



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN CIENCIAS FORESTALES  
POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

### CARACTERIZACIÓN DE BOSQUES PIÑONEROS DEL ESTADO DE QUERÉTARO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

MARCELA ROSAS CHAVOYA

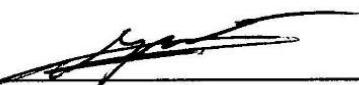
Chapingo, Estado de México, febrero de 2015.



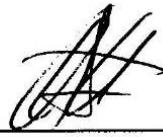
Tesis realizada por **Marcela Rosas Chavoya** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

DIRECTOR:

  
**DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ**

ASESOR:

  
**M.C. ALEJANDRO CORONA AMBRIZ**

ASESOR:

  
**DR. FRANCISCO ALBERTO DOMÍNGUEZ ÁLVAREZ**

## **DEDICATORIAS**

A mi familia por su apoyo para lograr este objetivo. A mis padres por ser ejemplo a seguir. A mi padre por ayudarme a cumplir mis metas como persona y estudiante. A mi madre por sus consejos y apoyo incondicional. A mi hermana por ser compañía en cada instante de mi vida. A mis abuelas por todo el cuidado y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por los apoyos brindados en la realización de esta investigación

Al Dr. Diódoro Granados Sánchez, por los conocimientos que compartió conmigo y la acertada dirección en la elaboración del presente trabajo.

A al M. C. Alejandro Corona Ambriz y al Dr. Francisco Alberto Domínguez Álvarez, por las aportaciones a este trabajo y sus invaluables observaciones.

A el Biol. Ro Linx Granados Victorino, por su valioso apoyo y colaboración en la elaboración de la tesis.

A el M. C. Salvador Esparza Govea, por el apoyo en la obtención y elaboración de mapas.

A mis compañeros Jaqueline, Edwin, Andrey, Luis y Daniel, por su ayuda desinteresada en trabajo de campo.

.A la Dr. Gloria Calyecac y al Dr. Javier Ruiz por su apoyo y sus valiosos consejos.

A todas las personas que me apoyaron, alentaron y acompañaron en esta etapa de mi vida.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

Marcela Rosas Chavoya, estudió Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana en la generación 2007 – 2011, posteriormente cursó la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en el Departamento de Ciencias Forestales (DICIFO) de la Universidad Autónoma Chapingo.

# CARACTERIZACIÓN DE BOSQUES PIÑONEROS DEL ESTADO DE QUERÉTARO

## CHARACTERIZATION OF PINYON FORESTS OF QUERÉTARO

Marcela Rosas Chavoya<sup>1</sup> y Diódoro Granados Sánchez<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se realizó un análisis de la composición y estructura de los bosques piñoneros del estado de Querétaro. Se muestrearon 14 sitios mediante el método de punto central con 12 repeticiones por sitio y se tomaron datos de altura, diámetro a altura de pecho (DAP), distancia al punto central, datos edáficos, ambientales y una colecta de flora asociada a cada uno de los sitios, en donde se registraron 80 especies. Se observó la distribución de poblaciones de pinos piñoneros en la transición de matorral xerófilo a bosque templado. La especie dominante es *Pinus cembroides* en el 78% de los sitios, seguida de *Juniperus flaccida*. El sitio con mayor riqueza de especies es "Pinal de Amoles" con seis especies en el estrato arbóreo. Se registraron poblaciones de *Pinus cembroides* en asociación con *Pinus cembroides* var. *bicolor*, además de comunidades de *Pinus cembroides* en asociación con *Pinus pinceana*. En cuanto a la composición florística la familia mejor representada resultó ser Cactaceae seguida por Asteraceae. Mediante un análisis de agrupamiento se formaron cuatro conglomerados de los sitios, de acuerdo a la flora asociada. Finalmente, se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), en el que se pueden distinguir altitud y pendiente como características determinantes en la composición de estas comunidades.

Palabras clave: diversidad biológica, flora asociada, estructura, comunidad vegetal, Análisis Canónico de Correspondencia.

### ABSTRACT

An analysis of the composition and structure of pinyon forests of Querétaro was conducted. Fourteen sites were sampled by the method of center point, with 12 repetitions per site. Data of height, diameter at breast height (DBH), distance from the central point, soil and environmental data were taken, and a collection of flora was performed on each of the sites. A total of 80 species was recorded. The populations of pinyon pines were present at the transition between xeric and mesic environments. The dominant species is *Pinus cembroides* in 78% of the sites, followed by *Juniperus flaccida*. The site with the highest species richness is "Pinal de Amoles" with six tree species. A forest of *Pinus cembroides* in association with *Pinus cembroides* var. *bicolor* was identified; in addition, a community of *Pinus cembroides* with *Pinus pinceana* was recorded. About the floristic composition, the most represented family was Cactaceae, followed by Asteraceae. Using a cluster analysis, four clusters were identified based on associated flora. Finally, though a Canonical Correspondence Analysis (CCA) was distinguished that altitude and slope are the determining characteristics in the composition of these communities.

Keywords: biodiversity, associated flora, structure, plant community, Canonical Correspondence Analysis

1 Tesista

2 Director

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	OBJETIVO GENERAL .....	3
2.1	Objetivos particulares.....	3
3	MARCO TEÓRICO .....	4
	Antecedentes .....	11
4	METODOLOGÍA .....	13
4.1	Área de estudio .....	13
4.2	Selección de sitios.....	15
4.3	Muestreo de la comunidad arbórea.....	15
4.4	Levantamiento florístico .....	16
4.5	Determinación de los parámetros físico-químicos del suelo .....	17
4.6	Descripción gráfica de los sitios .....	18
4.7	Análisis estructural de la comunidad.....	19
4.8	Formas de vida .....	20
4.9	Comparación Florística .....	21
4.10	Ordenación de la vegetación .....	21
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
5.1	Sitios seleccionados.....	22
5.2	Descripción de los sitios .....	25
5.3	Composición florística .....	53
5.4	Valores estructurales.....	54
5.4.1	Riqueza .....	54

5.4.2	Abundancia.....	56
5.4.3	Dominancia.....	56
5.4.4	Frecuencia.....	57
5.4.5	Índice de Valor de Importancia .....	57
5.5	Formas de vida .....	58
5.6	Clasificación de la vegetación .....	59
5.7	Ordenación de la vegetación.....	63
6	CONCLUSIONES .....	68
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
8	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio .....	14
Figura 2. Muestreo por punto central .....	16
Figura 3. Símbolos para la descripción estructural de la comunidad propuestos por Dansereau, 1957 (Modificado de Valenzuela y Granados, 2009) .....	18
Figura 4. Mapa de ubicación de los 14 sitios seleccionados .....	22
Figura 5. Tipos de clima presentes en el área de estudio .....	24
Figura 6. Tipos de suelo presentes en el área de estudio .....	24
Figura 7. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio San Javier .....	26
Figura 8. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Vizarrón .....	28
Figura 9. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio San Joaquín .....	30
Figura 10. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Pinal de Amoles .....	32
Figura 11. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Río Blanco .....	34
Figura 12. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Puerto Hondo .....	36
Figura 13. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Río Blanco 2 .....	38
Figura 14. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Maguey Verde .....	40
Figura 15. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Maguey Verde 2 .....	42

Figura 16. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Sombrerete .....	44
Figura 17. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Cadereyta .....	46
Figura 18. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Cadereyta 2.....	48
Figura 19. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Los Juárez .....	50
Figura 20. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Villitas.....	52
Figura 21. Semejanza florística de los 14 sitios .....	62
Figura 22. Análisis de correspondencia canónica de 12 sitios de muestreo con 80 especies de plantas y 12 variables ambientales. ....	66

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidad de sitios seleccionados por municipio .....	15
Cuadro 2. Principales características de los 14 sitios seleccionados.....	23
Cuadro 3. Valores estructurales del sitio San Javier .....	26
Cuadro 4. Valores estructurales del sitio Vizarrón.....	28
Cuadro 5. Valores estructurales del sitio San Joaquín.....	30
Cuadro 6. Valores estructurales del sitio Pinal de Amoles .....	33
Cuadro 7. Valores estructurales del sitio Río Blanco .....	35
Cuadro 8. Valores estructurales del sitio Puerto Hondo.....	37
Cuadro 9. Valores estructurales del sitio Río Blanco 2 .....	38
Cuadro 10. Valores estructurales del sitio Maguey Verde.....	41
Cuadro 11. Valores estructurales del sitio Maguey Verde 2.....	42
Cuadro 12. Valores estructurales del sitio Sombrerete .....	44
Cuadro 13. Valores estructurales del sitio Cadereyta .....	46
Cuadro 14. Valores estructurales del sitio Cadereyta 2 .....	48
Cuadro 15. Valores estructurales del sitio Los Juárez .....	50
Cuadro 16. Valores estructurales del sitio Villitas.....	52
Cuadro 17. Familias con mayor número de especies asociadas a bosques piñoneros.....	54
Cuadro 18. Valores de riqueza en el estrato arbóreo presentes en los 14 sitios ..	55
Cuadro 19. Porcentaje de formas de vida presentes en los sitios muestreados ...	58
Cuadro 20. Resultados del análisis de correspondencia canónica .....	63
Cuadro 21. Matriz de correlación entre las variables ambientales evaluadas.....	64
Cuadro 22. Matriz de correlación entre los 3 primeros ejes y 12 variables ambientales.....	65.

## 1 INTRODUCCIÓN

Se estima que en México existen 46 especies del género *Pinus*, de los cuales algunos producen semillas comestibles denominados pinos piñoneros. México centro de diversidad de estas especies (Fonseca, 2003; Romero-Manzanarez, et al., 2012).

El desierto Queretano, en especial la Sierra Gorda, contiene una de las áreas con mayor presencia de pinos piñoneros en México. En la zona centro, coexisten principalmente dos especies: *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*. Adicionalmente Zavala y Campos (1993) reportaron una población importante de *P. cembroides* var. *bicolor* en el Municipio de Cadereyta, Querétaro.

Las especies de piñoneros tienen una alta relevancia debido al, aprovechamiento de piñón con fines económicos y alimenticios, además de la producción de madera para leña y construcción, y a que proveen servicios ambientales. Una de las principales características de estas poblaciones es su amplia adaptabilidad, lo que ha generado que se recomiendan como especies con potencial para restauración ecológica.

Estas comunidades se presentan en áreas de transición entre matorral xerófilo y bosques templados, lo que favorece como flora asociada tanto herbáceas asociadas con sistemas templados hasta especies de cactáceas y agaves relacionados con zonas áridas. Esta característica hace de estos ecosistemas objeto de estudio, por lo peculiar de su estructura.

La estructura de un bosque es resultado de los hábitos de crecimiento de las especies vegetales, además de sus condiciones ambientales y prácticas de manejo que se han desarrollado a través del tiempo. Por ello, los estudios de caracterización estructural de comunidades forestales constituyen uno de los elementos principales para el entendimiento de la distribución y dominancia de las especies presentes; es decir, un bosque de una misma especie puede presentar condiciones estructurales diferentes determinadas por sus asociaciones florísticas (Olvera y Figueroa, 2012).



Aunque existen diversos trabajos que han contribuido al conocimiento biológico y ecológico de los bosques de piñoneros, este tipo de estudio resulta pertinente debido a que el entendimiento de la estructura de poblaciones vegetales propicia una adecuada toma de decisiones en cuanto a su aprovechamiento y conservación.

El presente trabajo tiene la intención de contribuir al conocimiento ecológico de los bosques de pinos piñoneros del Estado de Querétaro, ubicados principalmente en la reserva de la Biósfera “Sierra Gorda” y en la formación “Sierra del Doctor”.



## 2 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar de manera estructural a los bosques de pinos piñoneros presentes en el Estado de Querétaro con base en la composición florística, estructura fisonómica, atributos de la población y algunos factores abióticos, para describir el funcionamiento de dichas comunidades.

### 2.1 Objetivos particulares

- Elaborar un listado de referencia de plantas vasculares asociadas con los bosques de piño piñonero de la región.
- Caracterizar y clasificar la vegetación presente en los bosques de pinos piñoneros presentes en el área de estudio.
- Identificar los factores bióticos y abióticos que intervienen en la estructura de la comunidad.



### 3 MARCO TEÓRICO

Las pináceas constituyen una de las familias más importantes del reino vegetal, y se caracterizan por ser árboles y arbustos verdes, más o menos resinosos (Martínez, 1948). El género *Pinus* cuenta con alrededor de 111 especies (Prince, et al., 1998), al respecto, Perry en 1998 menciona que en México se encuentran 46 especies descritas con diferentes variedades y formas.

México es un centro secundario de diversidad del género *Pinus*, al contar con 42% de especies y más del 55% de endemismo, concentrados en islas biogeográficas. El caso más claro es el de los pinos piñoneros, árboles que habitan en pequeñas sierras de las zonas áridas y semiáridas del norte y centro de México. Estas especies poseen gran importancia económica y social.

El registro fósil sugiere que los ancestros de la familia Pinaceae evolucionaron, hace aproximadamente 300 millones de años, a finales del Carbonífero. Se considera que durante la era Mesozoica y Cenozoica, Norteamérica estuvo en contacto intermitente con el noroeste de Asia en el área que comprende actualmente el mar y el Estrecho de Bering. Este tiempo de conexiones terrestres entre Norteamérica y Europa, a través de Groenlandia e Islandia, sirvieron de rutas migratorias para los pinos del noroeste de Asia hacia Norteamérica y los del noroeste de Norteamérica hacia el norte de Europa (Sánchez, 2008).

En el Terciario tardío ocurrieron grandes levantamientos en el oeste de Norteamérica, que alteraron radicalmente su topografía y tuvieron efectos igualmente importantes sobre las poblaciones de pinos de esta gran área. Una gran parte de las especies desaparecieron por completo, mientras que otras tantas poblaciones fueron reducidas a relictos. Estos eventos geológicos, de formación de grandes cadenas montañosas y sus subsecuentes cambios climáticos, crearon heterogeneidad ambiental, la cual permitió la exitosa migración de *Pinus* hacia las áreas que posteriormente se convertirían en centros de diversificación de dicho género. En el Terciario tardío se llevó a cabo una migración postglacial, la cual provino del este de las montañas rocosas de la Sierra Madre Oriental, a lo largo de



las montañas y lomeríos aislados del norte del Altiplano Mexicano. Este proceso de avance y retroceso de grandes glaciares, favoreció la adaptación de muchas especies, que tomaron ventaja de períodos de calor y clima seco, presente en el norte de México y sur de Estados Unidos (Eguiluz, 1985), dentro de las especies que encontraron refugio en el territorio mexicano se encuentran varias especies de pinos piñoneros, que se establecieron en el altiplano mexicano y que originaron grandes extensiones de bosque. Sin embargo, al aumentar las condiciones de aridez los bosques de pino piñonero quedaron confinados a las serranías y a las faldas de los macizos montañosos, aislando así a las poblaciones, las cuales se especiaron por simpatría, formando nuevas variedades, subespecies y especies.

La diversificación de los pinos piñoneros tanto en Estados Unidos como en México y su coevolución con especies de córvidos parece indicar una radiación relativamente reciente, influida por el cambio de clima.

El centro de diversificación de *Pinus* ubicado en la Sierra Madre Oriental, se caracteriza por el alto porcentaje de endemismos locales, originados en pequeñas montañas de las planicies áridas y semiáridas, ya que la desertización del Mioceno favoreció la migración de pinos desde las montañas Rocosas y su diversificación posterior en esta región de México (Farjon y Styles, 1997).

Varios taxones del subgénero *Strobus*, presentan poblaciones únicas y pequeñas en el norte de México, las especies de este tipo son *P. cembroides* ssp. *cembroides*, *P. cembroides* ssp. *P. lagunae*, *P. cembroides* var. *bicolor*, *P. culminicola*, *P. edulis*, *P. johannis*, entre otros la mayoría pinos piñoneros (Sánchez, 2008).

Los piñoneros son árboles de poca altura que rara vez llegan a los 15 m, y con frecuencia tienen entre 6 y 8 m. Sus hojas presentan forma acicular y están en fascículos de 2, 3 y 5. Sus conos maduran de septiembre a noviembre, son cortos y tienen de 5 a 20 semillas (Perry, 1998), las semillas que producen son comestibles, miden de 10 a 15 mm, las cuales son usadas como alimento por animales silvestres y por el hombre (Martínez, 1948; Fonseca, 2003).



Adicionalmente a la producción de semillas, los pinos piñoneros aportan materias primas para las comunidades rurales cercanas como leña, madera para construcción, árboles de navidad, resina, además de servicios ambientales como hábitat y protección para la fauna silvestre, sin embargo poseen una limitada capacidad productiva (Villarreal, et al., 2009). Los piñoneros pueden establecerse en sitios donde casi ninguna planta lo hace, y evita la erosión del suelo aumentando la cobertura vegetal, lo que propicia el abastecimiento de mantos acuíferos (Rzedowski, 1978).

México es considerado, debido a sus características ecológicas, un centro de diversificación de pinos piñoneros; sus comunidades poseen características monoespecíficas o asociadas que reciben el nombre de piñonares. Dichas comunidades se desarrollan principalmente en climas secos con regímenes hidrológicos de 300 a 500 mm de precipitación media anual. Se encuentran en suelos ácidos o ligeramente alcalinos, generalmente en zonas de transición con pastizales, matorrales, xerófilos y encinares. Las poblaciones de pinos piñoneros tienen como límite altitudinal inferior los 1,700 msnm, ya que en altitudes menores comienzan a ser sustituidos por matorrales desérticos o pastizales debido al cambio en las características ambientales (suelo, humedad, temperatura) (Rzedowski, 1978).

En México los pinos piñoneros están representados por 15 especies: *Pinus cembroides* Zucc., *P. cuminicola* Andersen et Beaman, *P. maximartinezii* Rzed., *P. monophylla* Torr. et Frém., *P. nelsonii* Shaw, *P. pinacea* Gordon, *P. quadrifolia* Parl. ex Sudw., *P. remota* (Little) D.K. Bailey et Hawksw, *P. catarinæ* Rob-Pass, *P. bicolor* D.K. Bailey et Hawksw, *P. edulis* Engelm, *P. johannis* Rob. Pass., *P. juarezensis* Lanner y *P. lagunae* Passini (Villarreal, et al., 2009). La especie de pino piñonero con mayor distribución en el país es *P. cembroides* Zucc., y se encuentra en el Altiplano Norte y Centro del país, siendo ésta especie la de mayor importancia debido a que es la principal productora de piñón (Prince, et al., 1998; Luna-Cavazos, et al., 2008).



En el estado de Querétaro se encuentran poblaciones de piñoneros ubicadas principalmente en Sierra Gorda y Sierra del Doctor. Martínez (1948) menciona que la vegetación arbórea de Querétaro está compuesta principalmente por *P. cembroides*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. teocote*, y *P. pinceana*. Galván (1990), realizó un trabajo en el Municipio de Cadereyta, en el que destaca que los bosques de pinos piñoneros de dicha área están constituidos principalmente por *P. cembroides*, *P. pinceana* y *Juniperus* sp. y cuentan con una superficie aproximada de 30 mil hectáreas, por lo que es considerado como uno de los ecosistemas de este tipo, más extensos del territorio nacional. Por otra parte, Zavala-Chávez y Campos (1993) mencionan el hallazgo de *P. bicolor* en la misma zona del estado; dicha población se encontró relacionada con *P. cembroides* en una altitud de entre 2,300-2,700 msnm.

### ***Pinus Cembroides***

Los bosques de *P. cembroides* en México ocupan una gran extensión que va desde Coahuila a Nuevo León y de Chihuahua a Sonora en el norte, y de Tlaxcala a Puebla en el sur, además de que son encontrados desde el norte hasta el sur de Baja California. En Estados Unidos se encuentran en el suroeste de Nuevo México y al sureste de Arizona. En éste país se encuentran en rangos altitudinales de 1,450-2,300 msnm y en México entre 1,800 y 2,650 msnm (Prince, et al., 1998).

*P. cembroides* es descrito como un árbol de 5 a 15 m de alto y 30 cm de diámetro, a veces hasta 70; la copa es redondeada o piramidal; el fuste suele ser corto y el follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos; ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo. Las hojas se encuentran agrupadas en 3 y rara vez en 2 y 4 de 3 a 7 cm de largo; son rígidas y generalmente sus conos son globulosos, de 5 a 6 cm de diámetro, con pocas escamas; la parte media produce semillas fértiles y las otras abortivas; las semillas de *P. cembroides*, se encuentran colocadas en depresiones de las escamas que son subcónicas y vagamente triangulares sin presencia de ala, sus conos abren de noviembre a diciembre (Prince, et al., 1998).



### ***Pinus cembroides* var. *bicolor***

*P. cembroides* var. *bicolor* es un árbol de 5 a 10 m de altura, de fuste corto, frecuentemente ramificado cerca de la base; el tronco presenta diámetros de 10-20 cm y tiene copa redondeada; las hojas están presentes en fascículos de 3 y ocasionalmente de 4 y rara vez de 2, de 2-6 cm de largo, rectas, sus conos son simétricos muy pequeños de 2 a 3 cm. Como muchos de los piñoneros, las escamas son apicales y basales, pequeñas, y producen semillas estériles mientras que las centrales producen semillas de 10-12 mm de largo y 7-de ancho.

Se asocia principalmente con especies como *Quercus* spp., *P. arizonica*, *P. cembroides*, *Juniperus deppeana* en ambientes con régimen hidrológico de 300-500 mm anuales y con altitudes de 1,500-2,400 msnm. Sus poblaciones más representativas se encuentran en Arizona, Chihuahua, Durango y San Luis Potosí (Perry, 1998).

### ***Pinus pinceana***

Perry en 1998 describe botánicamente a *P. pinceana* como árbol de 6 a 13 m de altura, de fuste corto y frecuentemente ramificado cerca de la base; de copa redondeada, ramas colgantes; hojas presentes en fascículos de 3 y rara vez de 4, de 6-8 cm de largo, rectas; sus conos son subglobulosos de 6 a 8 cm, pedúnculos de 20 mm, simétricos colgantes, con pocas escamas, las cuales son gruesas y de umbo dorsal muy grueso e irregular de 25 mm de ancho por 33 mm de largo; la época de apertura de conos es a partir de diciembre y produce semillas de unos 12 mm de color oscuro y carente de ala.

Se le asocia principalmente con especies de matorrales desérticos como *Mimosa zygophylla*, *Karwinka ixinde* y *Cephalocerus sinilis*; así como con *Juniperus* sp., *P. cembroides*, *Yucca* sp. y *Pinus nelsonii* en raras ocasiones. Otras veces se le ve junto con *Quercus crassifolia*, *Prosopis leavigata* y *Pinus teocote*.



En cuanto al comportamiento ecológico de los bosques piñoneros, Olvera y Figueroa (2012) mencionan que la fisonomía de una comunidad forestal se determina con base en la distribución y dominancia espacial de las especies presentes en ella, y depende en gran medida de la asociación florística con la que se encuentren coexistiendo las especies forestales. La caracterización fisionómica se refiere a una descripción de la vegetación considerando formas de vida, tamaño y formas de las hojas, así como dominancia, mientras que la clasificación de una comunidad consiste en catalogar las poblaciones de acuerdo con algunos parámetros como la densidad, la frecuencia y dominancia.

Generalmente, la apariencia de la comunidad es determinada por la composición florística y las formas de vida presentes. Además, la estructura y la tasa de cambio en la composición son indicadores sensibles que responden al ambiente. De ahí la importancia de los estudios de composición florística y formas de vida, pues permiten la caracterización de zonas fitoclimáticas.

La composición florística de una región es definida tradicionalmente como el número de familias, géneros y especies que no ponen en evidencia aspectos morfológicos o ecológicos de las plantas. Sin embargo, esta información puede ser obtenida por medio de una descripción de las formas de vida de las especies.

Las formas de vida son agrupaciones de plantas en una comunidad que se definen por seis características eco-fisiológicas y de hábitos de crecimiento. Estas agrupaciones definen grupos de especies que, comparten requerimientos ecológicos similares. El término “forma de vida” en el sentido amplio considera cualquier característica que no sea taxonómica y es utilizada en conjunto con la taxonomía para proporcionar información útil para lectores no especialistas que no pueden visualizar el nombre científico, la morfología y el crecimiento de las especies.

Se han desarrollado numerosas maneras de clasificar a la vegetación, y la mayoría giran en torno a la composición florística; es decir, a las especies dominantes y su fisonomía representada en las formas de vida con base en la posición de la yema



apical. En el presente trabajo se utilizó la clasificación propuesta por Raunkier (1934) quien toma en cuenta las siguientes agrupaciones (Nivia y Cascante, 2008):

- Terófitas: plantas anuales que únicamente viven en la época más desfavorable.
- Hidrófitas: plantas vasculares acuáticas.
- Halófitas: plantas de pantano.
- Geófitas: plantas cuya parte aérea muere anualmente pero que subsiste por yemas subterráneas.
- Hemicriptófitas: aquellas cuya yema de renuevo se encuentra al ras del suelo.
- Caméfitas: poseen la parte inferior del tallo leñoso y persistente y las yemas de renuevo a menos de 30 cm del suelo.
- Fanerófitas: considerados aquí también los árboles y los arbustos en los que las yemas de renuevo están arriba de los 25 cm.
- Lianas: Plantas que germinan en el suelo y mantienen su contacto con el mismo, pero ocupan otros vegetales para sustentar sus tallos, como un mecanismo para economizar biomasa.
- Epífitos: Plantas que germinan sobre otras plantas (incluidas plantas muertas).
- Hemiparásitos vasculares: Plantas vasculares provistas de clorofila, que viven unidos a otras plantas autotróficas vivas, de las que extraen savia.
- Insectívoros: Plantas propias de medios pobres en nutrientes, obtienen un suplemento alimenticio a partir de pequeños insectos que atrapa con trampas muy diversas.

De igual manera se han generado diferentes métodos descriptivos para la clasificación de la vegetación, por ejemplo, con el fin de facilitar la descripción de las comunidades vegetales, Danserau (1957) propone seis series de símbolos descriptivos: forma de vida, tamaño, forma de hoja, textura de la hoja y cobertura, mientras que Richards (1952), propone utilizar un perfil diagramático estilizado o



semirrealista, que por sí mismo sugiere la forma y tamaño de todos los integrantes de la comunidad vegetal (Valenzuela y Granados, 2009).

Las comunidades vegetales representan no solo un nivel, también son una forma de describir sistemas ecológicos por sus similitudes florísticas o faunísticas. Estas similitudes nos permiten observar que “parches” de vegetación similares separados en espacio se encuentran relacionados por la escala de tiempo evolutivo (edad de la comunidad) y factores ambientales similares.

Los factores ambientales forman gradientes donde se distribuyen diferentes tipos de comunidades vegetales, la ordenación es una maneta de comparar sitios con vegetación similar sobre estos gradientes. Se ha desarrollado herramienta de clasificación que logran agrupaciones o conglomerados de comunidades vegetales similares. La clasificación se describe como una manera discreta de ordenación. Estos métodos multivariantes han hecho posible un reacomodo de las descripciones de los parches de vegetación hasta poder resaltar las similitudes florísticas más cercanas, a pesar de que fueran o no vecinos dentro del paisaje (Allen, 1992).

Las matrices de datos con los que son elaborados este tipo de análisis poseen valores de las especies dentro de los sitios, las filas son los sitios mientras que en las columnas se muestran las especies. Es posible realizar el análisis con las columnas transpuestas, a esto se le llama análisis inverso. Mientras que con el análisis normal se despliega una descripción de vegetación por sitio, en el análisis inverso se describe la ecología relativa de las especies (Allen, 1992)

### **Antecedentes**

Anteriormente se han realizado diversos trabajos para el estudio de los bosques de pinos piñoneros. Fogg (1966) describe la importancia de los pinos piñoneros para las poblaciones nativas en el noreste de América del Norte no solo como alimento sino también como parte de rituales y con usos medicinales, y alerta acerca de programas de deforestación en zonas donde se desarrollan poblaciones de *Juniperus* sp. y pinos piñoneros para el aprovechamiento.



Harris *et al.* (2003) realizaron un trabajo sobre los cambios de las comunidades de pinos piñoneros generados debido al sobrepastoreo en Nuevo México, en el cual se determinó que las zonas con pastoreo presentaban mayor espacio entre dosel arbóreo, lo que pone en evidencia el daño causado por actividades antrópicas en las poblaciones de los piñonares.

El conocimiento de estas comunidades podría desempeñar un papel importante en actividades de restauración y administración de recursos naturales. Por ejemplo, Carrasco *et al.* (2008) mencionan que los piñoneros son especies adaptadas a condiciones degradadas y de sequías que prevalecen en la región del noroeste de México. Por lo anterior, se realizó un ensayo en tres especies: *P. cembroides*, *P. nelsonii* y *P. pinceana*, con 50% de supervivencia general a 19 años de la reforestación. Las especies más recomendadas para trabajos de reforestación resultaron ser *P. pinceana* y *P. cembroides*.

Luna-Cavazos *et al.* en 2008 realizaron un análisis fenético para los piñonares del norte y centro de México en el que se discuten las afinidades en la flora genérica de éstas poblaciones mediante una matriz de presencia/ausencia de 32 piñonares mexicanos. A través de un dendrograma con el índice de Sorensen se identificaron las agrupaciones de poblaciones de los piñonares presentes en México; sin embargo, algunas especies no tuvieron relación debido al efecto de micrositio.

A su vez, Romero-Manzanares *et al.* (2012) realizaron una evaluación de los efectos de pendiente y asociación florística en poblaciones de *P. cembroides* y *P. cembroides* var. *bicolor* (*P. johannis*) en el estado de San Luis Potosí. Llevaron a cabo un análisis Canónico de Correspondencias donde se observó que la exposición explicaba el 59% de la variación, mientras que la pendiente explicaba el 41%.

Villareal-Quintanilla *et al.* 2009 realizaron un estudio florístico en piñonares de la especie *P. pinceana*, en el que se concluyó que, de acuerdo con las diferencias florísticas, se pueden distinguir dos grupos de piñonares de la misma especie.



## 4 METODOLOGÍA

Con el objetivo de caracterizar estructuralmente los bosques de pinos piñoneros presentes en el Estado de Querétaro, se realizó un muestreo de la vegetación y una descripción de los factores ambientales en la zona de estudio. Para ello, se seleccionaron 14 sitios de muestreo en el Estado, en los cuales se realizó muestreo de la comunidad arbórea además de un levantamiento florístico; posteriormente, se determinaron algunas características físicas y edafológicas de cada uno de los sitios y se realizó un análisis de la composición de la vegetación en cada uno.

### 4.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la región árida de Querétaro y sistemas montañosos circundantes que en su conjunto se denominan “Sierra Gorda”. Ésta zona forma parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, y presenta altitudes que van de los 300 a 3,100 msnm (Figura 1). La región cuenta con características geológicas propias de plataformas y de cuencas que han sufrido movimientos tectónicos, lo que determina la presencia de un complejo relieve. Los suelos presentes en el área son principalmente de tipo Litosoles, Lluvisoles, Regasoles y Vertisoles Pélicos.

La zona pertenece a la región hidrológica del río Pánuco (RH-26). En ella se encuentra la cuenca del río Tamuín y la del río Moctezuma. Predomina el clima semicálido subhúmedo, mismo que abarca parte de los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Sierra, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros. Al suroeste predomina el clima seco y semicálido con lluvias en verano.



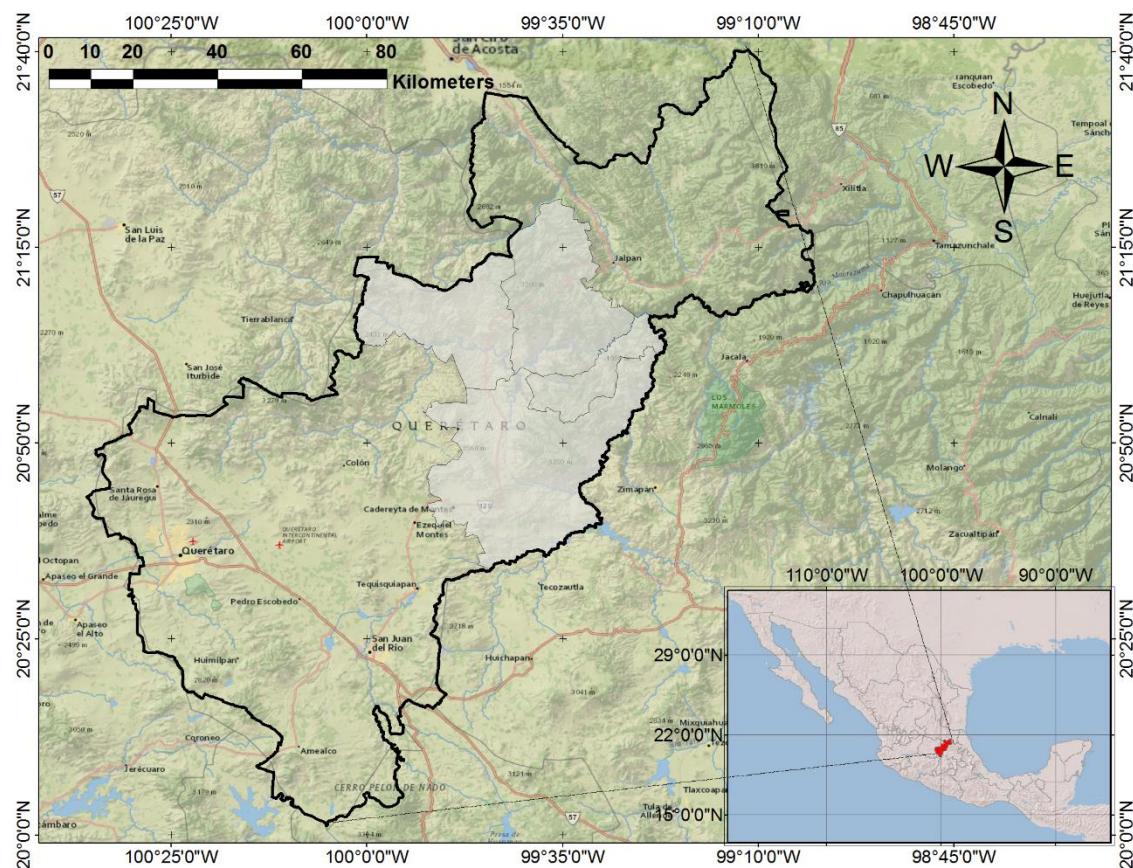


Figura 1. Localización del área de estudio

Presenta precipitaciones medias anuales de 883 mm como máxima y 313 mm como mínima. Las temperaturas mínimas se registran en los meses de diciembre y enero, y las máximas en abril y mayo. Aunque el promedio anual de temperatura se encuentra en los 13 °C en las zonas altas de Pinal de Amoles, en las regiones más bajas como Jalpan alcanza los 24° C.

En el área se encuentran registradas alrededor de 2,308 plantas vasculares, destacando en forma importante 29 especies de encinos (*Quercus spp*), que en buena parte dominan su paisaje y montes. Entre las especies relevantes se encuentran *Velascoa recóndita*, que pertenece a un género monotípico, así como una especie nueva de pingüicula (*Pinguicula calderoninae*) presente en los bosques templados.



La fauna se distribuye atendiendo a los tipos de hábitats, ya que la interrelación que esta tiene con la flora es muy estrecha debido a condiciones físicas. Un alto porcentaje de la misma es representativa de la región Neártica. Las especies registradas más relevantes son: *Cuniculus paca* (tuza real), *Eira barbara* (viejo del monte), *Potos flavus* (martucha), *Aulacorhynchus prasinus* (tucancillo verde), además de algunas especies en peligro de extinción como *Penelope purpurascens* (pava cojolita) y *Dendrortyx barbatus* (chivizcoyo) (SEMARNAP, 1999).

#### 4.2 Selección de sitios

Se obtuvo información sobre sitios donde se tenía conocimiento de la presencia de poblaciones de pinos piñoneros, y con apoyo de revisión bibliográfica, cartográfica y entrevistas con pobladores de la región, se realizaron recorridos de campo para confirmar la presencia de dichas poblaciones. Los criterios de selección de los sitios fueron: presencia abundante de pinos piñoneros, y accesibilidad al sitio. Tomando en cuenta estas características se definieron 14 sitios en 4 municipios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de sitios seleccionados por municipio

Municipio	Número de sitios
San Joaquín	1
Cadereyta	7
Pinal de Amoles	1
Peña Miller	5
TOTAL	14

Por cada uno de los sitios de eligieron al azar de 9 a 12 puntos, dependiendo del tamaño de las poblaciones a muestrear y de las condiciones del terreno que definen la accesibilidad.

#### 4.3 Muestreo de la comunidad arbórea

Se realizaron dos salidas a campo los días 10 y 11 de Enero y 23 al 25 de Mayo del 2014, con el objetivo de realizar el muestreo de la comunidad arbórea, el cual fue realizado con el método de punto central, el cual consiste en ubicar un punto al azar en el área a muestrear, sobre él se trazan dos líneas con ayuda de un cordel, en



forma de cruz, de tal manera que se establece cuadrantes (Figura 2). Los cuadrantes se numeraron del 1 al 4 y en cada uno se identifica al árbol más cercano al centro y se toman datos de cada individuo (altura, DAP, especie y distancia del individuo al punto central). Este método es recomendado para poblaciones de distribución aleatoria de estratos arbustivos y arbóreos (Meza-Sánchez, 2002). Adicionalmente, se registró información relevante sobre el punto de muestreo, como ubicación geográfica, localidad, número de sitio, pendiente y altitud.

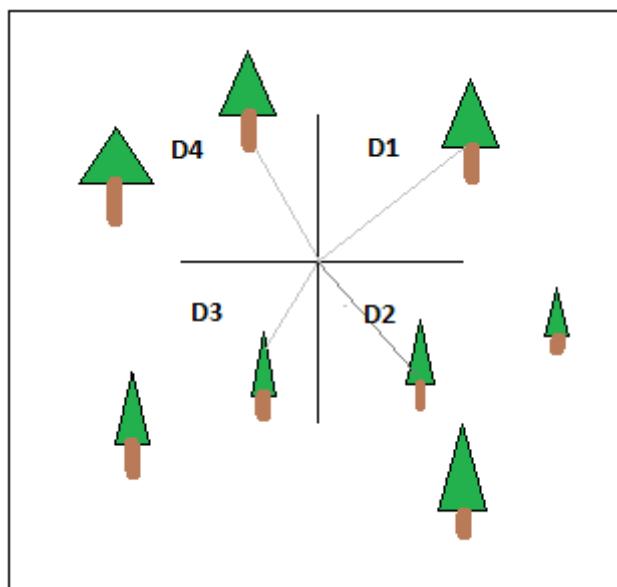


Figura 2. Muestreo por punto central

#### 4.4 Levantamiento florístico

Se realizó una salida a campo los días 11, 12 y 13 de Junio del 2014 con el fin de colectar material herbáceo y arbustivo, presente en cada uno de los sitios. Se realizó un muestreo con el método de barrido de vegetación con la finalidad de identificar las especies asociadas a cada una de las comunidades. Los especímenes que no fue posible identificar *in situ* fueron recolectados y procesados para su identificación en el herbario del Departamento de Ciencias Forestales y en el de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

#### 4.5 Determinación de los parámetros físico-químicos del suelo

Se efectuó un análisis físico-químico del suelo en el cual se tomó una muestra por sitio con el objetivo de construir una caracterización más completa. Se tomaron muestras de suelo de aproximadamente 1 kg por sitio a una profundidad de 20 cm. Este material fue llevado al Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se determinaron las siguientes características edafológicas con los métodos mencionados a continuación:

Potencial Hidrógeno (pH): Se utilizó un potenciómetro en relación suelo-agua 1:2

Nitrógeno (N): Se determinó mediante el procedimiento de extracción con cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor.

Fósforo (P): Para la medición del P soluble fue utilizado el método de Bray, el cual ha sido modificado para la extracción de P (NOM-021-RECNAT-2000).

Potasio (K): Se empleó la técnica de extracción con acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 y espectrofotometría de emisión de flama.

Calcio (Ca): Con la técnica de extracción con acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 y espectrofotometría de absorción atómica.

Hierro (Fe): Se empleó el método de extracción con DTPA relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Materia Orgánica (M.O.): Se determinó con el método de Walkley y Blac, que se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Textura: Se siguió el procedimiento de hidrómetro de Bouyoucos (NOM-021-SEMARNAT-2000).



#### 4.6 Descripción gráfica de los sitios

Se realizó la representación gráfica de la estructura de la comunidad mediante perfiles fisonómicos dimensionales de tipo semirealista, según el método de Richards (1952) a la vez que se elaboraron esquemas llamados Danserogramas, propuestos por Dansereau en 1947 el cual tiene como objetivo principal facilitar la comprensión de la organización de las comunidades vegetales, su clasificación y la selección de métodos para su estudio sistemático (Granados y Tapia, 1990). Los danserogramas utilizan una serie de símbolos para describir de manera general a cada especie (Figura 3).

1. Forma biológica

- T árboles
- F arbustos
- H herbáceas
- M briofitas
- E epifitas
- L lianas

2. Tamaño

- |           |  |
|-----------|--|
| t alto    | (T:mínimo 25 m)<br>(F: 2-8m)<br>(H: mínimo 2m)       |
| m mediano | (T:10-25m)<br>(F,H:0.5-2m)<br>(M:mínimo 10cm)        |
| l bajo    | (T:8-10 m)<br>(F,H: 50cm máximo)<br>(M:10 cm máximo) |

3. Función

- |   |  |
|---|--|
| d | caducifolio                              |
| s | semicaducifolio                          |
| e | perenne                                  |
| j | perenne suculenta<br>o perenne sin hojas |

4. Forma y tamaño de hoja

- n acicular o espina
- g de gramínea
- a mediana o pequeña
- h ancha
- v compuesta
- q taloide

5. Textura de la hoja

- |   |                      |
|---|----------------------|
| f | pelicular (delgada)  |
| z | membranosa           |
| x | esclerófila          |
| j | suculenta o fungoide |

6. Cobertura

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| b | inexistente o muy escasa |
| i | discontinua              |
| p | manchones o en grupos    |
| c | continua                 |

Figura 3. Símbolos para la descripción estructural de la comunidad propuestos por Dansereau, 1957  
(Modificado de Valenzuela y Granados, 2009)



#### 4.7 Análisis estructural de la comunidad

Una vez obtenida la información en campo se procedió a realizar la estimación de índices de diversidad, que tienen la ventaja de resumir información en un solo valor numérico, además de facilitar la comparación entre diferentes hábitats o dentro del mismo a través del tiempo. Los índices determinados para la comunidad de árboles fueron riqueza, dominancia, frecuencia e índice de Valor de Importancia:

Riqueza (S).- Número total de especies obtenidas en el censo de la comunidad. Es la forma más sencilla de medir biodiversidad, pues se basa únicamente en el número de especies presentes (Moreno, 2001).

Dominancia (D%).- Se calculó el área basal, con la información obtenida del DAP de los individuos presentes en cada punto de muestreo de cada especie. La ecuación empleada fue la siguiente (House, et al., 2006):

$$D\% = \frac{\text{Área basal especie}}{\text{Área basal total}} \times 100 \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1)}$$

donde:

$$\text{Área basal} = \pi r^2$$

Abundancia (A%).- Medir la abundancia proporcional de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad son más sensibles a perturbaciones ambientales. La abundancia se determina con la siguiente ecuación (House, et al., 2006):

$$A\% = \frac{na \times 100}{N} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

donde:

$na$  = número de individuos de la especie a

$N$  = número total de individuos



Frecuencia (F%).- Este parámetro mide la regularidad de la distribución horizontal de cada especie en la ocupación de un área, así como de la complejidad florística de la asociación dentro de la comunidad vegetal. Se calculó con la siguiente ecuación (House, et al., 2006):

$$F\% = \frac{fa \times 100}{f} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

donde:

$fa$  = Número total de puntos de muestreo donde se presente la especie “a” entre el número total de puntos de muestreo.

$f$  = Suma de las especies absolutas.

Índice de Valor de Importancia (IVI).- Es un parámetro la significación ecológica de cada especie en la comunidad, el valor máximo es 300%, mientras más se acerque una especie a este valor mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes y es igual a la suma de la dominancia la abundancia y la frecuencia.

$$IVI = D\% + A\% + F\% \dots\dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

#### 4.8 Formas de vida

Para la determinación de las formas de vida se utilizó el sistema de Raunkier, modificado por Mueller-Dombois y Ellemborg (1974). Dicho sistema posee una orientación ecológica y se basa principalmente en la composición de las yemas apicales.

Los resultados de cada especie se muestran en su forma más simple, por medio de la suma del número de especies por clase de forma de vida y expresando estos resultados en porcentajes.



#### 4.9 Comparación Florística

Se realizó un análisis de similitud florística, mediante un análisis de conglomerados (Cluster) UPGMA, el cual es un método aglomerativo jerárquico de agrupamiento basado en atributos binarios (Terrádez, 2003). Se elaboró una matriz con datos de presencia/ausencia, con los sitios (filas) y las 80 especies vegetales registradas (columnas). El análisis fue realizado con ayuda del programa PAST 3.01 (2001), el cual está enfocado en el análisis univariado y multivariado de datos ecológicos. Los conglomerados se establecieron usando como medida de similitud la distancia euclíadiana. Para establecer los grupos se utilizó el método de unión de grupos, con una distancia de corte y comparación de 4.8

#### 4.10 Ordenación de la vegetación

Se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), como un modelo predictivo para determinar los patrones de distribución de especies en los bosques de pino piñonero muestreados. El ACC, una técnica multivariada, nos permite representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades entre un conjunto de objetos que están condicionados por una serie de variables. El ACC es una técnica de ordenación restringida es decir que la ordenación de los objetos representa la estructura de datos en relación con las variables. En este caso se utilizó como matriz de variables dependientes, la matriz de ausencia/presencia de las 80 especies vegetales asociadas a las comunidades estudiadas, y como matriz de variables independientes, la matriz de valores de variables ambientales y edáficas relacionadas a cada uno de los sitios (SEMARNAT, 2006). Análisis antes mencionado, fue elaborado con ayuda del software CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 1998) y la representación gráfica se elaboró con el programa CANODRAW (Ter Braak y Smilauer, 1998).



## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestran los principales resultados obtenidos a partir del presente estudio. Se muestra la ubicación de los sitios seleccionados y su descripción, los índices de diversidad calculados, la clasificación de la vegetación en Formas de Vida, y el análisis de componentes principales.

### 5.1 Sitios seleccionados

A continuación se muestran los sitios seleccionados, así como sus coordenadas, latitud, exposición y pendiente (Figura 4).

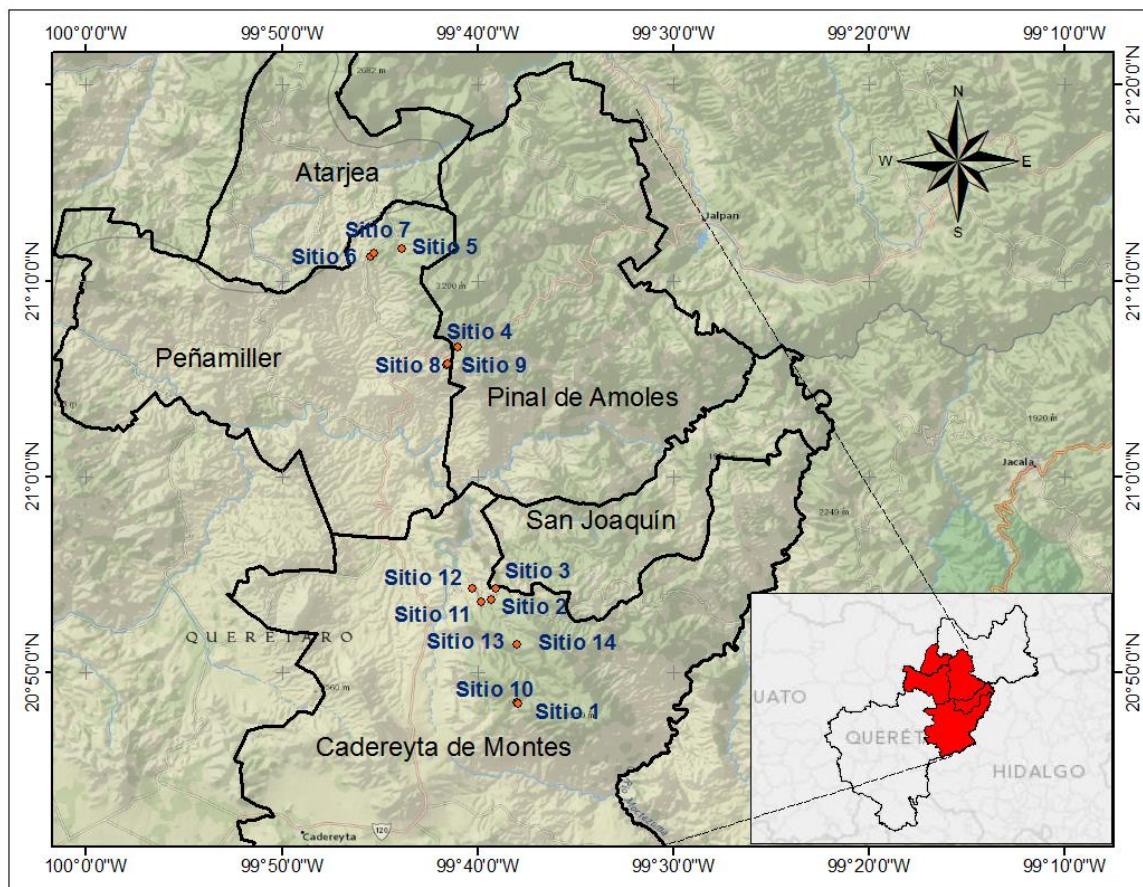


Figura 4. Mapa de ubicación de los 14 sitios seleccionados



Cuadro 2. Principales características de los 14 sitios seleccionados

Nombre del sitio	Ubicación	Altitud (msnm)	Exposición	Pendiente (%)
1. San Javier	20.8064°N y 99.6331°W	2811	S	31
2.- Vizarrón	20.8954°N y 99.6547°W	2236	NW	41
3.- San Joaquín	20.9053°N y 99.6495°W	2392	NW	13.83
4.- Pinal de Amoles	21.1102°N y 99.6827°W	2427	NW	73.2
5.- Río Blanco	21.1944°N y 99.7304°W	2011	W	44.92
6.- Puerto Hondo	21.1883°N y 99.7572°W	2038	E	36.92
7.- Río Blanco 2	21.1894°N y 99.7552°W	2071	S	25.75
8.- Maguey Verde	21.0941°N y 99.6919°W	2281	NW	49.83
9.- Maguey Verde 2	21.0940° N y 99.6918°W	2280	W	36.42
10.- Sombrerete	20.8064°N y 99.6313°W	2808	S	20.33
11.- Cadereyta	20.8924°N y 99.6626°W	2239	NW	40.67
12.- Cadereyta 2	20.9044°N y 99.6705°W	2078	NW	24
13.- Los Juárez	20.8564°N y 99.6327°W	2853	SW	48.6
14.- Villitas	20.8569°N y 99.6326°W	2882	S	33

A continuación se encuentran los mapas del área de estudio elaborados con la ayuda de ArcMap en donde se muestra, los factores ambientales característicos de los bosques de pino piñonero analizados, por tipos de clima (Figura 5) y suelo (Figura 6).



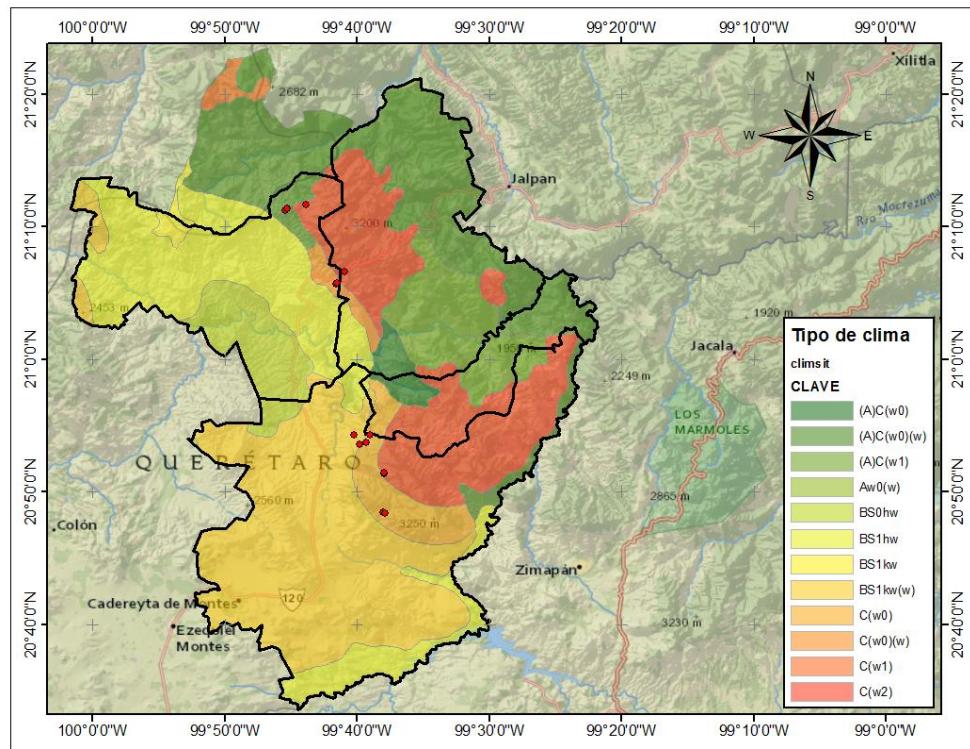


Figura 5. Tipos de clima presentes en el área de estudio

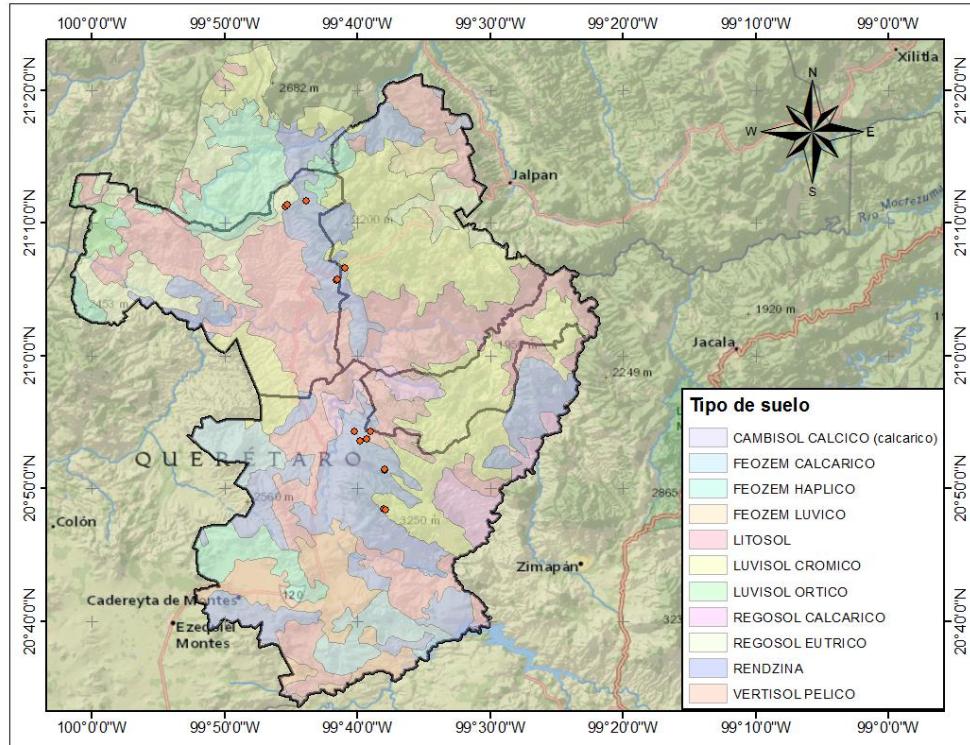


Figura 6. Tipos de suelo presentes en el área de estudio



## 5.2 Descripción de los sitios

En el presente apartado se describen las características principales de los 14 sitios seleccionados en donde se destaca la ubicación geográfica, el rango altitudinal, las características climáticas y del sitio, la vegetación presente y las características edafológicas.

### Sitio 1. San Javier

El sitio se localiza 3.7 km al este del poblado de San Javier en el municipio de Cadereyta, aproximadamente a 20.8064° latitud norte y a los -99.6331° longitud oeste. El sitio presenta altitudes que van de los 2784 a los 2838 msnm, con precipitaciones de 1971 mm anuales, el sitio presenta un clima de tipo C(w0), es decir templado subhúmedo con lluvias en verano (Figura 5). La pendiente promedio de 31% y la exposición es predominantemente Sur. El sitio se encuentra en un terreno abrupto, con alta presencia de roca caliza, además de tener un suelo somero. Su composición arbórea está compuesta por *Juniperus flaccida* y *Pinus cembroides*. En el estrato herbáceo se encuentran: *Bouvardia longiflora*, *Ipomea orizabensis*, *Castilleja ternuifolia*, *Sedum moranense*, *Stevia saliciflora*, *Geranium latum*, *Senecio* sp., *Peperomia campylotropa*, *Melampodium* sp. *Erigeron longipes*, en cuanto a las arbustivas presentes son: *Gnaphalium* sp., *Bouvardia ternuifolia*, *Lantana velutina*, *Tecoma stans*, *Amelanchier denticulata*, *Brogniartia intermedia*, *Croton incanus*, *Salvia ballotiflora*, *Gnaphalium* sp., *Delea lutea*, *Opuntia streptacantha*, *Agave salmiana*, *Coryphantha erecta*, *Agave gentryi*. La estructura de bosque es abierta, mientras que el dosel arbóreo alcanza los 11 metros. (Figura 7).



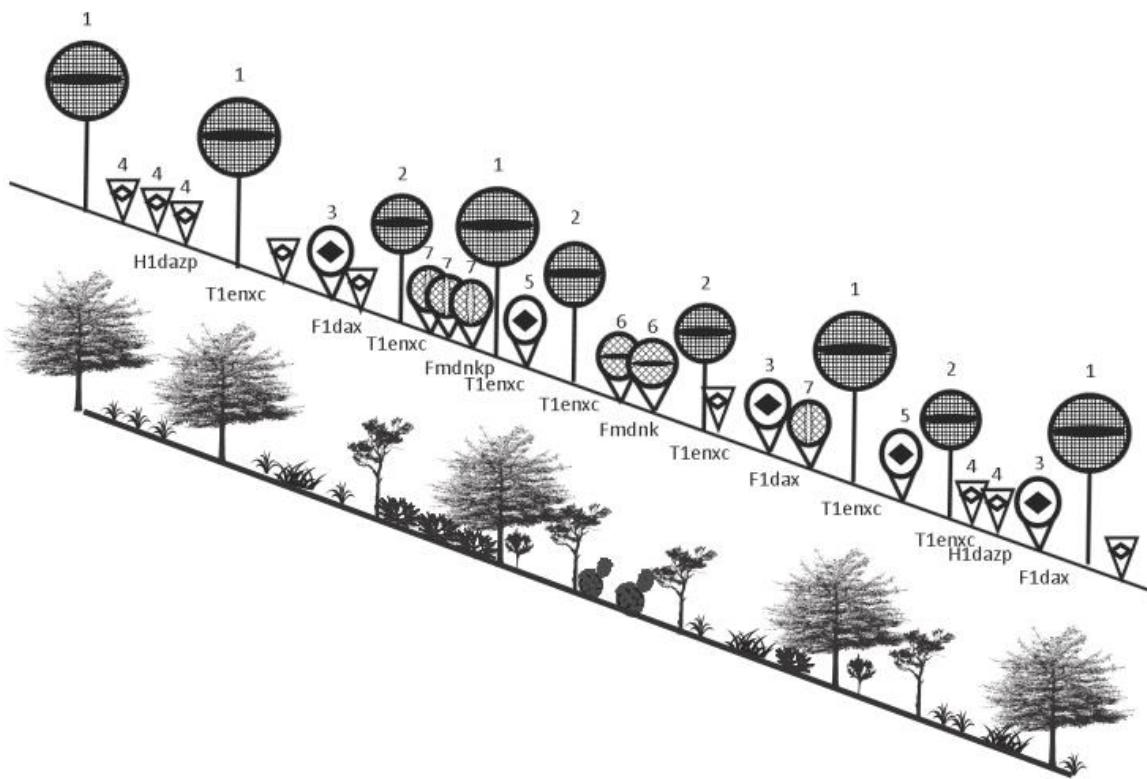


Figura 7. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio San Javier

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 3. *Salvia* sp., 4. *Bouvardia longiflora*, 5. *Salvia ballotiflora*, 6. *Opuntia streptacantha*, 7. *Agave salmiana*.

Conforme al método de punto central empleado, se obtuvieron parámetros ecológicos. La distancia media obtenida fue de 3.98 m, por lo que el valor de densidad de 6.3 árboles por 100 m<sup>2</sup>. En el Cuadro 3 se muestran los valores estructurales de las especies con porte arbóreo, presentes en este sitio.

Cuadro 3. Valores estructurales del sitio San Javier

Espezie	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	VI
<i>J. flaccida</i>	2.9	699.8	63.9	2029.4	91	47	45.8	201.4	
<i>P. cembroides</i>	3.4	334.7	36.1	1137.9	100	52	54.1	190.3	

El suelo es clasificado como luvisol crómico (Figura 6). Sus características son: pH de 6.75, con una concentración de nitrógeno de 16.4 mg/kg, de fosforo de 8.21 mg/kg, y 432 mg/kg de potasio En cuanto a microelementos, el contenido de calcio es 5787 mg/kg y Fe de 27.24 mg/kg, mientras que el contenido de materia orgánica es 5.51%. La textura del suelo es Franco-Arcillo-Arenosa.

## Sitio 2. Vizarrón

El sitio se localiza muy cerca de la carretera Vizarrón - San Joaquín dentro del municipio de San Joaquín, a una distancia aproximada de la comunidad Lázaro Vega de 0.5 km, entre 20.89548° latitud norte y 99.65471° longitud oeste. Este sitio presenta un gradiente altitudinal que va de 2218 a los 2255 msnm, con precipitación media anual de 1285 mm, pendiente de 41% y exposición predominantemente noroeste. El clima en el sitio es templado subhúmedo con lluvias en verano, "C(w0)"(Figura 5). El estrato arbóreo está compuesto por *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana* y *Juniperus flaccida*. La flora asociada consiste en: *Castilleja ternuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp., para el estrato herbáceo y *Lantana velutina*, *Dodonea viscosa*, *Alanchier denticulata*, *Tecoma stans*, *Brogniartia intermedia*, *Salvia ballotiflora*, *Delea lutea*, *Equinocactus grusonii* y *Opuntia rastrera* para el arbustivo. Además, está abundantemente presente *Tillandsia* sp., planta epífita. La estructura es moderadamente abierta, con alturas de hasta 9 metros (Figura 8).



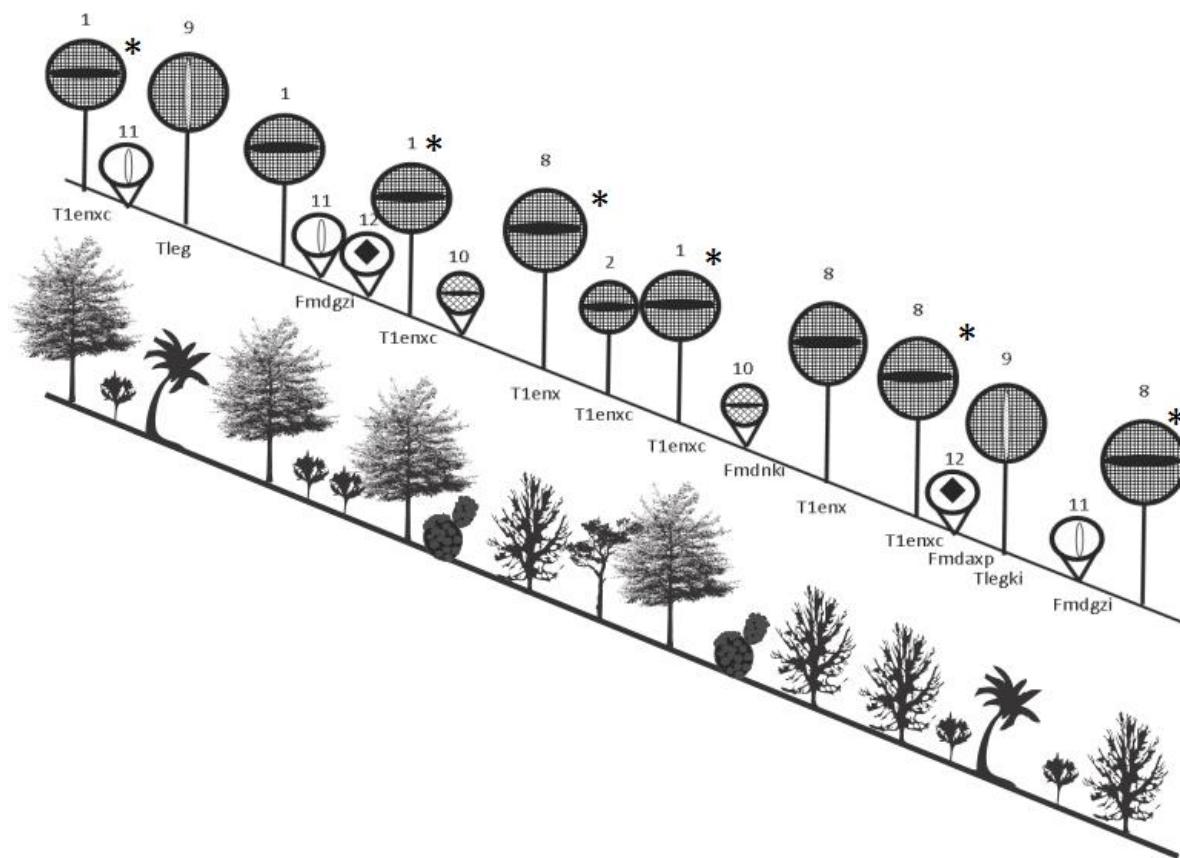


Figura 8. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Vizarrón.

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 8. *Pinus pinceana*, 9. *Nolina parviflora*, 10. *Opuntia rastrera*, 11. *Stevia saliciflora*, 12. *Lantana velutina*.

La distancia media en el sitio es de 7.8 árboles por 100m<sup>2</sup>, con distancia media de 3.6 m. Se obtuvieron valores estructurales de la comunidad arbórea, los cuales se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores estructurales del sitio Vizarrón

Especie	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	IV
<i>P. piceana</i>	3	593.9	37.2	1788.1	63.6	30.4	38.6	106.3	
<i>P. cembroides</i>	2.8	544.6	32.1	1544.6	72.7	34.78	36.4	103.2	
<i>J. fláccida</i>	0.9	929.1	17.11	823.3	36.4	17.4	11.4	45.9	
<i>N. parviflora</i>	1.06	614.6	13.58	651.9	36.4	17.4	13.6	44.6	



El suelo es de tipo luvisol crómico (Figura 6), suelos delgados poco fértiles con textura arcillosa y color rojizo. El pH presente en el suelo es básico (8.4), con valores de nitrógeno de 18.1 mg/kg, fosforo 3.11 mg/kg, de potasio de 582 mg/kg, de calcio de 11480 mg/kg y fierro de 8.99 mg/kg con un 8.74% de materia orgánica.

### Sitio 3. San Joaquín

El sitio San Joaquín se ubica a una distancia de 5 km de la cabecera municipal San Joaquín, Querétaro. El sitio tiene un clima C(w2), templado subhúmedo (Figura 5). Las coordenadas aproximadas son 20.90534° latitud norte y 99.64958° longitud oeste. La pendiente promedio es de 14%, con una altitud máxima de 2446 msnm, precipitación media anual de 1285 mm y exposición noroeste. La población arbórea se compone principalmente de *Nolina parviflora*, *Juniperus flaccida*, *Juniperus deppeana*, *Pinus cembroides*. Las especies de herbáceas presentes son: *Castilleja tenuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp., *Erigeron longipes*. En el caso del estrato arbustivo las especies presentes son: *Lantana velutina*, *Krameria cytisoides*, *Amelanchier denticulata*, *Brogniartia intermedia*, *Salvia ballotiflora*, *Agave salmiana* y *Cylindropuntia imbricata*. El dosel arbóreo presenta una altura máxima de 11 metros, en la mayoría de los arboles adultos se observa la planta epífita *Tillandsia* sp. (Figura 9).



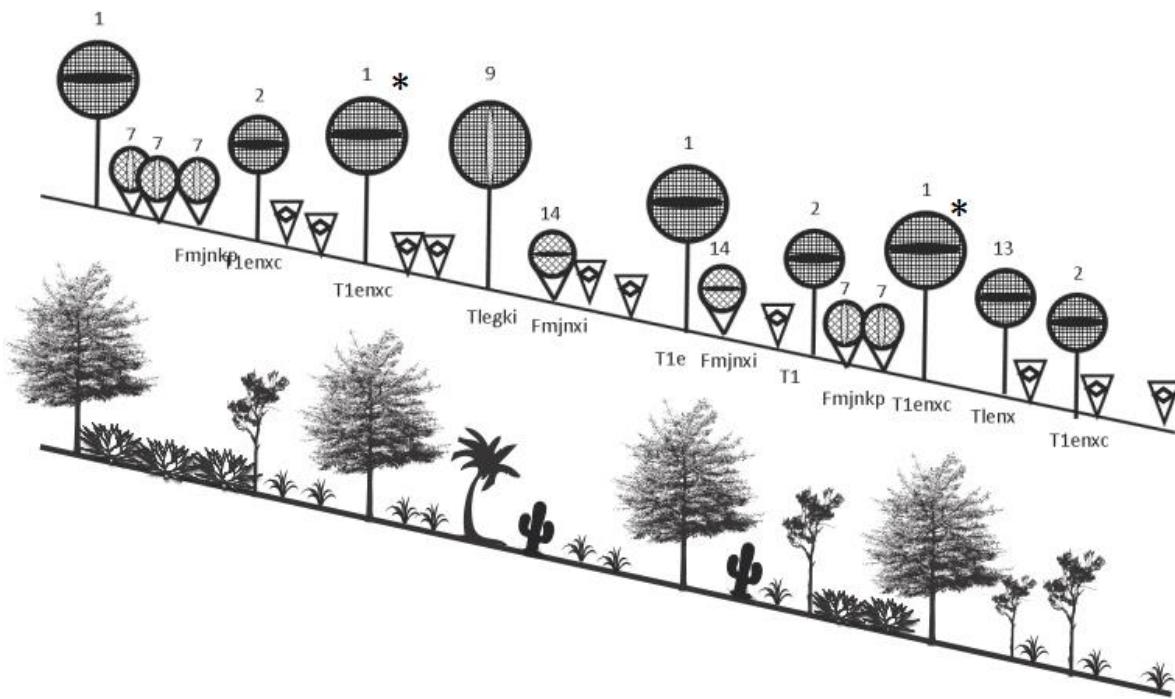


Figura 9. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio San Joaquín

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 7. *Agave salmiana*, 9. *Nolina parviflora*, 13. *Juniperus deppeana*, 14. *Cylindropuntia imbricata*.

La distancia media del sitio es de 5.08, con lo que se obtuvo un valor de densidad absoluta de 3.9 árboles/100m<sup>2</sup>. Los valores estructurales de las especies con porte arbóreo se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Valores estructurales del sitio San Joaquín

IV	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Dominancia relativa	Área basal media	No. de individuos por .~.	Especie
P. cembroides	2	1378	58.8	2687.2	81.8	39.1	50	148
J. fláccida	1.1	633.1	15.8	720.1	81.8	39.1	29.2	84.1
J. deppeana	0.7	714.3	11.4	522.3	36.4	17.4	18.8	47.6
N. parviflora	0.1	7854	14	638.1	9.1	4.3	2.1	20.4



El suelo es de tipo rendzina (Figura 6), color gris-café, muy delgado seguido de roca madre, formado por la intemperización de rocas caliza. El pH presente en el suelo es de 7.3, con valores de nitrógeno de 13.1 mg/kg, fosforo 13.8 mg/kg, de potasio de 782 mg/kg, de calcio de 15,389 mg/kg y fierro de 12.64 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 9.82%.

#### Sitio 4. Pinal de Amoles

El sitio Pinal de Amoles se encuentra a 4 km del poblado con el mismo nombre, en los 21.11021° latitud norte y 99.68278 ° longitud oeste. El sitio presenta una pendiente aproximada de 73%, una altitud de 2427 msnm y una precipitación media anual de 800 a 1000 mm con una exposición predominantemente noroeste. El clima del sitio es de tipo templado subhúmedo con formula climática C(w<sub>2</sub>), con lluvias solo en verano (Figura 5). El bosque presenta como principales especies arbóreas: *Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Quercus mexicana*, *Quercus germana*. Las especies herbáceas registradas fueron: *Thalictrum fendleri*, *Arenaria lanuginosa*, *Vicia ludoviciana*, mientras que las especies arbustivas fueron: *Poliomintha* sp., *Baccharis conferta*, *Bouvardia ternifolia*, *Baccharis salicifolia*, *Fuchia thymifolia*, *Scenecio albonervius*, *Symporicarpos microphyllus*, *Agave salamiana* (Figura 10).



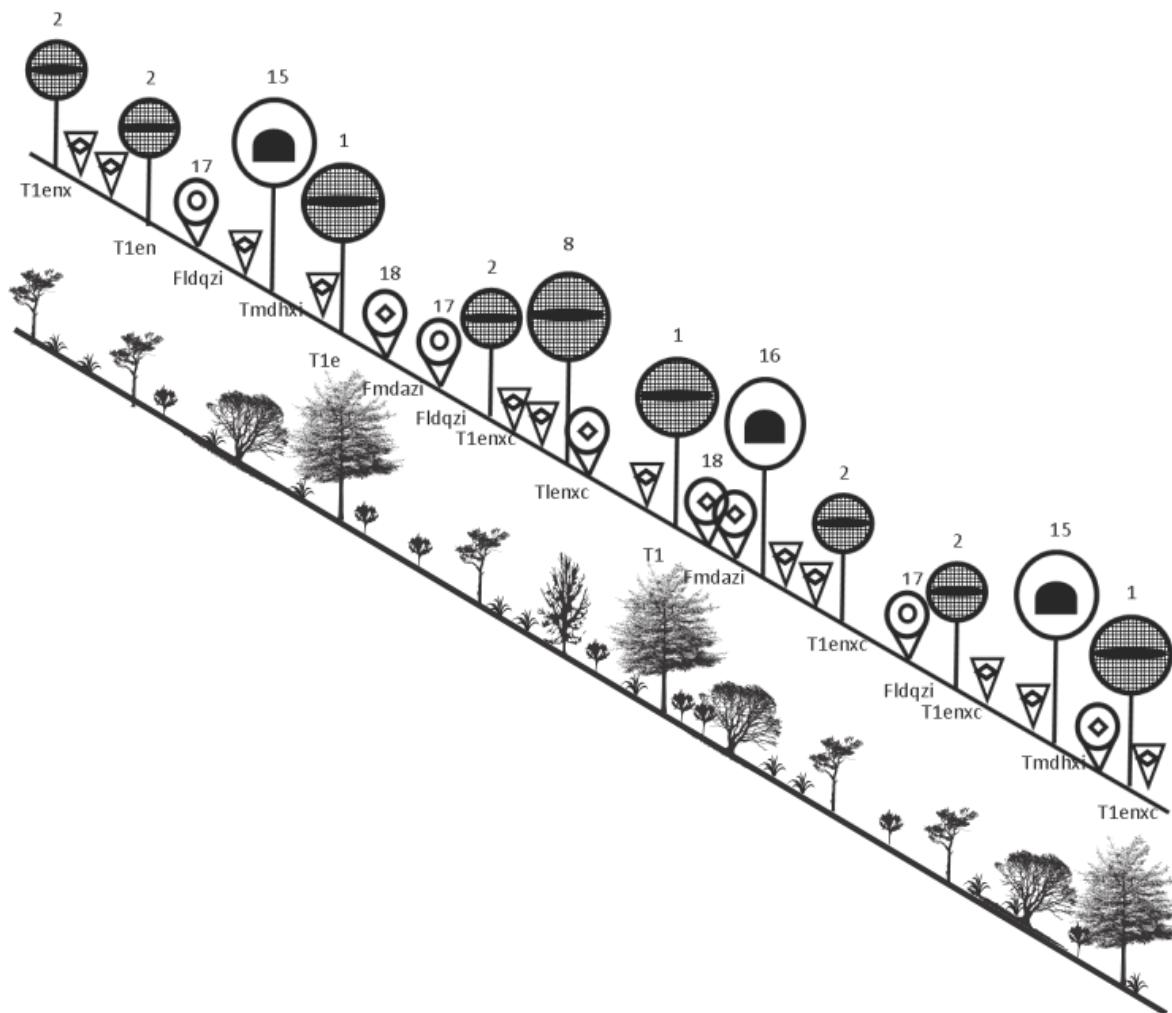


Figura 10. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Pinal de Amoles

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 8. *Pinus pinceana*, 15. *Quercus germana*, 17. *Scenecio sp.*, 18. *Baccharis conferta*.

La distancia media en el sitio fue de 4.09m, por lo que se obtuvo una densidad promedio de 6 árboles/100m<sup>2</sup>. Mientras que con las demás mediciones dasométricas se obtuvieron valores estructurales de cada una de las especies arbóreas presentes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores estructurales del sitio Pinal de Amoles

Espece	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>J. fláccida</i>	2.7	39.1	749.1	2022.5	45	100	43.5	230
<i>P. cembroides</i>	1.9	25.3	670.7	1307.9	32.5	80	34.8	230
<i>Q. germana</i>	0.6	21.5	1853.9	1112.4	10	10	4.3	230
<i>J. deppeana</i>	0.3	6.7	1165.9	349.8	5	20	8.7	230
<i>Q. mexicana</i>	0.3	4.5	768.2	230.5	5	10	4.3	230
<i>P. pinceana</i>	0.15	2.9	1017.9	152.7	2.5	10	4.3	230

El suelo es de tipo rendzina altamente relacionado a roca caliza, el cual presenta una textura franco-arenosa con un pH de 6.76 y valores de nitrógeno de 14.4 mg/kg, fosforo 9.14 mg/kg, de potasio de 1116 mg/kg, de calcio de 13608 mg/kg y fierro de 19.29 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 22.86% (Figura 6).



## Sitio 5. Río Blanco

El sitio 5 “Río Blanco” se ubica a 2 km del poblado Río Blanco en las coordenadas 21.19446 latitud norte y 99.730425 longitud oeste. El dosel arbóreo presenta una estructura muy abierta. Está compuesto por: *Acacia schaffneri*, *Quercus mexicana*, *Juniperus flaccida* y *Pinus cembroides* en el estrato arbóreo, *Amelanchier denticulata*, *Croton incanus*, *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leuchotricha* en el estrato arbustivo y *Catilleja ternuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Senna mexicana* en el estrato herbáceo. El sitio tiene un clima semiseco templado con formula climática BS<sub>1</sub>kw(w) (Figura 5). En este sitio se presentan alturas del dosel arbóreo de hasta 10.5 metros, y el terreno presenta una pendiente aproximada de 45%, con exposición oeste y una altitud promedio de 2011 msnm. En esta zona se reporta una precipitación media anual de 432 mm (Figura 11).

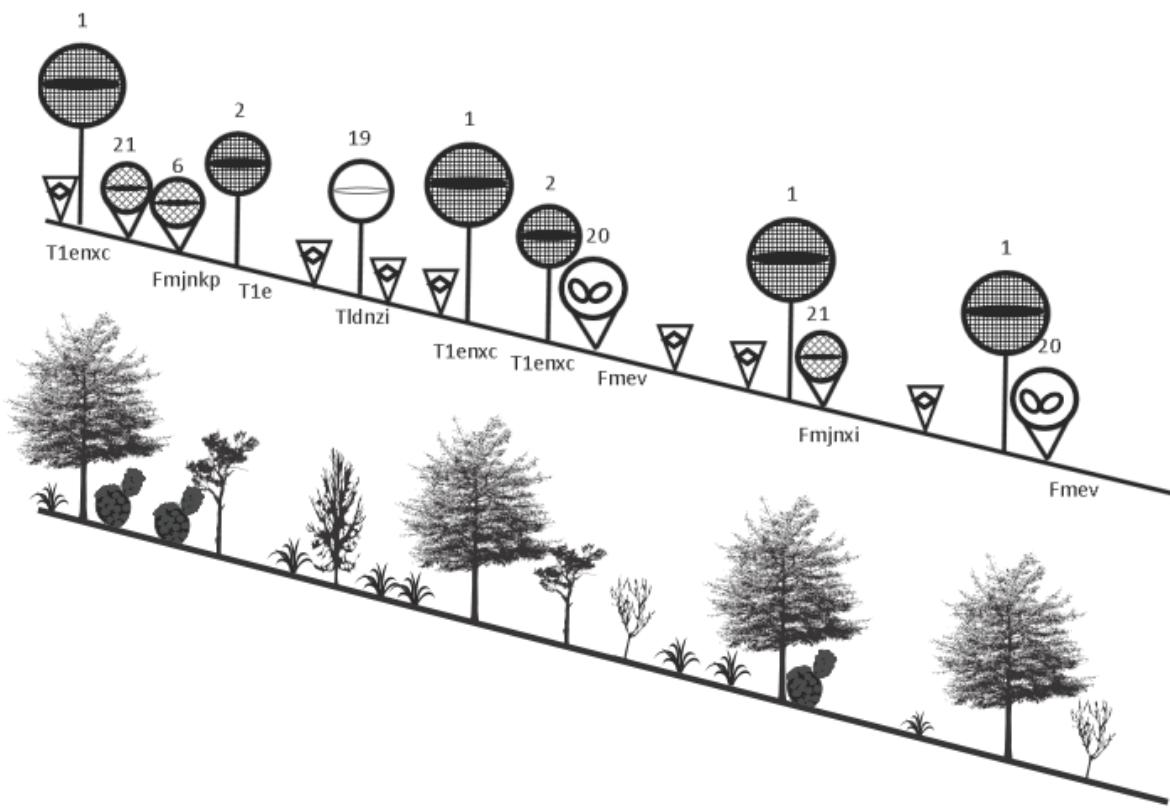


Figura 11. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Río Blanco

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 6. *Opuntia streptacantha*, 19. *Acacia schaffneri*, 20. *Rhus standleyi*, 21. *Opuntia leuchotricha*.



La densidad arbórea es de 3.3 árboles /100m<sup>2</sup>, debido a que el valor de distancia media fue de 6.5 m. Los valores estructurales de las especies de porte arbóreas se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Valores estructurales del sitio Río Blanco

Espece	No. individuos por 100m <sup>2</sup>	Área media basal	Relatividad	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	1.8	270.2	71.6	479.1	100	66.7	77.1	215.4
<i>J. fláccida</i>	0.3	328.5	14.1	94.4	33.3	22.2	12.5	48.8
<i>Q. mexicana</i>	0	1385.4	9.9	66.4	8.3	5.6	2.1	17.6
<i>A. schaffneri</i>	0.1	299.7	4.3	28.7	8.3	5.6	4.2	14

El suelo presente en el sitio pertenece a la clasificación de rendzina (Figura 6) con textura franco-arenosa, pH ligeramente básico (7.54), valores de nitrógeno de 7.4 mg/kg, de fosforo de 1.32 mg/kg, de potasio de 134 mg/kg, de calcio de 2560 mg/kg y de fierro de 10.64 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 5.4%.

## Sitio 6. Puerto Hondo

Este sitio se localiza dentro de una zona perteneciente al programa “Pago por servicios ambientales hidrológicos 2012-2015” a 1.8 km del poblado Puerto Hondo (entre latitud 21.18838° N y longitud 99.75720° W), cerca del camino a Río Blanco; ambos poblados pertenecen a el municipio de Peña Miller. El clima presente corresponde a templado sub húmedo con formula climática C(w<sub>0</sub>), es decir poco húmedo con lluvias en verano (Figura 5). Las especies de plantas con porte arbóreo que se encontraron fueron: *Juniperus flaccida*, *Rhus standleyi* y *Pinus cembroides*. Las especies de herbáceas encontradas fueron: *Castilleja ternuifolia*, *Senna mexicana*. Las especies arbustivas presentes en el sitio son: *Pistacia mexicana*, *Salvia microphylla*, *Dodonea viscosa*, *Amelanchier denticulata*, *Krameris ixine*, *Condalia mexicana*, *Croton incanus*, *Agave salmiana*, *Agave ferox*, *Opuntia*



tormentosa, *Echinocerreus pentalophus* y *Mamilaria uncinata*. El sitio tiene una pendiente pronunciada de 37% y una exposición hacia el Este. La precipitación media anual del sitio es de 432 mm mientras que la altura máxima del estrato arbóreo es de 9 metros (Figura 12).

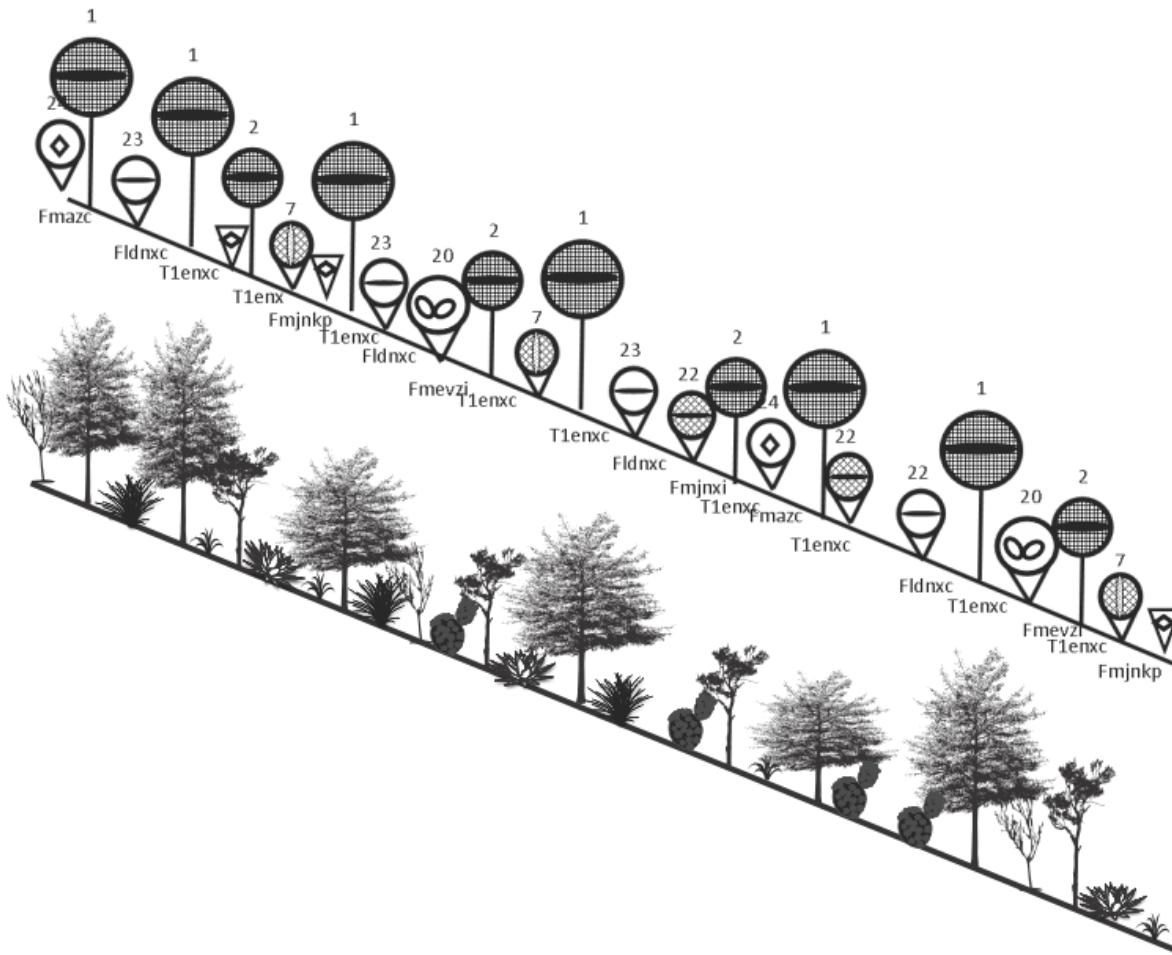


Figura 12. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Puerto Hondo

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 7. *Agave salmiana*, 20. *Rhus standleyi*, 22. *Opuntia tormentosa*, 23. *Condalia mexicana*.

La distancia media entre árboles es 3.8 m por lo que la densidad absoluta muestra un valor de 6.9 árboles/100m<sup>2</sup>. Se obtuvieron valores estructurales para cada una de las especies arbóreas encontradas en el sitio, se muestran en Cuadro 8.

Cuadro 8. Valores estructurales del sitio Puerto Hondo

Espezie	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Relativa	Dominancia absoluta	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	4.5	255.6	59.6	1138.4	100	54.5	64.6	178.7	
<i>J. fláccida</i>	2.4	315.7	40.4	771.5	83.3	45.5	35.4	121.3	

El suelo es de tipo rendzina (Figura 6) cuenta con textura franco-arenosa. El pH presente en el suelo es ligeramente básico (7.86), mientras que el valores de nitrógeno es de 9.8 mg/kg, de fosforo de 9.02 mg/kg, de potasio de 422 mg/kg, de calcio de 5960 mg/kg y de fierro de 6.86 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.72%.

### Sitio 7. Río Blanco 2

Este sitio se encuentra dentro de una comunidad arbórea compuesta por *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides*, y *Rhus standleyi*. La flora asociada al bosque es, en el estrato arbustivo: *Dodonea viscosa*, *Amelanchier denticulata*, *Krameris ixine*, *Condalia mexicana*, *Croton incanus*, *Agave salmiana*, *Echinocereus pentalophus* y *Mamilaria uncinata*. En el estrato herbáceo se encuentra, *Castilleja ternuifolia*. El dosel arbóreo tiene alturas de hasta 8 metros. El sitio se estableció a 3 km del poblado Río Blanco, perteneciente al municipio de Peña Miller, en una zona dedicada a la conservación para pago de servicios ambientales hidrológicos. El clima presente es de tipo semiseco templado con formula climática BS<sub>1</sub>kw(w) (Figura 5). Sus coordenadas aproximadas son 21.189463° N y 99.755255° W . Tiene una pendiente de 25% y exposición hacia el Sur. La precipitación media anual del sitio es de 432 mm.



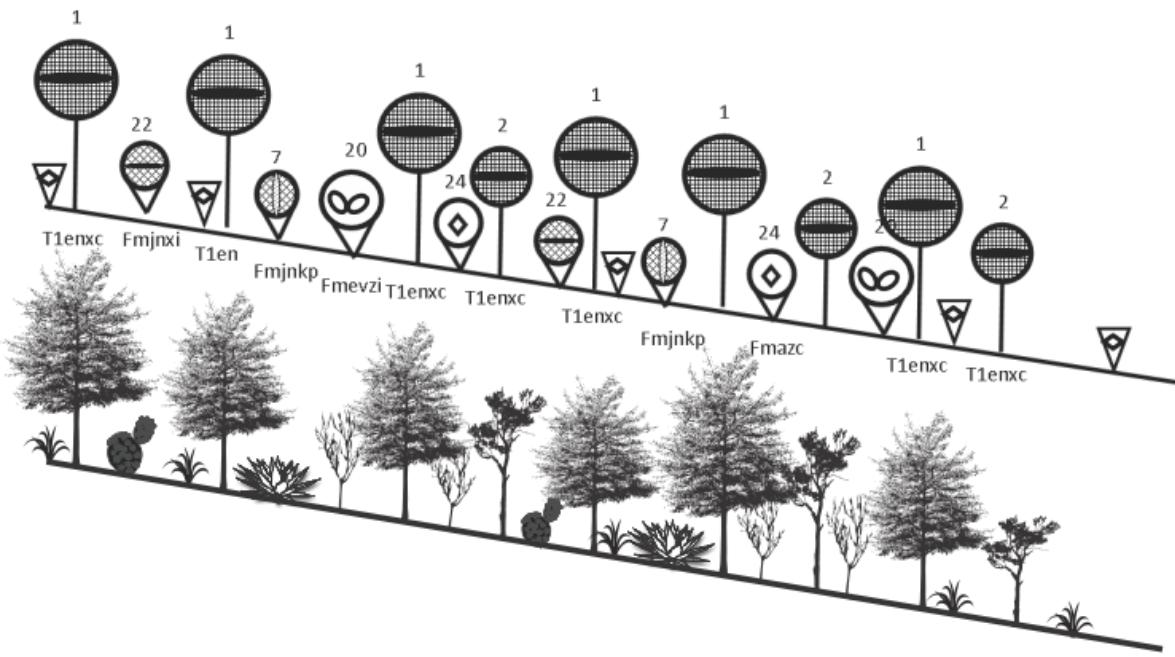


Figura 13. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Río Blanco 2

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 7. *Agave salmiana*, 20. *Rhus standleyi*, 22. *Opuntia tormentosa*, 24. *Dodonea viscosa*.

Los valores estructurales de la comunidad fueron obtenidos con los datos tomados en campo y se muestran en Cuadro 9. La distancia media entre árboles es de 3.22 m, por lo que la densidad es de 9.7 árboles/100m<sup>2</sup>.

Cuadro 9. Valores estructurales del sitio Río Blanco 2

Espece	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IWI
<i>P. cembroides</i>	4.5	255.6	59.6	1138.4	100	54.5	64.6	178.7
<i>J. flaccida</i>	2.4	315.7	40.4	771.5	83.3	45.5	35.4	121.3
<i>J. deppeana</i>	0.2	1134.1	6.6	229.2	8.3	5.3	2.1	14
<i>R. standleyi</i>	0.2	23.8	0.4	4.8	8.3	5.3	2.1	7.8

El suelo es de tipo litosol (Figura 6), superficial, cuyo espesor está limitado por un contacto lítico a 30 cm o menos de profundidad y textura franco-arenosa. El pH presente en el suelo es 7.57, mientras que la concentración de nitrógeno es de 27 mg/kg, la de fosforo de 13.54 mg/kg, la de potasio de 526 mg/kg, la de calcio de 5240 mg/kg y la de fierro de 7.41 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.72%.

### Sitio 8. Maguey Verde

Se encuentra en las coordenadas 21.094189° N y -99.691905° W, a 350 metros del poblado Maguey Verde, en el municipio de Peña Miller. El clima presente en el sitio es templado subhúmedo, con formula climática C( $w_0$ ), es decir poco húmedo con lluvias en verano (Figura 5). Su composición arbórea está formada por; *Calia secundiflora*, *Pinus pinceana*, *Pinus cembroides*, *Juniperus deppeana* y *Juniperus flaccida*, con 13 metros de altura máxima. Las especies arbustivas asociadas al bosque son: *Lantana velutina*, *Dodonea viscosa*, *Bouvardia ternifolia*, *Delea lutea*, *Agave salmiana*, *Gnaphalium* sp., mientras que en el estrato herbáceo se encuentran: *Castilleja ternuifolia*, *Ipomea purpurea*, *Stevia saliciflora*, *Eupatorium espinosarum*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp., *Erigeron longipes*. Se observó la presencia de *Tillandsia* sp., como planta epífita en mayor medida en *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* (Figura 14). Presenta una exposición hacia el Noroeste con una pendiente de 50%.



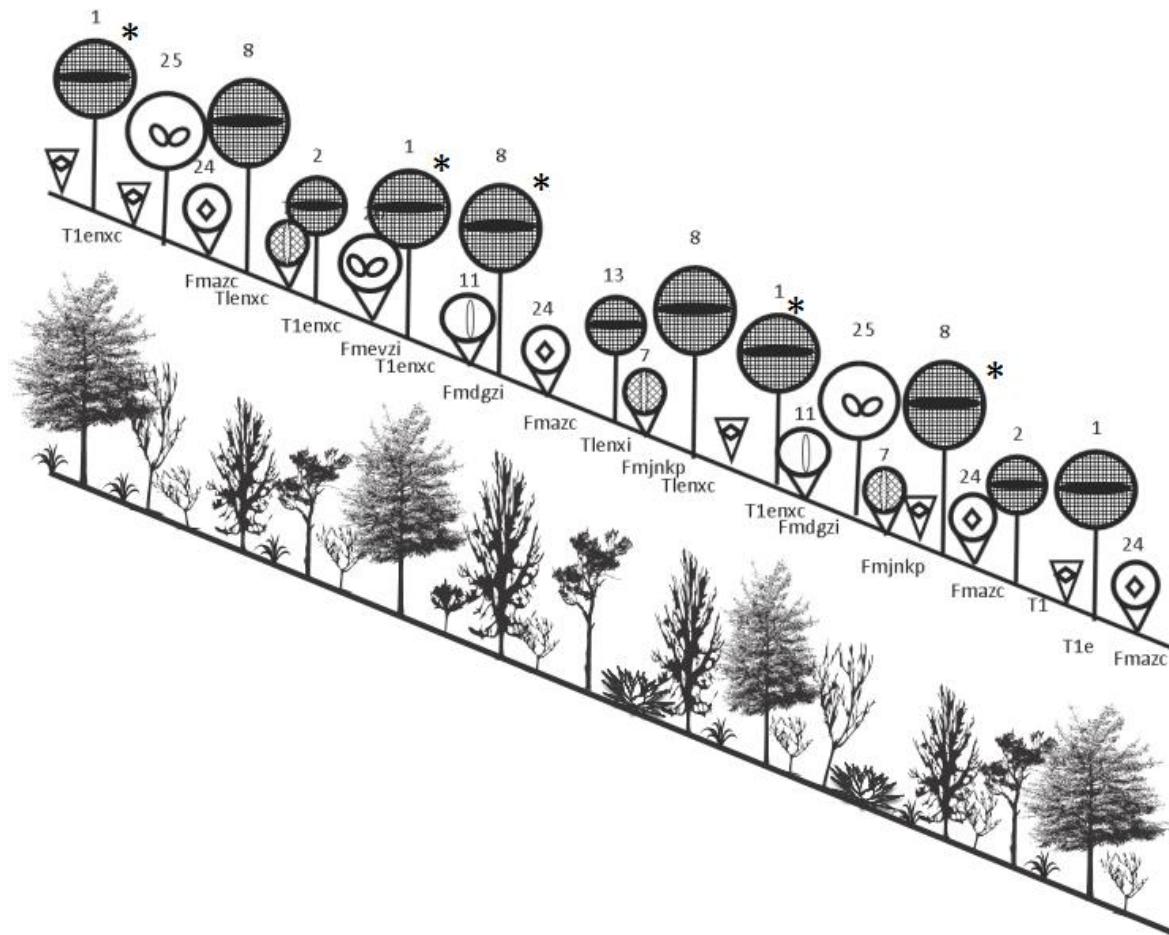


Figura 14. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Maguey Verde

Pinus cembroides, 2. Juniperus flaccida, 7. Agave salmiana, 8. Pinus pinceana, 11. Stevia saliciflora, 13. Juniperus deppeana, 24. Dodonea viscosa, 25. Calia secundiflora.

La distancia media entre árboles es de 4.3 metros y la densidad 5.5 árboles/100m<sup>2</sup>. Se obtuvieron valores estructurales para cada una de las especies arbóreas presentes en el sitio los cuales se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Valores estructurales del sitio Maguey Verde

Espece	No. de individuos por	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	3.1	342.5	36	1053.3	91.7	36.7	37.5	110.2	
<i>P. pinceana</i>	2.9	295.6	29.4	858.3	75	30	35.4	94.8	
<i>J. fláccida</i>	1.4	575.2	26.9	786.1	58.3	23.3	16.7	66.9	
<i>C. secundiflora</i>	0.7	85.9	1	30.9	25	10	8.4	19.3	

El suelo es de tipo rendzina cuenta con textura franco-arenosa (Figura 6). El pH presente en el suelo es 7.84, mientras que la concentración de nitrógeno de 9.8 mg/kg, de fosforo de 11.28 mg/kg, de potasio de 372 mg/kg, de calcio de 5400 mg/kg y fierro de 13.42 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 3.42%.

### Sitio 9. Maguey Verde 2

En este sitio se encuentra un bosque de *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*. El dosel arbóreo presenta alturas de hasta 11 metros. Se observó en gran parte de los individuos de *Pinus cembroides* la presencia de *Tillandsia* sp. La altura máxima del dosel arbóreo es de hasta 14 metros. Las especies de herbáceas presentes son: *Asclepias linaria*, *Catilleja ternuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp., *Maurandya antirrhiniflora*, *Erigeron longipes*, *Senna mexicana*. El estrato arbustivo se compone por *Gnaphalium* sp., *Salvia microphylla*, *Lantana velutina*, *Dodonea viscosa*, *Bouvardia ternifolia*, *Delea lutea*, *Agave salmiana*, *Opuntia leucotricha* y *Opuntia tormentosa*. El sitio se encuentra a 1 km del poblado Maguey Verde con coordenadas aproximadas 21.094081° N y 99.691818° W. El clima del sitio es templado subhúmedo, con formula climática C(w<sub>0</sub>)(w). La pendiente promedio es de 36% con una exposición oeste (Figura 15).



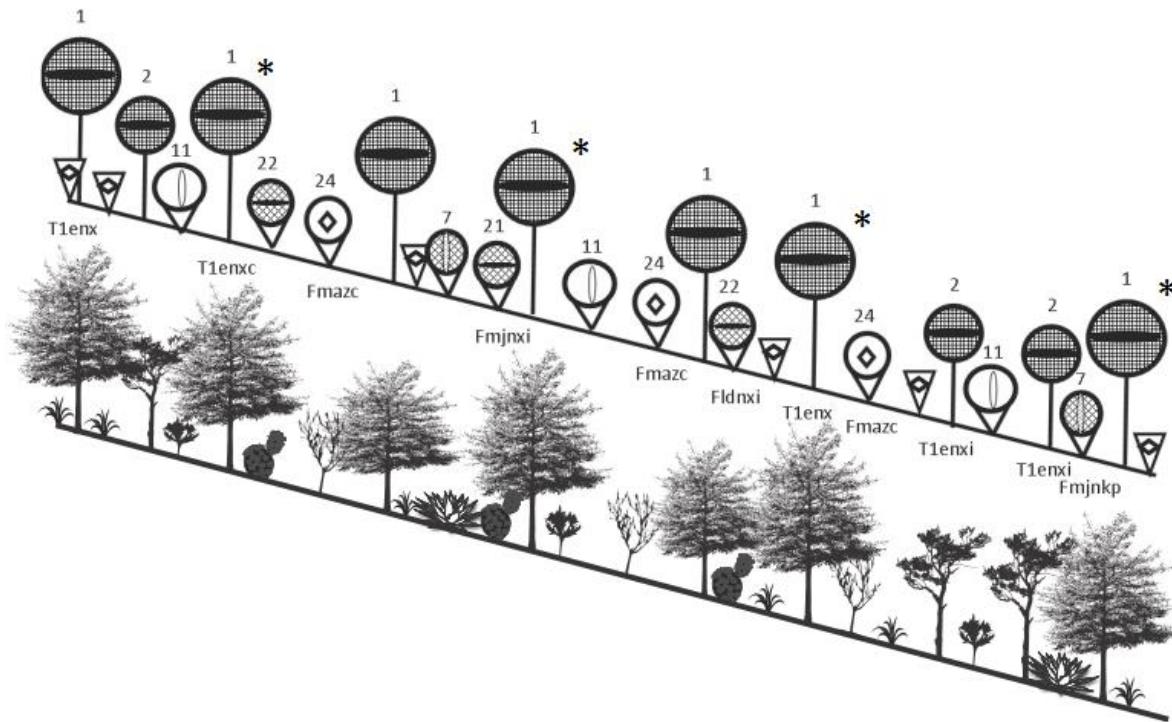


Figura 15. Danserogramma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Maguey Verde 2

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 7. *Agave salmiana*, 20. *Rhus standleyi*, 22. *Opuntia tormentosa*, 24. *Dodonea viscosa*.

La densidad absoluta en el sitio es de 5.5 árboles/100m<sup>2</sup>, con una distancia media de 4.3 metros. Se obtuvieron valores estructurales de las especies de porte arbóreo presentes en el sitio (Cuadro 11).

Cuadro 11. Valores estructurales del sitio Maguey Verde 2

Espezie	No. de individuos por	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	4.8	314.9	92.5	1515.7	100	75	87.5	255	
<i>J. flaccida</i>	4.8	314.9	92.5	1515.7	100	75	87.5	255	
<i>P. pinceana</i>	0.1	132.7	0.9	15.2	8.3	6.3	2.1	9.3	



El suelo se caracteriza como rendzina asociado con regosol (Figura 6) y cuenta con textura franco-arenosa. El pH presente en el suelo es 7.49, mientras que la concentración de nitrógeno es de 36.9 mg/kg, la de fosforo de 9.99 mg/kg, la de potasio de 530 mg/kg, la de calcio de 4560 mg/kg y la fierro de 15.40 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 8.2%.

### Sitio 10. Sombrerete

El sitio se localiza a un kilómetro de la población de nombre “Sombrerete” perteneciente al municipio de Cadereyta, en las coordenadas 20.80643° N y 99.63137° W. El clima del sitio es templado subhúmedo, con formula climática C(w<sub>0</sub>)(w) (Figura 5). El bosque se encuentra constituido en su estrato arbóreo por *Juniperus flaccida* y *Pinus cembroides*. El estrato arbustivo se compone por; *Lantana velutina*, *Amelanchier denticulata*, *Tecoma stans*, *Bouvardia ternifolia*, *Brogniartia intermedia*, *Gnaphalium* sp., *Delea lutea*, *Agave salmiana* y *Opuntia tormentosa* mientras que las herbáceas presentes son: *Bouvardia longiflora*, *Asclepia linaria*, *Ipomea orizabensis*, *Castilleja ternuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Senecio* sp., *Peperomia campylotropa*, *Melampodium* sp. (Figura 16). El sitio cuenta con una pendiente poco marcada de 20%, una altitud promedio de 2808 msnm y exposición hacia el Sur. La precipitación promedio anual de la zona es de 302 mm.



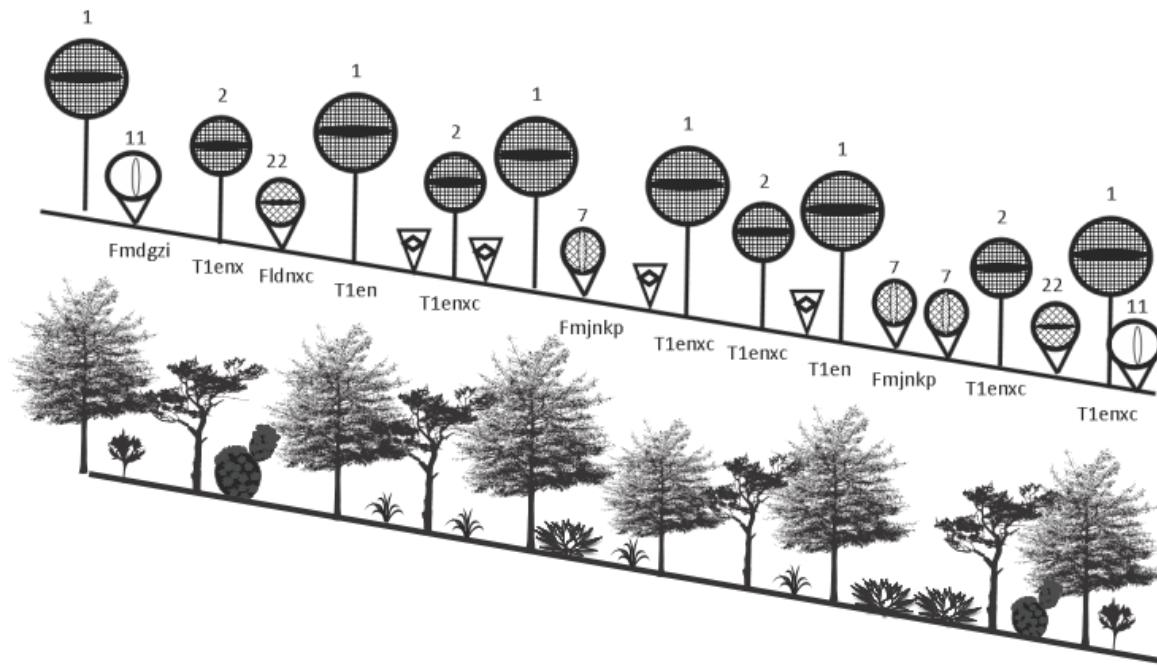


Figura 16. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Sombrerete

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 7. *Agave salmiana*, 11. *Stevia saliciflora*, 22. *Opuntia tormentosa*.

El sitio presenta una distancia media de 3.8 metros, por lo que tiene una densidad absoluta de 7.1 árboles/100m<sup>2</sup>. Los valores estructurales de las especies arbóreas presentes en el sitio se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Valores estructurales del sitio Sombrerete

Especie	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Relativa	Dominancia	Absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	4.1	315.7	62.5	1307.4	100	52.2	58.3	173	
<i>J. flaccida</i>	3	265.2	37.5	784.5	91.7	47.8	41.7	127	

El suelo pertenece a una clasificación de rendzina (Figura 6) con textura franco-arcillo-arenosa. El pH presente en el suelo es 6.94, mientras que la concentración de nitrógeno es de 14.7 mg/kg, la fosforo de 6.97 mg/kg, la de potasio de 342 mg/kg, la de calcio de 3600 mg/kg y la fierro de 17.34 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.72%.



## Sitio 11. Cadereyta

En este sitio se registraron como especies arbóreas *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides* y *Acacia schaffneri*. El estrato herbáceo está compuesto por: *Castilleja ternuidolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp. Las especies de arbustivas presentes son: *Lantana velutina*, *Dodonea viscosa*, *Amelancher denticulata*, *Bouvardia ternifolia*, *Salvia ballotiflora*, *Gnaphalium* sp. El estrato herbáceo está compuesto por: *Castilleja ternuifolia*, *Stevia salicifolia*, *Geranium latum*, *Melampodium* sp. Además se encuentran especies como: *Coryphantha erecta*, *Agave gentryi*, *Opuntia rastrera*, *Cylindropuntia imbricata*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Fouqueria splendens* y *Opuntia cantabrigiensis*. Además de *Tillandsia* sp. como planta epífita. Este sitio se encuentra en clima templado subhúmedo con temperatura media anual de entre 12°C y 18°, temperatura del mes más frío de entre -3% y 18%°C y temperatura del mes más caliente por debajo de 22°C con precipitación media anual de alrededor de 1285mm, por lo que corresponde a fórmula climática C(w<sub>2</sub>)(Figura 5). Se ubica a un costado de la carretera rumbo a San Joaquín, en las coordenadas 20.89247° latitud norte y 99.66263° longitud oeste. El terreno donde se localiza el sitio presenta una pendiente promedio de 40% y exposición noroeste, en una altitud de 2239 msnm y con una precipitación promedio anual de 1285 mm. (Figura 17).



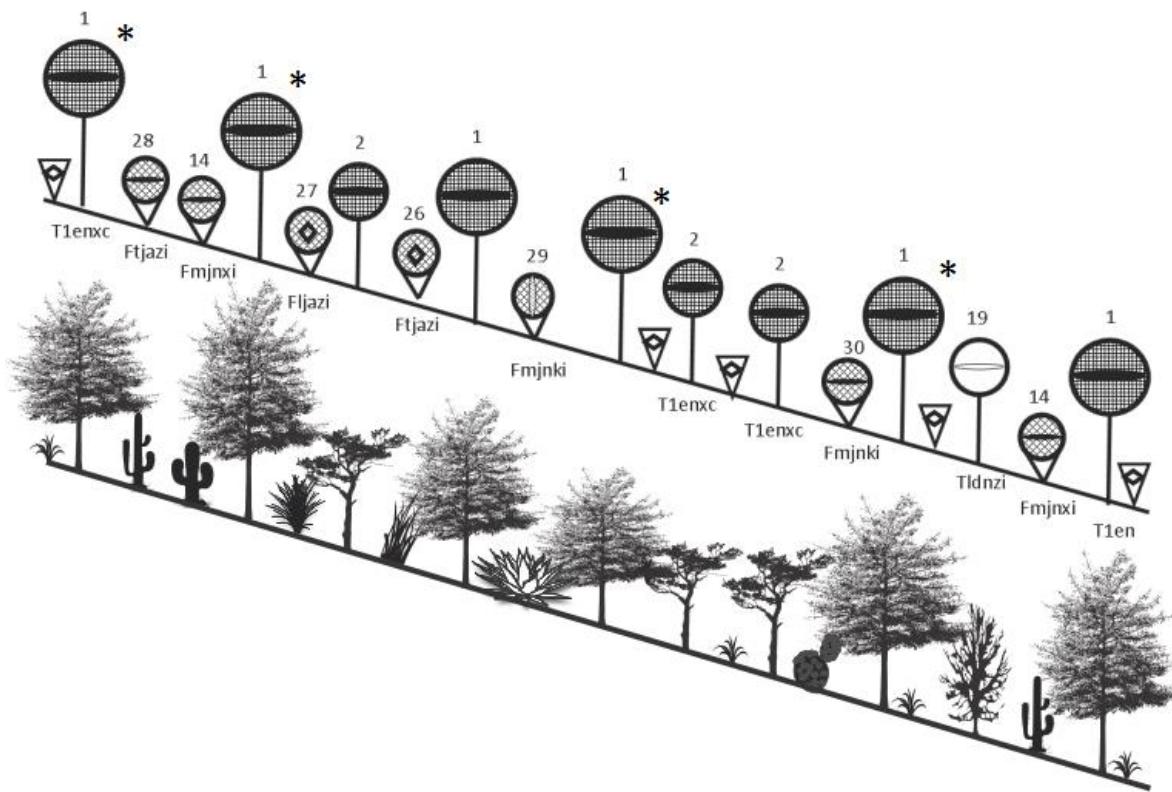


Figura 17. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Cadereyta

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 14. *Cylindropuntia imbricata*, 19. *Acacia schaffneri*, 26. *Fouqueria splendens*, 27. *Euphorbia antisiphilitica*, 28. *Coryphanta erecta*, 29. *Agave gentryi*, 30. *Opuntia cantabrigiensis*.

En el sitio se obtuvieron valores estructurales de las especies arbóreas presentes en el sitio (Cuadro 13), además se cuantificó una distancia media entre árboles de 4.45 m con lo que se obtuvo una densidad absoluta de 5 árboles/100m<sup>2</sup>.

Cuadro 13. Valores estructurales del sitio Cadereyta

Espezie	No. individuos hor 100m <sup>2</sup>	Área media basal	Área relativa basal	Dominancia absoluta	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	VI
<i>P. cembroides</i>	3.3	519.4	82.9	1731.4	100	52.9	66.7	66.7	202.5	
<i>J. flaccida</i>	1.5	232.1	17	354.6	77.8	41.2	30.6	30.6	88.7	
<i>A. schaffneri</i>	0.1	23.8	0.2	3.3	11.1	5.9	2.8	2.8	8.8	

El suelo presente en el sitio es de tipo rendzina (Figura 6) con textura franco-arcillo-arenosa. El pH es de 6.94, y la concentración de nitrógeno es de 14.7 mg/kg, la de fosforo de 6.97 mg/kg, la de potasio de 342 mg/kg, la de calcio de 3600 mg/kg y la fierro de 17.34 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.72%.

### Sitio 12. Cadereyta 2

El sitio se localiza en las coordenadas 20.90441° latitud norte y 99.67058° longitud oeste, con una altitud de 2078 msnm una precipitación anual promedio de 2239 mm, una pendiente de 24% y exposición predominantemente hacia el noroeste. El clima de este sitio corresponde a semicálido, con temperatura media anual entre 18 y 22°C, el más cálido de los templados C y el más seco de los templados subhúmedos con formula climática (A)C(w<sub>0</sub>)w (Figura 5). El bosque se conforma por árboles de *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides* y *Acacia schaffneri*, que alcanzan alturas de hasta 9 metros. En la flora asociada se encuentran especies de porte arbustivo como: *Krameria cytisoides*, *Dodonea viscosa*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Amelanchier denticulata*, *Lantana velutina*, *Bouvardia ternifolia*, *Decatropis bicolor*, *Dalea lutea*, *Gnaphalium* sp. Las especies herbáceas presentes fueron: *Castilleja ternuifolia*, *Sedum moranense*, *Stevia salicifolia*, *Melampodium* sp. Se encontraron también ejemplares de: *Cylindropuntia imbricata*, *Euphorbia antisyphilitica* y *Agave xylocacantha* y *Tillandsia* sp., planta epífita (Figura 18).



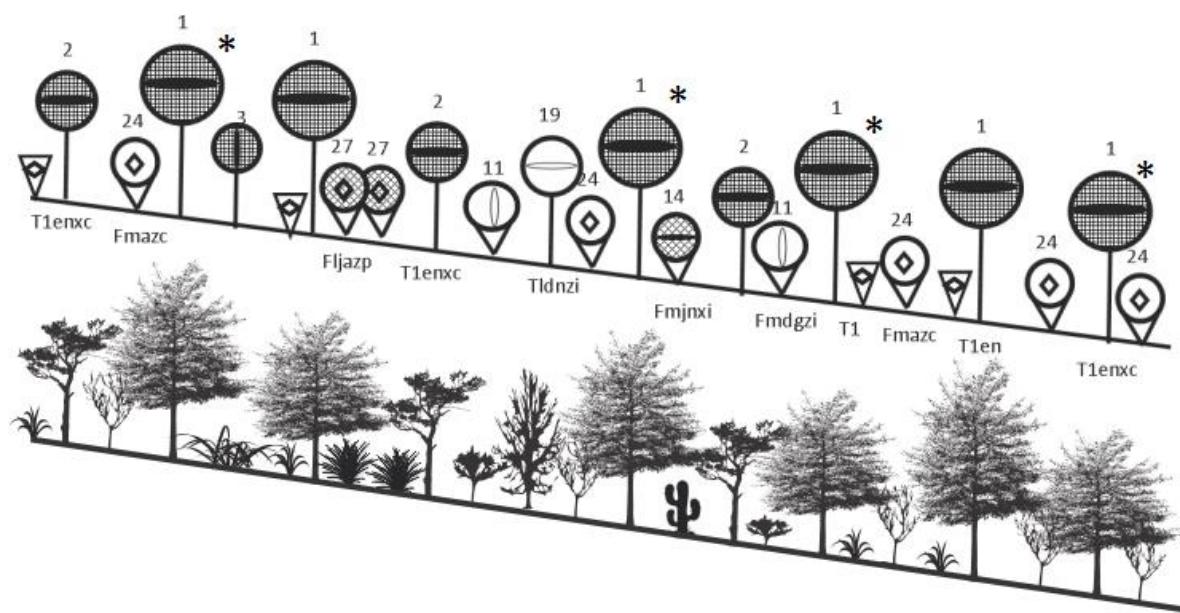


Figura 18. Danserograma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Cadereyta 2

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 11. *Stevia saliciflora*, 14. *Cylindropuntia imbricata*, 24. *Dodonea viscosa*, 27. *Euphorbia antisyphilitica*.

Este sitio cuenta con distancia media de 3.4 m entre árboles y densidad absoluta de 9.5 árboles/100m<sup>2</sup>. Se obtuvieron datos estructurales de las especies de árboles presentes en el sitio para su análisis (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores estructurales del sitio Cadereyta 2

Especie	No. individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Relatividad	Dominancia absoluta	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	3.3	519.4	82.9	1731.4	100	52.9	66.7	66.7	202.5	
<i>J. flaccida</i>	1.5	232.1	17	354.6	77.8	41.2	30.6	30.6	88.7	
<i>A. schaffneri</i>	0.1	23.8	0.2	3.3	11.1	5.9	2.8	2.8	8.8	

El suelo es de tipo regosol éutrico (Figura 6), delgado y poco fértil con textura francoarenosa. El pH presente en el suelo es básico (8.22), mientras que la concentración



de nitrógeno es de 18.6 mg/kg, la de fosforo de 35.97 mg/kg, la de potasio de 328 mg/kg, la de calcio de 13617 mg/kg y la fierro de 7.23 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 7.8%.

### Sitio 13. Los Juárez

Se ubica en las coordenadas 20.85641° N y 99.63272° W a poco más de un kilómetro del poblado Los Juárez perteneciente al municipio de Cadereyta. Se encuentra a un costado de la barranca la Vaina, con una pendiente muy marcada de 48% y una orientación hacia el sureste. El clima de esta zona es semicálido, con temperatura media anual entre 18 y 22°C, el más cálido de los templados C y el más seco de los templados subhúmedos con formula climática (A)C(w<sub>0</sub>)w (Figura 5). La comunidad arbórea ahí presente se compone de *Juniperus flaccida*, *Juniperus deppeana*, *Pinus cembroide* y *Pinus bicolor*. El dosel arbóreo alcanza los 7.5 metros de altura. Las especies herbáceas presentes en el sitio son: *Bouvardia longiflora*, *Geranium latum*, *Senecio* sp., *Ipomea orizabensis*, *Peperomia campylotropa*, *Gnaphalum* sp., *Maurandya antirrhiniflora*, *Stevia saliciflora*, *Glandularia bipinnatifida*, *Arracacia tolucensis*. Mintras que en el estrato arbustivo se encuentran: *Gnaphalium* sp., *Salvia microphylla*, *Lantana velutina*, *Brogniartia intermedia*, *Salvia ballotiflora*, *Dodonea viscosa*, *Bouvardia ternifolia*, *Agave salmiana*, *Dasyllirion acrotrichum*, *Echeveria elegans*, *Strenocactus ochoterenaus*, *Pinguicula acuminata* (Figura 19).



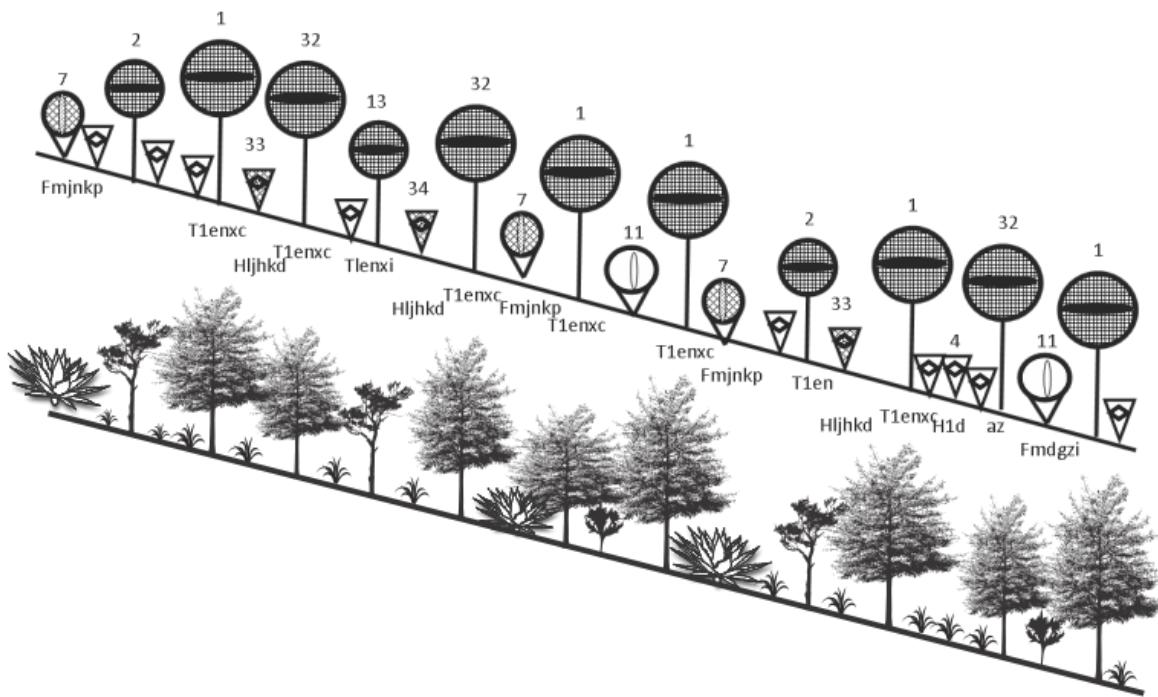


Figura 19. Danserogramma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Los Juárez

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 4. *Bouvardia longiflora*, 7. *Agave salmiana*, 11. *Stevia saliciflora*, 32. *Pinus bicolor*, 33. *Echeveria elegans*, 34. *Pinguicula acuminata*.

En el sitio se obtuvo un valor de distancia media de 3.2 metros entre árboles y 9.5 árboles/100m<sup>2</sup> en cuanto a densidad absoluta. Además, se obtuvieron valores estructurales de las especies con porte arbóreo presentes en el sitio (Cuadro 15).

Cuadro 15. Valores estructurales del sitio Los Juárez

Espezie	No. de individuos por 100m <sup>2</sup>	Área basal media	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	4.3	169.7	55.6	725.5	90	37.5	45	138.1
<i>P. bicolor</i>	3.3	105.4	26.9	350.5	90	37.5	35	99.4
<i>J. flaccida</i>	1.4	130.1	14.2	185.5	40	16.7	15	45.9
<i>J. deppeana</i>	0.5	92	3.3	43.7	20	8.3	5	16.7



El suelo de tipo regosol éutrico (Figura 6), mostró textura franco-arenosa con pH es de 7.55, valores de nitrógeno de 52.9mg/kg, fosforo 22.36 mg/kg, de potasio de 352 mg/kg, de calcio de 3325 mg/kg y fierro 22.07 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.32%

### Sitio 14. Villitas

Se trata de un bosque localizado cerca de una comunidad con nombre “Las villitas”. Se encuentra en las coordenadas 20.85693° de latitud norte y 99.63268° longitud oeste. El clima del sitio corresponde al tipo templado subhúmedo con temperatura media anual de entre 12°C y 18°, temperatura del mes más frio de entre -3% y 18%°C y temperatura del mes más caliente por debajo de 22°C con precipitación media anual de alrededor de 1500mm, por lo que corresponde a fórmula climática C(w<sub>2</sub>)(Figura 5). Está compuesto en su estrato arbóreo por: *Juniperus flaccida*, *Juniperus deppeana*, *Pinus cembroide* y *Pinus bicolor*. El estrato herbáceo está compuesto por: *Bouvardia longiflora*, *Geranium latum*, *Senecio* sp., *Ipomoea orizabensis*, *Peperomia campylotropa*, *Castilleja ternuiflora*, *Sedum moranense*, *Melampodium* sp., *Stevia saliciflora*, *Glandularia bipinnatifida*, *Senna mexicana* y *Arracacia tolucensis*. Las especies arbustivas asociadas con el bosque son: *Salvia microphylla*, *Brogniartia intermedia*, *Salvia ballotiflora*, *Dodonea viscosa*, *Lantana velutina*, *Rhus standleyi*, *Echeveria elegans*, *Manfreda scabra* y *Pinguicula acuminata*. El sitio presenta una pendiente promedio de 33%, orientación sur y una altitud de 2882 msnm con alturas del dosel arbóreo de hasta 7 metros (Figura 20).



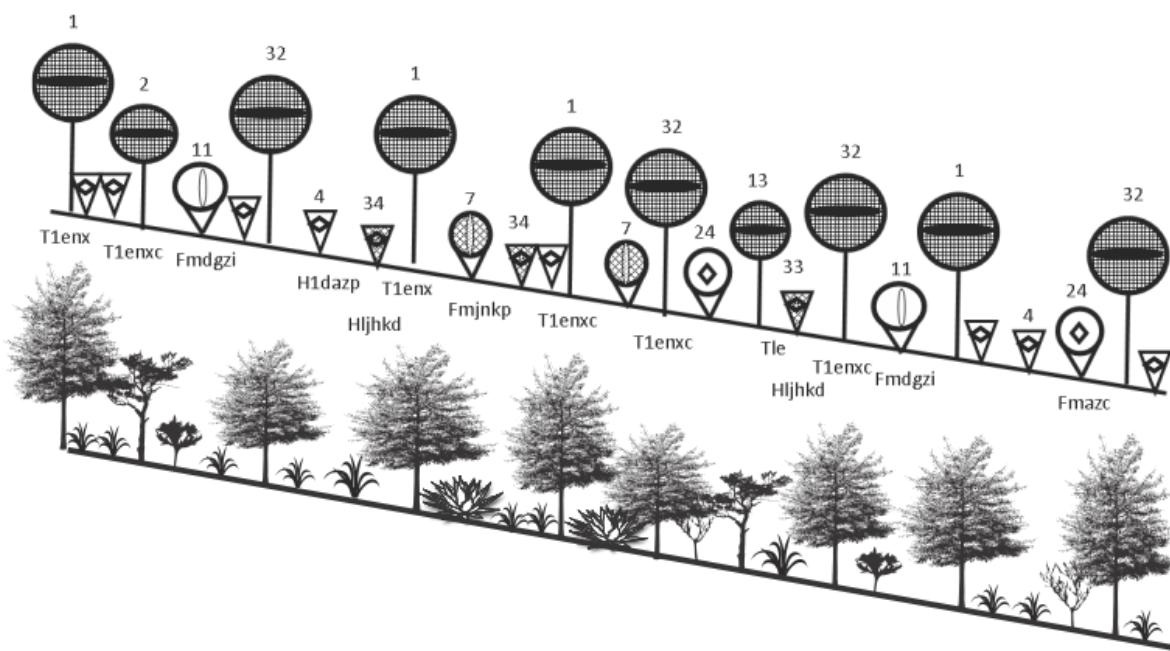


Figura 20. Danserogramma y Perfil fisonómico semirrealista de la vegetación en el sitio Villitas

1. *Pinus cembroides*, 2. *Juniperus flaccida*, 4. *Bouvardia longiflora*, 7. *Agave salmiana*, 11. *Stevia saliciflora*, 13. *Juniperus deppeana*, 24. *Dodonea viscosa*, 32. *Pinus bicolor*, 34. *Pinguicula acuminata*.

En este sitio se encontró una distancia promedio de 3.2 metros entre árboles y una densidad absoluta de 9.8 árboles/100m<sup>2</sup>, se utilizaron los valores de las demás mediciones para obtener algunos valores estructurales de las especies arbóreas presentes en el sitio (Cuadro 16).

Cuadro 16. Valores estructurales del sitio Villitas

Espezie	No. individuos por 100m <sup>2</sup>	Área media basal	Área basal relativa	Dominancia relativa	Dominancia absoluta	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
<i>P. cembroides</i>	4.3	168.4	53.6	715.8	100	40.9	47.2	47.2	141.7	
<i>P. bicolor</i>	3	127.9	28.7	383.6	77.8	31.8	33.3	33.3	93.9	
<i>J. flaccida</i>	0.8	132.2	7.4	99.2	33.3	13.6	8.3	8.3	29.4	
<i>J. deppeana</i>	1	136.7	10.2	136.7	33.3	13.6	11.1	11.1	35	



El suelo es de tipo rendzina (Figura 6) y cuenta con textura franco-arcillo-arenosa con pH es de 7.12, concentración de nitrógeno de 22.7 mg/kg, de fosforo de 34.58 mg/kg, de potasio de 368 mg/kg, de calcio de 3604 mg/kg y de fierro 15.62 mg/kg. El contenido de materia orgánica en el sitio es 6.05%.

### 5.3 Composición florística

El semidesierto Queretano se localiza en los valles presentes entre la accidentada topografía de la Sierra Madre Oriental, su clima semiárido se debe a su posición a sotavento de dicha cadena montañosa, estas características fisiográficas influyen en la vegetación presente, sin embargo, la presencia de la cuenca del río Panuco y sus afluentes disminuyen lo drástico de las condiciones y propician una mayor diversificación (González, 2012)

Los bosques de pinos piñoneros están presentes en las áreas de transición entre las áreas montañosas, con presencia de bosques templados, y las zonas áridas con vegetación caracterizada como matorral xerofito. Esta transición es determinada por el gradiente altitudinal. Al estar en contacto con dos ecosistemas diferentes forman una estructura fisonómica única, con presencia de especies vegetales propias de matorral xerófilo y una estructura arbórea abierta. Se observaron comunidades que carecen de un gradiente altitudinal lo que propicia la formación de bosques tipo casquete, en la zona superior de formaciones montañosas, como el caso del sitio Sombrerete.

Los sitios San Joaquín, Vizarrón, San Joaquín y Cadereyta corresponden a un área caracterizada como bosques de *Juniperus* sp. y *Pinus cembroides* con altitudes de hasta 2255 msnm, se desarrollan sobre suelos calizos con presencia de erosión debido a que son sitios sometidos a pastoreo extensivo, esta condición según Fernández(1997) causa un alto grado de alteración en la composición florística y estructura de la comunidad.

En el presente trabajo se obtuvo una lista florística de 80 especies, 63 géneros y 39 familias de plantas vasculares, la cual puede ser observada en el Anexo 1 en el que



se señalan los sitios donde fueron colectadas. Los taxones encontrados se distribuyeron como se indica en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Familias con mayor número de especies asociadas a bosques piñoneros.

Familia	No. géneros	No. especies	% de especies
Cactaceae	8	12	15
Asteraceae	7	10	13
Fabaceae	7	7	9
Agavaceae	2	5	6
Lamiaceae	2	4	5

La familia con mayor número de géneros y especies presentes fue cactaceae, Reynolds, *et al.* (2005) mencionan que los ambientes perturbados muestran un remplazo de especies asociadas a climas templados por especies con afinidad a climas xerófilos, es decir que tienen alta presencia de agaves y cactus. Estas especies son abundantes en mesetas, pero tienden a colonizar suelos pobres y degradados. Según Nobel (2010) este comportamiento se verá favorecido debido al cambio climático (Romero-Manzanarez, *et al.*, 2012).

## 5.4 Valores estructurales

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de los índices de riqueza, abundancia, dominancia, frecuencia, e índices de valor de importancia.

### 5.4.1 Riqueza

Como se muestra en el

Cuadro 18, los sitios con mayor riqueza en diversidad arbórea son los Pinal de Amoles (Sitio 4) y Maguey Verde (Sitio 8); ambos con seis especies. Posteriormente se encuentra el sitio Maguey Verde 2 (Sitio 9).



Cuadro 18. Valores de riqueza en el estrato arbóreo presentes en los 14 sitios

<b>Sitio</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Especies presentes</b>
Sitio 1: Cadereyta	2	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides</i>
Sitio 2: Vizarrón	4	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Nolina parviflora, Pinus pinceana</i>
Sitio 3: San Joaquín	4	<i>Juniperus flaccida, Juniperus deppeana, Pinus cembroides, Nolina parviflora.</i>
Sitio 4:Pinal de Amoles	6	<i>Juniperus flaccida, Juniperus deppeana, Pinus cembroides, Pinus pinceana, Quercus mexicana, Quercus germana</i>
Sitio 5: Río Blanco	4	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Acacia schaffneri, Quercus mexicana.</i>
Sitio 6: Puerto Hondo	3	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Rhus standleyi.</i>
Sitio 7:Río Blanco 2	3	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Rhus standleyi.</i>
Sitio 8:Maguey Verde	5	<i>Juniperus flaccida, Juniperus deppeana, Pinus cembroides, Pinus pinceana, Calia secundiflora.</i>
Sitio 9:Maguey Verde 2	3	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Pinus pinceana.</i>
Sitio 10:Sombrerete	2	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides</i>
Sitio 11: Cadereyta	3	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Acacia schaffneri.</i>
Sitio 12:Cadereyta 2	3	<i>Juniperus flaccida, Pinus cembroides, Acacia schaffneri.</i>
Sitio 13: Los Juárez	4	<i>Juniperus flaccida, Juniperus deppeana, Pinus cembroides, Pinus bicolor</i>
Sitio 14: Villitas	4	<i>Juniperus flaccida, Juniperus deppeana, Pinus cembroides, Pinus bicolor</i>

La distribución y composición de especies en los sitios es restringida debido a que las diferentes especies de organismos no aceptan el paisaje bajo los mismos términos, es decir que cada especie ocupa el paisaje donde se encuentra desde su escala propia (Allen, 1992).



#### 5.4.2 Abundancia

En cuanto al índice de abundancia *Pinus cembroides* presentó valores más altos en el 85.7% de los sitios. Esto se debe a que *P. cembroides* es la especie de pino piñonero con mayor amplitud geográfica sobre el altiplano del norte y centro de México (Luna-Cavazos, *et al.*, 2008). Los valores de abundancia de la especie *P. cembroides* fluctuaron desde 92% (Maguey Verde) hasta 25% (Pinal de Amoles). La baja abundancia de individuos de *Pinus cembroides* en el sitio Pinal de Amoles es causada debido a que existe una mayor diversidad de especies lo que incide negativamente en la cantidad de individuos por especie. La segunda especie con mayor abundancia fue *J. flaccida*, en el sitio Cadereyta y Pinal de Amoles fue la más abundante, con valores de 64 y 39 % respectivamente. Harris, *et al.*, 2003 mencionan que la relación de *Juniperus- Pinus* en zonas áridas es histórica, la estructura contemporánea de estos ecosistemas semiáridos son el resultado de interacciones históricas entre clima, vegetación, fuego, pastoreo, manejo humano, contenido atmosférico de CO<sub>2</sub>, plagas de insectos y otros factores. Himmelsbach, *et al.*, (2008) reportaron a *Juniperus flaccida* como la especie con mayor capacidad de reacción a los cambios ambientales, en bosques de Pino-encino en la Sierra Madre Oriental, por lo que se considera una especie con una alta capacidad adaptativa a condiciones de estrés hídrico.

#### 5.4.3 Dominancia

La especie más dominante en el 78.6% de los sitios es *Pinus cembroides*. Los valores de índice de dominancia de esta especie van desde 25.3% (Pinal de amoles) hasta 92.5% (Maguey verde 2). El sitio establecido en Maguey Verde es el sitio que reporta una precipitación media anual más baja, en comparación con los demás sitios, con 432 mm (CONAGUA, 2000), lo cual explica la alta dominancia de *P. cembroides* por ser una especie más resistentes a sequía (CONAFOR, 2002) y por lo tanto encuentra en estos sitios un área propia para el desarrollo de sus bosques, mientras que en sitios más templados como Pinal de amoles las condiciones de humedad son menos restrictivas y propician el desarrollo de más especies. *J.flaccida* fue la especie dominante en dos de los sitios San Javier (63.9%) y Pinal



de Amoles (39.1%), Ayerde-Lozada y López-Mata (2006) menciona que el manejo actual, extracción de madera y apacentamiento, han tenido un efecto positivo en algunos parámetros demográficos de *J. flaccida*, esto podría explicar su alta dominancia en algunos sitios.

#### 5.4.4 Frecuencia

Los valores del índice de frecuencia de *P. cembroides* tuvo valores de 100 en el 64.3% de los sitios, es decir que en 9 sitios esta especie está distribuido de manera uniforme. Mientras que el valor más bajo se ubicó en el sitio Vizarrón con un valor de 72.2, es decir que la especie aunque es abundante, no se encuentra distribuida de manera uniforme. Esto podría explicarse a la alta dominancia y abundancia de *P. pinceana*, lo que afecta en los valores estructurales de *P. cembroides*, Ríos-Carrasco, et al. (2008) mencionan que las poblaciones de *P. pinceana* se desarrollan en asociación con *P. cembroides* en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro.

#### 5.4.5 Índice de Valor de Importancia

El valor de IVI en el 85.7% de los sitios mostro como especie más importante en las comunidades a *Pinus cembroides*. Los valores fluctuaron entre 279.9 (Maguey Verde 2) a 138 (Pinal de Amoles). Esto muestra que la especie de pino piñonero más abundante para el estado de Querétaro es *P. cembroides*. Esto debido a que en México *P. cembroides* es la especie principal de piñonero por la amplia distribución geográfica en el altiplano del norte y centro del país (Luna-Cavazos, et al., 2008). La asociación arbórea mejor representada fue *P. cembroides* y *Juniperus flaccida*, en un gradiente altitudinal de 2011 a 2811 msnm, estas dos poblaciones coexisten, debido a que los requerimientos ambientales de ambas especies son muy similares. Mientras que en altitudes mayores (2853 – 2882 msnm) se observó la asociación de *P. cembroides* y *P. cembroides* var. *bicolor*. Romero-Manzanares et al., (2012) menciona que *P. cembroides* var. *bicolor* (*P. johannis*) está asociado a ambientes mesofilos, lo que explica su distribución en sitios con clima templado subhúmedo y a mayores altitudes.



## 5.5 Formas de vida

Como parte de la caracterización fisonómica de los bosques muestreados, se determinó la forma de vida de cada una de las especies (herbáceas, arbustivas y arbóreas) encontradas en los sitios. Las distintas formas de vida ponen en manifiesto las adaptaciones ecológicas, la clasificación más usada corresponde a la desarrollada por Raunkiaer, adaptada por Muller Dombois y Ellenberg, la cual se basa en la posición de las yemas apicales (Nivia y Cascante, 2008).

En todos los sitios la forma de Cameófitos muestra un mayor porcentaje seguida por Fanerófitos, la forma de vida menor representada fue Insectívora, ya que solo se tuvo registro en dos sitios de la especie *Pinguicula acuminata* (Cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de formas de vida presentes en los sitios muestreados

Sitio	Cameófitos (Ch)	Fanerófitos (P)	Terófitos (T)	Hemicriptófitos (H)	Lianas (L)	Geófitos (G)	Insectívora (Ca)
Sitio 1	65	12	8	4	4	8	0
Sitio 2	75	19	0	6	0	0	0
Sitio 3	65	24	6	6	0	0	0
Sitio 4	31	44	19	6	0	0	0
Sitio 5	42	58	0	0	0	0	0
Sitio 6	67	33	0	0	0	0	0
Sitio 7	69	31	0	0	0	0	0
Sitio 8	60	20	5	10	5	0	0
Sitio 9	59	23	9	9	0	0	0
Sitio 10	52	14	10	10	5	10	0
Sitio 11	60	25	5	10	0	0	0
Sitio 12	75	20	5	0	0	0	0
Sitio 13	50	17	10	7	7	7	3
Sitio 14	46	23	8	8	4	8	4

La forma de vida cameófitos corresponde a plantas perennes, leñosas o herbáceas, cuyas ramas maduras o sistema caulinar permanecen todo el año dentro de los primeros 50 cm, portando en ellos las yemas de resistencia en el periodo desfavorable, esta descripción corresponde a la mayoría de arbustos encontrados en los sitios muestreados. Las plantas con forma de vida fanerófitas, corresponde a plantas leñosas o herbáceas vivaces, cuyas yemas de reemplazo se encuentran por



encima de los 50 cm del nivel del suelo (Alcaraz, 2013), estas especies corresponden a árboles y arbustos grandes como *Fouqueria splendens*.

Galván (1990) realizó un análisis de formas de vida presentes en Cadereyta, Qro. en el que menciona que la forma de vida mayormente representada es terófitas, herbáceas anuales, lo que no corresponde con los resultados del presente estudio. Estas diferencias podrían deberse a la época de recolección de muestras, ya que en el momento de la recolección aún era época de estiaje, temporada desfavorable de este tipo de vegetación.

Los sitios con mayor número de terófitas fueron Sitio 4(Pinal de Amoles), Sitio 10 (Sombrerete), Sitio 13(Los Juárez) y Sitio 14(Villitas), estos sitios se encuentran en climas templados lo que propicia una mayor diversidad de herbáceas. Mientras que sitios con climas secos como son Río blanco (sitio 5), Puerto Hondo (sitio 6) y Río Blanco 2(Sitio 7), presentaron nula o muy baja presencia de organismos terófitos.

Los sitios con mayor diversidad de formas de vida, fueron los bosques de *asociación Pinus cembroides* y *Pinus cembroides* var. *bicolor* (sitio 13 y 14), los cuales tuvieron al menos un organismo representando cada una de las formas de vida, esto pone de manifiesto que estos ecosistemas presentan más estratos y por lo tanto son más complejos. Romero-Manzanarez, et al., (2012) mencionan que los bosques de *P. cembroides* var *bicolor* se desarrollan una amplia variedad de familias vegetales (Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae y Poaceae) a diferencia de bosques monoespecíficos de *P. cembroides* donde la diversidad de familias presentes disminuye.

## 5.6 Clasificación de la vegetación

El análisis de semejanza florística tuvo como objetivo principal determinar el grado de aislamiento entre estas comunidades vegetales. La composición florística determina de manera importante las características de las poblaciones vegetales que componen un bosque (Olvera-Vargas & Figueroa-Rangel, 2012).

La Figura 21 muestra el dendrograma resultante utilizando el índice de Bray-Curtis. Con el objetivo de explicar las semejanzas entre las comunidades, se dividieron los



grupos con base al valor empírico de 0.5 de similitud, dando como resultado 4 aglomerados (Figura 21).

**Grupo 1** (Río Blanco, Puerto Hondo y Río Blanco 2): Bosques compuestos principalmente de asociación *P. cembroides*, *J. flaccida* y *A. shaffneri*. En climas semiseco cálido y suelos de tipo castañozem calcarico. En estos sitios la especie dominante es *P. cembroides* con alturas de hasta 11 metros. Con estructura arbórea, abierta, distancias medias de 6.53m (Río Blanco) a 3.22 m (Río Blanco 2), con exposiciones S y SW y pendientes promedio de 35%. Esto concuerda con Romero-Manzanarez y García-Moya (2002) los cuales mencionan que los sitios donde se ve favorecido el desarrollo de *P. cembroides* tienen principalmente exposición sur, ya que esto determina un clima más seco. Además de que estos sitios son los que presentaron menores altitudes (2011-2071 msnm) por lo que se encuentran más relacionados áreas de matorral xerófilo.

**Grupo 2** (Maguey Verde, Maguey Verde 2, Vizarrón, San Joaquín, Cadereyta, Cadereyta 2, Sombrerete, San Javier): Son bosques formados principalmente por asociación *P. cembroides*, *J. flaccida* y en algunos casos *P. pinceana* (Vizarrón, Maguey Verde y Maguey Verde 2). Los sitios donde se registró *P. pinceana* corresponden a sitios con pendientes marcadas (~42%), con exposiciones NW y W, esto corresponde con lo descrito por Ríos-Carrasco, et al. (2008) que describen a *P. pinceana* como un árbol que crece a lo largo de las cañadas y en los declives de la mesa central del norte y centro este de México.

En la mayoría de los casos la especie con mayor presencia es *P. cembroides* con alturas que alcanzan los 13 metros y en sitios con exposición S – SW, por lo que al igual que en el grupo 1 se observa una relación de esta especie con laderas en exposición preferentemente hacia el Sur. Los sitios presentes en este aglomerado se ubicaron en un gradiente altitudinal de 2078 a 2811 msnm. En su totalidad son sitios con climas asociados al templado subhúmedo.

**Grupo 3** (Los Juárez y Villitas): Los sitios están compuestos en su estrato arbóreo por *P. cembroides* y *P. cembroides* var. *bicolor*, estos sitios presentan las altitudes



más altas de todo el estudio (2853 y 2882msnm), sin embargo Zavala en 1993 encontró la presencia de esta especie en altitudes inferiores a los sitios donde se encontraba *P. cembroides*.

Estos sitios tuvieron una pendiente promedio de 40% lo que corresponde con Romero-Manzanarez (2012) que menciona que *P. cembroides* var. *bicolor* se presenta en laderas con pendientes de entre 30 y 40%. Armentrout y Pieper (1988) mencionan que las diferencias florísticas entre *P. cembroides* y *P. cembroides* var. *bicolor* (*P. johannis*) se deben a que los agrupamientos vegetales responden de manera diferente a las variantes microclimáticas de sustrato y factores bióticos.

**Grupo 4 (Pinal de Amoles):** Esta comunidad muestra una asociación de tipo Pino-Juniperus-Encino, es el sitio con mayor diversidad tanto en el estrato arbóreo (*Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Quercus mexicana*, *Quercus germana*) como en el estrato herbáceo. Se ubica en un área muy cercana a bosque de Pino- encino. El sitio presenta una pendiente muy marcada de 73% y una exposición NW, estos factores ambientales influencian indirectamente a la temperatura y humedad de los sitios, en este caso favoreciendo un ambiente más húmedo (Romero-Manzanarez, et al., 2012)



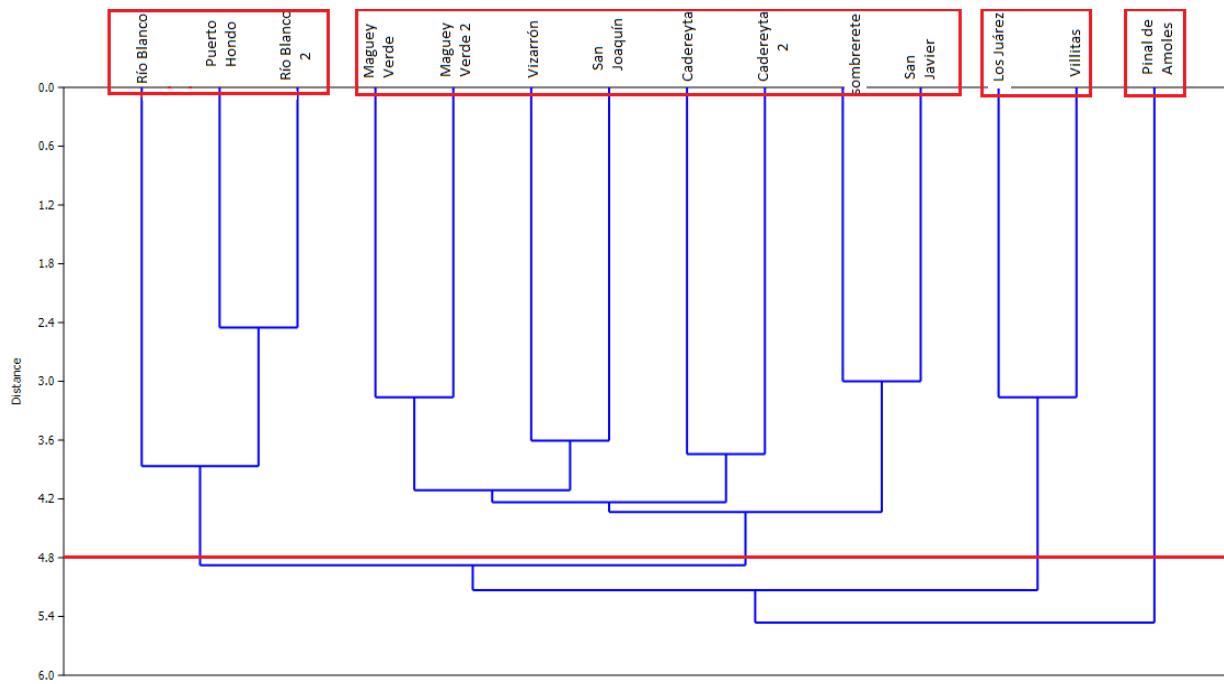


Figura 21. Semejanza florística de los 14 sitios

Se observó una gran diversidad de ambientes en las distintas comunidades y por lo tanto cambios en la vegetación, es decir que la composición florística en estos ecosistemas homogénea, esto debido a las diferencias altitudinales y exposiciones de los sitios, lo que resulta en condiciones de clima y suelo distintos entre sí, lo que determina en gran parte la composición florística (Luna-Cavazos, *et al.*, 2008).

Esto, en respuesta principalmente a los cambios climáticos que ocurren como consecuencia, del gradiente altitudinal. Otro factor importante a considerar es el uso de zonas de pastoreo que se le da a las zonas cercanas al matorral xerófilo, Fernández (1997) menciona que este factor es causante del mayor daño en zonas con poca pendiente, generando perdida de suelo y disminuyendo la capacidad de regeneración de la vegetación. Los sitios más vulnerables a estas condiciones son: San Joaquín, Vizarrón, Cadereyta, Cadereyta 2.

## 5.7 Ordenación de la vegetación

Los valores de las raíces características de los ejes de ordenación (Cuadro 20) sugieren que la flora asociada a bosques piñoneros de Querétaro, es explicada por los factores ambientales relacionados a los primeros dos ejes de variación del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC). Se obtuvieron los valores de las raíces características, la correlación entre las especies y los factores ambientales, además del porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies y las relaciones especies-ambiente, en el Cuadro 20 se observan dichos datos para los tres primeros ejes, debido a que son estos los que explican el mayor porcentaje de varianza.

Cuadro 20. Resultados del análisis de correspondencia canónica

Ejes	1	2	3	Inercia total
Raíces características	0.674	0.407	0.338	2.946
Correlación especies-factores ambientales	0.998	0.964	0.996	
<hr/>				
Varianza acumulada (%)				
De las especies	22.9	36.7	48.2	
De las relaciones especie - ambiente	27	43.3	56.9	

Con respecto a la correlación entre las variables ambientales, se observaron valores significativos entre potasio y calcio, potasio y materia orgánica, altitud y Fe, además de pH y Fe, altitud y pH con una correlación negativa. El criterio de selección de correlación de 5% de significancia ( $p<.05$ ) (

Cuadro 21).



Cuadro 21. Matriz de correlación entre las variables ambientales evaluadas.

Variable	Altitud	Pendiente	pH	N	P	K	Ca	Fe	M.O.	Arena	Limo	Arcilla
<b>Altitud</b>	1											
<b>Pendiente</b>	-0.03 0.89	1										
<b>pH</b>	<b>-0.65</b> <b>0.02</b>	0.06 0.93	1									
<b>N</b>	0.44 0.15	0.20 0.77	-0.02 0.94	1								
<b>P</b>	0.19 0.53	-0.10 0.61	0.18 0.48	0.23 0.41	1							
<b>K</b>	-0.15 0.92	0.22 0.35	-0.22 0.32	-0.14 0.84	-0.20 0.68	1						
<b>Ca</b>	-0.44 0.24	-0.09 0.88	0.34 0.33	-0.39 0.26	0.23 0.29	<b>0.60</b> <b>0.02</b>	1					
<b>Fe</b>	<b>0.81</b> <b>&lt;.05</b>	0.17 0.48	<b>-0.75</b> <b>&lt;.05</b>	0.40 0.22	-0.15 0.60	0.03 0.67	-0.41 0.27	1				
<b>M.O.</b>	-0.08 1.00	<b>0.47</b> <b>0.05</b>	-0.27 0.22	-0.07 0.84	-0.15 0.64	<b>0.87</b> <b>&lt;.0001</b>	0.46 0.09	0.06 0.59	1			
<b>Arena</b>	-0.31 0.24	-0.04 0.91	-0.11 0.57	-0.04 0.72	0.18 0.64	0.16 0.69	0.14 0.72	-0.19 0.55	0.11 0.74	1		
<b>Limo</b>	0.46 0.08	0.51 0.99	0.03 0.93	0.37 0.22	0.22 0.41	-0.17 0.92	-0.29 0.60	0.35 0.20	-0.03 0.83	<b>-0.54</b> <b>0.03</b>	1	
<b>Arcilla</b>	0.18 0.51	-0.16 0.59	0.11 0.52	-0.10 0.92	-0.30 0.36	-0.11 0.67	-0.05 0.84	0.08 0.86	-0.12 0.63	<b>-0.94</b> <b>&lt;.0001</b>	0.22 0.36	1

Las correlaciones con valores significativos se encuentran en negritas.



En el ACC se observa que las variables con valores significativos de correlación para el eje uno son: Pendiente y Potasio. Mientras que el eje 2 es explicado en su mayoría por Altitud y cantidad de Fósforo (Cuadro 22).

Cuadro 22. Matriz de correlación entre los 3 primeros ejes y 12 variables ambientales.

Variable	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Altitud	-0.03	<b>-0.66</b>	<b>-0.66</b>
Pendiente	<b>0.66</b>	0	-0.21
pH	-0.37	0.13	0.48
N	-0.15	-0.28	<b>-0.52</b>
P	-0.19	<b>-0.46</b>	-0.01
K	<b>0.74</b>	-0.08	0.21
Ca	0.28	-0.25	<b>0.79</b>
Fe	0.18	-0.47	-0.5
M.O.	<b>0.92</b>	-0.05	0.09
Arena	0.18	0.31	0.04
Limo	0.1	<b>-0.55</b>	-0.27
Arcilla	-0.25	-0.14	0.06

Los valores más significativos de la correlación se encuentran en negritas.

En el diagrama se observa que la mayoría (1, 2, 3, 10, 11, 13, 14) de los sitios se agrupan en el tercer cuadrante, Un segundo grupo se observa en el primer cuadrante (5, 6, 7, 8, 9), mientras que el sitio 4 (Pinal de amoles) se observa en el cuarto cuadrante sin formar agrupación con ningún otro sitio (Figura 22).

Como se muestra en la Figura 22, las variables ambientales representadas por el eje 1 son: pendiente, materia orgánica y potasio. Para el caso del eje 2 es las variables representadas son: altitud, fósforo y limo con correlación negativa. Estos dos ejes explican en un 43% de la varianza acumulada (Cuadro 20) y en menor medida por el eje 3, relacionado a altitud, nitrógeno y calcio.



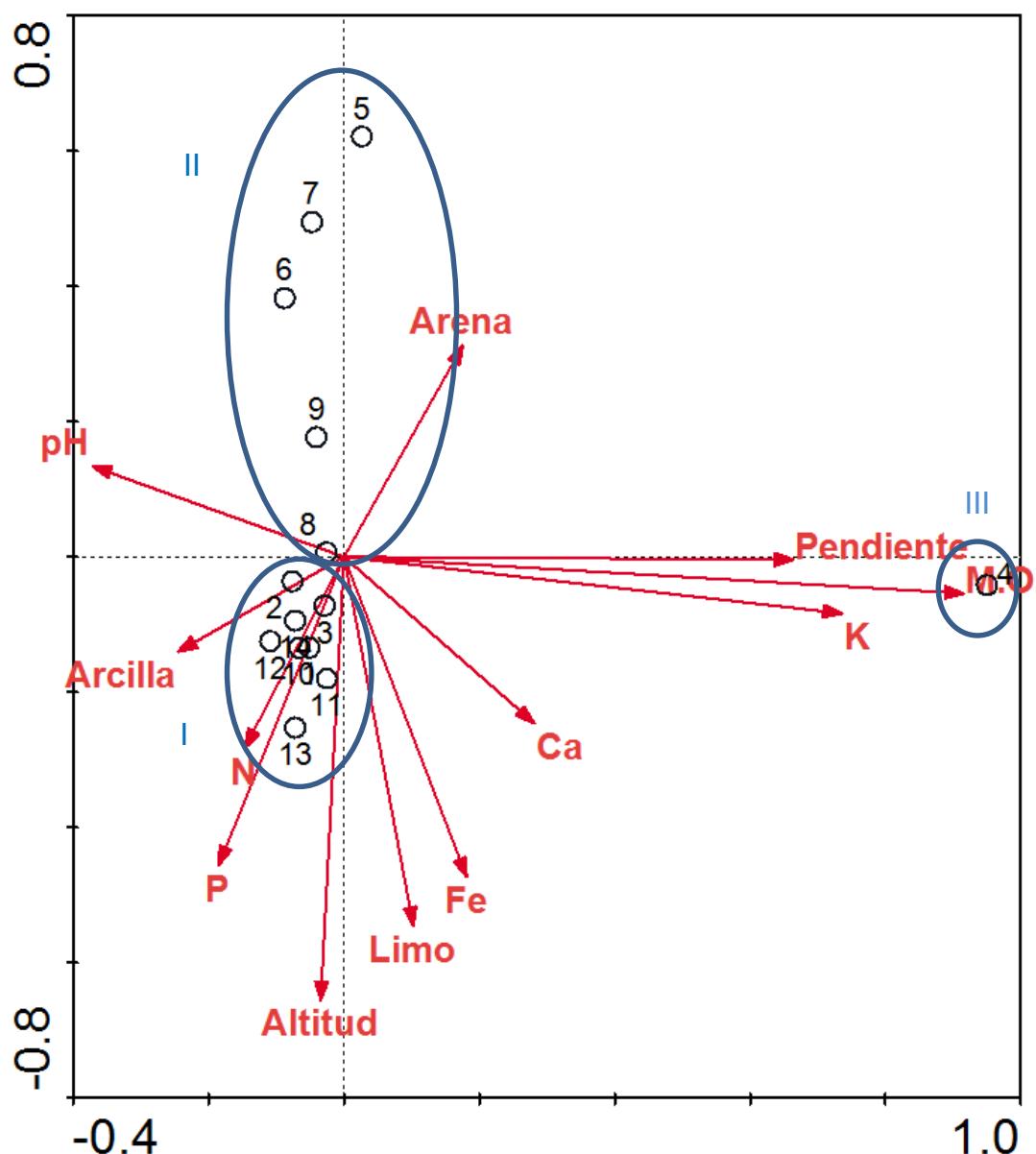


Figura 22. Análisis de correspondencia canónica de 12 sitios de muestreo con 80 especies de plantas y 12 variables ambientales.

La relación entre altitud y cantidades de fósforo en el suelo, puede deberse a que este elemento responde negativamente a la sequía (Sardans y Peñuelas, 2005), es decir, los sitios con mayor altitud del presente estudio se ubicaron en zonas con climas subhúmedos y por lo tanto esto propicia una mayor concentración de fósforo, estos se observa en la segunda agrupación.

La composición florística de las comunidades analizadas está en gran parte determinada por variables ambientales presentes en el área de estudio. Los resultados del ACC indican que en cuanto a variables edáficas, la concentración de fosforo y potasio, además de la cantidad de Materia Orgánica, determinan en su mayoría la estructura y composición de estas comunidades vegetales. Mientras que, los factores ambientales más determinantes en la comunidad son altitud y pendiente.

Las técnicas de clasificación permitieron distinguir cuatro agrupaciones de los sitios muestreados, mientras que en el ACC se observan tres, lo que confirma que las técnicas de ordenación y clasificación de vegetación son complementarias en el estudio de la composición florística.

La composición florística puede determinar a su vez algunas variables ambientales las cuales reciben el nombre de variables elásticas, debido a que exhiben una memoria corta con respecto a la vegetación, un ejemplo de esto es la materia orgánica presente en el suelo. Sin embargo existen factores plásticos los cuales reflejan cambios que generó una comunidad vegetal aún después de ser removida (Allen, 1992).

La técnica de ordenación (ACC) sugiere que las comunidades muestran diferencias en su composición florística relacionadas al gradiente altitudinal. Esto debido a que la altitud influye en factores como temperatura y humedad, factores que tienen a su vez efecto directo en el crecimiento vegetal (Xianping, et al., 2006).



## 6 CONCLUSIONES

Las poblaciones de pino piñonero se encuentran aisladas entre sí, ubicadas en los lomeríos y faldas de las serranías a lo largo del área de estudio. Estas comunidades se presentan como un ecotono entre el matorral xerófilo y bosque templado, por lo que presentan una relación de especies vegetales representativas de ambos ecosistemas. El estrato más significativo en estos bosques es el arbustivo, se encontró poco desarrollo de plantas herbáceas.

La especie más ampliamente distribuida de pino piñonero en el estado de Querétaro es *Pinus cembroides*; se ubica en ambientes que van desde semiseco templado, semicálido y subhumedo templado. *Pinus pinceana* se encontró a lo largo de cañadas, con ambiente seco. Mientras que *Pinus cembroides* var. *bicolor* se ubicó en los sitios con mayores altitudes del presente estudio, en estrecha relación a bosques templados.

La relación arbórea mejor representada en los bosques piñoneros de Querétaro es *Pinus cembroides* y *Juniperus flaccida*. Las especies acompañantes más representativas de estas comunidades son *Juniperus flaccida*, *Agave salmiana*, *Dodonea viscosa*, *Opuntia* spp., *Acacia schaffneri*.

El análisis de ordenación mostró que las características ambientales más determinantes de la estructura de la comunidad, la composición arbórea y el tipo y número de especies arbustivas y herbáceas son la pendiente y altitud. Mientras que las características edáficas más determinantes para la estructura de la comunidad son: Materia orgánica y fósforo.



## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaraz, A. F. J. 2013. Formas vitales, estratificación y fenología. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Allen, T. 1992. The community criterion. New York: Columbia University Press.
- Ayerde, D. y L. López. 2006. Estructura poblacional y parámetros demográficos de *Juniperus flaccida* Schlecht.. Madera y bosques, 12(2), pp. 65-76.
- CONAFOR. 2002. Paquetes tecnológicos: *Pinus cembroides* Zucc.. [En línea] URL:<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/955Pinus%20cembroides.pdf>[Último acceso: 25 09 2014].
- CONAGUA, 2000. Comisión Nacional del Agua. [En línea] [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75) [Último acceso: 3 09 2014].
- Eguiluz, T. 1985. Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos). Dasonomía Mexicana, Issue 6, pp. 5-31.
- Farjon, A. y T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica. Monograph 75. New York: Organization for flora neotropica. The New York Botanical Garden.
- Fernández, R. 1997. Notas sobre la vegetación y flora del municipio de San Joaquín Querétaro, México. Polibotánica, Issue 4, pp. 10-36.
- Fogg, G. G. 1966. The pinyon pines and man. Morris Arboretum Bulletin, 21(1), pp. 16-19.
- Fonseca, R. M. 2003. De piñas y piñones. Ciencias, 1(69), pp. 64-65.
- Galván, A. 1990. Caracterización y clasificación fisognómica del bosque piñonero del municipio de Cadereyta, Qro. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo.



González, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. En: México: Instituto Nacional de Ecología, p. 194.

Granados S. y V.Tapia. 1990. Métodos de estudio de la vegetación.Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.

Granados, S. D. y B. Silva. 1994. Biodiversidad de los pinos piñoneros. México y sus bosques, 23(2-3), pp. 4-53.

Hamer Ø., Harper, D. y P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontología Electrónica, Volumen 4, pp. 1-9.

Harris, T. A., Asner, G. P. y M.E. Miller. 2003. Changes in Vegetation Structure after Long-term grazing in Pinyon-Juniper Ecosystems: Integrating imaging spectroscopy and field studies. Ecosystems, Volumen 6, pp. 368-383.

Himmelsbach, E., Treviño, E. J., González R., H. y M. A. González T. 2008. Drought resistance of mixed pine-oak forest species in the sierra madre oriental, México. Tropentag, University of Hohenheim.

Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A. y Gracia-Moya, E. 2008. Afinidades en la flora genérica de piñonares del norte y centro de México análisis fenético. Revista Mexicana de Biodiversidad, Volumen 79, pp. 449-458.

Martínez, M., 1948. Los pinos mexicanos. 2da ed. México: Botas.

Meza-Sánchez, R. 2002. Metodología para evaluar las poblaciones de Mezquite (*Prosopis* spp.). México: Folleto Técnico num.6. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Moreno, C. E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Primera ed. Zaragoza, España: M&T Manuales y Tesis.

Nivia, A. y Cascante, A. 2008. Distribución de las formas de vida en la flora costarricense. BRENESIA, Volumen 69, pp. 1-17.



Olvera V., M. y B. Figueroa R. 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Ecosistemas*, 1-2(21), pp. 74-84.

Perry, J. P. 1998. *The pines of Mexico and Central America*. Hong Kong: Timber Press.

Prince, R, Liston, A. y S. Strauss. 1998. *Phylogeny and systematics of Pinus*. 1er ed. Cambridge: University Press Cambrige.

Reynolds, J. 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas*, 14(3), pp. 3-21.

Ríos C., E., Hoogh, R. y J. Navar C. 2008. Ensayo de especies con pinos piñoneros en el noreste de México. *Revista Chapingo, Series ciencias forestales y del ambiente.*, 14(2), pp. 97-104.

Romero-Manzanarez, A., Flores-Flores, J. L., Luna-Cavazos, M. y E. García-Moya. 2012. Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central México. *The southwestern Naturalist*, 57(4), pp. 452-456.

Romero-Manzanarez, A. y E. García-Moya. 2002. Estabilidad y elasticidad de la composición florística de los piñonares de San Luis Potosí, México. *Agrociencia*, 36(2), pp. 242-254.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. En: D.F.: Limusa, p. 432.

Sánchez G., A., 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), pp. 107-120.

Sardans, J. y J. Peñuelas. 2005. Disponibilidad y uso de fósforo en los ecosistemas terrestres mediterráneos. *Ecosistemas*, 14(2), pp. 29-39.

SEMARNAP, 1999. Programa de manejo reserva de la biosfera Sierra Gorda. México, DF: SEMARNAP.



SEMARNAT, 2006. Manual de proceso de ordenamiento ecológico. México D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ter Braak, C. y Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and user's guide to canoco for windows: software for canonical community ordination(v.4). New York: Microcimputer Power.

Terrádez G., M. 2003. Análisis de Conglomerados. [En línea] URL: [www.uoc.edu](http://www.uoc.edu) [Último acceso: 19 11 2014].

Valenzuela N., L. M. y Granados S., D. 2009. Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente., 15(1), pp. 29-41.

Villarreal Quintanilla, J. A., Mares Arreola, O., Cornejo Oviedo, E. y M.A. Capó Arteaga. 2009. Estudio Florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. Acta Botánica Mexicana, Issue 89, pp. 97-124.

Xianping, Z., Mengben, W., Bo, S. y X. Yang. 2006. Quantitative classification and ordination of forest communities in Pangquangou National Nature Reserve. English edition of the chinese language journal, 26(3), pp. 754-761.

Zavala C., F. y J. L. Campos D.. 1993. Una nueva localidad de *Pinus bicolor* Bailey & Hawksworth en el centro de México. Acta Botánica Mexicana, Issue 25, pp. 21-25.



## 8 ANEXOS

**Anexo 1.** Lista florística de especies presentes en los 14 sitios muestreadados.

Familia	Especie	1: Cadereyta	2: Cadereyta 2	3: Los Juárez	4: Villitas
Agavaceae	<i>Agave salmiana</i> ex Salm-Dyck	Ch	X		
Agavaceae	<i>Agave gentryi</i> B. Ullrich	Ch	X		
Agavaceae	<i>Agave ferox</i> K. Koch	Ch			
Agavaceae	<i>Agave xylonacantha</i> Salm-Dyck	Ch			X
Agavaceae	<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh	Ch			
Anacardiaceae	<i>Rhus standleyi</i> F.A. Barkley	P		X	X
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	P		X	
Forma de Vida	1: Cadereyta 2: Vizarrón				





Apiaceae	<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl	H													X	X
Apocinaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.	H										X	X			
Asparagaceae	<i>Dasyliirion acrotrichum</i> (Schiede) Zucc.	Ch													X	
Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.	T	X									X			X	X
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	T	X		X						X	X	X	X	X	X
Asteraceae	<i>Melampodium</i> sp.	Ch	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	Ch	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X
Asteraceae	<i>Ageratina espinosarum</i> (A.Gray) R.M. King & H.Rob	H								X						
Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	Ch								X	X					
Asteraceae	<i>Erigeron longipes</i> DC.	Ch	X		X					X	X					
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Ch				X										
Asteraceae	<i>Senecio albonervius</i> Greenm.	P				X										





Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> Nutt.	Ch				X													
Bignonacea	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Ch	X	X										X					
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> sp.	Ch																	
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	P	X					X											
Cactaceae	<i>Coryphantha erecta</i> Lem ex. Pfeiff	Ch	X											X					
Cactaceae	<i>Echinocactus grusonii</i> Hildm.	Ch		X															
Cactaceae	<i>Ferocactus echinide</i> (DC.) Britton & Rose	Ch																	
Cactaceae	<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber	P		X										X					
Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth	P			X									X	X				
Cactaceae	<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	P					X				X								





Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	P						X				X	X				
Cactaceae	<i>Echinocereus pentalophus</i> (DC.) Lem.	Ch						X	X								
Cactaceae	<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch	P												X			
Cactaceae	<i>Stenocactus ochoterenaus</i> Tiegel	Ch														X	
Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i> Zucc. Ex Pfeiff.	Ch						X	X								
Caprifoliaceae,	<i>Symporicarpos microphyllus</i> (Humb.& Bonpl. ex Schult.) Kunth	P				X											
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	H				X											
Convolvulaceae	<i>Ipomoea orizabensis</i> (G. Pelletan) Ledeb. Ex Steud.	L	X									X			X	X	
Convolvulaceae	<i>Maurandya antirrhiniflora</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	L								X				X			





Crassulaceae	<i>Sedum moranense</i> Kunth	Ch	X													X	X	X
Crassulaceae	<i>Echeveria elegans</i> Rose	Ch															X	X
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i> Schltdl.	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	P			X	X					X					X	X	
Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A.Juss	Ch	X					X	X	X								
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.	Ch													X	X		
Fabaceae	<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.	Ch	X	X	X								X			X	X	
Fabaceae	<i>Dalea lutea</i> (Cav.) Willd.	Ch	X	X							X	X	X		X			
Fabaceae	<i>Senna mexicana</i> (Jacq.) H. S. Irwin & Barneby	Ch						X	X			X					X	
Fabaceae	<i>Vicia ludoviciana</i> Nutt.	T					X											
Fabaceae	<i>Phaseolus</i> sp.	T					X											





Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i> (S.Watson) F.J. Herm.	P					X												
Fagaceae	<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.	P				X	X												
Fagaceae	<i>Quercus germana</i> Schltdl. & Cham.	P			X														
Fabaceae	<i>Sophora secundiflora</i> (Ortega) DC.	P					X	X											
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.	H														X			
Geraniaceae	<i>Geranium latum</i> Small	H	X	X	X					X	X	X	X			X	X	X	
Krameriaceae	<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	Ch			X												X		
Krameriaceae	<i>Krameria ixine</i> L.	Ch					X	X											
Lamiaceae	<i>Salvia coccinea</i> Buc'hoz ex Etli	Ch	X	X	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	Ch	X	X	X										X		X	X	
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	Ch					X			X						X	X	X	





Lamiaceae	<i>Poliomintha</i> sp.	Ch				X										
Lentibulariaceae	<i>Pinguicula acuminata</i> Benth.	Ca													X	X
Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i> Kunth	Ch														
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> var. <i>bicolor</i> Little	P													X	X
Pinaceae	<i>Pinus pinceana</i> Gordon		x							x	x					
Piperaceae	<i>Peperomia campylotropa</i> A.W.Hill	G	X										X		X	X
Ranunculaceae	<i>Thalictrum fendleri</i> Englem ex A. Gray	T				X										
Rhamnaceae	<i>Condalia mexicana</i> Schltdl.	Ch						X	X							
Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i> (Kunth) G.N.Jones	Ch	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltdl.	Ch	X			X				X	X	X	X	X	X	





Rubiaceae	<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth	G	X										X			X	X
Rutaceae.	<i>Decatropis bicolor</i> (Zucc.) Radlk.	Ch													X		
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Ch		X				X	X	X	X		X	X	X	X	
Scrophulariacea e	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	Ch	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i> M.Martens & Galeotti	Ch	X	X	X					X	X	X	X	X	X		
Verbenaceae	<i>Glandularia bipinnatifida</i> (Schauer) Nutt.	T									X				X	X	

T: Terófitos, G: Geófitos, H: Hemicriptófitos, Ch: Caméfitos, P: Fanerófitos, L: Lianas, Ca: Insectívoras.

