest abundance, dominance, frequency, and importance value: *P. montezumae*, *P. leiophylla*, y *P. pseudostrobus*. The results of the current study suggest that the species with more potential for use in degraded sites with volcanic substrates, are those that can survive in the few establishment sites present.

Key words: primary succession, Parícutin volcano, lava flows, establishment, disturbance

Introducción

El concepto de sucesión es parte del origen de la ecología como ciencia y por lo tanto un fundamento conceptual casi desde sus orígenes (Clements 1916, Gleason 1917, 1927, Drury y Nisbet, 1973), y que continúa siendo de gran importancia no solamente por sus consecuencias teóricas sino porque ha permitido establecer marcos conceptuales para prácticas de manejo y restauración ecológica (Pickett *et al.*, 2009). Las consecuencias para el manejo son evidentes cuando se considera que al abandonar

un sitio degradado, en la mayoría de los casos se recuperará por sí solo, al menos parcialmente, mediante procesos de sucesión ecológica si los factores de disturbio que causaron el deterioro se detienen. Por ejemplo, se necesita más de un siglo para que un sitio talado y quemado en un bosque tropical se recupere de manera natural si no ocurren fenómenos como el pastoreo o el establecimiento de especies invasoras (Azócar *et al.*, 2000). De esta manera, entender el proceso sucesional permitiría alterar conscientemente aquellos factores que permitan la recuperación más rápida del sitio degradado (Bradshaw 1984), dando lugar a procesos de restauración ecológica. La restauración ecológica es importante no solamente por ser una técnica de recuperación de comunidades naturales sino también como un método de investigación en ecología. El fundamento de la idea anterior

✉ **Autor de correspondencia:** Roberto Lindig Cisneros. Laboratorio de Ecología de Restauración, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán. Email: rlindig@oikos.unam.mx

es que para poder reparar algún sitio es necesario conocer y estudiar cada una de sus partes así como su funcionamiento.

Entre los factores de disturbio naturales que crean condiciones propicias para que se den procesos de sucesión primaria se encuentra la actividad volcánica (Evans, 2006), que provoca cambios severos en la fisonomía de la región afectada. La superposición de lavas y cenizas sobre el paisaje provoca la formación de un nuevo sustrato. Éste tiende a ser ocupado por una comunidad pionera dando inicio a la sucesión primaria, que trae consigo una serie de cambios tanto en la estructura y composición florística, así como en las condiciones ambientales (Krebs, 1978).

La erupción del Volcán Parícutín, de 1943 a 1952, en el estado de Michoacán, México, fue un evento que disminuyó la cobertura forestal e inutilizó las tierras agrícolas de la zona. Como consecuencia de los procesos de sucesión primaria, en el cono del volcán y en los derrames magmáticos, se ha incrementado el número de especies vegetales a lo largo de los años (Eggler 1948, 1959, 1963, Gimenez de Ascarate *et al.*, 1997). En particular, en los derrames de lava se ha incrementado paulatinamente el número de especies vegetales presentes incluyendo especies leñosas.

Las condiciones presentes en el pedregal del Parícutín son similares a las que se pueden encontrar en muchas minas a cielo abierto, también conocidas como bancos de material, en donde se extraen material pétreo de origen volcánico, así como de otras zonas en donde obras de infraestructura exponen la roca madre de origen volcánico. Solamente en el estado de Michoacán, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes incluyó en 2010, 105 bancos de materiales de origen volcánico, tezontles y basaltos útiles para el mantenimiento de carreteras (SCT 2010), en los cuales se pueden llevar a cabo procesos de restauración ecológica una vez que se extraiga el material útil y para evitar mayores daños ambientales.

Estudiar los patrones sucesionales en sitios afectados por vulcanismo en la región en donde se encuentra el volcán Parícutín (Lindig-Cisneros *et al.* 2006) ha permitido desarrollar estrategias de restauración para depósitos de ceniza volcánica (Blanco-García *et al.* 2008).

En el presente estudio se cuantificó el patrón de recolonización de la vegetación arbórea posterior a la erupción del Volcán Parícutín, en la zona de transición entre el bosque y el derrame magmático, con la finalidad de contar con información útil para restaurar sitios con roca volcánica expuesta.

Materiales y métodos

Se realizaron visitas a los bosques de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (C.I.N.S.J.P.), en donde se dividió el camino que lleva a las Ruinas de San Juan Viejo en la parte que bordea el derrame de lava y al bosque en 10 partes iguales y se seleccionó aleatoriamente una de ellas. El muestreo del estrato arbóreo se realizó mediante el método de puntos al centro de un cuadrante (Cottam y Curtis, 1956). Se trazaron 10 transectos paralelos, espaciados 30 m y centrados al camino a las Ruinas de San Juan Viejo (i.e. dirección sureste-noroeste) donde se marcaron a partir de ese punto, 50 m hacia el interior del bosque y 50 m en dirección al pedregal. Se considero a los puntos cercanos al camino (excluyendo a este) como la comunidad de transición en donde se observó la influencia de la lava volcánica pero con elementos estructurales de bosque. En total, cada transecto midió

100 m. y en cada uno de ellos se muestreó cada 10 m (i.e. 10 puntos por transecto), cada punto fue dividido en cuatro cuadrantes (Figura 1).

El análisis estructural se basó en las distancias de los puntos (cada 10 m) sobre los transectos del interior del bosque hacia el derrame de lava, definiéndose tres zonas: el bosque, la transición y el pedregal, cada comunidad de 30 m (tres puntos, uno cada 10 m) excepto el pedregal de 40m (cuatro puntos, uno cada 10 m).

Posteriormente se localizó en cada uno de los cuadrantes el árbol más cercano al punto central y se tomaron los siguientes datos: a) especie; b) diámetro a la altura del pecho (DAP); c) distancia del árbol al punto central; d) altura del árbol y se extrajo un núcleo de cada árbol para determinar la edad.

Se realizó un análisis sobre la imagen disponible (durante el estudio) en Google Earth® (Google Earth 5.1.3509.4636 (beta), 2009) para medir las distancias de los árboles ya establecidos en la lava volcánica con respecto al borde del bosque. La imagen fue analizada una vez terminados los transectos para tomar en cuenta también los árboles que no hubieran sido muestreados y de esta forma tener un dato de distancias más robusto. Adicionalmente se realizó un

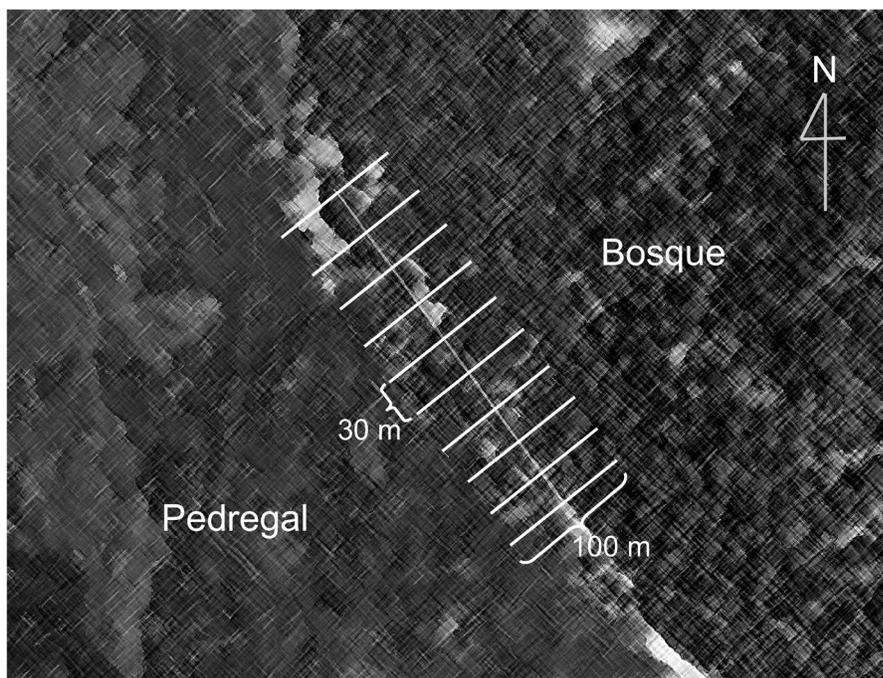


Figura 1. Representación esquemática del sitio de estudio, la ubicación aproximada de cada transecto de 100 metros se indica así como la distancia entre transectos. El pedregal se encuentra en dirección suroeste del eje perpendicular a los transectos y el bosque en dirección noreste.

dendrograma de agrupamiento jerárquico por medio de la distancia de Bray Curtis con BiodiversityR (Kindt y Coe, 2005). Además, se calculó el valor de importancia relativa (VIR) a partir de la suma de las frecuencias relativas, la densidad relativa y la dominancia relativa de cada especie (Corral-Rivas et al. 2002

Resultados

En total se encontraron 10 especies arbóreas en toda el área estudiada, de las cuales 8 se encontraron en el bosque, 7 en la zona de transición y 6 en el pedregal (Figura 2). En total se registraron 304 individuos. Las especies con el mayor número de individuos que representan el 81% del total fueron *Pinus leiophylla* (76), *P. montezumae* (101) y *P. pseudostrobus* (72). La abundancia de las especies presentes por zona se representa en la figura 1. Por otro lado, en el dendrograma de agrupamiento jerárquico a partir de la distancia de Bray Curtis no se agrupan las tres zonas, lo cual indica que las especies pueden establecerse en cualquiera de ellas (Figura 3).

En términos de la altura de los individuos de las diferentes especies arbóreas encontradas, los individuos de *P. montezumae* fueron los más altos, seguidos de los individuos de *Ilex tolucana*, en el otro extremo se encuentran los individuos de *Sambucus mexicana* (Figura 4). La altura promedio de los árboles en las tres zonas difiere porque los árboles en la zona de pedregal son de menor altura (Figura 5) que los que se encuentran en las otras dos zonas, que no difieren entre sí ($F_{(2,79)} = 243.67, P = 0.0041$).

El valor de importancia (tabla 1) de las especies registradas en el sitio de estudio tomando en cuenta la densidad relativa, la dominancia relativa y la frecuencia relativa (tabla 1) indica que la especie más importante es *P. montezumae*, siguiéndole *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus*, estos dos últimos de forma muy similar. Posteriormente aparecen *Q. crassipes* y *B. cordata*, enseguida *Crataegus pubescens*, *Q. obtusata* e *Ilex tolucana*. Cabe mencionar que las especies que presentaron un valor de importancia menor fueron *Clethra mexicana* y *Sambucus mexicana*, ya que sólo se registraron una vez. Adicionalmente, en la el área de estudio, a lo largo de 300 m, se comparó el número de los árboles

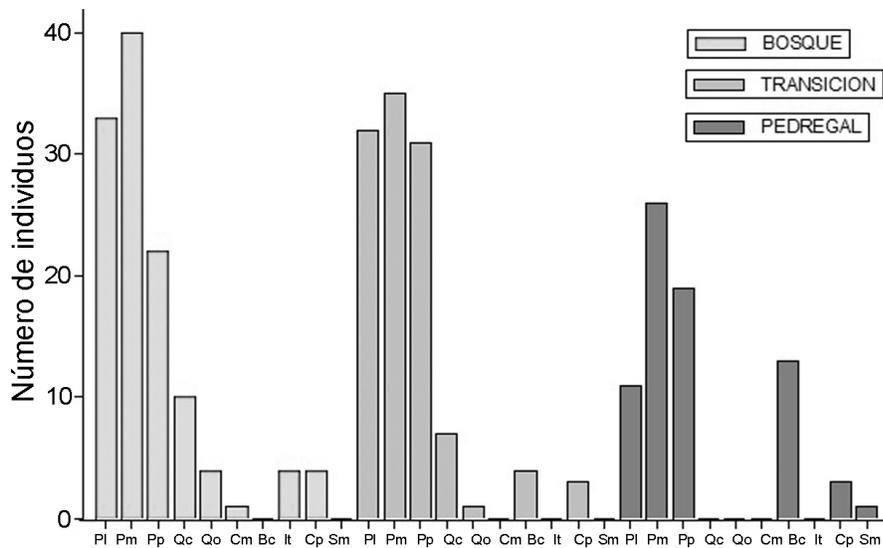


Figura 2. Número de individuos de las distintas especies por tipo de comunidad. (Pl) *Pleiophylla*, (Pm) *P. montezumae*, (Pp) *Pseudostrobus*, (Qc) *Q. crassipes*, (Qo) *Q. obtusata*, (Cm) *Clethra mexicana*, (Bc) *Buddleia cordata*, (It) *Ilex tolucana*, (Cp) *Crataegus pubescens*, (Sm) *Sambucus mexicana*.

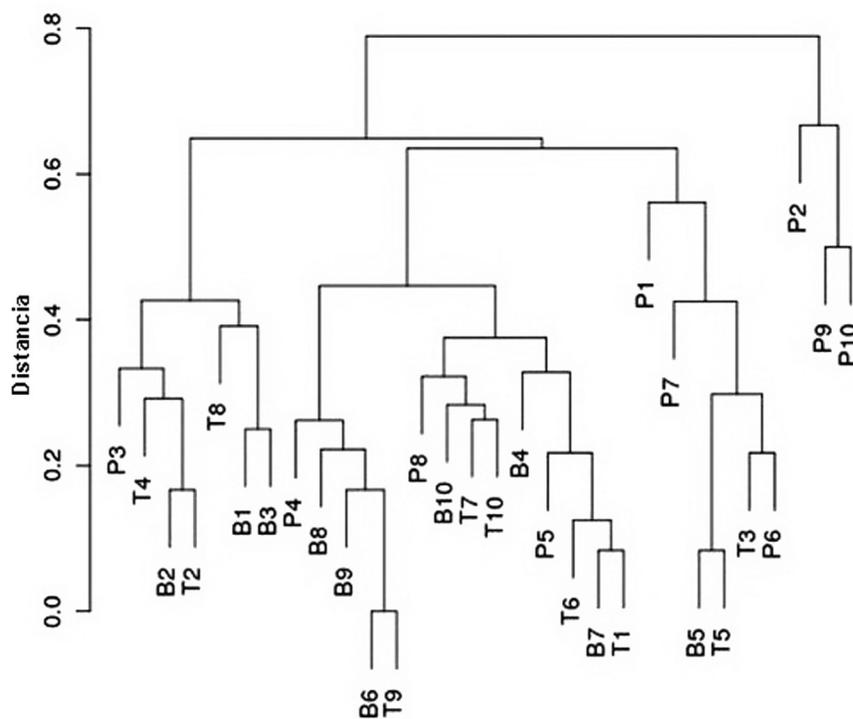


Figura 3. Dendrograma de agrupamiento jerárquico, calculado a partir de la distancia de Bray Curtis. Los números indican los puntos de muestreo en: B = bosque (1, 2 y 3), T = transición (4, 5 y 6) y P = pedregal (7, 8, 9 y 10).

establecidos en el pedregal en relación a la distancia del borde del bosque y se encontró que a mayor distancia del borde del bosque y más adentro del pedregal hay menos árboles establecidos (Figura 6).

Discusión

De las diez especies registradas en el sitio de estudio, las más abundantes fueron

Pinus montezumae, *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus*. Estas tres especies son las más abundantes en los bosques de la región (Medina et al. 2000). Destacan también las especies de encino (*Quercus crassipes*, *Q. obtusata*), y es interesante que algunas especies, que aunque son raras como *Clethra mexicana* y *Sambucus mexicana*, en el área de estudio fueran representadas

Tabla 1. Valor de importancia (Densidad relativa+ Dominancia relativa+ Frecuencia relativa) de las especies registradas en el sitio de estudio.

Especies	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Valor de importancia
<i>Pinus leiophylla</i> Schlecht & Cham.	0.25	0.19	0.21	0.65
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	0.33	0.49	0.24	1.06
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	0.23	0.18	0.19	0.6
<i>Quercus crassipes</i> Humb. & Bonpl.	0.05	0.06	0.10	0.21
<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	0.01	0.02	0.03	0.06
<i>Clethra mexicana</i> A. DC.	0.003	0.0005	0.009	0.0125
<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	0.05	0.010	0.09	0.15
<i>Ilex tolucana</i> Hemsl.	0.01	0.016	0.02	0.046
<i>Crataegus pubescens</i> (Kunth.)Steud.	0.03	0.005	0.06	0.095
<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl ex DC.	0.003	0.001	0.009	0.013
	Σ=0.966	Σ=0.9729	Σ=0.965	Σ=2.896

por un sólo individuo. De las tres zonas estudiadas el bosque fue la comunidad con más abundancia de especies, como era de esperarse considerando la edad reciente

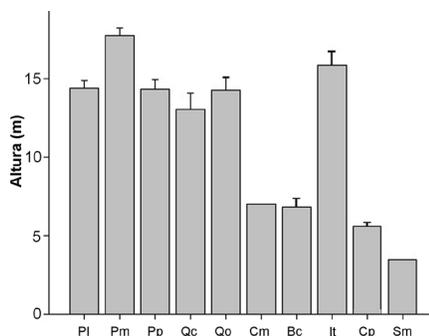


Figura 4. Altura promedio de las especies arbóreas encontradas en el sitio de estudio. PI (*Pleiophylla*), Pm (*P.montezumae*), Pp (*P.pseudostrobus*), Qc (*Q.crassipes*), Qo (*Q.obtusata*), Cm (*Clethra mexicana*), Bc (*Buddleia cordata*), It (*Ilex tolucana*), Cp (*Crataegus pubescens*), Sm (*Sambucus mexicana*). Las barras indican el error estándar.

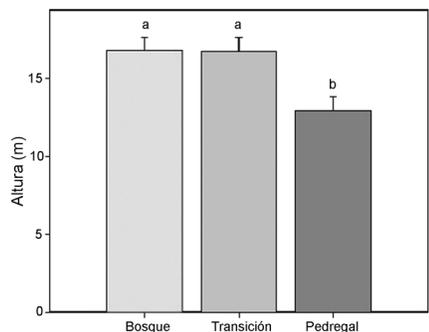


Figura 5. Altura de los árboles de las comunidades bosque, transición y pedregal, las barras indican el error estándar. Las letras indican grupos diferentes.

del derrame magmático, siguiendo la zona de transición y con menos especies la comunidad del pedregal. Aunque los primeros registros de la colonización después de la erupción indican que algunas especies arbóreas se presentaron desde etapas muy tempranas (Egler 1948, 1959), es notable que la mayoría de las especies que se encuentran en el bosque están colonizando el pedregal a un poco más de medio siglo de que la erupción volcánica terminara.

El dendrograma de agrupamiento no muestra ningún patrón entre los transectos que cruzan los tres tipos de comunidades definidos en este estudio, lo que indica que no hay una estructuración de las comunidades, lo que refuerza que la colonización del pedregal, en términos de la riqueza de especies, se está dando por el conjunto de especies locales. Lo que cambia a lo largo de los transectos es la densidad de las especies características del dosel, pues la cobertura decrece rápidamente en los primeros 20 m sobre el pedregal, lo que sugiere que hay limitantes para el establecimiento de la vegetación leñosa, lo que es de esperarse en este tipo de ambiente, en donde las limitaciones por falta de micrositios de establecimiento son más importantes que las limitantes de dispersión de las diásporas vegetales (Drake 1992, Ndam *et al.* 2001, Tsuyuzaki, 2001).

Por otro lado, al evaluar la altura de

las especies arbóreas registradas en el sitio de estudio se observó que las especies que presentaron mayor altura fueron *Pinus montezumae*, *Ilex tolucana* y con altura intermedia *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus*, *Quercus obtusata* y *Q. crassipes* y con altura menor *Clethra mexicana*, *Buddleia cordata*, *Crataegus pubescens* y *Sambucus mexicana*. Indistintamente de la especie a la que pertenecen los árboles de mayor altura se encontraron en la zona de bosque y la de transición, mientras que en el pedregal los árboles presentan una altura significativamente menor. Lo que muy probablemente se debe al efecto combinado de la edad y las condiciones físicas de cada zona. Dado que entre los árboles del bosque hay individuos de edad avanzada y las condiciones del medio son menos estresantes que en el pedregal.

De las dos especies dominantes en el pedregal, *Pinus montezumae* es una conífera que ha mostrado ser capaz de establecerse en sitios que presentan condiciones extremas en la región, en particular en arenas resultado de la erupción del volcán Parícutín, en donde las temperaturas del sustrato pueden ser elevadas (Blanco-García *et al.* 2008), además de que tolera heladas (Vivero-viveros *et al.* 2007) y *Pinus leiophylla* es una especie que tolera condiciones más secas que otras especies con las que comparte su rango altitudinal (Farjon *et al.* 1997). Lo anterior sugiere que las especies con más potencial para ser utilizadas en sitios severamente degradados con sustratos rocosos de origen volcánico, son las especies que no presentan limitaciones de dispersión (por su abundancia) y que muestran características que les permitan sobrevivir en los pocos sitios de establecimiento que se presentan. En restauración ecológica las limitaciones de dispersión se superan introduciendo directamente las plántulas o semillas de las especies deseadas. Por lo tanto, las limitaciones relacionadas con los micrositios de establecimiento se pueden superar utilizando dos estrategias principales. La primera es colocando a las plantas de estudio en sitios que dada su microtopografía acumulen de manera natural suelo y conserven la humedad como grietas, y la segunda es adicionando en estos sitios materia orgánica y otros aditivos del suelo que proporcionen nutrientes para conservar la humedad

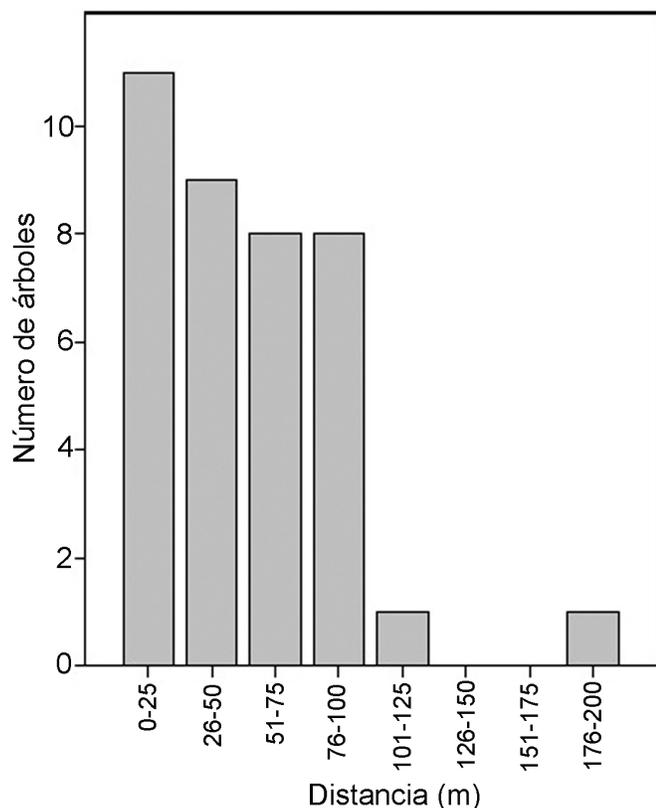


Figura 6. Distribución de los árboles establecidos en el pedregal con respecto a la distancia del borde del bosque.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a la Dirección Técnica Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro por todas las facilidades prestadas para llevar a cabo la presente investigación.

Referencias

Azócar A, Rada F, García C (2000) Aspectos ecofisiológicos para la conservación de ecosistemas tropicales contrastantes. *Boletín sociedad Botánica México* 65: 89-94.

Blanco-García A, Sáenz-Romero C, Alvarado-Sosa P, Lindig-Cisneros R (2008) Native pine species performance in response to age at planting and mulching in a site affected by volcanic ash deposition. *New Forests* 36: 299-305.

Bradshaw A (1984) Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape Planning* 11: 5-48.

Cabrera MA (2006) *Caracterización de la vegetación natural de sucesión primaria en el Parque Nacional Volcán Pacaya y Laguna de Calderas, Guatemala*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) 79 pp.

Clements FE (1916) *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institution of Washington, Washington.

Corral-Rivas J, Aguirre-Calderón O.A., Jiménez-Pérez J., Návárez-Cháidez J (2002) Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8: 125-131.

Cottam G, Curtis J (1956) The use of distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology* 37: 451-460.

Drake DR (1992) Seed dispersal of *Metrosideros polymorpha* (Myrtaceae): a pioneer tree of Hawaiian lava flows. *American Journal of Botany* 79: 1224-1228.

Drury WH, Nisbet ICT (1973) Succession. *The Arnold Arboretum* 54: 331-368.

Eggler WA (1948) Plant communities in the vicinity of the volcano el Parícutin, México, after two and a half years of eruption. *Ecology* 29: 415-436.

Eggler WA (1959) Manner of invasion of volcanic deposits by plants with further evidence from Parícutin and jorullo. *Ecological Monographs* 29: 267-284.

Eggler WA (1963) Plant life of Parícutin volcano, México, eight years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 69:38-67.

Farjon A Perez J, de la Rosa A, Styles BT (1997) *Guía de Campo de los Pinos de México y América Central*. Royal Botanical gardens, Kew, Inglaterra.

Gimenez de Azcarate Cornide J, Escamilla ME, Weinman LA, Velázquez A (1997) Fitosociología y sucesion en el volcan Paricutin, Michoacan, Mexico. *Caldasia* 19: 487-505.

Gleason HA (1917) The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 44: 463-481.

Gleason HA (1927) Further views on the succession-concept. *Ecology* 8: 299-326.

Kindt R, Coe R (2005) *Tree diversity analysis; A manual and software for common statistical methods for ecological and bio-diversity studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenia.

Krebs J (1978) *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. Editorial Harla, México.

Lindig Cisneros R, Galindo-Vallejo S, Lara-Cabrera S (2006) Vegetation of tephra deposits 50 years after the end of the eruption of the Parícutin volcano, Mexico. *Southern Naturalist* 51: 455-461.

Medina C, Guevara-Fefer F, Martínez MA, Silva-Sáenz P, Chavez-Carbajal MA, García I (2000) Estudio florístico de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 52: 5-42.

Ndam N, Healey J, Cheek M, Fraser P (2001) Plant recovery on the 1922 and 1959 lava flows on Mount Cameroon, Cameroon. *Systematics and Geography of Plants* 71: 1023-1032.

Pickett STA, Cadenasso ML, Meiners SJ (2009) Ever since Clements: from succession to vegetation dynamics and understanding to intervention. *Applied Vegetation Science* 12: 9-21

SCT (2010) *Inventario de Bancos de Materiales 2010, Michoacán: Información básica sobre localización y aprovechamiento de bancos de materiales pétreos para construcción y mantenimiento de carreteras*. http://dgst.sct.gob.mx/fileadmin/Bancos_2010. Consultado el 22 de Junio, 2011.

Tsuyuzaki S (2001) Studies on the early stages of volcanic succession. *Japanese Journal of Ecology* 51: 13-22.

Viveros-Viveros H, Saenz-Romero C, Lopez-Upton J (2007) Growth and frost damage variation among *Pinus pseudostrobus*, *R. montezumae* and *R. hartwegii* tested in Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management* 253: 81-88.