Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz)

Characterization and arrangement of forests of pinyon pine (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) from the Eastern Mexican Basin (Puebla, Tlaxcala and Veracruz)

Ro Linx Granados Victorino¹, Diódoro Granados Sánchez^{2*} y Arturo Sánchez-González¹

¹Laboratorio de Sistemática Vegetal. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo. México.

²Division de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México.

*Autor de correspondencia. didorog@hotmail.com

RESUMEN

Pinus cembroides subsp. *orizabensis* es el pino piñonero con distribución más al sur en América, la mayoría de sus poblaciones se desarrollan dentro de los límites de la Cuenca Oriental, la única zona árida fría en México, donde se distribuyen en por lo menos cinco localidades aisladas. Los objetivos del presente estudio fueron realizar el inventario florístico y estructural de los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental, cuyo dosel domina el taxón antes referido. El trabajo de campo consistió en la búsqueda y recolección de ejemplares de plantas vasculares mediante técnicas estándar, para su posterior identificación en laboratorio, y en el muestreo de los bosques para determinar la densidad, cobertura y valor de importancia de las especies. El análisis de agrupamiento permitió estimar la semejanza en la composición de especies entre bosques; mediante el análisis de correspondencia canónica se estimó la relación entre factores ambientales y edáficos, con respecto a la composición y distribución de las especies entre las localidades; y con los valores estructurales se realizó la caracterización fisionómica de los bosques. Los resultados indican que los bosques de pino piñonero se desarrollan en sustratos volcánicos, en suelos con pH neutro a ligeramente básico (7-8), en un intervalo altitudinal de entre 2300 m y 2700 m. Las asociaciones vegetales identificadas fueron: Piñón-*Nolina*, Piñón-*Juniperus* y Piñón-*Pinus pseudostrobus*; los taxones *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Nolina parviflora* fueron constantes en todas las localidades. La composición florística de estos bosques se relacionó principalmente con los factores edáficos Ca y N.

PALABRAS CLAVE: clasificación, composición florística, estructura de la vegetación, México, zonas áridas.

ABSTRACT

Pinus cembroides subsp. *orizabensis* is the pinyon pine with the more southern distribution in America; most of its populations develop into the limits of the "Cuenca Oriental", the only cold semiarid area in Mexico, and they are distributed in at least five isolated localities. The objectives of present study were to carry out a floristic inventory and a structural analysis of pinyon pine forests, whose canopy is dominated by the taxon referred, in the "Cuenca Oriental". The fieldwork was divided into the search and collection of specimens of vascular plants by standard techniques to further identify the specimens in the laboratory; and from sampling of forests to determine the density, coverage and importance value of species. Cluster analysis was used to estimate the similarity in species composition between forests; the relationship between environmental and environment and soil factors with respect to composition and distribution of species between localities was estimated by canonical correspondence analysis. Structural values of species were used for characterization of forests physiognomic. The results indicate that the pinyon pine forests develop on volcanic substrate, with a neutral or slightly basic pH (from 7 to 8), and they are found from 2300 m to 2700 m a.s.l. The main plant associations identified are: Pinyon-*Nolina*, Pinyon-*Juniperus*, and Pinyon-*Pinus pseudostrobus*; the taxa *Pinus cembroides* ssp. *orizabensis* and *Nolina parviflora* were constant in all the studied localities. The floristic composition of these forests is mainly related to the edaphic factors Ca, and N.

Key words: classification, floristic composition, vegetation structure, Mexico, arid zones.

INTRODUCCIÓN

México posee una elevada riqueza de taxones del género *Pinus*, albergando alrededor de 40% de las especies conocidas a nivel mundial, con un total de 47 especies, de las cuales 35 presentan distribución restringida al territorio mexicano, es decir, 74% son endémicas. Estos endemismos se concentran en las subsecciones Ponderosae, Oocarpae y Cembroides (Farjon y Styles, 1997; Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014). Esta elevada riqueza se debe principalmente a que el territorio mexicano sirvió como refugio para la flora Neártica durante las grandes glaciaciones; en el caso de los pinos, representó un ambiente benigno en el que se establecieron, dispersaron y diversificaron, convirtiéndose en el centro secundario más importante de evolución y especiación de *Pinus* (Farjon y Styles, 1997; Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

Dentro del género destacan los pinos piñoneros (subsección Cembroides), que se establecieron y formaron grandes extensiones boscosas en el Altiplano Mexicano durante las glaciaciones del Cuaternario (Little, 1987; Farjon y Styles, 1997), pues la modificación de las condiciones climáticas de estas zonas áridas, permitió la expansión de los bosques dominados por las poblaciones de estas especies hacia el centro del país. Posteriormente, el aumento de la temperatura produjo un incremento en las condiciones de aridez, y con ello, el advenimiento de una flora más competitiva, conformada por especies latifolias y xerófitas (Richardson, 1998).

Los bosques de pino piñonero quedaron entonces confinados a las faldas de las serranías, ocupando en general un lugar transitorio entre los bosques templados de las áreas montañosas y los matorrales xerófilos, caracterizándose por su composición florística mixta (Granados *et al.*, 2012). La ruptura del intercambio genético entre las poblaciones de algunas de las especies, modificó su estructura genética y su fenología reproductiva, lo que provocó la formación de nuevas variedades, subespecies e incluso especies (Cuenca *et al.*, 2003).

El intercambio de especies de dos ambientes distintos, confiere a los bosques de pino piñonero una fisonomía única, además de una alta complejidad en cuanto a las

relaciones inter-específicas (Poulos y Berlyn, 2007). Los bosques de pino piñonero más comunes y con mayor extensión territorial en México son dominados por *Pinus cembroides*; por lo que sus semillas (piñón) son las más ampliamente recolectadas y consumidas (Luna-Cavazos *et al.*, 2008). Esta especie posee un elevado potencial adaptativo y de resistencia a condiciones climáticas difíciles, ya que puede desarrollarse tanto en suelos someros como profundos, con valores de pH que van desde 4 hasta 8 (Carrillo, 2009). Todas estas características convierten a las poblaciones de *P. cembroides* en excelentes candidatas para reforestación de las zonas con mayor altitud de las regiones áridas, semiáridas o erosionadas de México (Mohedano-Caballero *et al.*, 1999).

Las poblaciones de pino piñonero con la distribución más al sur en México son las de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, y se localizan cerca de Tehuacán, Puebla, en la localidad de San Luis del Pino. Sin embargo, las poblaciones con mayor densidad de individuos de esta subespecie se encuentran dentro de los límites de la Cuenca Oriental, una cuenca endorreica que abarca el este del estado de Tlaxcala, parte de Puebla y Veracruz (Perry, 1991; Poulos y Berlyn, 2007).

Las distintas especies de plantas que componen una ecosistema determinado, tienen dimensiones (altura, cobertura y/o diámetro) muy variadas y regularmente ocupan sitios bien definidos en respuesta a cambios en los factores microclimáticos, gradientes ambientales o a la perturbación, ya sea natural o provocada por el hombre (Remmert, 1991). Esto le confiere a cada ecosistema una estratificación y heterogeneidad espacial única, dada por la estructura vertical y horizontal de las especies que lo componen (Dajoz, 2002). Las técnicas de análisis multivariado son de suma importancia en los estudios sinecológicos, ya que permiten detectar los factores ambientales responsables del cambio en la composición y estructura de la vegetación (Sánchez-González y López-Mata, 2003); y son especialmente útiles para simplificar y ordenar conjuntos de datos grandes y complejos (Rocha *et al.*, 2006).

Debido a la escasez de recursos forestales en las zonas áridas y semiáridas, los bosques de pino piñonero

han sido afectados durante siglos por las actividades humanas: incendios forestales, sobre-explotación, cambio de uso de suelo, depredación natural y la recolección excesiva de piñones, entre otros (Carrillo, 2009). Por lo que es indispensable generar planes de manejo y conservación de la vegetación endémica de estas zonas. Sin embargo, para cumplir con esta meta se requiere conocer aspectos básicos sobre la composición florística, la estructura y los factores ambientales que están relacionados con la distribución de los bosques de pino piñonero. Con base en la información anterior, los objetivos del presente estudio fueron los que se mencionan a continuación:

OBJETIVOS

(1) Realizar la caracterización estructural de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* que se localizan dentro de la Cuenca Oriental y, (2) definir mediante técnicas de clasificación y ordenación, cuales son los factores ambientales más relacionados con la composición, estructura y distribución de estos bosques.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La Cuenca Oriental incluye parte del territorio de tres estados de la República Mexicana: Puebla, Tlaxcala y Veracruz; se ubica entre los 18°48' y 19°43' latitud norte y los 97° 09' y 98°03' longitud oeste. Ocupa aproximadamente 5250 km² de superficie y mide 70 km en su eje de mayor extensión.

Se trata de una cuenca endorreica ubicada al oriente de la Faja Volcánica Transmexicana, limita al norte con Las Humeras y la Sierra San Antonio, al noroeste con la Sierra de Tlaxco, al suroeste con el volcán la Malinche, al sur limita con la Sierra de Soltepec y al sureste con la Sierra de Citlaltpetl; esta última se inicia al sur en el volcán más alto del país, el Pico de Orizaba (5675 m snm) y culmina al norte con el Cofre de Perote.

El estudio se realizó en cinco localidades con bosque de pino piñonero, dentro de la Cuenca Oriental: Frijol

Colorado (Veracruz), El Progreso, San Sebastián Villanueva y Tepeyahualco (Puebla), y Santa María Las Cuevas (Tlaxcala). Adicionalmente, se analizó la flora de un bosque aislado de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* ubicada fuera de la Cuenca Oriental, en San Luis del Pino, Puebla, dentro de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. En la elección de las localidades de muestreo se excluyeron las que presentaban indicios de perturbación elevada; a continuación se describen las características generales de cada una de las localidades analizadas en el presente estudio (Inifap-Conabio, 1995; García y Conabio, 1998).

Santa María las Cuevas, Tlaxcala (SMC)

El bosque de pino piñonero en esta localidad del municipio de Atlayanca, Tlaxcala, se localiza en las coordenadas geográficas 19°22'39" N y 97°42'54.2" O, en un intervalo de altitud de entre 2470 m y 2620 m; La precipitación promedio anual es de 400 mm y 500 mm y la temperatura oscila entre -3 °C y 40 °C; el clima se considera templado subhúmedo. En esta localidad el bosque se desarrolla principalmente bajo condiciones topográficas abruptas en terrenos ondulados, de ladera andesítica sinuosa, cambisol y regosol; las rocas son volcanoclásticas e ígneas intrusivas básicas.

Tepeyahualco, Puebla (TP)

El paraje denominado Tepeyahualco, se localiza en las coordenadas geográficas 19°30'18.1" N y 97°30'12.1" O, en una altitud de entre 2300 m y 2460 m; el clima se considera templado subhúmedo, además de semiseco templado; el bosque se desarrolla sobre terrenos con suelos andosoles y feozem, con rocas ígneas extrusivas básicas en su mayoría, así como volcanoclásticas.

El Progreso, Puebla (EP)

Es una pequeña localidad ubicada dentro del municipio de Guadalupe Victoria, en el estado de Puebla. El bosque de pino piñonero se encuentra en las coordenadas 19°22'57.84" N y 97°17'17.5" O, a una altitud de entre 2470 m y 2650 m; presenta un clima semiseco templado,

y se desarrolla sobre suelos del tipo andosol y feozem, con rocas ígneas extrusivas y volcanoclásticas.

Frijol Colorado, Veracruz (FC)

La población de pino piñonero en esta localidad se encuentra dentro de la sierra de Zoltepec, en las coordenadas geográficas 19°36'49.9" N y 97°22'57.5" O, en una altitud de 2500 m a 2700 m; el clima es templado subhúmedo; el bosque se desarrolla sobre rocas ígneas extrusivas básicas y suelos feozem y andosol.

San Sebastián Villanueva, Puebla (SSV)

La asociación de pino piñonero más cercana a esta localidad del municipio de Acatzingo, Puebla, se sitúa en las coordenadas 19°03'41.2" N y 97°41'39.8" O, en una altitud de entre 2350 m y 2600 m. El clima es templado subhúmedo; el bosque se desarrolla sobre rocas calizas e ígneas extrusivas básicas, y suelo tipo.

San Luis del Pino, Puebla (SLP)

El bosque de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* de esta localidad, posee la distribución más sureña entre todas las comunidades de pinos piñoneros de Norteamérica; forma parte del municipio de Vicente Guerrero, Puebla, dentro de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Se sitúa en las coordenadas 18°27'6.78" N y 97° 8'13.24" O, a una altitud de 2250 m a 2450 m.

Método

Estudio florístico

Por otra parte, para obtener un inventario florístico representativo de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* de la Cuenca Oriental, se realizó la búsqueda y recolecta detallada de ejemplares de plantas vasculares en cada localidad. El esfuerzo de muestreo (recolecta) fue de aproximadamente 14 horas por localidad; el trabajo se realizó entre los meses de enero y octubre del año 2010. La nomenclatura utilizada para las especies identificadas fue la sugerida en la página web del "International Plant Name Index" (IPNI, 2010).

Análisis estructural

Para la caracterización estructural de la vegetación en cada localidad, partir de un punto seleccionado al azar que sirvió de referencia, se colocaron nueve puntos más (10 en total), separados entre sí por una distancia de cerca de 20 m. En cada punto, el muestreo se realizó de acuerdo con la técnica de punto cuadrante central (Cottam y Curtis, 1956), que mide la distancia entre árboles. En esta técnica, en cada sitio seleccionado se trazan dos líneas perpendiculares entre sí (cuatro cuadrantes), para medir la distancia del punto central a los individuos de las especies arbóreas o arbustivas más cercanas por cuadrante. Solo se contabilizaron los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP a 120 cm de altura) mayor de 10 cm y se registró el nombre de la especie, distancia al punto central, DAP y altura.

A partir de los valores de las variables mencionadas en el párrafo anterior, se estimaron los valores de frecuencia, dominancia y densidad de las especies más representativas en cada localidad, y se calcularon con las siguientes formulas:

$$Frecuencia = \frac{\text{No. de puntos con la especie "a"}}{\text{Total de puntos}} \times 100$$

$$Dominancia = \frac{\text{Área basal media por especie} \times \text{No. de arboles de la especie}}{\text{Área total}}$$

El área basal media es igual al promedio de las áreas basales de todos los individuos de cada especie, al área basal de cada individuo se calculó de la siguiente manera:

La densidad se definió como el número total de individuos de todas las especies en 100 m² y se calculó mediante la siguiente formula (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974):

$$Densidad = \frac{\text{Área}}{\text{Distancia media}^2}$$

En donde la distancia media, es el promedio de las distancias de todos los individuos de las especies registradas, con respecto al punto central. Los valores relativos de frecuencia, densidad y dominancia se combinaron en el valor de importancia relativa (VIR), con base en la fórmula definida por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974):

$$VIR = \frac{\text{Frecuencia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa}}{3}$$

Los VIR fueron utilizados para definir a las especies más representativas de cada localidad. El arreglo vertical y horizontal de cada bosque se representó mediante diagramas de perfil semirrealista de Richards (Richards, 1952), en los que se incluyeron solo a las especies con VIR elevado y con alta densidad poblacional.

Análisis multivariado

La clasificación de la vegetación se realizó con base en atributos binarios (presencia-ausencia) de las especies de cada localidad (Apéndice 1), y fue de tipo politética aglomerativa. Los grupos se definieron utilizando el Índice de Jaccard como medida de distancia y como algoritmo de unión, el promedio entre grupos. El dendrograma obtenido indica la semejanza en la composición florística entre los bosques, definida como el porcentaje de información remanente. El valor de 100% incluye la totalidad de la información disponible, que se reduce paulatinamente conforme los grupos se van fusionando. El análisis se realizó con el programa de cálculo PC-ORD, versión 4 (McCune y Mefford, 1999).

En la ordenación de la vegetación se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), que representa un caso especial de regresión múltiple, donde la composición de las especies se relaciona directamente con las variables ambientales (Sánchez-González y López-Mata, 2003). En principio esta técnica correlaciona tres componentes: las especies (178 en el presente estudio), las localidades (seis) y las variables o factores ambientales (diez). Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa de cálculo CANOCO y la representación gráfica se elaboró

con el programa CANODRAW (Ter Braak y Smilauer, 1998).

Algunas de las variables ambientales, como la altitud, se determinaron directamente en campo; otras como el tipo de suelo, roca y clima se estimaron a partir de la ubicación geográfica de las localidades de muestreo (Inifap-Conabio, 1995; García y Conabio, 1998). En el caso de las variables edáficas: Ca, Fe, K, N, P, pH y Textura, se tomaron muestras de aproximadamente 1kg de suelo en cada localidad con bosque de pino piñonero, para su análisis posterior, en el Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

RESULTADOS

Estructura y composición florística

En las seis localidades con bosques de pino piñonero analizadas, se identificaron en total 178 especies, 101 géneros y 51 familias (Apéndice I), donde las más representativas son Asteraceae y Poaceae. A continuación se describen las características generales de cada una de las localidades:

Santa María las Cuevas, Tlaxcala (SMC)

La composición florística del bosque incluye principalmente especies típicas de zonas áridas y semiáridas: *Agave obscura*, *Juniperus deppeana*, *Nolina parviflora*, *Opuntia streptacantha*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *Yucca periculosa*, así como un gran número de epifitas como *Tillandsia usneoides*, *T. recurvata* y *T. macdougalli* (Fig. 1). La asociación vegetal se definió como Piñón-*Nolina*, con base en las dos especies con mayor VIR (Tabla 1).

En este bosque se identificaron 56 especies, pertenecientes a 36 géneros y 20 familias, de las cuales Asteraceae y Poaceae fueron las más representativas, con 10 y 11 especies, respectivamente (Apéndice 1).

Tepeyahualco, Puebla (TP)

Los elementos dominantes son *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Yucca periculosa*. Además, sobresalen por su frecuencia *Agave gilbeyi*, *A. obs-*

cura, *Mimosa biuncifera*, *O. robusta*, *O. spinulifera* y algunas especies epifitas (Fig. 2). La asociación vegetal representativa es la de Piñón-*Nolina* (Tabla 2), en esta localidad se identificaron 48 especies, 36 géneros y 23 familias.

El Progreso, Puebla (EP)

Las especies dominantes son *Agave gilbeyi*, *Muhlenbergia macroura*, *Nolina parviflora*, *Notholaena aurea*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Quercus microphylla*, así como epifitas del género *Tillandsia* (Fig. 3). En esta localidad se identificaron 46 especies, 37 géneros y 22 familias de plantas vasculares. Los valores estructurales del bosque del paraje El Progreso se muestran en la tabla 3, la asociación vegetal se denominó: Piñón-*Nolina*, considerando a las especies con VIR más elevado.

Frijol Colorado, Veracruz (FC)

En esta localidad se identificaron un total de 56 especies, 46 géneros y 28 familias (apéndice 1). La estructura del bosque está definida principalmente por *Juniperus flaccida*, *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Yucca periculosa*. Además, sobresalen: *Agave obscura*, *Pinus pseudostrobus* y algunas especies de bromelias epifitas (Fig. 4).

En la localidad de Frijol Colorado la composición de las especies dominantes del dosel cambia en forma paulatina conforme a la altitud: en el límite inferior se observó a la asociación Piñón-*Yucca*, en la parte intermedia del gradiente altitudinal a las asociaciones: Piñón-*Nolina* y Piñón-*Juniperus*; y en el límite superior la asociación Piñón-*Pinus pseudostrobus*. El bosque de Piñón-*Juniperus* fue el de más amplia distribución y se caracteriza por poseer pocas especies con VIR alto (Tabla 4).

San Sebastián Villanueva, Puebla (SSV)

Se identificaron 46 especies de plantas vasculares en este bosque de pino piñonero, las cuales pertenecen a 38 géneros y 20 familias (Apéndice 1). Las especies dominantes fueron: *Juniperus deppeana*, *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *P. pseudostrobus*, *Quer-*

cus microphylla, *Quercus crassifolia* y *Agave obscura* (Fig. 5); la asociación vegetal se definió como: Piñón-*Pinus pseudostrobus* con base en el VIR de las especies dominantes (Tabla 5).

San Luis del Pino, Puebla (SLP)

En esta localidad solo se determinó la composición florística, que incluye un total de 55 especies, 43 géneros y 28 familias (Apéndice I).

Análisis multivariado

Clasificación de la vegetación. Los resultados del análisis de agrupamiento de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, se observan en la figura 6; en el dendrograma se distinguen tres grupos al elegir como nivel de corte 50% de la información remanente: el primero está formado por los bosques de pino piñonero de Frijol Colorado, Santa María Las Cuevas y El Progreso. El segundo grupo está definido por Tepeyahualco y San Sebastián Villanueva, Los dos primeros grupos están integrados por bosques que se distribuyen dentro de los límites de la Cuenca Oriental; pero el tercer grupo incluye únicamente al bosque de San Luis del Pino, que posee una composición de especies muy diferente, con respecto a las demás localidades.

Ordenación

Las variables ambientales con mayor correlación positiva con el primer eje de ordenación fueron la concentración de Ca, N, y el pH del suelo; y en sentido negativo solo la concentración de Fe. Por otra parte, las variables con mayor correlación positiva con el segundo eje fueron la concentración de K, P y la altitud (Tabla 6). Las raíces características de los dos primeros ejes de ordenación (Tabla 6) explicaron 58% de la variación en los datos (Fig. 7).

Los índices de complementariedad, estimados a partir de la composición de especies de plantas vasculares de las localidades de muestreo, indican que los bosques de Santa María Las Cuevas y del paraje El Progreso comparten un número elevado de especies entre sí (son poco complementarios). En cambio, el bosque de San Luis del Pino, ubicado en el valle de Tehuacán (Puebla), presentó valores

TABLA 1. Valores estructurales de las especies arbóreas del bosque de Santa María Las Cuevas.

Especie	No. de individuos en 100m ²	Área basal media (cm ²)	Dominancia absoluta (cm ²)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Densidad Relativa (%)	Valor de importancia (VIR)	Rango
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	7.79	461.9	3596.8	56.63	100	43.48	65	55.03	I
<i>Juniperus deppeana</i>	0.6	314.5	188.4	2.97	20	8.7	5	5.55	IV
<i>Yucca periculosa</i>	0.9	516.5	464.07	7.31	30	13.04	7.5	9.28	III
<i>Nolina parviflora</i>	2.4	780.1	1869.1	29.43	70	30.43	20	26.62	II
<i>Opuntia streptacantha</i>	0.3	779.3	233.3	3.67	10	4.35	2.5	3.5	V

Especies arbóreas ordenadas por rango, de acuerdo con el valor de importancia relativa (VIR).

TABLA 2. Valores estructurales del bosque de Tepeyahualco, Puebla.

Especie	No. de individuos en 100m ²	Área basal media (cm ²)	Dominancia absoluta (cm ²)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Densidad Relativa (%)	Valor de importancia (VIR)	Rango
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.79	457.2	3104.2	20.1	100	20.1	50	30.06	II
<i>Nolina parviflora</i>	6.45	1860.8	12002.3	77.7	100	77.7	47.5	67.66	I
<i>Yucca periculosa</i>	0.34	962.1	326.6	2.1	10	2.1	2.5	2.23	III

Especies arbóreas ordenadas por rango, de acuerdo con el valor de importancia relativa (VIR).

TABLA 3. Valores cuantitativos para el bosque de El Progreso, Puebla.

Especie	No. de individuos en 100m ²	Área basal media (cm ²)	Dominancia absoluta (cm ²)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Densidad Relativa (%)	Valor de importancia (VIR)	Rango
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.22	669.3	2825.9	30.5	90	37.5	42.5	36.8	II
<i>Nolina parviflora</i>	4.47	1287.7	5757.5	62.2	100	41.6	45	49.6	I
<i>Juniperus deppeana</i>	0.25	132.7	32.9	0.3	10	4.1	2.5	2.3	V
<i>Yucca periculosa</i>	0.25	2206.1	548	5.9	10	4.1	2.5	4.1	IV
<i>Dasylirium acrotriche</i>	0.25	95	23.6	0.2	10	4.1	2.5	2.3	VI
<i>Quercus microphylla</i>	0.50	127.6	63.4	0.6	20	8.3	5	4.6	III

Especies arbóreas ordenadas por rango, de acuerdo con el valor de importancia relativa (VIR).

FIGURA 1. Perfil semirrealista del bosque de Santa María Las Cuevas: 1. *Agave obscura*; 2. *Muhlenbergia robusta*; 3. *Yucca periculosa*; 4. *Salvia greggii*; 5. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*; 6. *Opuntia streptacantha*; 7. *Nolina parviflora*; 8. *Opuntia* sp.; 9. *Juniperus deppeana*.

FIGURA 2. Perfil semirrealista del bosque de Tepeyahualco: 1. *Agave obscura*; 2. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*; 3. *Muhlenbergia robusta*; 4. *Mimosa biuncifera*; 5. *Opuntia streptacantha*; 6. *Nolina parviflora*; 7. *Agave gilbeyi*; 8. *Yucca periculosa*; 9. *Opuntia* sp.; 10. *Juniperus deppeana*.

FIGURA 3. Perfil semirrealista del bosque de El Progreso: 1. *Agave gilbeyi*; 2. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*; 3. *Notholaena aurea*; 4. *Nolina parviflora*; 5. *Opuntia* sp.; 6. *Eupatorium calaminthifolium*; 7. *Castilleja canescens*; 8. *Quercus crassifolia*; 9. *Agave obscura*; 10. *Yucca periculosa*.

FIGURA 4. Perfil semirrealista del bosque de Frijol Colorado: 1. *Agave obscura*; 2. *Yucca periculosa*; 3. *Opuntia* sp.; 4. *Nolina parviflora*; 5. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*; 6. *Juniperus fláccida*; 7. *Muhlenbergia robusta*; 8. *Pinus pseudostrobus*.

FIGURA 5. Perfil semirrealista del bosque de San Sebastián Villanueva: 1. *Quercus crassifolia*; 2. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*; 3. *Juniperus deppeana*; 4. *Nolina parviflora*; 5. *Agave obscura*; 6. *Pinus pseudostrobus*; 7. *Hechtia rosea*; 8. *Notholaena aurea*; 9. *Muhlenbergia robusta*; 10. *Quercus microphylla*.

TABLA 4. Valores cuantitativos del bosque de Frijol Colorado, Veracruz.

Especie	No. de individuos en 100m ²	Área basal media (cm ²)	Dominancia absoluta (cm ²)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Densidad Relativa (%)	Valor de importancia (VIR)	Rango
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	5.67	332.8	1887.8	39.6	100	45.4	60	48.3	I
<i>Juniperus flaccida</i>	1.89	373.8	706.9	14.8	60	27.2	20	20.7	II
<i>Nolina parviflora</i>	1.18	1027.1	1213.6	25.4	30	13.6	12.5	17.2	III
<i>Yucca periculosa</i>	0.71	1350.8	957.7	20.1	30	13.6	7.5	13.7	IV

Especies arbóreas ordenadas por rango, de acuerdo con el valor de importancia relativa (VIR).

de complementariedad altos, con respecto a las demás localidades analizadas (Tabla 7), lo que significa que posee pocas especies en común con los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental, lo cual se había corroborado previamente a partir de los resultados del análisis de agrupamiento y de la ordenación directa.

DISCUSIÓN

Los pinos piñoneros como grupo, se distribuyen en un intervalo altitudinal amplio, que oscila entre 1200 m y 3600 m (Bailey y Hawksworth, 1987), las tres subespecies de *Pinus cembroides* se presentan entre 1600 m y 2700 m, pero *P. cembroides* subsp. *orizabensis* ocupa el piso altitu-

TABLA 5. Valores cuantitativos para el bosque de San Sebastián Villanueva, Puebla.

Especie	No. de individuos en 100m ²	Área basal media (cm ²)	Dominancia absoluta (cm ²)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Densidad Relativa (%)	Valor de importancia (VIR)	Rango
<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	7.27	335	2436.8	47.6	100	55.5	75	59.4	I
<i>Juniperus deppeana</i>	0.73	585.6	425.9	8.3	20	11.1	7.5	8.9	III
<i>Quercus microphylla</i>	0.24	78.5	19	0.3	10	5.5	2.5	2.8	VI
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.73	2155.3	1567.6	30.6	30	16.6	7.5	18.2	II
<i>Quercus crassifolia</i>	0.48	862.3	418.1	8.1	10	5.5	5	6.2	IV
<i>Nolina parviflora</i>	0.24	1017.8	246.7	4.8	10	5.5	2.5	4.2	V

Especies arbóreas ordenadas por rango, de acuerdo con el valor de importancia relativa (VIR).

TABLA 6. Resultados del análisis de correspondencia canónica.

Eje	1	2	3
Raíces características	0.551	0.507	0.412
Porcentaje de varianza acumulada	30.1	57.7	80.1
Correlación especies - factores ambientales	1	1	1
Correlación:			
Potencial de hidrogeno	0.78	-0.23	0.21
Calcio	0.9	-0.22	-0.05
Nitrógeno	0.84	-0.02	-0.54
Fosforo	-0.55	0.8	-0.07
Hierro	-0.63	0.17	-0.33
Potasio	-0.18	0.53	0.47
Arena	-0.16	-0.19	-0.96
Limo	0.15	0.21	0.96
Arcilla	0.35	-0.21	0.91
Altitud	-0.45	0.85	-0.23

dinal más alto, entre 2300 m y 2700 m (CABI, 2002). Adicionalmente, el citado taxón tiene la particularidad de ser el pino piñonero que habita más hacia al sur (18°27' N) del

TABLA 7. Matriz de complementariedad.

Sitio	FC	SMC	EP	TP	SSV	SLP
FC	55	0.78	0.77	0.82	0.81	0.94
SMC	20	54	0.65	0.81	0.78	0.92
EP	19	26	46	0.85	0.81	0.87
TP	16	16	12	48	0.73	0.96
SSV	16	18	15	20	47	0.89
SLP	6	8	12	4	10	56

El número de especies compartidas se indica en la parte inferior izquierda, la riqueza de especies se indica con letra negrita en la diagonal y el porcentaje de complementariedad se encuentra en la diagonal superior derecha.

continente Americano (Perry, 1991), por lo que las poblaciones de la Cuenca Oriental, junto con la de San Luis del Pino (Puebla), representan el límite sur de la distribución de los pinos piñoneros. Hacia el norte su distribución llega hasta los 42° de latitud, en Idaho, Estados Unidos, lo que constituye una distancia aproximada de 3000 km (Farjon y Styles, 1997; Ríos-Carrasco *et al.*, 2008).

La Cuenca Oriental alberga la mayor densidad de poblaciones de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*. En una reconstrucción del paisaje de la región antes de la conquista, Gerez (1983) afirma que todas las serranías esta-

FIGURA 6. Dendrograma que muestra las relaciones jerárquicas de semejanza florística entre las localidades de muestreo.

El significado de las abreviaturas aparece en la descripción de cada localidad en los párrafos previos en el texto.

FIGURA 7. Análisis de correspondencia canónica de las cinco localidades con bosque de pino piñonero de la Cuenca Oriental.

ban cubiertas por pinares y bosques de *Abies* hasta el límite de las llanuras. En los cerros calizos y malpaís del interior de la cuenca se desarrollaban los bosques de pino piñonero, yuca y nolina; y en las llanuras existían poblaciones aisladas de pinos piñoneros, sabinos (*Juniperus*) y yucas.

Hoy en día, son escasas las localidades donde se desarrollan poblaciones de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, se trata de cerros aislados, separados entre sí por grandes distancias y sin conexión aparente. Se conocen cinco localidades con bosques de pino piñonero en la Cuenca Oriental: Frijol Colorado, El Progreso, Santa María Las Cuevas, San Sebastián Villanueva y Tepayahualco.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, el bosque de *P. cembroides* subsp. *orizabensis* de San Luis del Pino presentó los valores de complementariedad más altos, lo que significa que comparte pocas especies con los bosques ubicados en la Cuenca Oriental. Estas diferencias en la composición de especies pueden estar relacionadas con el conocido fenómeno de decaimiento por la distancia, según el cual las localidades geográficamente más cercanas son en promedio más semejantes entre sí que con las localidades más distantes (Tuomisto *et al.*, 2003). Es probable que el extenso intervalo de tiempo en que este bosque ha permanecido aislado, creciendo bajo condiciones ambientales particulares, esté relacionado con las diferencias en su composición florística, con respecto a los bosques de las otras localidades analizadas.

Los bosques de *P. cembroides* subsp. *orizabensis* poseen como parte de su composición florística elementos característicos de los bosques templados, v.gr. *Pinus pseudostrobus*, *Quercus microphylla* y *Quercus crassifolia*; y de los matorrales de la zona árida poblana-veracruzana: v.gr. *Agave gilbeyi*, *A. obscura*, *Nolina parviflora*, *Opuntia* spp. y *Yucca periculosa* (Granados *et al.*, 2012). Sin embargo, solo *Nolina parviflora* y *P. cembroides* subsp. *orizabensis* fueron constantes en todas las asociaciones vegetales analizadas.

Los resultados de la ordenación sugieren que las diferencias en la composición florística entre los bosques, se

relacionan principalmente con factores edáficos (concentración de Ca, N y P), con el pH y con la altitud. Esta última se considera como una variable ambiental indirecta, estrechamente relacionada con la temperatura y la humedad (Hren *et al.*, 2010). En cuanto a los elementos edáficos, el Ca resalta por su importancia en la composición florística de las asociaciones vegetales analizadas, se ha documentado que la cantidad de este elemento está relacionada positivamente con la riqueza de especies de plantas (Närhi *et al.*, 2011). Adicionalmente, la concentración de Ca está asociada con la de otros componentes edáficos, como el pH; también se ha sugerido que a mayor concentración de Ca, se incrementa la conductividad eléctrica, lo que facilita a las plantas la absorción de agua y otros nutrientes (Närhi *et al.*, 2011).

Con respecto a la textura del suelo, en todas las localidades fue franco arenosa; de acuerdo con Gili *et al.* (2010) este tipo de textura podría estar relacionada con la distribución espacial de los individuos al influir sobre la disponibilidad de nutrientes. En suelos con textura arenosa la disponibilidad de agua es baja por la alta capacidad de filtración, por lo que solo un escaso número de individuos de pocas especies son capaces de sobrevivir en estas condiciones; razón por la cual se suele encontrar una baja densidad de individuos, separados entre sí, como por ejemplo: 10 individuos con forma de vida arbórea por cada 100 m² (presente estudio).

Para poder establecerse y sobrevivir en estas condiciones *P. cembroides* subsp. *orizabensis* presenta una estrecha asociación simbiótica con hongos micorrizógenos; se han encontrado tres géneros asociados a sus raíces: *Clitocybe*, *Inocybe* y *Leucopaxillus* (Mohedano-Caballero *et al.*, 1999). El hallazgo de estos géneros se restringe a un bosque del estado de Puebla, por lo que es probable que la riqueza potencial de hongos micorrizógenos de los bosques de pino piñonero de toda la Cuenca Oriental sea más elevada.

Las poblaciones endémicas de *P. cembroides* subsp. *orizabensis* se desarrollan bajo condiciones precarias, resultado principalmente de las actividades humanas. Los pastizales inducidos y el avance de la flora xerófila (pasti-

zales naturales e izotales), están disminuyendo la cobertura de los bosques dominados por este taxón; aunado a ello, el pastoreo, las plagas y los incendios inducidos están afectando drásticamente su capacidad de regeneración, pues no permiten el reclutamiento natural (Sánchez *et al.*, 2005). De acuerdo con Carrillo (2009), los juveniles de pino de más de 1.2 m de altura, son capaces de resistir los incendios, pero los brinzales y plántulas de menor tamaño no logran sobrevivir después de estos eventos.

La recolección de las semillas (piñones) por los habitantes de localidades aledañas es excesiva, lo que pone en riesgo la continuidad de los bosques de pino piñonero (Carrillo, 2009). Aunado a lo anterior, la comercialización del piñón por parte de los recolectores se hace en forma desordenada, lo que limita la obtención de beneficios. La principal actividad de los ejidatarios es la agricultura de granos básicos y nopal, la cosecha de piñón es solo complementaria porque los pinos piñoneros no presentan fructificación anual (Hernández *et al.*, 2011).

Los piñones son semillas muy apreciadas en repostería y confitería, que alcanzan gran valor en el mercado por la irregularidad con que se presentan los años semilleros (Sánchez *et al.*, 2005), por el costo de almacenar las semillas en temporadas en que no hay producción, por el costo de selección y por el proceso manual de extracción de la semilla. Sin embargo los ejidatarios solo reciben 22.12% del precio que paga el consumidor final, el intermediario es quien obtiene las ganancias más altas (Hernández *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

En general los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* en condiciones “normales” o de escasa a moderada perturbación, alcanzan su madurez sobre suelos de origen volcánico, principalmente de roca ígnea extrusiva básica; de tipo feozem, cambisoles o andosoles; con presencia de materiales sueltos. La textura es franco arenosa (60% arena, 35% limo y 5% arcilla) y el pH neutro o ligeramente básico (pH 7-8). El régimen climático típico en donde se desarrolla esta asociación vegetal varía de templado sub-húmedo a semi-seco templado, y el intervalo de

altitud fluctúa entre 2300 m y 2700 m, lo que representa la altitud máxima de distribución registrada para el complejo de subespecies de *Pinus cembroides* (CABI, 2002).

Las principales asociaciones vegetales identificadas fueron Piñón-*Nolina*, Piñón-*Juniperus* y Piñón-*Pinus pseudostrobus*. Las diferencias en composición florística entre las cinco localidades analizadas se relaciona principalmente con cambios en la concentración de Ca y N.

REFERENCIAS

- Bailey, D. y F. Hawksworth. 1987. Phytogeography and taxonomy of the pinyon pines (Subsect. Cembroides). In: M. Passini, D. Cibrian y T. Eguiluz, eds. II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. p:41-64.
- CABI. 2002. Pines of silvicultural importance. Cab International. Inglaterra. 535 p.
- Carrillo, J. 2009. Estructura y regeneración de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey en Santa María las Cuevas, Tlaxcala. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 64 p.
- Cottam, G. y J. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 32(2):172-229.
- Cuenca, A., A. Escalante y D. Piñero. 2003. Long-distance colonization, isolation by distance and historical demography in a relictual mexican pinyon pine (*Pinus nelsonii* Shaw) as revealed by paternally inherited genetic markers (CPSSRS). *Molecular Ecology* 12(8):2087-2097.
- Dajoz, R. 2002. Tratado de Ecología. Mundi-Prensa. 2a edición. Madrid. España. 600 p.
- Farjon, A. y B. Styles. 1997. *Pinus* (pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden. Bronx, Nueva York. 291 p.
- García, E. y Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- Gerez, P. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuenca de Perote-Libres. In: A. D. Golberg, ed. El cofre de Perote; investigaciones ecológicas en un área conflictiva.

- Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. p:11-16.
- Gernandt, D. y J. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:126-133.
- Gili, A., R. Trucco, S. Niveyro, M. Balzarini, D. Estelrich, A. Quiroga y E. Noellemeyer. 2010. Soil texture and carbon dynamics in savannah vegetation patches of central Argentina. *Soil Science society of America Journal* 74(2):647-657.
- Granados, D., M.A. Hernández y G. López. 2012. Ecología de los desiertos del mundo. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. México. 503 p.
- Hernández, M., J. Islas y V. Guerra. 2011. Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(2):265-279.
- Hren, T., M. Pagani, D. Erwin y M. Brandon. 2010. Biomarker reconstruction of the early eocene aleotopography and paleoclimate of the northern Sierra Nevada. *Geology* 38(1):7-10.
- Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias) - Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. 'Edafología'. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.
- IPNI. 2010. Plant name project. The Royal Botanic Gardens, Kew, The Harvard University Herbaria, and the Australian National Herbarium. <http://www.ipni.org/index.html>.
- Little, E. 1987. Los pinos piñoneros de los Estados Unidos: su pasado y futuro. In: M. Passini, D. Cibrian y T. Eguiluz. II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. p:21-28.
- Luna-Cavazos, M., A. Romero-Manzanares y E. García-Moya. 2008. afinidades de la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:449-458.
- McCune, B. y M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon. 237 p.
- Mohedano-Caballero, L., M. Cetina-Alcalá, G. Vera-Castillo y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Micorrización y poda aérea en la calidad de planta de pino piñonero en invernadero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5(2):141-148.
- Mueller-Dombois, D., y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Willer and Sons. New York. 547 p.
- Närhi, P., M. Middleton, N. Gustavsson, E. Hyvönen, M. Sutinen y R. Sutinen. 2011. Importance of soil calcium for composition of understory vegetation in boreal forests of finnish lapland. *Biogeochemistry* 102:239-249.
- Perry, J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Estados Unidos. 231 p.
- Poulos, H. y G. Berlyn. 2007. Variability in needle morphology and water status of *Pinus cembroides* across an elevational gradient in the Davis mountains of west Texas, USA. *Journal of Torrey Botanical Society* 134(2):281-288.
- Remmert, H. 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems. Springer. Berlin. 21 p.
- Richards, P. 1952. The tropical rain forest an ecological study. Cambridge University Press. Cambridge. 450 p.
- Richardson, D. 1998. Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge. 527 p.
- Ríos-Carrasco, E. de los, R. de Hoogh y J. J. Nívar-Cháidez. 2008. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2):97-104.
- Rocha, R., L. Chávez, R. Ramírez y O. Cházaro. 2006. Comunidades: Métodos de estudio. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México. 256 p.
- Sánchez-González, A. y L. López-Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la sierra nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie botánica* 74(1):47-71.
- Sánchez, V., M. Nieto y L. Mendizábal. 2005. Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey de Altzayanca, Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana* 7(1):15-20.

Ter Braak, F. y P. Smilauer. 1998. Canoco reference manual and user's guide to canoco for windows – software for canonical community ordination (versión 4). Microcomputer Power, Ithaca, Nueva York. 352 p.

Tuomisto, H., K. Ruokolainen y M. Yli-Halla. 2003. Dispersal, environmental, and floristic variation of western amazonian forests. *Science* 299:241-244.

Manuscrito recibido el 10 de octubre de 2013.
Aceptado el 30 de enero de 2015.

Este documento se debe citar como:

Granados V., R.L., D. Granados S. y A. Sánchez-González. 2015. Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques* 21(2):23-43.

APÉNDICE

APÉNDICE I. Composición florística de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* de la Cuenca Oriental. SMC; Santa María Las Cuevas, TP; Tepeyahualco, EP; El Progreso, FC; Frijol colorado, SSV, San Sebastián Villanueva, SLP; San Luis del Pino.

Familia	Especie	SMC	TP	EP	FC	SSV	SLP
Leguminosaeae	<i>Acacia</i> sp. Mill.	1	0	0	0	1	0
Euphorbiaceae	<i>Acalypha brevicaulis</i> Müll.Arg	0	0	0	0	0	1
Rhamnaceae	<i>Adolphia infesta</i> Meisn.	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	0	0	1	0	0
Scrophulariaceae	<i>Agalinis</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Agavaceae	<i>Agave obscura</i> Schiede	1	1	1	1	0	0
Agavaceae	<i>Agave applanata</i> Lem. ex Jacobi	1	1	0	0	1	0
Agavaceae	<i>Agave gilbeyi</i> Haage & Schmid ex Regel	1	0	1	0	0	0
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K.Koch	0	0	0	0	1	1
Viscaceae	<i>Arceuthobium pendens</i> Hawksw. & Wiens	0	1	0	1	0	0
Ericaceae	<i>Arctostaphylos polifolia</i> Kunth	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	0	0	0	1	0	0
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd ex Schldt.	0	1	0	0	0	1
Papaveraceae	<i>Argemone arida</i> Rose	0	0	0	1	0	0
Poaceae	<i>Aristida divaricata</i> J.Jacq.	0	1	0	0	0	0
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i> sp.	0	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Astragalus helleri</i> Fenzl	0	1	1	0	1	0
Fabaceae	<i>Astragalus micranthus</i> Desv.	0	0	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Astragalus mollissimus</i> Torr.	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Bahia pringlei</i> Greenm.	1	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Bahia xylopoda</i> Greenm.	0	0	1	0	0	0
Berberidaceae	<i>Berberis pallida</i> Hartw. Ex Benth.	0	0	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Bidens ferulifolia</i> (Jacq.) Sweet	0	0	0	1	0	0
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i> Torr.	1	1	0	0	0	0
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Bouteloua triaena</i> Scribn.	0	0	0	0	0	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> Schldt.	1	1	1	1	1	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia villosa</i> Standl.	0	0	0	0	0	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia chrysantha</i> Mart	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A.Gray	1	0	1	0	0	1
Cyperaceae	<i>Carex schiedeana</i> Kunze	0	0	0	0	0	1

Familia	Especie	SMC	TP	EP	FC	SSV	SLP
Scrophulariaceae	<i>Castilleja canescens</i> Benth.	0	0	1	0	1	0
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	1	1	0	1	1	0
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuifolia</i> M.Martens & Galeotti	1	0	0	0	0	0
Rhamnaceae	<i>Ceanothus greggii</i> A.Gray	0	0	0	0	0	1
Adiantaceae	<i>Cheilanthes bonariensis</i> Willd	0	1	0	1	0	0
Adiantaceae	<i>Cheilanthes microphylla</i> Sw.	1	0	1	0	0	1
Adiantaceae	<i>Cheilanthes eatonii</i> Baker	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i> A.Gray	0	1	0	0	1	0
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	0	0	0	0	0	1
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	0	0	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Crotalaria</i> sp.	0	0	0	0	1	0
Euphorbiaceae	<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega	0	1	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i> Sessé & Moc.	1	1	0	0	0	0
Rubiaceae	<i>Crusea diversifolia</i> (Kunth) W.R.Anderson	0	0	1	1	0	0
Cupressaceae	<i>Cupressus benthamii</i> Endl.	0	0	0	1	0	0
Leguminosaeae	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl.	0	0	1	1	0	1
Leguminosaeae	<i>Dalea diffusa</i> Moric.	1	0	0	0	0	0
Dracaenaceae	<i>Dasylirion acrotrichum</i> Zucc.	1	1	1	0	1	0
Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> Kuntze	0	0	0	0	0	1
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	0	0	0	0	0	1
Apiaceae	<i>Donnellsmithia</i> sp.	0	0	1	0	0	0
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i> Cham. & Schltdl.	1	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	1	0	0	0	0	0
Crassulaceae	<i>Echeveria coccinea</i> DC.	0	0	0	0	1	1
Crassulaceae	<i>Echeveria mucronata</i> Schltdl.	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Erigeron pubescens</i> Kunth	0	0	1	0	0	0
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> L'Hér. ex Ait.	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Eupatorium petiolare</i> ex DC.	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Eupatorium calaminthifolium</i> Kunth	0	0	1	0	1	0
Asteraceae	<i>Eupatorium calophyllum</i> B.L.Rob	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Eupatorium spinaciifolium</i> A.Gray	0	0	1	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	0	0	0	1	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp.	0	0	0	1	0	0
Leguminosaeae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> Sarg.	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	0	0	0	1	0	0
Rubiaceae	<i>Galium uncinatum</i> DC.	0	0	0	1	0	0
Rubiaceae	<i>Galium aschenbornii</i> S.Schauer	0	0	0	0	1	0

Familia	Especie	SMC	TP	EP	FC	SSV	SLP
Rubiaceae	<i>Galium hypadenium</i> S.Schauer	1	0	0	0	0	0
Garryaceae	<i>Garrya ovata</i> Benth.	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Gnaphalium wrightii</i> A.Gray	0	0	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i> Less.	0	0	1	1	1	1
Asteraceae	<i>Haplopappus venetus</i> S.F.Blake	1	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Hechtia roseana</i> L.B.Sm.	0	1	1	0	1	0
Lamiaceae	<i>Hedeoma costata</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	1
Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i> Lag.	0	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	0	0	0	1	0	0
Convolvulaceae	<i>Ipomea stans</i> Cav.	0	1	0	1	0	0
Convolvulaceae	<i>Ipomoea tyrianthina</i> Lindl.	0	0	0	0	0	1
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	1	1	1	1	0	0
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i> Schltdl.	0	0	0	1	1	0
Krameriaceae	<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	0	0	0	0	0	1
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i> M.Martens & Galeotti	0	0	0	1	1	0
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> Brand	0	0	0	0	1	0
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i> G.Don	1	0	1	1	1	0
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	1	0	0	0	1	1
Cactaceae	<i>Mammillaria</i> sp.	0	0	0	1	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria elegans</i> DC.	0	1	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.	1	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria rhodantha</i> Link & Otto	1	1	0	0	0	0
Loasaceae	<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	0	1	0	0	0	0
Alliaceae	<i>Milla biflora</i> Cav.	0	0	0	0	1	0
Mimosaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	0	0	0	0	0	1
Leguminosae	<i>Mimosa</i> sp.	1	0	0	0	0	0
Leguminosae	<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	0	1	0	0	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia nigra</i> Hitchc.	0	0	1	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia acuminata</i> Vasey	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia capillaris</i> Trin.	1	0	0	1	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia firma</i> Beal	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia implicata</i> Trin.	0	1	0	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i> Hitchc.	1	0	1	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> Trin.	0	1	0	0	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i> (E.Fourn.) Hitchc.	1	1	1	1	1	0
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	0	0	1	0	0	0
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i> Hemsl.	1	1	1	1	1	0

Familia	Especie	SMC	TP	EP	FC	SSV	SLP
Adiantaceae	<i>Notholaena aurea</i> (Poir.) Desv.	1	0	1	1	1	0
Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i> Wendl	0	1	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.	1	0	1	1	0	0
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	0	1	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Opuntia spinulifera</i> Salm-Dyck	1	0	0	0	1	0
Illecebraceae	<i>Paranochyia mexicana</i> Hensl.	0	0	0	1	0	0
Adiantaceae	<i>Pellaea pulchella</i> (M.Martens & Galeotti) Fée	0	0	0	1	0	0
Adiantaceae	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	1	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Perymenium discolor</i> Schrad.	0	0	0	0	0	1
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	1	0	0	1	0	0
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i> D.K. Bailey	1	1	1	1	1	1
Poaceae	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	1	0	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	0	1	0	0	0	0
Leguminosae	<i>Pithecellobium elachistophyllum</i> A.Gray ex S.Watson	0	0	0	0	0	1
Polygalaceae	<i>Polygala barbeyana</i> Chodat	0	0	1	0	0	1
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i> A.Braun	1	0	1	1	0	1
Fagaceae	<i>Quercus castanea</i> Née	0	0	0	0	0	1
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	0	0	1	0	0	0
Fagaceae	<i>Quercus edulis</i> Makino	0	0	0	0	0	1
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i> Née	1	0	1	0	0	1
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	0	1	0	1	1	0
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Fagaceae	<i>Quercus grisea</i> Liebm.	0	1	0	1	0	0
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Liebm. ex DC.	0	0	0	0	1	0
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> Cav.	0	1	0	0	0	0
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	0	0	0	1	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus mollis</i> E.Mey.	0	0	0	0	0	1
Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i> Schltdl.	0	0	0	0	0	1
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i> Lindheim. ex A.Gray	0	0	0	0	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.	0	0	0	1	1	0
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	0	0	0	0	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia greggii</i> A.Gray	1	0	0	0	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia laevis</i> Benth.	0	0	1	0	0	1
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i> Sessé & Moc.	1	0	1	0	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia polystachya</i> Ortega	0	0	0	1	0	0
Lamiaceae	<i>Satureja mexicana</i> Benth	0	0	0	0	0	1
Crassulaceae	<i>Sedum bourgaei</i> Hemsl.	0	0	1	0	0	0

Familia	Especie	SMC	TP	EP	FC	SSV	SLP
Crassulaceae	<i>Sedum moranense</i> Kunth	0	0	1	0	0	1
Selaginellaceae	<i>Selaginella cuspidata</i> Spring	0	0	0	1	0	0
Selaginellaceae	<i>Selaginella</i> sp.	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i> Beauverd	0	0	0	1	1	0
Iridaceae	<i>Sisyrinchium angustifolium</i> Phil.	0	1	0	0	0	0
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	0	1	0	0	1	0
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.	0	0	0	1	0	0
Caryophyllaceae	<i>Stellaria ovata</i> Willd. ex Schldl.	0	0	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Stevia elatior</i> Kunth	0	1	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Stevia jorullensis</i> Kunth	0	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Stevia pilosa</i> Lag.	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	1	0	1	1	0	0
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i> Cav.	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Stevia</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Stevia lucida</i> var. <i>bipontini</i> B.L.Rob.	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Stevia ovata</i> Willd.	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Stipa ichu</i> Kunth	1	1	1	1	0	0
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i> Trin.	1	1	0	0	1	0
Loranthaceae	<i>Struthanthus quercicola</i> Blume	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Tagetes coronopifolia</i> Willd.	0	1	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	1	0	1	1	0	0
Asteraceae	<i>Tagetes stenophylla</i> B.L.Rob.	0	0	0	1	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> Baker	1	1	1	1	1	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i> L.	1	1	1	1	1	1
Bromeliaceae	<i>Tillandsia erubescens</i> H.Wendl.	0	1	0	1	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia macdougallii</i> L.B.Sm.	1	0	0	0	0	0
Commelinaceae	<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	0	0	0	0	0	1
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i> sp.	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Tridax coronopifolia</i> Hemsl.	1	0	0	0	1	0
Verbenaceae	<i>Verbena ciliata</i> Benth.	0	1	0	0	0	0
Verbenaceae	<i>Verbena menthaefolia</i> Benth	0	0	0	0	0	1
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i> Schauert	0	1	0	0	1	0
Rosaceae	<i>Xerospiraea parvifolia</i> (Rydb.) Henrickson	0	0	0	0	0	1
Agavaceae	<i>Yucca periculosa</i> Baker	1	1	1	1	0	0
Asteraceae	<i>Zexmenia lantanifolia</i> Sch.Bip.	0	0	0	0	1	0