

Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico

Caracterización de cuatro bosques de pino piñonero del estado de Zacatecas, México

Ezra J. E. Barrera-Zubiaga¹; Dióodoro Granados-Sánchez¹;
Ro L. Granados-Victorino²; Mario Luna-Cavazos³

Universidad Autónoma Chapingo, ¹División de Ciencias Forestales, ²Preparatoria Agrícola, km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Botánica, km 36.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Corresponding author: didorog@hotmail.com, tel.: +52 (595) 952 1500 ext. 5331

Abstract

Introduction: Communities dominated in the canopy by pinyon pines harbor species richness and have complex physiognomy because they form an ecotone between arid and temperate zones. **Objectives:** To describe the floristic attributes that distinguish four communities dominated by pinyon pines; define units based on floristic composition and structure; and determine the influence of edaphic factors.

Materials and methods: The flora of four communities in the state of Zacatecas was recorded. The arboreal and shrub vegetation was analyzed quantitatively using the point-centered quarter technique. Semi-realistic physiognomic profiles were made for each site. The groups resulting from cluster analysis were ordered with edaphic factors through a canonical correspondence analysis.

Results and discussion: Floristic richness was 244 species; each community contains between 60 and 80 species. Structurally, three physiognomic variants were recorded: forests dominated by *Pinus cembroides* Zucc.; association of *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* Little; and forest dominated by *P. maximartinezii* Rzed. The pH, electrical conductivity and soil texture have a great influence on the structure and plant composition of the communities. The *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* association and its accompanying species develop in nutrient-poor soils, while *P. maximartinezii* forests prefer shallow soils.

Conclusion: The floristic similarity among communities was low. Each community must be managed differently, meeting the particular requirements of the species that develop there.

Keywords: Pine nut; *Pinus cembroides*; *Pinus maximartinezii*; edaphic factors; physiognomic structure.

Resumen

Introducción: Las comunidades dominadas en el dosel por los pinos piñoneros albergan riqueza de especies y presentan fisionomía compleja, debido a que forman un ecotono entre zonas áridas y templadas.

Objetivos: Describir los atributos florísticos que distinguen a cuatro comunidades dominadas por pinos piñoneros; definir unidades con base en la composición florística y estructura; y determinar la influencia de los factores edáficos.

Materiales y métodos: Se registró la flora de cuatro comunidades en el estado de Zacatecas. La vegetación arbórea y arbustiva se analizó cuantitativamente mediante la técnica de cuadrantes centrados en un punto. Se hicieron perfiles fisonómicos semirrealistas para cada localidad. Los grupos resultantes de un análisis de conglomerados se ordenaron con los factores edáficos mediante un análisis de correspondencia canónica.

Resultados y discusión: La riqueza florística fue de 244 especies; cada comunidad contiene entre 60 y 80 especies. Estructuralmente, se registraron tres variantes fisonómicas: bosques dominados por *Pinus cembroides* Zucc.; asociación de *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* Little; y bosque dominado por *P. maximartinezii* Rzed. El pH, la conductividad eléctrica y la textura del suelo influyen en mayor medida sobre la estructura y composición vegetal de las comunidades. La asociación *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* y sus especies acompañantes se desarrollan en suelos más pobres en nutrientes, mientras que los bosques de *P. maximartinezii* prefieren suelos someros.

Conclusión: La semejanza florística entre comunidades fue baja. Cada comunidad debe de ser manejada de forma diferente, atendiendo los requerimientos particulares de las especies que allí se desarrollan.

Palabras clave: Piñón; *Pinus cembroides*; *Pinus maximartinezii*; factores edáficos; estructura fisonómica.

Introduction

Mexico is considered as the secondary center of diversity of pinyon pines; despite this, it contains the highest richness of the Cembroides subsection, since it is home to 12 of the 16 existing taxa, of which 10 are considered endemic (Gernandt & Pérez-de la Rosa, 2014; Sánchez, 2008).

Pinyon pines are the dominant species in the plant communities where they grow, harboring great floristic diversity that is reflected in the variety of plant associations of unique physiognomy. This structural complexity is due to the fact that pinyon pines have wide latitudinal and elevational distribution, occupying different climatic and edaphic regimes, due to the interaction of environmental and ecological factors (Rzedowski, 2006; Sánchez-González, Álvarez-Zúñiga, & López-Mata, 2016). In turn, the communities of which pinyon pines are part are small, isolated forests, characterized as ecotones hosting xerophytic and temperate species (Farjon & Styles, 1997). To understand the complex structure of pinyon pine forests in different regions of the country, floristic and physiognomic characterization and the use of multivariate analysis techniques have been used (Chavoya, Granados, Granados, & Esparza, 2016; Granados, Granados, & Sánchez, 2015; Romero, Luna, & García, 2014). The use of these methods has allowed detecting the environmental variables that determine the floristic composition and structure of pinyon pine forests.

Pinyon pine forests are one of the most productive ecosystems in arid areas. These forests provide multiple environmental services such as soil conservation and production, water retention and carbon sequestration; in addition, they are fundamental in the local economy (Reyes-Carrera, Méndez-González, Nájera-Luna, & Cerano-Paredes, 2013) for the production of fuels, pine nuts, ornamental plants, alcoholic beverages (mezcal, pulque and sotol) and medicinal treatments. However, these ecosystems are the least studied by the forestry sector since they are considered a non-timber resource, so pinyon pine forests are highly vulnerable due to a lack of adequate management (Hernández, Islas, & Guerra, 2011). This highlights the need to generate information for the sustainable use of pinyon pine forests, which requires knowing the environmental factors that influence the composition and structure of the vegetation. The study of these ecosystems serves as the basis for the development of plans for the management and use of forest resources; in addition, it promotes the conservation of pinyon pines, as well as the associated flora and fauna, in order to maintain the goods and services that these forests provide (Granados, Hernández, & López, 2012).

Introducción

México es el centro secundario de diversificación de los pinos piñoneros; a pesar de ello, contiene la riqueza más alta de la subsección Cembroides, ya que alberga 12 de los 16 taxones existentes, de los cuales 10 son considerados endémicos (Gernandt & Pérez-de la Rosa, 2014; Sánchez, 2008).

Los pinos piñoneros son las especies dominantes en las comunidades vegetales donde se desarrollan, las cuales albergan gran diversidad florística que se refleja en la variedad de asociaciones vegetales de fisionomía única. Esta complejidad estructural se debe a que los pinos piñoneros presentan amplia distribución latitudinal y altitudinal, ocupando distintos regímenes climáticos y edáficos, debido a la interacción de los factores ambientales y ecológicos (Rzedowski, 2006; Sánchez-González, Álvarez-Zúñiga, & López-Mata, 2016). A su vez, las comunidades de las que forman parte los pinos piñoneros son bosques aislados de poca extensión, caracterizados como ecotonos que albergan especies xerófitas y templadas (Farjon & Styles, 1997). Para entender la estructura compleja de los bosques de pino piñonero, en diferentes regiones del país se ha recurrido a la caracterización florística y fisionómica y al empleo de técnicas de análisis multivariado (Chavoya, Granados, Granados, & Esparza, 2016; Granados, Granados, & Sánchez, 2015; Romero, Luna, & García, 2014). El uso de estos métodos ha permitido detectar las variables ambientales que determinan la composición florística y la estructura de los piñonares.

Los bosques de pino piñonero son uno de los ecosistemas más productivos en las zonas áridas. Estos bosques proveen múltiples servicios ambientales como la conservación y producción de suelo, la retención de agua y captura de carbono; además, son fundamentales en la economía local (Reyes-Carrera, Méndez-González, Nájera-Luna, & Cerano-Paredes, 2013) para la producción de combustibles, piñones, plantas de ornato, bebidas alcohólicas (mezcal, pulque y sotol) y tratamientos medicinales. No obstante, estos ecosistemas son los menos estudiados por el sector forestal, ya que se consideran un recurso no maderable, por lo que los piñonares son altamente vulnerables debido a la falta de un manejo adecuado (Hernández, Islas, & Guerra, 2011). Esto resalta la necesidad de generar información para el aprovechamiento sustentable de los bosques de pino piñonero, por lo cual se requiere conocer los factores ambientales que influyen en la composición y estructura de la vegetación. El estudio de estos ecosistemas sirve de base para el desarrollo de planes de manejo y aprovechamiento de los recursos forestales; además, promueve la conservación de los pinos piñoneros, así como de la flora y fauna asociada, con el

There are several sites in the state of Zacatecas with pinyon pine populations; however, there is no adequate quantitative record on the floristic richness and ecology of these areas. Therefore, the objective of this study was to describe the floristic attributes that distinguish communities dominated by pinyon pines (characterization), to define units based on their floristic composition and structure (classification) and determine the influence of edaphic factors (ordination).

Materials and methods

Study area

Four pinyon pine forest communities were analyzed in different municipalities of the state of Zacatecas:

San Juan de los Hornillos, municipality of Fresnillo. This community is located between coordinates 23° 36' - 22° 49' N and 102° 29' - 103° 31' W, in the center of the state of Zacatecas. The predominant climates are temperate subhumid with rains in summer (Cw_0) and semi-dry with rains in summer (BS); the average annual precipitation is 457 mm, the average annual temperature is 15 °C, the elevation varies from 2 250 to 2 700 m (Medina & Ruiz, 2004) and the predominant slope is 45°.

Sierra de Órganos, municipality of Sombrerete. The study area is located in Sierra de Órganos National Park in the northwest of the state of Zacatecas. The extreme coordinates are: 23° 44' 58" - 23° 48' 06.39" N and 103° 46' 37" - 103° 48' 57.93" W. The predominant climate is dry ($BS_1 kw$) and in the high parts the climate is Cw_0 (Medina & Ruiz, 2004). The average annual temperature is 15 °C, the average annual precipitation is 522 mm (Enríquez, Koch, & González, 2003) and the elevation ranges between 2 120 and 2 650 m.

Concepción del Oro, municipality of Concepción del Oro. The community is located between coordinates 24° 37' N and 101° 25' W, in northeastern Zacatecas. The predominant climate is dry or steppe, semi-warm (BS or BW). The average annual precipitation is 420 mm, the average annual precipitation is 17 °C (Medina & Ruiz, 2004) and the elevation ranges between 2 600 and 2 900 m.

Cerro de Piñones, municipality of Juchipila. This site belongs to the SierrasyValles Zacatecanos physiographic subprovince of the Sierra Madre Occidental province. The extreme coordinates are 21° 20' - 21° 23' N and 103° 12' - 103° 15' W. The climate is Cw ; the average annual temperature is 16 °C and the average annual precipitation is 684 mm (Medina & Ruiz, 2004). The pinyon pine community develops at an elevation of 1 900 to 2 500 m.

fin de mantener los bienes y servicios que estos bosques propician (Granados, Hernández, & López, 2012).

En el estado de Zacatecas existen varias localidades con poblaciones de pinos piñoneros; sin embargo, no existe un adecuado registro cuantitativo sobre la riqueza florística y ecología de las zonas. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue describir los atributos florísticos que distinguen a las comunidades dominadas por pinos piñoneros (caracterización), para definir unidades con base en su composición florística y estructura (clasificación) y determinar la influencia de los factores edáficos (ordenación).

Materiales y métodos

Área de estudio

Se analizaron cuatro comunidades de bosque de pino piñonero en distintos municipios del estado de Zacatecas:

San Juan de los Hornillos, municipio de Fresnillo. Esta comunidad se encuentra entre las coordenadas 23° 36' - 22° 49' LN y 102° 29' - 103° 31' LO, en el centro del estado de Zacatecas. Los climas predominantes son templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw_0) y semiseco con lluvias en verano (BS); la precipitación media anual es 457 mm, la temperatura media anual es 15 °C, la altitud varía de 2 250 a 2 700 m (Medina & Ruiz, 2004) y la pendiente predominante es de 45°.

Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete. El área de estudio se encuentra en el Parque Nacional Sierra de Órganos en el noroeste del estado de Zacatecas. Las coordenadas extremas son: 23° 44' 58" - 23° 48' 06.39" LN y 103° 46' 37" - 103° 48' 57.93" LO. El clima predominante es seco ($BS_1 kw$) y en las partes altas el clima es Cw_0 (Medina & Ruiz, 2004). La temperatura media anual es 15 °C, la precipitación media anual es 522 mm (Enríquez, Koch, & González, 2003) y la altitud varía entre 2 120 y 2 650 m.

Concepción del Oro, municipio de Concepción del Oro. La comunidad está ubicada entre las coordenadas 24° 37' LN y 101° 25' LO, al noreste de Zacatecas. El clima predominante es seco o estepario, semicálido (BS o BW). La precipitación media anual es 420 mm, la temperatura media anual es 17 °C (Medina & Ruiz, 2004) y la altitud oscila entre 2 600 y 2 900 m.

Cerro de Piñones, municipio de Juchipila. Esta localidad pertenece a la subprovincia fisiográfica Sierras y Valles Zacatecanos de la provincia Sierra Madre Occidental. Las coordenadas extremas son 21° 20' - 21° 23' LN y 103° 12' - 103° 15' LO. El clima es Cw ; la temperatura media anual es 16 °C y la precipitación media anual es

Sampling

Floristic composition

In each of the communities, the species with arboreal, shrub and herbaceous habit were collected by the sweep method, including annuals and perennials. Samples were collected during the dry and wet seasons of 2015 and 2016. Identification was made using taxonomic keys (Gentry, 1982; Rzedowski & Rzedowski, 2005) in the Ecology Laboratory of the Forest Sciences Division of Chapingo Autonomous University. The nomenclature of the species was cited based on the terminology established by Tropicos.org (Missouri Botanical Garden, 2017).

Structural characterization of the vegetation

In each community, six lines of 100 m each were established perpendicular to the slope and located in all physiognomic variants; a sampling point was established every 20 m, completing five per line. Vegetation was characterized using the point-centered quarter method (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974). Sampling sites showed high environmental heterogeneity with difficult-to-access terrain, abrupt topography and steep and pronounced slopes, so the use of sampling plots to estimate density and other structural attributes is not feasible (Kissaa & Sheilb, 2012). The point-centered quarter method is a technique that does not involve the use of a specific area (sampling plots) and considers only the distance between trees, in order to simplify field work without affecting reliability (Zhu & Zhang, 2009). At each point the distance to the nearest species was taken, corresponding to each of the four quarters, considering only species with shrub or arboreal habit with height greater than 1 m; in addition, the diameter at breast height (DBH) and height were recorded. From these data, the relative dominance (RD), density (RDE) and frequency (RF) values of the species were estimated (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974). The relative importance value (RIV) of each species was calculated with the formula $RIV = (RD + RDE + RF) / 3$ (Matteucci & Colma, 1982).

The vertical and horizontal structure of the vegetation in each community was represented by means of semi-realistic profile diagrams (Richards, Walsh, Baillie, & Greig-Smith, 1996), prepared based on the RD, RDE, RF, average height of the species and field observations on the physiognomy of the vegetation at the sites. A profile was made for each community based on the most widespread physiognomic variant.

Edaphic composition

In each community, 10 soil samples were collected in the first 10 cm of depth. These were mixed in a composite

684 mm (Medina & Ruiz, 2004). La comunidad de pino piñonero se desarrolla a una altitud de 1 900 a 2 500 m.

Muestreo

Composición florística

En cada una de las comunidades, las especies con hábito arbóreo, arbustivo y herbáceo se recolectaron por método de barrido, incluyendo anuales y perennes. Las muestras se recolectaron durante la estación seca y húmeda de los años 2015 y 2016. La identificación se hizo mediante claves taxonómicas (Gentry, 1982; Rzedowski & Rzedowski, 2005) en el Laboratorio de Ecología de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. La nomenclatura de las especies se citó con base en lo establecido por Tropicos.org (Missouri Botanical Garden, 2017).

Caracterización estructural de la vegetación

En cada comunidad se establecieron seis líneas de 100 m perpendiculares a la pendiente y ubicadas en todas las variantes fisiológicas; se estableció un punto de muestreo cada 20 m, completando cinco por línea. La vegetación se caracterizó a través del método de cuadrantes centrados en un punto (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974). Las localidades de muestreo presentaron alta heterogeneidad ambiental con terrenos de difícil acceso, topografía abrupta y pendientes elevadas y pronunciadas, por lo que el uso de parcelas de muestreo para estimar la densidad y otros atributos estructurales no es factible (Kissaa & Sheilb, 2012). El método de cuadrantes centrados en un punto es una técnica que no involucra el uso de un área específica (parcelas de muestreo) y considera solo la distancia entre árboles, para así simplificar el trabajo en campo sin afectar la confiabilidad (Zhu & Zhang, 2009). En cada punto se tomó la distancia a la especie más cercana correspondiente a cada uno de los cuatro cuadrantes, considerando solo especies con hábito arbustivo o arbóreo con altura mayor de 1 m; además, se registraron el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura. A partir de estos datos se estimaron los valores relativos de dominancia (DR), densidad (DER) y frecuencia (FR) de las especies (Mueller-Dumbois & Ellenberg, 1974). El valor de importancia relativa (VIR) de cada especie se calculó con la fórmula $VIR = (DR + DER + FR) / 3$ (Matteucci & Colma, 1982).

La estructura vertical y horizontal de la vegetación en cada comunidad se representó por medio de diagramas de perfil semirrealista (Richards, Walsh, Baillie, & Greig-Smith, 1996), elaborados con base en la DR, DER, FR, altura promedio de las especies y observaciones en campo sobre la fisonomía de la vegetación de las localidades. Se realizó un perfil por comunidad con base en la variante fisiológica más extendida.

sample of approximately 1 kg per community. The samples were analyzed and the following parameters were obtained: pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), nitrogen (N), assimilable phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg).

Multivariate statistical analysis

Cluster analysis was used to classify plant communities into categories or groups, based on the floristic composition of each community. The clustering was hierarchical, polythetic and agglomerative, using the average among groups as a method of union, and the Sørensen index as a measure of similarity (Rocha, Chavez, Ramírez, & Cházaro, 2012). To define the groups formed in the cluster analysis, a standard cut level was chosen in which 50 % of the remaining information was considered (McCune & Grace, 2002). The influence of the edaphic factors (pH, EC, OM, N, P, K, Ca and Mg) in the floristic composition of the communities was determined with a canonical correspondence analysis. Both analyses were carried out with the PC-ORD version 6 calculation program (McCune & Mefford, 2011).

Results and discussion

Floristic and structural characterization of vegetation in pinyon pine forests

A total of 243 species of vascular plants were recorded in the four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. The species belong to 58 families and 167 genera (Appendix 1). The best represented families in number of species were Asteraceae (49), Poaceae (24), Fabaceae (19), Asparagaceae (15) and Cactaceae (13). The general characteristics of each community are described below:

San Juan de los Hornillos, municipality of Fresnillo. In this community, 60 species of vascular plants were recorded, corresponding to 47 genera and 22 families. The community had a density of 1 187 tree and shrub individuals per hectare. *Pinus cembroides* Zucc. was the most relevant species since it had a higher density and was more frequent (Table 1). This species is part of the tree stratum, along with *Yucca filifera* Salm-Dyck and *Quercus laeta* Liebm. as companion species; the average height of the canopy was 3 m, with few emergent individuals of no more than 8 m (Figure 1). In the shrub stratum, the most relevant species were *Dasyliirion cedrosanum* Trel. and *Dodonaea viscosa* L. Jaqc. The perimeter region of the pinyon pine forest of San Juan de los Hornillos is used as a tourist recreation and livestock foraging area, so the anthropogenic impact is evident, since there is soil loss, pollution and removal of wild plants, mainly. In areas farther from the edge, trees reach bigger sizes and there are more

Composición edáfica

En cada comunidad, se recolectaron 10 muestras de suelo en los primeros 10 cm de profundidad. Estas se mezclaron en una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg por comunidad. Las muestras se analizaron y se obtuvieron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo asimilable (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Análisis estadístico multivariado

El análisis de agrupamiento se utilizó para clasificar las comunidades vegetales en categorías o grupos, a partir de la composición florística de cada comunidad. La agrupación fue jerárquica, politética y aglomerativa, utilizando el promedio entre grupos como método de unión, y el índice de Sørensen como medida de semejanza (Rocha, Chavez, Ramírez, & Cházaro, 2012). Para definir los grupos formados en el análisis de agrupamiento, se eligió un nivel de corte estándar en el que se consideró 50 % de la información remanente (McCune & Grace, 2002). La influencia de los factores edáficos (pH, CE, MO, N, P, K, Ca y Mg) en la composición florística de las comunidades se determinó con un análisis de correspondencia canónica. Ambos análisis se realizaron con el programa de cálculo PC-ORD versión 6 (McCune & Mefford, 2011).

Resultados y discusión

Caracterización florística y estructural de la vegetación en bosques de pino piñonero

Se registraron 243 especies de plantas vasculares en las cuatro comunidades de pino piñonero del estado de Zacatecas. Las especies pertenecen a 58 familias y 167 géneros (Apéndice 1). Las familias mejor representadas en número de especies fueron Asteraceae (49), Poaceae (24), Fabaceae (19), Asparagaceae (15) y Cactaceae (13). A continuación, se describen las características generales de cada comunidad:

San Juan de los Hornillos, municipio de Fresnillo. En esta comunidad se registraron 60 especies de plantas vasculares, correspondientes a 47 géneros y 22 familias. La comunidad presentó una densidad de 1 187 individuos de árboles y arbustos por hectárea. *Pinus cembroides* Zucc. fue la especie más relevante ya que tuvo mayor densidad y fue más frecuente (Cuadro 1). Esta especie forma parte del estrato arbóreo junto con *Yucca filifera* Salm-Dyck y *Quercus laeta* Liebm. como especies acompañantes; la altura promedio del dosel fue 3 m, con pocos individuos emergentes de no más de 8 m (Figura 1). En el estrato arbustivo, las especies más relevantes fueron *Dasyliirion cedrosanum* Trel. y *Dodonaea*

pinyon pines, due to the fact that human settlements are practically abandoned, owing to insecurity and migration, thus reducing the extraction of resources, including the pine nut.

Sierra de Órganos, municipality of Sombrerete. The arboreal vegetation consists of *Acacia schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm., *Buddleja cordata* Kunth, *Juniperus deppeana* Steud., *Quercus grisea* Liebm., *Y. filifera* and *P. cembroides*, the last being the most important for the community (Table 1). These species, together, form an open canopy 6 m high, while the shrub stratum, consisting of species such as *Ziziphus obtusifolia* (Hook. ex Torr. & Gray) Gray, *Arctostaphylos pungens* Kunth, *Dasyliirion wheeleri* S. Wats. ex Rothr. and *Condalia fasciculata* I. M. Johnst, does not exceed 2 m (Figure 1). This site, being a protected natural area, is in a relatively better state of conservation. It has the greatest floristic richness with 82 species of 70 genera and 30 families, and it has the lowest arboreal and shrub density with 197 individuals·ha⁻¹; in addition, the stems are larger, indicating the forest's advanced age (van der Maarel & Franklin, 2013).

Concepción del Oro, municipality of Concepción del Oro. The flora includes 70 species, 54 genera and 22 families, and the density of species with arboreal and shrub habitat is 535 individuals·ha⁻¹. In the arboreal stratum, the plant community presented an association of *P. cembroides* and *P. cembroides* var. *bicolor* Little, the latter with a higher RIV due to its density and basal area. On average, the arboreal stratum composed of *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey, *Nolina parviflora* Kunth and *Juniperus pinchotii* Sudw is low (5 m, Figure 1); the emergent species is *P. cembroides*, reaching heights of 10 m. On the other hand, the shrub stratum is poor, *D. cedrosanum* being the most frequent species (Table 1). In this area another species of pinyon pine is reported: *Pinus pinceaana* Gordon & Glend. (Villarreal, Mares, Cornejo, & Capo, 2009); however, it was not recorded, so it is necessary to expand the sampling area.

Cerro de Piñones, municipality of Juchipila. In this community, 78 species were identified, divided into 69 genera and 38 families, with a density of 1 170 individuals·ha⁻¹. On the plateaus of the Juchipila mountain ranges, forests are dominated by *Pinus maximartinezii* Rzed. (Table 1), a species in danger of extinction and of restricted distribution. This pinyon pine has populations of 621 individuals·ha⁻¹ and is part of the low arboreal stratum, 4 m on average, in association with *Quercus eduardii* Trel., *Quercus resinosa* Liebm., *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., *J. pinchotii* and *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav.) Hawkins. This area has the highest specific richness in the stratum. On the other hand, the most representative species of the shrub stratum are *A. pungens*, *D. viscosa* and *Jatropha dioica* Sessé (Figure 1). The community is

viscosa L. Jaqc. La región perimetral del bosque de pino piñonero de San Juan de los Hornillos es utilizada como zona de recreación turística y de forrajeo para el ganado, por lo cual el impacto antropogénico es evidente, ya que hay pérdida de suelo, contaminación y extracción de plantas silvestres, principalmente. En las zonas más alejadas del borde, los árboles alcanzan dimensiones superiores y existe mayor presencia de pinos piñoneros, debido a que los asentamientos humanos se encuentran abandonados prácticamente, a causa de la inseguridad y la migración, reduciendo de esta forma la extracción de recursos, incluyendo el piñón.

Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete. La vegetación arbórea se compone de *Acacia schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm., *Buddleja cordata* Kunth, *Juniperus deppeana* Steud., *Quercus grisea* Liebm., *Y. filifera* y *P. cembroides*, siendo esta última la más importante para la comunidad (Cuadro 1). Estas especies, en conjunto, forman un dosel abierto de 6 m de altura, mientras que el estrato arbustivo, conformado por especies como *Ziziphus obtusifolia* (Hook. ex Torr. & Gray) Gray, *Arctostaphylos pungens* Kunth, *Dasyliirion wheeleri* S. Wats. ex Rothr. y *Condalia fasciculata* I. M. Johnst, no sobrepasa los 2 m (Figura 1). Este sitio, por ser área natural protegida, se encuentra relativamente en mejor estado de conservación; posee la mayor riqueza florística con 82 especies de 70 géneros y 30 familias; presenta la menor densidad arbórea y arbustiva con 197 individuos·ha⁻¹; además, los tallos son de mayores dimensiones, lo cual indica la edad avanzada del bosque (van der Maarel & Franklin, 2013).

Concepción del Oro, municipio de Concepción del Oro. La flora incluye 70 especies, 54 géneros y 22 familias, y la densidad de especies con hábito arbóreo y arbustivo es de 535 individuos·ha⁻¹. En el estrato arbóreo, la comunidad vegetal presentó una asociación de *P. cembroides* y *P. cembroides* var. *bicolor* Little; este último con mayor VIR debido a su densidad y área basal. En promedio, el estrato arbóreo compuesto por *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey, *Nolina parviflora* Kunth y *Juniperus pinchotii* Sudw es bajo (5 m, Figura 1); la especie emergente es *P. cembroides*, alcanzando alturas de 10 m. Por otra parte, el estrato arbustivo es pobre, siendo *D. cedrosanum* la especie más frecuente (Cuadro 1). En esta localidad se encuentra reportada otra especie de pino piñonero: *Pinus pinceaana* Gordon & Glend. (Villarreal, Mares, Cornejo, & Capo, 2009); sin embargo, no fue registrada, por lo que es necesario ampliar el área de muestreo.

Cerro de Piñones, municipio de Juchipila. En esta comunidad se identificaron 78 especies, divididas en 69 géneros y 38 familias, con una densidad de 1 170 individuos·ha⁻¹. Sobre las mesetas de las serranías de Juchipila se desarrollan bosques dominados por *Pinus maximartinezii* Rzed. (Cuadro 1), especie en peligro

Table 1. Structural values of shrub and arboreal vegetation in four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Cuadro 1. Valores estructurales de la vegetación arbustiva y arbórea en cuatro comunidades de pinos piñoneros del estado de Zacatecas.

Species / Especies	Height (m) / Altura (m)	Density (individuals·ha ⁻¹) / Densidad (individuos·ha ⁻¹)	RD / DR	RF / FR	RDE / DER	RIV / VIR
San Juan de los Hornillos, Fresnillo						
<i>Pinus cembroides</i>	4.25 ± 3.09	759.68	52.44	46.00	64.00	54.15
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	2.00 ± 0.57	71.22	25.15	12.00	6.00	14.38
<i>Dodonaea viscosa</i>	1.36 ± 0.36	201.79	1.33	20.00	17.00	12.78
<i>Yucca filifera</i>	2.00 ± 0.53	71.22	7.42	12.00	6.00	8.47
<i>Arctostaphylos pungens</i>	5.00 ± 0.00	11.87	11.13	2.00	1.00	4.71
<i>Quercus laeta</i>	3.34 ± 1.13	59.35	2.15	6.00	5.00	4.38
<i>Jatropha dioica</i>	1.10 ± 0.00	11.87	0.37	2.00	1.00	1.12
Sierra de Órganos, Sombretete						
<i>Pinus cembroides</i>	6.79 ± 2.68	119.91	57.51	45.65	60.87	54.68
<i>Juniperus depeana</i>	4.28 ± 1.20	19.27	5.02	13.04	9.78	9.28
<i>Quercus grisea</i>	4.06 ± 0.67	17.13	7.27	8.70	8.70	8.22
<i>Acacia schaffneri</i>	3.67 ± 0.57	6.42	13.83	2.17	3.26	6.42
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	2.15 ± 0.57	8.57	1.81	8.70	4.35	4.95
<i>Yucca filifera</i>	1.92 ± 1.02	6.42	2.62	6.52	3.26	4.14
<i>Dasyllirion wheeleri</i>	0.75 ± 0.35	4.28	3.20	4.35	2.17	3.24
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.90 ± 0.00	2.14	0.51	2.17	1.09	1.26
<i>Condalia fasciculata</i>	1.19 ± 0.00	2.14	0.04	2.17	1.09	1.10
Concepción del Oro, Concepción del Oro						
<i>Pinus cembroides</i> var. <i>bicolor</i>	2.60 ± 1.38	289.27	11.58	39.08	54.07	34.91
<i>Pinus cembroides</i>	11.37 ± 3.17	71.54	34.30	9.20	13.38	18.96
<i>Yucca carnerosana</i>	4.12 ± 1.95	65.32	20.39	18.39	12.22	17.00
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	1.49 ± 0.50	46.66	17.36	13.79	8.72	13.29
<i>Nolina parviflora</i>	1.76 ± 0.61	18.66	14.90	4.60	3.48	7.66
<i>Juniperus pinchotii</i>	3.40 ± 1.99	18.66	0.91	6.90	3.47	3.76
<i>Ceanothus greggii</i>	1.55 ± 0.52	18.66	0.30	5.75	3.49	3.18
<i>Purshia plicata</i>	0.75 ± 0.07	6.22	0.26	2.30	1.16	1.24
Cerro de Piñones, Juchipila						
<i>Pinus maximartinezii</i>	4.23 ± 2.51	621.56	60.83	39.02	53.13	50.99
<i>Dodonaea viscosa</i>	2.28 ± 0.84	237.66	3.58	19.51	20.31	14.47
<i>Arctostaphylos pungens</i>	2.84 ± 0.74	109.69	10.92	14.63	9.38	11.64
<i>Quercus eduardii</i>	4.25 ± 2.47	36.56	14.55	4.88	3.12	7.52
<i>Parkinsonia praecox</i>	3.50 ± 2.12	36.56	5.53	4.88	3.12	4.51
<i>Prosopis laevigata</i>	2.23 ± 0.68	54.84	1.43	7.32	4.69	4.48
<i>Juniperus pinchotii</i>	4.20 ± 1.13	36.56	1.78	4.88	3.12	3.26
<i>Jatropha dioica</i>	1.70 ± 0.00	18.28	0.52	2.44	1.56	1.51
<i>Quercus resinosa</i>	4.17 ± 0.00	18.28	0.86	2.44	1.56	1.62

± Standard deviation of the mean. RD: relative dominance, RF: relative frequency, RDE: relative density and RIV: relative importance value.

± Desviación estándar de la media. DR: dominancia relativa, FR: frecuencia relativa, DER: densidad relativa y VIR: valor de importancia relativa.

under constant disturbance due to cattle ranching and the gathering of pine nuts, despite which it develops in difficult-to-access areas and under the protection of the inhabitants. In the state of Durango, *P. maximartinezii* is also distributed (González, González, Ruacho, & Molina, 2011); however, populations that have a discontinuous distribution may have marked genetic differences, so it

de extinción y de distribución restringida. Este pino piñonero tiene poblaciones de 621 individuos·ha⁻¹ y forma parte del estrato arbóreo bajo, de 4 m en promedio, en asociación con *Quercus eduardii* Trel., *Quercus resinosa* Liebm., *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst., *J. pinchotii* y *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav.) Hawkins. Esta localidad es la de

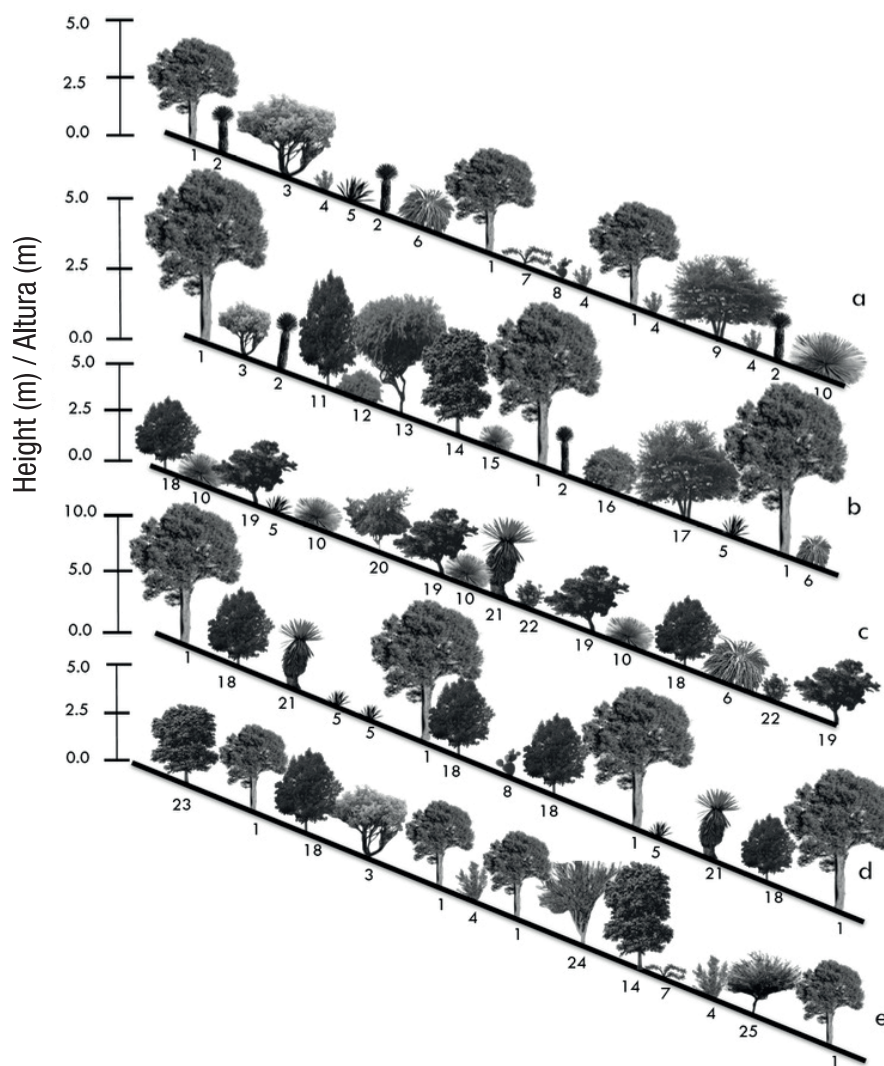


Figure 1. Semi-realistic profile of four pinyon pine sites in the state of Zacatecas: a) San Juan de Hornillos, Fresnillo; b) Sierra de Órganos, Sombrerete; c) Concepción del Oro (dominated by *Pinus cembroides* var. *bicolor*); d) Concepción del Oro (dominated by *Pinus cembroides*); e) Cerro de Piñones, Juchipila. Species: 1. *Pinus cembroides*, 2. *Yucca filifera*, 3. *Arctostaphylos pungens*, 4. *Dodonaea viscosa*, 5. *Agave* spp., 6. *Nolina parviflora*, 7. *Jatropha dioica*, 8. *Opuntia* sp., 9. *Quercus laeta*, 10. *Dasyliirion cedrosanum*, 11. *Juniperus deppena*, 12. *Ziziphus obtusifolia*, 13. *Vachellia schaffneri*, 14. *Quercus eduardii*, 15. *Dasyliirion wheeleri*, 16. *Condalia fasciculata*, 17. *Quercus grisea*, 18. *Juniperus pinchotii*, 19. *P. cembroides* var. *bicolor*, 20. *Celtis pallida*, 21. *Yucca carnerosana*, 22. *Purshia plicata*, 23. *Quercus resinosa*, 24. *Parkinsonia praecox*, 25. *Prosopis laevigata*.

Figura 1. Perfil semirrealista de cuatro localidades de pinos piñoneros en el estado de Zacatecas: a) San Juan de Hornillos, Fresnillo; b) Sierra de Órganos, Sombrerete; c) Concepción del Oro (dominada por *Pinus cembroides* var. *bicolor*); d) Concepción del Oro (dominada por *Pinus cembroides*); e) Cerro de Piñones, Juchipila. Especies: 1. *Pinus cembroides*, 2. *Yucca filifera*, 3. *Arctostaphylos pungens*, 4. *Dodonaea viscosa*, 5. *Agave* spp., 6. *Nolina parviflora*, 7. *Jatropha dioica*, 8. *Opuntia* sp., 9. *Quercus laeta*, 10. *Dasyliirion cedrosanum*, 11. *Juniperus deppena*, 12. *Ziziphus obtusifolia*, 13. *Vachellia schaffneri*, 14. *Quercus eduardii*, 15. *Dasyliirion wheeleri*, 16. *Condalia fasciculata*, 17. *Quercus grisea*, 18. *Juniperus pinchotii*, 19. *P. cembroides* var. *bicolor*, 20. *Celtis pallida*, 21. *Yucca carnerosana*, 22. *Purshia plicata*, 23. *Quercus resinosa*, 24. *Parkinsonia praecox*, 25. *Prosopis laevigata*.

is important and necessary to establish areas for their conservation and increase the survival of juvenile trees (González-Elizondo et al., 2011; Ledig et al., 2001).

Classification and ordination of pinyon pine forests

Structurally, in the pinyon pine forests of the state of Zacatecas, three physiognomic variants can be distinguished: *Pinus cembroides* forests, the *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* association and the forest dominated by *P. maximartinezii*; however, floristically, the cluster analysis showed two well-defined groups at a cut-off level with 50 % remaining information (Figure 2).

According to Figure 2, the forests of *P. cembroides* and *P. cembroides*-*P. cembroides* var. *bicolor* have greater floristic affinity with each other than with the forest dominated by *P. maximartinezii*. This floristic difference may be due to the geographic distance between the sites, since the closest communities could present similar environmental conditions in comparison with the more distant ones; that is, the floristic similarity decreases with the increase in distance (Tuomisto, Ruokolainen, & Yli-Halla, 2003) as has been reported in forests dominated by *P. piniceana* (Villarreal et al., 2009).

Soil composition is a relevant factor for determining structural differences in plant communities (Chavoya et al., 2016; Granados et al., 2015; Sánchez-González & López-Mata, 2003; Sardinero, 2000). The canonical correspondence analysis determined that the predominant edaphic factors in the floristic composition of the pinyon pine forests are pH, EC, K concentration and soil texture, especially the percentage of clay (Table 2; Figure 3).

Table 3 shows the physicochemical properties of the analyzed soils. The forests dominated by *P. cembroides*

mayor riqueza específica en el estrato. Por otro lado, las especies más representativas del estrato arbustivo son *A. pungens*, *D. viscosa* y *Jatropha dioica* Sessé (Figura 1). La comunidad se encuentra bajo constante disturbio por la ganadería y la recolección de piñones, a pesar de que se desarrolla en zonas de difícil acceso y bajo protección de los pobladores. En el estado de Durango también se distribuye *P. maximartinezii* (González, González, Ruacho, & Molina, 2011); no obstante, las poblaciones que tienen una distribución discontinua pueden tener diferencias genéticas marcadas, por lo que resulta importante y necesario establecer áreas para su conservación y aumentar la supervivencia de los árboles juveniles (González-Elizondo et al., 2011; Ledig et al., 2001).

Clasificación y ordenación de los bosques de pino piñonero

Estructuralmente, en los bosques de pino piñonero del estado de Zacatecas, se pueden distinguir tres variantes fisonómicas: los bosques de *Pinus cembroides*, la asociación *P. cembroides* - *P. cembroides* var. *bicolor* y el bosque dominado por *P. maximartinezii*; sin embargo, florísticamente, el análisis de conglomerados mostró dos grupos bien definidos en un nivel de corte con 50 % de información remanente (Figura 2).

De acuerdo con la Figura 2, los bosques de *P. cembroides* y *P. cembroides*-*P. cembroides* var. *bicolor* presentan mayor afinidad florística entre sí que con el bosque dominado por *P. maximartinezii*. Esta diferencia florística puede deberse a la distancia geográfica entre los sitios, ya que las comunidades más cercanas podrían presentar condiciones ambientales semejantes en comparación con las más lejanas; es decir, la semejanza florística disminuye con el aumento de la distancia (Tuomisto, Ruokolainen, & Yli-Halla, 2003) tal y como se ha

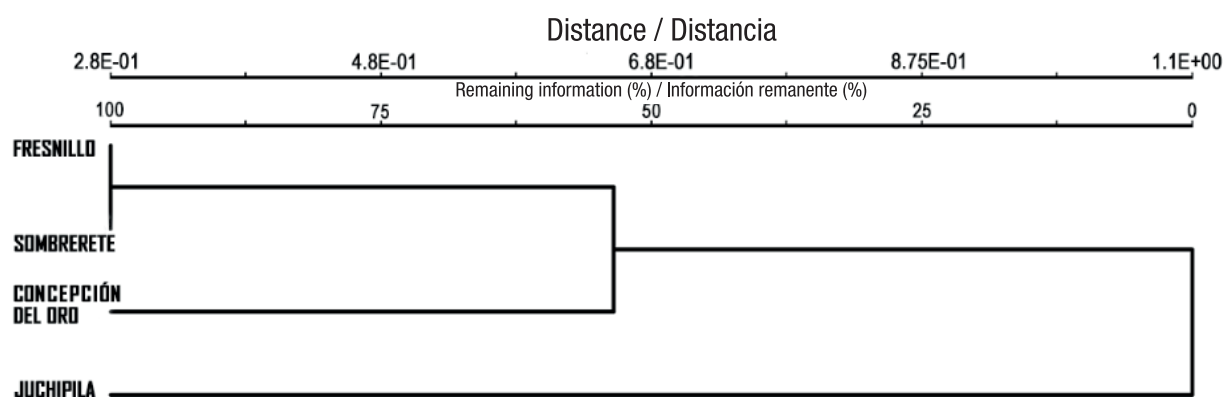


Figure 2. Hierarchical dendrogram showing the floristic similarities among four pinyon pine communities in the state of Zacatecas.

Figura 2. Dendrograma jerárquico que muestra las semejanzas florísticas entre cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas.

(Fresnillo and Sombrerete) develop on soils with slightly acid pH (5), low EC, low concentration of Ca, and rich in K and N. Acid pH values are common in pine forests due to the decomposition process of the organic waste (Granados, López, & Hernández, 2007). On the other hand, communities with codominance of *P. cembroides* var. *bicolor* and *P. cembroides* inhabit sites with neutral pH (7) and higher EC due to the high Ca concentration (Osman, 2013). The plant species found in the Concepción del Oro community have relatively greater resistance to salinity and nutrient-poor soils (Gandullo, 2004). In the case of *P. maximartinezii*, the forest is located in the zone of greatest precipitation and lowest elevation with respect to the other communities in the state of Zacatecas. The soils are slightly acid (5.9) with loam texture, considered the most propitious for plant growth, since it favors infiltration and good drainage; it also has high fertility and adequate water retention due to its proportion of sand, silt and clay (Osman, 2013; Rodríguez-Fuentes & Rodríguez-Absi, 2002).

Environmental factors such as temperature and slope of the land were rejected because the four communities had a certain climatic and orographic affinity, and in other regions of the country, with the same type of vegetation, these variables were not considered

reportado en bosques dominados por *P. pinceana* (Villarreal et al., 2009).

La composición edáfica es un factor relevante para la determinación de las diferencias estructurales en las comunidades vegetales (Chavoya et al., 2016; Granados et al., 2015; Sánchez-González & López-Mata, 2003; Sardinero, 2000). El análisis de correspondencia canónica determinó que los factores edáficos preponderantes en la composición florística de los bosques de pino piñonero son el pH, CE, concentración de K y textura del suelo, especialmente el porcentaje de arcilla (Cuadro 2; Figura 3)

El Cuadro 3 muestra las propiedades fisicoquímicas de los suelos analizados. Los bosques dominados por *P. cembroides* (Fresnillo y Sombrerete) se desarrollan sobre suelos con pH ligeramente ácido (5), con baja CE, baja concentración de Ca, y ricos en K y N. Los valores ácidos de pH son comunes en bosques de pino, debido al proceso de descomposición de los residuos orgánicos (Granados, López, & Hernández, 2007). Por otro lado, las comunidades con codominancia de *P. cembroides* var. *bicolor* y *P. cembroides* habitan en sitios con pH neutro (7) y mayor CE, debido a la alta concentración de Ca (Osman, 2013). Las especies vegetales que se encuentran

Table 2. Correlation between the edaphic variables of the pinyon pine communities in the state of Zacatecas and the ordination axes of the canonical correspondence analysis.

Cuadro 2. Correlación entre las variables edáficas de las comunidades de pinos piñoneros en el estado de Zacatecas y los ejes de ordenación del análisis de correspondencia canónica.

Variable	Axis 1/Eje 1	Axis 2/Eje 2	Axis 3/Eje 3
pH	-0.916	-0.065	-0.088
Electrical conductivity/Conductividad eléctrica	-0.890	-0.088	-0.141
Organic matter/Materia orgánica	-0.361	0.200	0.174
N	0.568	0.482	-0.181
P	-0.321	0.355	-0.542
K	0.840	0.187	0.062
Mg	0.700	-0.187	-0.046
Fe	0.316	-0.316	0.618
Sands/Arenas	-0.236	-0.073	0.318
Silts/Limos	-0.114	0.544	-0.537
Clays/Arcillas	0.746	-0.485	0.035
Total variance/Varianza total			
Eigenvalue/Autovalor	0.880	0.818	0.374
Species – environmental factors correlation/ Correlación especies – factores ambientales	1	1	0.988
Explained variation (%)/Variación explicada (%)	27.9	25.9	11.8
Cumulative variance (%)/Varianza acumulada (%)	27.9	53.8	65.6

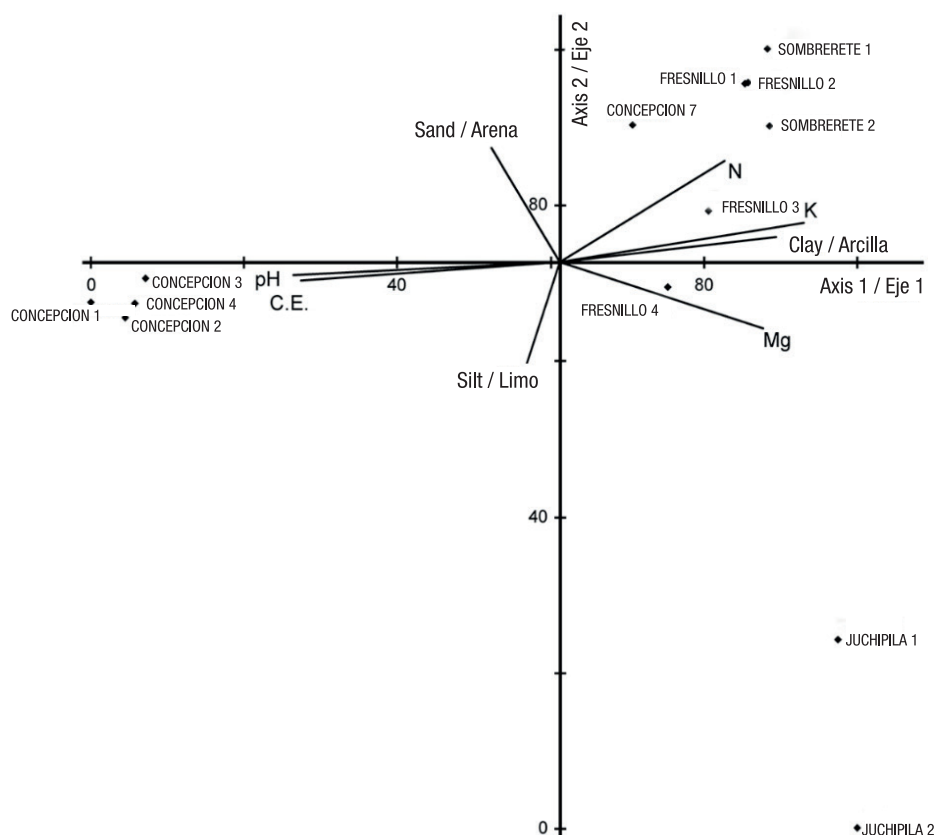


Figure 3. Ordination diagram based on the canonical correspondence analysis of the sampling sites with respect to the soil factors of the pinyon pine communities analyzed in the state of Zacatecas.

Figura 3. Diagrama de ordenación con base en el análisis de correspondencias canónicas de los sitios de muestreo respecto a los factores edáficos de las comunidades de pinos piñoneros analizadas en el estado de Zacatecas.

Table 3. Physicochemical soil properties of the pinyon pine communities in the state of Zacatecas.

Cuadro 3. Propiedades físicoquímicas del suelo de las comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas.

Site/ Sitio	pH	EC/CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	OM/MO (%)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Sand/ Arena	Silt/ Limo	Clay/ Arcilla	Texture/ Textura
Fresnillo	5.305	0.06	9.56	10.22	4.63	448.5	1 969.0	394.7	59.69	75.7	14.8	9.5	Sandy loam/ Franco-Arenoso
Sombrerete	5.810	0.04	2.82	18.75	13.76	391.0	1 492.5	239.0	46.95	71.1	17.6	11.3	Sandy loam/ Franco-Arenoso
Concepción del Oro	7.114	0.13	6.54	9.68	17.40	126.0	4 589.0	173.2	25.36	65.6	26.3	7.9	Sandy loam/ Franco-Arenoso
Juchipila	5.595	0.05	3.42	10.15	2.66	340.0	1 418.5	551.0	47.49	47.2	42.3	10.5	Loam/ Franca

EC: electrical conductivity; OM: organic matter
CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica

relevant to explain the assembly of species (Chavoya et al., 2016; Romero et al., 2014; Romero-Manzanares, Flores-Flores, Luna-Cavazos, & García-Moya, 2016).

Conclusions

The floristic richness of the pinyon pine forests studied in Zacatecas was 244 species, presenting between 60 and 80 species per community; however, the floristic similarity was low among the four communities, with different dominance, frequency and density relationships. This is the result of the multifactorial interaction of environmental and edaphic factors with the species, so each of the communities must be managed differently, meeting the particular requirements of the species that develop there.

End of English version

References / Referencias

- Chavoya, R. M., Granados, S. D., Granados, V. R. L., & Esparza, G. S. (2016). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52–73. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000100052
- Enríquez, E. E. D., Koch, S. D., & González, E. M. S. (2003). Flora y vegetación de la sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 64, 45–89. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/574/57406406/>
- Farjon, A., & Styles, B. (1997). *Pinus (Pinaceae)*. *Flora Neotropica Monograph* 75. Bronx, New York, USA: The New York Botanical Garden.
- Gandullo, R. (2004). Nueva asociación de ambientes salinos. *Multequina*, 13(1), 33–37. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292004000100003
- Gentry, H. S. (1982). *Agaves of Continental North America*. USA: University of Arizona Tucson.
- Gernandt, D. S., & Pérez-de la Rosa, J. A. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 126–133. doi: 10.7550/rmb.32195
- González, E. M., González, E. M. S., Ruacho, G. L., & Molina, O. M. (2011). *Pinus maximartinezii* Rzed. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. *Acta Botánica Mexicana*, 96(1), 33–48. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512011000300005
- Granados, S. D., Hernández, G. M. A., & López, R. G. F. (2012). *Ecología de los desiertos del mundo* (1.ª ed.). Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Granados, S. D., López, R. G. F., & Hernández, G. M. A. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(1),

en la comunidad de Concepción del Oro presentan relativamente mayor resistencia a la salinidad y suelos pobres en nutrientes (Gandullo, 2004). En el caso de *P. maximartinezii*, el bosque se ubica en la zona de mayor precipitación y menor altitud con respecto a las otras comunidades del estado de Zacatecas. Los suelos son ligeramente ácidos (5.9) de textura franca, considerada la más propicia para el crecimiento vegetal, ya que favorece la infiltración y buen drenaje; además tiene alta fertilidad y adecuada retención de agua por su proporción de arena, limo y arcilla (Osman, 2013; Rodríguez-Fuentes & Rodríguez-Absi, 2002).

Los factores ambientales como la temperatura y la pendiente del terreno fueron desestimados, debido a que las cuatro comunidades presentaban cierta afinidad climática y orográfica, además de que en otras regiones del país, con el mismo tipo de vegetación, dichas variables no se consideraron relevantes para explicar el ensamblaje de especies (Chavoya et al., 2016; Romero et al., 2014; Romero-Manzanares, Flores-Flores, Luna-Cavazos, & García-Moya, 2016).

Conclusiones

La riqueza florística de los bosques de pino piñonero estudiados en Zacatecas fue de 244 especies, presentando entre 60 y 80 especies por comunidad; sin embargo, la semejanza florística fue baja entre las cuatro comunidades, con distintas relaciones de dominancia, frecuencia y densidad. Lo anterior es el resultado de la interacción multifactorial de los factores ambientales y edáficos con las especies, por lo que cada una de las comunidades debe ser manejada de forma diferente, atendiendo los requerimientos particulares de las especies que allí se desarrollan.

Fin de la versión en español

- 67–83. Retrieved from <https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=Njkw>
- Granados, V. R. L., Granados, S. D., & Sánchez, G. A. (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), 23–42. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61740807003>
- Hernández, M. M. M., Islas, G. J., & Guerra, de la C. V. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 265–279. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000200007
- Kissaa, D. O., & Sheilb, D. (2012). Visual detection based distance sampling offers efficient density estimation for distinctive low abundance tropical forest tree species

- in complex terrain. *Forest Ecology and Management*, 263, 114–121. doi: 10.1016/j.foreco.2011.09.020
- Ledig, F. T., Capo-Arteaga, M. A., Hodgskiss, P. D., Sbay, H., Flores-López, C., Thompson, C. M., & Bermejo-Velázquez, B. (2001). Genetic diversity and the mating system of a rare mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). *American Journal of Botany*, 88(11), 1977–1987. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21669631>
- Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. USA: Serie de Biología, Organización de los Estados Americanos.
- McCune, B., & Grace, J. (2002). *Analysis of ecological communities*. Glenden Beach, Oregon, USA: MjM software design.
- McCune, B., & Mefford, M. J. (2011). *PC-ORD multivariate analysis of ecological data. Version 6 User's Booklet*. Glenden Beach, Oregon, USA: MjM Software. Retrieved from <https://www.pcord.com/PBooklet.pdf>
- Medina, G. G., & Ruiz, C. J. (2004). *Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Zacatecas período 1961-2003*. México: Intituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/climaZacatecas.pdf>
- Missouri Botanical Garden. (2017). Tropicos.org. Retrieved January, 2018, from <http://www.tropicos.org>
- Mueller-Dumbois, D., & Ellenberg, H. (1974). The count-plot method and plotless sampling techniques. In D. Mueller-Dumbois, & H. Ellenberg (Eds.), *Aims and methods of vegetation ecology* (pp. 93–135). Nueva York, USA: John Wiley & Sons.
- Osman, K. T. (2013). *Forest Soils*. Switzerland: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-02541-4
- Reyes-Carrera, S. A., Méndez-González, J., Nájera-Luna, J. A., & Cerano-Paredes, J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1), 147–155. doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.01.006
- Richards, P. W., Walsh, R. P. D., Baillie, I. C., & Greig-Smith, P. (1996). *The tropical rain forest: An ecological study* (2.ª ed). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rocha, R. A., Chavez, R. F., Ramírez, R. A., & Cházaro, O. S. (2012). *Comunidades: Métodos de estudio* (1.ª ed.). México: UNAM.
- Rodríguez-Fuentes, H., & Rodríguez-Absi, J. (2002). *Métodos de análisis de suelos y plantas*. México: Trillas.
- Romero-Manzanares, A., Flores-Flores, J. L., Luna-Cavazos, M., & García-Moya, E. (2016). Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 57(4), 452–456. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23362592>
- Romero, A., Luna, M., & García, E. (2014). Factores físicos que influyen en las relaciones florísticas de los piñonares (Pinaceae) de San Luis Potosí, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 795–808. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000100032
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1.ª ed.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Rzedowski, G. C., & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del valle de México* (2.ª ed.). México: Instituto de Ecología, A. C. & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez, G. A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107–120. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712008000100008
- Sánchez-González, A., Álvarez-Zúñiga, E., & López-Mata, L. (2016). Diversity and distribution patterns of ferns and lycophytes in a cloud forest in Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22(3), 235–253. doi: 10.5154/r.rchscfa.2015.09.042
- Sánchez-Gonzalez, A., & López-Mata, L. (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 Serie Botánica*, 74(1), 47–71. Retrieved from <http://www.ejournal.unam.mx/bot/074-01/BOT74105.pdf>
- Sardinero, S. (2000). Classification and ordination of plant communities along an altitudinal gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA. *Plant Ecology*, 148(1), 81–103. doi: 10.1023/A:100985373094
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K., & Yli-Halla, M. (2003). Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science*, 299(5604), 241–244. doi: 10.1126/science.1078037
- van der Maarel, E., & Franklin, J. (2013). *Vegetation ecology*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi: 10.1002/9781118452592
- Villarreal, Q. J. A., Mares, A. O., Cornejo, O. E., & Capo, A. M. A. (2009). Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. *Acta Botánica Mexicana*, 89, 87–124. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n89/n89a7.pdf>
- Zhu, X., & Zhang, J. (2009). Quartered neighbor method: a new distance method for density estimation. *Frontiers of Biology in China*, 4, 574–578. doi: 10.1007/s11515-009-0039-0

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana.

Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana.

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombbrero	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Amaranthaceae	<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.		x			H
Amaranthaceae	<i>Gomphrena serrata</i> L.		x			H
Amaryllidaceae	<i>Sprekelia formosissima</i> (L.) Herb.				x	H
Anacampserotaceae	<i>Grahamia frutescens</i> (A. Gray) G. D. Rowley	x				H
Anacardiaceae	<i>Rhus trilobata</i> Nutt.		x			S
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray		x			S
Apiaceae	<i>Cymopterus lemmonii</i> (J. M. Coult. & Rose) Dorn				x	H
Apocynaceae	<i>Funastrum pannosum</i> Schltr.				x	H
Apocynaceae	<i>Mandevilla hypoleuca</i> (Benth.) Pichon				x	H
Apocynaceae	<i>Mandevilla apocynifolia</i> (A. Gray) Woodson				x	H
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.				x	S
Asclepiadiaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.			x		H
Asparagaceae	<i>Nolina parviflora</i> (Kunth) Hemsl.	x				T
Asparagaceae	<i>Agave appplanata</i> Koch			x		S
Asparagaceae	<i>Agave bulliana</i> (Baker) Thiede & Eggl				x	S
Asparagaceae	<i>Agave filifera</i> Salm-Dyck	x				S
Asparagaceae	<i>Agave guadalajarana</i> Trel.				x	S
Asparagaceae	<i>Agave mapisaga</i> Trel.				x	S
Asparagaceae	<i>Agave maximiliana</i> Baker.	x				S
Asparagaceae	<i>Agave parryi</i> Engelm.		x			S
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i> subsp. <i>crassispina</i> (Trel. ex L. H. Bailey) Gentry	x		x		S
Asparagaceae	<i>Agave schidigera</i> Lem.	x			x	S
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i> Torr.			x		S
Asparagaceae	<i>Dasylirotion cedrosanum</i> Trel.	x		x		T
Asparagaceae	<i>Dasylirotion wheeleri</i> S. Watson ex Rothr.		x			T
Asparagaceae	<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey			x		T
Asparagaceae	<i>Yucca decipiens</i> Trel.		x			T

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	x	x			H
Aspleniaceae	<i>Asplenium hallbergii</i> Mickel & Beitel.				x	H
Asteraceae	<i>Ageratina calaminiifolia</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.		x	x		H
Asteraceae	<i>Ageratina calophylla</i> (Greene) Molinari & Mayta.			x		H
Asteraceae	<i>Ageratina spinosarum</i> (A. Gray) R. M. King & H. Rob.	x				H
Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.		x			H
Asteraceae	<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	x				H
Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i> DC.		x			H
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	x				H
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray	x		x		H
Asteraceae	<i>Alloispermum palmeri</i> (S. Watson ex A. Gray) C. F. Fernandez & Urbatsch.				x	H
Asteraceae	<i>Chaetopappa ericoides</i> (Torr.) G. L. Nesom			x		H
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray.			x		H
Asteraceae	<i>Chrysanthellum indicum</i> DC.			x		H
Asteraceae	<i>Chrysopsis villosa</i> (Pursh) Nutt. ex DC.			x		H
Asteraceae	<i>Cosmos parviflorus</i> (Jacq.) Pers.		x			H
Asteraceae	<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.		x			H
Asteraceae	<i>Erigeron subcaulis</i> (McVaugh) G. L. Nesom				x	H
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	x				H
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.		x	x		H
Asteraceae	<i>Haplopappus</i> sp.			x		H
Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.		x			H
Asteraceae	<i>Montanoa</i> sp. HBK	x				H
Asteraceae	<i>Montanoa leucantha</i> (Lag.) S. F. Blake.		x			H
Asteraceae	<i>Pectis prostrata</i> Cav.		x			H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Asteraceae	<i>Perymenium mendezii</i> DC.		x		x	H
Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	x				H
Asteraceae	<i>Porophyllum macrocephalum</i> DC.				x	H
Asteraceae	<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.		x			H
Asteraceae	<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.		x			H
Asteraceae	<i>Simclairia angustissima</i> (A. Gray) B. L. Turner				x	H
Asteraceae	<i>Solidago paniculata</i> DC.			x		H
Asteraceae	<i>Stevia micrantha</i> Lag.		x			H
Asteraceae	<i>Stevia ovata</i> var. <i>ovata</i>	x				H
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i> Cav.		x	x		H
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i> Cav	x				H
Asteraceae	<i>Stevia trifida</i> Lag.	x				H
Asteraceae	<i>Steviopsis vigintisetata</i> (DC.) R. M. King & H. Rob.				x	H
Asteraceae	<i>Stylotrichium corymbosum</i> (DC.) Mattf.	x				H
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	x	x			H
Asteraceae	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.		x			H
Asteraceae	<i>Tagetes tenuifolia</i> Cav.	x				H
Asteraceae	<i>Thelesperma longipes</i> A. Gray			x		H
Asteraceae	<i>Tridax balbisoides</i> (Kunth) A. Gray		x			H
Asteraceae	<i>Trixis angustifolia</i> DC.	x				H
Asteraceae	<i>Verbesina longipes</i> Hemsl.	x				H
Asteraceae	<i>Verbesina parviflora</i> (Kunth) S. F. Blake,				x	H
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	x				H
Asteraceae	<i>Zinnia angustifolia</i> Kunth	x				H
Asteraceae	<i>Zinnia grandiflora</i> Nutt.			x		S
Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	x				H
Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	x				H
Bromeliaceae	<i>Pitcairnia karwinskyana</i> Schult. & Schult. f.				x	H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	x	x	x	x	Ep
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.				x	T
Cactaceae	<i>Coryphantha delata</i> A. Berger			x		S
Cactaceae	<i>Mammillaria bocasana</i> Proselg.	x		x		S
Cactaceae	<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose	x	x			S
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.			x		S
Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i> J. C. Wendl.	x	x			S
Cactaceae	<i>Stenocactus dichroacanthus</i> subsp. <i>violaciflorus</i> (Quehl) U. Guzmán & Vazq.-Ben.	x				S
Cactaceae	<i>Stenocerus queretanoensis</i> (F. A. C. Weber) Buxb.				x	S
Cactaceae	<i>Thelocactus tulensis</i> (Poselg.) Britton & Rose			x		S
Cactaceae	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto			x		S
Cactaceae	<i>Ferocactus latispinus</i> (Haw.) Britton & Rose			x		S
Cactaceae	<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.	x	x			S
Cactaceae	<i>Echinocereus pulchellus</i> (Mart.) K. Schum.	x	x			S
Cactaceae	<i>Stenocactus multicosatus</i> (Hildm.) A. Berger ex A. W. Hill.	x	x			S
Cactaceae	<i>Opuntia guilanchi</i> Griffiths	x	x			S
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	x				H
Celastraceae	<i>Wimmeria persicifolia</i> Radlk.				x	H
Cistaceae	<i>Crocanthemum glomeratum</i> (Lag.) Janchen		x			H
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.				x	H
Commelinaceae	<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder,				x	H
Commelinaceae	<i>Tradescantia brachyphylla</i> Greenm.			x		H
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i> Willd.			x		H
Commelinaceae	<i>Commelina scabra</i> Benth.			x		H
Convolvulaceae	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		x			H
Convolvulaceae	<i>Ipomoea elongata</i> Choisy				x	H
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth				x	H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Convolvulaceae	<i>Operculina pteripes</i> (G. Don) O'Donnell				x	H
Cruciferae	<i>Lepidium montanum</i> Nutt.			x		H
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.		x			T
Cupressaceae	<i>Juniperus pinchotii</i> Sudw.			x	x	T
Cyperaceae	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth		x		x	H
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	x	x		x	T
Euphorbiaceae	<i>Acalypha neomexicana</i> Müll. Arg.		x			H
Euphorbiaceae	<i>Acalypha ocyroides</i> Kunth				x	H
Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i> Cav.		x			H
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia eriantha</i> Benth.				x	H
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia furcillata</i> Kunth			x		H
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.		x			H
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm.) Tidestr.	x				H
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i> Sessé	x		x	x	H
Fabaceae	<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.		x			H
Fabaceae	<i>Cologania angustifolia</i> Kunth		x		x	H
Fabaceae	<i>Crotalaria longirostrata</i> Hook. & Arn.				x	H
Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega				x	H
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	x				S
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> var. <i>bicolor</i>	x				S
Fabaceae	<i>Dalea humilis</i> G. Don		x			H
Fabaceae	<i>Desmodium neomexicanum</i> A. Gray		x			H
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.		x			S
Fabaceae	<i>Albizia occidentalis</i> Brandegee				x	T
Fabaceae	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J. F. Macbr.				x	T
Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	x	x		x	T
Fabaceae	<i>Nissolia fruticosa</i> Jacq.				x	Li

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.				x	T
Fabaceae	<i>Tephrosia saxicola</i> C. E. Wood				x	H
Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J. Herm.	x	x			T
Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby				x	H
Fabaceae	<i>Lupinus splendens</i> Rose				x	H
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins				x	T
Fabaceae	<i>Mimosa dysocarpa</i> Benth.	x	x			S
Fagaceae	<i>Quercus eduardi</i> Trel.		x		x	T
Fagaceae	<i>Quercus grisea</i> Liebm.		x			T
Fagaceae	<i>Quercus intricata</i> Trel.			x		T
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i> Liebm.	x	x			T
Fagaceae	<i>Quercus potosina</i> Trel.		x			T
Fagaceae	<i>Quercus resinosa</i> Liebm.				x	T
Garryaceae	<i>Garrya wrightii</i> Torr.		x			S
Iridaceae	<i>Nemastylis tenuis</i> (Herb.) S. Watson		x		x	H
Iridaceae	<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		x			H
Lamiaceae	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J. F. B. Pastore				x	H
Lamiaceae	<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit.				x	H
Lamiaceae	<i>Poliomintha bicolor</i> S. Watson			x		S
Lamiaceae	<i>Poliomintha glabrescens</i> A. Gray ex Hemsl.			x		S
Lamiaceae	<i>Salvia axillaris</i> Moc. & Sessé		x			H
Lamiaceae	<i>Salvia lycioides</i> A. Gray		x			H
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	x				S
Lamiaceae	<i>Salvia rhyacophila</i> (Fernald) Epling				x	H
Lamiaceae	<i>Salvia titifolia</i> Vahl	x				H
Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.			x		H
Lythraceae	<i>Cuphea paucipetala</i> S. A. Graham				x	H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)

Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Malpighiaceae	<i>Gaudichaudia hirtella</i> (Rich.) S. L. Jessup		x			H
Malpighiaceae	<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.				x	S
Malvaceae	<i>Anoda crenatiflora</i> Ortega				x	H
Malvaceae	<i>Sida abutilifolia</i> Mill.				x	H
Malvaceae	<i>Sida linearis</i> Cav.		x			H
Montiaceae	<i>Phemeranthus humilis</i> (Greene) Kiger				x	H
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i> L.				x	H
Oleaceae	<i>Fraxinus pringlei</i> Lingelsh.	x				T
Oleaceae	<i>Forestiera durangensis</i> Standl.		x			T
Orchidaceae	<i>Bletia punctata</i> La Llave & Lex.				x	H
Orchidaceae	<i>Stenorrhynchos michuacantum</i> (La Llave & Lex.) Lindl.				x	H
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	x				H
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	x	x	x		T
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> var. <i>bicolor</i> Little			x		T
Pinaceae	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzed.				x	T
Piperaceae	<i>Peperomia bracteata</i> A. W. Hill		x			H
Plantaginaceae	<i>Plantago linearis</i> Kunth		x			H
Plantaginaceae	<i>Russelia polyedra</i> Zucc.				x	H
Plantaginaceae	<i>Hebe salicifolia</i> (G. Forst.) Pennell	x				H
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.		x			H
Poaceae	<i>Aristida glauca</i> (Ness) Walp.			x		H
Poaceae	<i>Aristida havardii</i> Vasey			x		H
Poaceae	<i>Aristida scribneriana</i> Hitchc.				x	H
Poaceae	<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter		x			H
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.		x	x		H
Poaceae	<i>Chondrosium gracile</i> Kunth		x	x		H
Poaceae	<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. ex A. Rich.		x			H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species / Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit / Hábito
Poaceae	<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	x	x			H
Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i> Kunth		x			H
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	x	x	x		H
Poaceae	<i>Microchloa kunthii</i> Desv.		x			H
Poaceae	<i>Muhlenbergia dubia</i> E. Fourn.			x		H
Poaceae	<i>Muhlenbergia gigantea</i> (E. Fourn.) Hitchc.				x	H
Poaceae	<i>Muhlenbergia implicata</i> (Kunth) Trin.			x		H
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.			x		H
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> (Kunth) Trin.			x	x	H
Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth		x			H
Poaceae	<i>Nassella leucotricha</i> (Trin. & Rupr.) R.W. Pohl			x		H
Poaceae	<i>Nassella mexicana</i> (Hitchc.) R.W. Pohl			x		H
Poaceae	<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth			x		H
Poaceae	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.			x		H
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelén	x				H
Poaceae	<i>Tridens muticus</i> (Torr.) Nash			x		H
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.			x		H
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka			x		H
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don		x			H
Polemoniaceae	<i>Giliastrum stewartii</i> (I. M. Johnston) J. M. Porter			x		H
Pteridaceae	<i>Argyrochosma incana</i> (C. Presl) Windham			x		H
Pteridaceae	<i>Myriopteris allosuroides</i> (Mett.) Gruss & Windham				x	H
Pteridaceae	<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) Sm.				x	H
Pteridaceae	<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.				x	H
Pteridaceae	<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D. M. Benham & Windham			x		H
Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham			x		H
Pteridaceae	<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A. R. Sm.			x		H

Appendix 1. Floristic composition of four pinyon pine communities in the state of Zacatecas. Those specimens that had a main stem with the first branch after 1 m in height were considered as a tree. Habit: H = herbaceous, S = shrub, T = tree, Ep = Epiphyte, Li = Liana. (cont.)
Apéndice 1. Composición florística de cuatro comunidades de pino piñonero en el estado de Zacatecas. Se consideró como árbol aquellos especímenes que presentaron un fuste principal con la primera ramificación después de 1 m de altura. Hábito: H = herbáceo, Ar = arbusto, A = árbol, Ep = epífita, Li = liana. (cont.)

Family/Familia	Species/Especie	Fresnillo	Sombrerete	Concepción del Oro	Juchipila	Habit/Hábito
Pteridaceae	<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link			x		H
Rhamnaceae	<i>Ceanothus greggii</i> A. Gray			x		S
Rhamnaceae	<i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & Gray) A. Gray		x			S
Rhamnaceae	<i>Condalia fasciculata</i> I. M. Johnston		x			S
Rosaceae	<i>Fallugia paradoxa</i> (D. Don) Endl. ex Torr.	x				S
Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i> (Kunth) Decne.		x			S
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	x				T
Rosaceae	<i>Purshia mexicana</i> (D. Don) S. L. Welsh		x			S
Rosaceae	<i>Purshia plicata</i> (D. Don) Henrickson			x		S
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schtdl.	x		x		S
Rubiaceae	<i>Bouvardia chrysantha</i> Mart.				x	S
Rubiaceae	<i>Crusea diversifolia</i> (Kunth) W. R. Anderson		x			H
Rubiaceae	<i>Machaonia</i> sp.			x		H
Rutaceae	<i>Ptelea trifoliata</i> L.				x	S
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	x			x	S
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	x				T
Scrophulariaceae	<i>Buddleja scordioides</i> Kunth		x			H
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.			x		H
Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring				x	H
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i> L.				x	H
Solanaceae	<i>Solanum jamaicense</i> Mill.				x	H
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i> Dunal				x	H
Verbenaceae	<i>Githarexylum rosei</i> Greenm.		x			S
Verbenaceae	<i>Lippia dulcis</i> Trevir.				x	H
Verbenaceae	<i>Verbena mentifolia</i> Benth.			x		H
Violaceae	<i>Viola</i> sp.	x				H
Vitaceae	<i>Vitis bloodworthiana</i> Comeaux.				x	S
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia rosei</i> Rydb.				x	H