



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE PINO
PIÑONERO DE LA CUENCA ORIENTAL
(TLAXCALA-PUEBLA-VERACRUZ)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

RO LINX GRANADOS VICTORINO



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ**

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos del alumno

Apellido paterno: Granados

Apellido materno: Victorino

Nombres: Ro Linx

Teléfono: 59346469

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Carrera: Biología

Número de Cuenta: 304344215

Jurado

Presidente Dr. Francisco González Medrano



Vocal Dra. Silvia Castillo Argüero



Secretario Dr. Diódoro Granados Sánchez



Suplente Dr. Arturo Sánchez González



Suplente M. en C. Oswaldo Núñez Castillo



Datos del trabajo

Título: Clasificación de los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental (Tlaxcala-Puebla-Veracruz)

Número de Páginas. 96 p.

Año: 2013

Agradecimientos

Agradezco a mis padres Consuelo y Diódoro, no solo por ser mis mentores académicos, sino también mis mentores en la vida.

A mi esposa Gabriela y mi hijo Hakim, por su amor, apoyo y paciencia que me han tenido a lo largo de estos casi 2 años.

A mis hermanos Irlanda, Denet, Oxalis, Onix, Brillo y Kismet, quienes con su apoyo y consejos han contribuido de una manera formidable en mi vida.

A mis amigos Edgar, Tania, Manet, Brenda, Andrea, Karen, Lidia, Nayheli y Rocio, por hacer de la facultad mi segundo hogar.

A la Dra. Judith Márquez y todo el Laboratorio de Desarrollo en Plantas por compartir sus conocimientos y vivencias conmigo.

Al Dr. Arturo Sánchez, al M. en C. Oswaldo Núñez, al M. en C. Cesar López y al M. en C. Pablo Ruiz por sus aportaciones a este trabajo y sus invaluable consejos.

Quiero agradecer a la UNAM por brindarme la oportunidad más valiosa de vida, ser profesionista.

Dedicatoria

A mi hijo Hakim y a mis sobrinos Lindsay, Sídney, Nahomi, Siboney, Iker, Karim, Lilieth, Kinari y Yosuki. Que este logro los aliente a seguir preparándose para el futuro.

ÍNDICE

Resumen	6
Introducción	7
Marco teórico	9
-Comunidades vegetales	9
-Estudios botánicos para la Cuenca Oriental	10
-Historia biogeográfica de <i>Pinus</i>	12
-El género <i>Pinus</i> en México	14
-Pinos piñoneros	15
-Piñones	17
- <i>Pinus cembroides</i> Zucc.	19
- <i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i> D.K. Bailey	23
-Problemática de los pinos piñoneros	24
Objetivos	26
Material y método	27
Resultados	33
Discusión	63
Conclusión	74
Bibliografía	77
Apéndice	82

Resumen

México es el segundo centro de especiación de los pinos piñoneros de la subsección Cembroides y es el país con mayor diversidad de este grupo. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* es la especie que se sitúa más al sur, dentro del valle de Tehuacán y de la Cuenca Oriental, presentando la mayor densidad en esta última. Las comunidades endémicas dominadas en el dosel por las poblaciones de esta especie, se ven gravemente amenazadas tanto por factores naturales como antropogénicos. Para poder desarrollar planes de manejo es necesario conocer la estructura, las relaciones entre las diferentes poblaciones y los factores causales que determinan la presencia de estos bosques. En el presente estudio se realizó un análisis de agrupamiento con base en la composición de especies de cada localidad, el cual indica que los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental, difieren del bosque de San Luis del Pino, que se ubica en el Valle de Tehuacán. Dentro de la cuenca las localidades con mayor semejanza florística fueron San Sebastián Villanueva con Tepeyahualco y Santa María las Cuevas con El Progreso, a su vez este último conjunto se une con el bosque de Frijol colorado. El Análisis de Correspondencia Canónica corrobora la semejanza entre las localidades obtenidas en el análisis de agrupamiento y muestra también que los factores edáficos están relacionados con la distribución de las especies principalmente la concentración de Ca y N. La fisionomía general de las comunidades analizadas está definida principalmente por las siguientes especies con mayor Valor de Importancia Relativa: *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *Nolina parviflora*, *Yucca periculosa*, *Juniperus deppeana*, *Quercus microphylla*, *Q. crassifolia*, *Pinus pseudostrobus* y *Opuntia streptacantha*. Otras especies abundantes pero no dominantes son Agave oscura y bromeliáceas epifitas del género *Tillandsia*. Los factores que determinan la presencia de este tipo de comunidades son sustratos volcánicos, con rocas ígneas extrusivas básicas y volcanoclástica, suelos muy drenados, con materiales riolíticos, principalmente andosoles, cambisoles y feozem, con pH neutro. Se distribuyen entre los 2,300 y 2,700 m snm, en un clima templado subhúmedo y semiseco templado.

Palabras clave: Análisis de agrupamiento, Comunidad, Cuenca Oriental, Fisionomía, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, Pino piñonero, Ordenación.

Introducción

México posee la mayor riqueza de especies del género *Pinus* a nivel mundial, albergando cerca del 42% de las especies conocidas hasta el momento. La gran diversidad de pinos en el país se debe principalmente a que este territorio sirvió como refugio para la flora Neártica durante las grandes glaciaciones (Farjon y Styles, 1997).

Los pinos encontraron en el territorio mexicano un ecosistema benigno donde se establecieron, dispersaron y evolucionaron, convirtiendo a México en el centro secundario de evolución de *Pinus* (Farjon y Styles, 1997).

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, 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 especiaron por simpatría, formando nuevas variedades, subespecies y especies. Formando también un centro secundario de evolución para este taxón (Silva, 1994).

Las comunidades formadas por los pinos piñoneros de forma general ocupan un lugar transitorio entre la vegetación de los bosques templados de las áreas montañosas y los matorrales xerófilos; son un sitio de contacto entre los dos tipos de vegetación. Este intercambio de especies de dos floras distintas le da a los bosques de pino piñonero una fisionomía única, además de las complejas relaciones entre las especies.

Pinus cembroides es la especie piñonera más abundante y extendida de toda la República Mexicana, lo que a su vez convierte a su semilla en el piñón más consumido. Esta especie presenta un gran potencial adaptativo y de resistencia a condiciones climáticas difíciles, ya que puede desarrollarse tanto en suelo

someros como profundos, con valores de pH que van desde 4 hasta 8, crece sobre rocas calcáreas y con alto contenido de yeso (Françoise, 1977). Estas características lo hace un buen candidato para la reforestación de zonas áridas, semiáridas o erosionadas de México.

La distribución más al sur de todos los pino piñoneros se le adjudica a *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, con una población cerca de Tehuacán Puebla, en la comunidad de San Luis del Pino. Sin embargo, la mayor densidad de esta subespecie, con poblaciones más grandes, se encuentra dentro de los límites de la Cuenca Oriental, cuenca endorreica que abarca la parte oriental del estado de Tlaxcala, parte de Puebla y Veracruz (Perry, 1991).

Los bosques de piño piñonero han sido afectados durante siglos por factores naturales y antropogénicos, como son el pastoreo cuando se sobrepasa la capacidad de carga del bosque, incendios forestales, sobre explotación, cambio de uso de suelo, depredación natural y la recolección excesiva de piñones (Gerez, 1983).

En este contexto, para poder tomar decisiones sobre el manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques, la caracterización estructural de estos ecosistemas es una herramienta fundamental. Así mismo, los métodos de clasificación y ordenación son necesarios para comprender como se relacionan las poblaciones y cuáles son los factores ambientales a los que mejor responden (Granados y Tapia, 1990).

Se han realizado estudios fisionómicos en algunas poblaciones de pino piñonero dentro de la Cuenca Oriental (Fuentes, 1992, Silva, 1994, Díaz y Plascencia, 1997, y Carrillo, 2009), sin embargo no existe un trabajo que converja y compare todas las poblaciones. La intención de la presente investigación es dar un panorama amplio de la situación de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, de las relaciones que existen entre las poblaciones, así como los factores que permiten el desarrollo de estas comunidades endémicas.

Marco teórico

Comunidades vegetales

Una comunidad está conformada por conjuntos de poblaciones de organismos que interactúan en un área y en un tiempo dado (Rocha *et al.*, 2006). En el caso específico de una comunidad vegetal, está conformada por una asociación de especies vegetales con una afinidad definida entre ellas.

En términos generales el estudio de las comunidades vegetales se enfoca en las relaciones taxonómico-estructurales y funcionales entre sus componentes, así como a la cuantificación de su variación en el tiempo y en el espacio (Granados y Tapia, 1990, Rocha *et al.*, 2006).

Una comunidad vegetal no puede considerarse como una unidad cerrada, pues las comunidades vegetales están ligadas a los animales por innumerables interacciones, formando en conjunto una comunidad más amplia. Sin embargo, las especies vegetales están “fijas”, mientras que los animales están menos arraigados a determinado lugar, por lo tanto, dependen menos de la influencia del ambiente que la vegetación (Braun-Blanquet, 1979).

Al ser la vida animal dependiente directa o indirecta de las plantas, las comunidades animales deben acomodarse dentro del marco fijo de las comunidades vegetales. El estudio de las comunidades se vuelve más sencillo si se conocen con detalle las comunidades vegetales (Braun-Blanquet, 1979).

La sinecología es la disciplina que se encarga de estudiar la estructura, desarrollo, función y las causas de la distribución de las comunidades vegetales (Silva, 1994). Los estudios sinecológicos se interesan en encontrar las especies que regulan primordialmente el sistema de la comunidad, lo que significa que dichas especies son las que ejercen mayor dominio sobre las demás plantas ahí presentes (Granados y Tapia, 1990).

La dominancia es un parámetro fundamental en las caracterizaciones fisionómicas de la vegetación. Comúnmente se han establecido tres elementos para detectar la

dominancia; densidad (número de individuos por unidad de área), distribución, que es la forma en que se encuentra una especie repartida en la comunidad (se estima combinando la densidad y frecuencia de las especies) y la biomasa de los individuos (calculada por medio de parámetros como volumen de madera, diámetro del tronco, altura del árbol, principalmente).

Las representaciones gráficas son herramientas básicas en la caracterización de tipos de vegetación poco conocida, pues permiten una representación general de las condiciones en las que se desarrolla una comunidad vegetal. Los diagramas de perfil son ilustraciones esquemáticas donde se describe la estratificación de la comunidad. Los perfiles semirrealistas fueron planteados inicialmente por Davis y Richards en 1934, para describir zonas tropicales.

El término análisis multivariado se utiliza para describir algunos tipos de análisis estadísticos que estudian al conjunto de relaciones entre variables con datos que presentan o no auto correlación e incluyen métodos como regresión múltiple, análisis de agrupamiento, análisis de componentes principales, análisis de correspondencia, análisis factorial y análisis discriminante, entre otros (Suárez, 2003).

Estudios botánicos para la Cuenca Oriental

La Cuenca Oriental resalta por ser la única zona árida con clima frío del país (García, 1981), por lo tanto la vegetación que alberga es de gran interés, tanto por su adaptación a un ambiente tan extremo, como por las comunidades vegetales singulares que se desarrollan ahí.

La zona de la Cuenca Oriental también conocida como “llanuras de Perote” o “zona árida veracruzana” (Ramos y González-Medrano, 1972), cuenta con un gran número de trabajos ecológicos referentes a la vegetación que ahí se presenta:

Soto y colaboradores (1977) realizaron un estudio piloto de la vegetación de la región de Alchichica-Perote, en el que describieron los tipos de vegetación por medio de percepción remota.

Reyes (1979) y Gasca (1981) describen detalladamente la orografía y las condiciones edáficas de la Cuenca Oriental y abordan algunos aspectos ecológicos de la zona.

Gerez (1981) por medio de una investigación histórica hace la reconstrucción del paisaje general que presentaba la Cuenca Oriental antes de la conquista española del territorio mexicano.

Los estudios realizados en las comunidades de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* se han enfocado principalmente a su estructura y composición florística, algunos de estos trabajos se mencionan a continuación:

Cházaro (1992) realizó un estudio de la vegetación del centro del estado de Veracruz y su zona limítrofe con Puebla, abarcando un gradiente altitudinal que va desde la costa a la cima de los volcanes y el altiplano de Veracruz. En este trabajo se analizó la composición florística del bosque de pino piñonero de Frijol Colorado.

En Agosto de 1987 se realizó el II simposio nacional sobre pinos piñoneros, en donde se presentaron trabajos de temas como biosistemática, anatomía, fisiología, ecología, protección, manejo y conservación de las especies de pinos piñoneros, incluido *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*.

Fuentes (1992) analizó el bosque de pino piñonero del paraje el Progreso, en el municipio de Guadalupe Victoria, Puebla, ubicado dentro de la Cuenca Oriental, donde realizó una caracterización fisionómica de la vegetación, utilizando perfiles semirrealistas (Richard, 1952) y danserogramas (Dansereau, 1951). Concluye que en dicha comunidad las especies dominantes son *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Nolina parviflora*.

Silva (1994) realizó un estudio en la localidad de Atzayanca, Santa María las Cuevas en el estado de Tlaxcala, para describir la estructura fisionómica del bosque de pino piñonero, además de sus relaciones ecológicas y funcionalidad, mediante perfiles semirrealistas (Richard, 1952), danserogramas (Dansereau, 1951) y fitogramas de Lutz (1930). Encontró que los tres métodos coincidían en

que los elementos dominantes de la vegetación son *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Nolina parviflora*.

Díaz y Plascencia (1997) realizaron una caracterización fisionómica de la vegetación de toda la Cuenca Oriental. En este estudio se enlistan algunas de las especies más representativas de los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental y se elaboraron perfiles semirrealistas de tres de las comunidades.

Más recientemente Carrillo (2009) analizó la estructura y la regeneración natural del bosque de pino piñonero de Santa María Las Cuevas, concluye que hay un constante reclutamiento de individuos en la población de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* por lo que no se encuentra bajo grave amenaza.

Historia biogeográfica de *Pinus*

En el mundo se conocen alrededor de 900 especies de gimnospermas, de las cuales 630 son coníferas, 111 de estas últimas pertenecen al género *Pinus*, el más grande y extendido de toda la familia Pinaceae (Farjon y Styles, 1997).

El género *Pinus* es endémico del hemisferio norte; dentro del continente americano, sus límites latitudinales están entre los 66°N hasta los 12°N, donde la distribución más al sur le corresponde a la población de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, que habita en costas de Nicaragua. En cambio en Asia, la especie *Pinus merkusii* se distribuye al sur del ecuador en Sumatra a los 2°06'S (Richardson, 1998).

La distribución altitudinal de *Pinus* va desde el nivel del mar hasta los 4000 m de altitud, por lo que los pinos tienen una gran amplitud de distribución ambiental.

Richardson (1998) sugiere que *Pinus* se originó a finales del periodo Triásico de la era Mesozoica, en el norte de Asia, ubicada en el entonces continente Laurasia. El género se dispersó hacia América por el estrecho de Bering y Groenlandia, de donde migraron hacia latitudes más bajas.

Para el cretácico el género *Pinus* se encontraba disperso dentro de todo el territorio de Estados Unidos y Canadá, pero el surgimiento del mar cretácico formó una barrera que dividió las floras del oeste y del este de ambos territorios. El Mar cretácico abarcó desde el océano ártico hasta el Golfo de México, dividiendo en dos a Estados Unidos y abarcando más de la mitad este del territorio mexicano.

Fue durante el cretácico cuando se originó un importante periodo de especiación para la familia Pinaceae en América, pues las poblaciones de pinos de Estados Unidos fueron separadas por millones de años, aislándose geográfica y reproductivamente las del este respecto a las del oeste, evolucionando independientemente las unas de las otras, generando así nuevas especies adaptadas a diferentes ambientes (Farjon y Styles, 1997 y Richardson 1998).

Para México fue una situación de suma importancia, pues la flora boreal migró solo por el lado oeste, con la Sierra Madre Occidental como principal ruta migratoria (Richardson, 1998), ya que más de la mitad este del territorio se encontraba sumergida en el mar cretácico.

A finales del Cretácico y comienzos del terciario el movimiento de las placas tectónicas propició la formación de los macizos montañosos, como la Sierra Madre Oriental, el Istmo de Tehuantepec, así como las tierras altas de Guatemala y Nicaragua, además de que la gran actividad volcánica que formó en el territorio la Faja Volcánica Transversal. El mar cretácico perdió continuidad con el océano y quedó reducido a lagos salados que terminaron por extinguirse (Richardson, 1998, Rzedowski, 1978).

La nueva orografía del territorio mexicano, junto con la aparición de corredores biológicos, ocasionó que dos floras procedentes de diferentes regiones biogeográficas convergieran dentro de sus límites: la flora Neártica, procedente de Norteamérica y la Neotropical de América del sur, convirtiendo a México en un centro de diversidad biológica enorme (Brown y Lomolino, 1998).

Las elevaciones geográficas del oeste de Estados Unidos que ocasionaron la formación de planicies secas en el área continental, las bajas temperaturas que se

dieron en el periodo terciario, seguidas de la mayor glaciación durante el pleistoceno (Metcalf, 2006), ocasionó una gran migración de especies tanto de flora y fauna hacia zonas más al sur con climas más benignos, como lo fueron las recién formadas sierras mexicanas

El género *Pinus* en México

México es reconocido como el quinto país con mayor diversidad vegetal en el mundo con 23,375 especies de plantas vasculares descritas (Llorente y Ocegueda, 2008). Esta gran diversidad se debe principalmente a la gran variedad de ecosistemas que encontramos dentro de sus límites territoriales, pues se encuentran presentes la mayoría de los ecosistemas del mundo, debido principalmente a su complicada orografía, su posición geográfica, además como ya se mencionó por ser un sitio de contacto e intercambio de especies entre las diferentes regiones biogeográficas.

México es considerado un centro secundario de diversificación de *Pinus*, además de poseer el mayor número de especies de este género. El 42% de las especies de *Pinus* se encuentra en México, es decir 47 de las 111 especies de pinos que existen en el mundo habitan en nuestro país. Además de que 26 de éstas son endémicas, sin considerar las variedades y subespecies presentes en el país (Gernandt *et al.*, 2003). Si se considera el criterio de Rzedowski (1991) de Megaméxico, el número de endemismos sube a 35 especies.

Esta gran diversidad de especies se debe principalmente a los periodos glaciales del pleistoceno, que obligaron a las especies boreales a dispersarse por los corredores geográficos. Las cordilleras mexicanas sirvieron como refugios al proporcionar mejores condiciones ambientales (Richardson, 1998), este hecho propició el establecimiento y diversificación de los pinos en zonas tropicales.

Durante las migraciones los pinos del este de Estados Unidos y los del oeste volvieron a juntar sus poblaciones, pues se dispersaron a través de la Sierra Madre Occidental y Oriental, las cuales convergen en el Eje Volcánico Transversal. Durante las migraciones las poblaciones estuvieron expuestas a

hibridaciones e introgresiones genéticas que dieron origen a nuevas variedades, subespecies e incluso especies, que se dispersaron y establecieron rápidamente, pues se adaptaron a las variadas condiciones ambientales del país, encontrando en México un centro secundario de diversificación (Richardson, 1998).

Pinos piñoneros

En México las zonas áridas son el ecosistema con mayor cobertura en el territorio nacional, con una gran diversidad de especies adaptadas a condiciones extremas como son la sequía y la insolación. En estas condiciones muchas especies encontraron un hábitat con poca competencia y abundante espacio donde desarrollarse, como fue el caso de los pinos piñoneros, ya que son los pinos que pueden sobrevivir a las condiciones más secas dentro de toda la familia Pinaceae (Richardson, 1998).

Los pinos piñoneros americanos pertenecen al subgénero *Strobus* Lemm (*Haploxylon*), sección *Parrya*, subsección *Cembroides* Engelm., y se caracterizan por tener verticilos de 1 a 5 agujas con una longitud de 2 a 9 cm, cabe mencionar que es el único grupo que presenta especímenes con una sola acícula dentro de toda la familia y que además presentan grandes semillas sin ala, especializadas para la dispersión por animales, de 10 a 26 mm de largo y testa más o menos gruesa; prácticamente todas son comestibles (Zavarin, 1987).

Son árboles de bajo porte de 2 a 10 m de alto, que rara vez sobrepasan los 12 metros de altura. Sus comunidades o asociaciones se restringen a montañas con climas secos, con baja precipitación, comúnmente de 300 a 600 mm anuales de lluvia. Habitan sitios de transición con comunidades como matorrales, pastizales, pinares o encinares, normalmente se encuentran formando un cinturón que delimita las zonas áridas o matorrales y los bosques de pino.

Los pinos piñoneros son endémicos de Norteamérica, en donde tienen una distribución extendida, desde el sur de Idaho (*Pinus monophylla*, Lat. 42° 16'N) en el suroeste Estados Unidos, hasta el sur de Puebla (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, Lat. 18°27'N) en México, ocupando diferentes regímenes climáticos.

Pueden habitar zonas altas como *P. edulis* en las rocallosas o tierras bajas muy calurosas como *P. cembroides* (Richardson, 1998). Por lo que son especies muy tolerantes tanto al frío como a las sequías.

Rzedowski (1991) acertadamente sostiene que para la vegetación no existen fronteras, por lo que se podría mencionar que los pinos piñoneros son endémicos de la región fitogeográfica denominada por el mismo autor Megaméxico.

Los pinos piñoneros se encuentran distribuidos en 18 estados del norte y centro de la República Mexicana: Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Existen 16 taxa de pinos piñoneros, de los cuales seis se encuentran en Estados Unidos de América y doce en el territorio mexicano (10 son endémicos), teniendo en común solo dos especies. Por lo que México es considerado como su centro de diversificación (Bailey y Hawksworth, 1987).

Existen tres grupos dentro de la sección; Nelsoniae que incluye sólo a *P. nelsonii*; Pinceanae, con *P. maximartinezii* y *P. pinceana*; y Cembroidae, este último grupo incluye a *Pinus cembroides* (con tres subespecies: *cembroides*, *lagunae* y *orizabensis*), *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. edulis*, *P. johannis*, *P. juarezensis*, *P. monophylla* (con tres subespecies *monophylla*, *fallax* y *californiarum*), *P. quadrifolia* y *P. remota*.

Las últimas glaciaciones causaron la migración lateral y latitudinal de los bosques de pinos piñoneros, logrando que sus poblaciones cubrieran una mayor extensión en el territorio norte de México durante el Cuaternario, pero al retirarse las glaciaciones y abrirle paso a las zonas áridas, los bosques de pino piñonero fueron desplazados por las presiones ecológicas de floras más agresivas compuestas por especies de latifoliadas y xerófilas, restringiendo los bosques a las sierras, ocasionando que en el presente la distribución de las poblaciones sea discontinua y estén aisladas (Little, 1987, Arteaga *et al.* 2000). Esta distribución ha ocasionado que se desarrollen diferencias entre las poblaciones de los pinos piñoneros: alto número de endemismos y especiaciones alopátricas.

Las distintas especies de pinos piñoneros pueden llegar a formar híbridos, causando retrocruzas e introgresión de genes; Lanner (1974) demostró la existencia de híbridos naturales entre *P. edulis* y *P. monophylla*, lo que indica que las barreras reproductivas no se encuentran totalmente desarrolladas dentro de algunas especies de este grupo. La hibridación natural, seguida de la introgresión de genes entre especies es un factor de suma importancia para la evolución de este taxón.

Millar (1998), basado en el registro fósil y evidencias geológicas sugiere que la subsección *Cembroides* se originó en el Eoceno. Sin embargo, las hipótesis sobre el centro de origen de los pinos piñoneros (*Pinus* subsec. *Cembroides*, Engelm) son sólo especulaciones, debido a la ausencia de un registro fósil continuo. Se sugiere que se originaron en el suroeste de Norteamérica, al levantarse las altas cordilleras del oeste del continente, que originaron grandes planicies áridas hacia el interior, algunas poblaciones de pinos inmigraron a estas tierras adaptándose a climas semiáridos mediante innovaciones morfológicas que les ayudaron a sobrevivir; como la reducción en la talla del árbol y en la tasa de crecimiento, menor número y tamaño de las hojas y un cono más pequeño. En cuanto a las semillas, estas perdieron las alas y alcanzaron mayores tallas, como respuesta a la dispersión por aves y mamíferos (Little, 1987).

Se propone a México como el segundo centro de evolución de los pinos piñoneros y no como centro de origen, debido a que la diversidad de especies relictas se encuentran en Estados Unidos, además de que presentan caracteres específicos de especies boreales, como la aparición de brotes en verano.

Piñones

Muchas especies de aves son dependientes de los bosques de pino piñonero, algunas de ellas dependientes estrictas de estas especies arbóreas, tanto así, que se puede notar una reducción en las poblaciones de aves cuando se reducen o se alteran los bosques de pino piñonero (Crow y Riper, 2010).

Las semillas de los pinos piñoneros no sólo son consumidas por los animales silvestres, sino también son un producto muy apreciado por los humanos desde épocas prehispánicas, las semillas se les conoce como piñón, por lo que se les llama pinos piñoneros. Se sabe que para los nativos americanos el piñón era una parte muy importante de su dieta (Arteaga *et al.*, 2000).

El conquistador español Álvar Núñez Cabeza de Vaca fue el primero en escribir sobre el consumo del piñón (*P. edulis*) en el norte del país. Estos árboles desempeñaron un papel fundamental en la supervivencia y cultura de los nativos americanos de los altiplanos y zonas bajas de las serranías (Arteaga *et al.*, 2000).

Los pinos piñoneros son de gran valor, especialmente por sus semillas comestibles, que se consume en confitería y repostería principalmente, las cuales son una fuente considerable de ingresos para los recolectores, sin embargo la cosecha no es constante, ya que existe 1 año semillero seguido de aproximadamente 3 años con poca producción, pudiendo tardar hasta 7 años entre cosecha y cosecha, se piensa que este fenómeno se debe al control natural de plagas. (Moya *et al.* 1987 y Silva, 1994).

La cosecha de los piñones es una actividad familiar, donde participan hombres, mujeres y niños. Se establecen campamentos cerca del bosque, en el cual pueden durar varias semanas colectando los estróbilos (figura 1).

El estróbilo, piña o cono del pino piñonero (figura 2) es cosechado en cuanto empiezan a madurar, una vez colectados son colocados en costales. Los costales son apilados y cubiertos con heno (*Tillandsia usneoides*), la función de esta bromeliácea es acelerar la maduración y apertura de los conos aumentando su temperatura (Morales y Camacho, 1987) (figura 3 y 4).

El procedimiento siguiente es la extracción de las semillas de dentro de los conos, la cual se realiza manualmente, removiendo las escamas de tal manera que puedan salir las semillas, que se colocan en canastas; después se eliminan las semillas grisáceas, las cuales no se pueden almacenar por mucho tiempo para su venta fuera del año productivo. Para finalizar se seleccionan los piñones por

calidad, los negros, más abundantes y económicos, y los café claro o amarillos de más valor en el mercado (Morales y Camacho, 1987) (figura 5).

Después de esta selección los recolectores los comercializan en mercados (figura 6) o para industrias, normalmente los venden con cubierta, la cual es retirada por los intermediarios, esto es realizado piñón por piñón, ya sea golpeándolas o presionándolas con un cascanueces, con lo cual aumentan su valor (Morales y Camacho, 1987).

***Pinus cembroides* Zucc.**

Pinus cembroides es la principal especie piñonera para la recolección de semilla en México, pues tiene una distribución extensa. Se encuentra en el altiplano del norte y centro del país, ubicándose en las principales serranías: la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Faja Volcánica Transversal (Rzedowski, 1978). Por ello existe una gran variación en las condiciones ecológicas en que estos habitan, ocasionando a su vez peculiaridades en las composiciones florísticas propias de sus comunidades.



Figura 1. Campamento recolector de piñón



Figura 2. Estróbilo o cono de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*



Figura 3. Almacenaje de los conos de pino piñonero



Figura 4. Recubrimiento de los conos de pino piñonero con heno



Figura 5. Semillas o piñones de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*



Figura 6. Comercialización de los piñones recién cosechados

Pinus cembroides es el piñonero con mayor distribución dentro del territorio mexicano, de donde es endémico. Se encuentra desde la latitud 18° hasta 32° norte, y longitud 90° a 116° oeste. Se distribuye en los estados de Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Farjon *et al.*, 1997)

Esta especie se desarrolla sobre pendientes secas y rocosas, al pie de montañas, cerros y lomeríos. Sus límites altitudinales están entre los 2,700 m y los 1,350 m, con precipitación promedio anual de 350 a 800 mm, temperaturas que oscilan

entre 7° y 40°C, con un promedio de 18°C. Según la clasificación climática de Köppen, pueden presentarse en climas del tipo Bsk (seco templado) y Cwb (templado con época seca larga). Los suelos donde se desarrollan suelen ser pobres, pedregosos, calcáreos con un alto contenido de yeso, algo delgados con buen drenaje y un pH entre 4 y 8.

***Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey**

Pinus cembroides subsp. *orizabensis* D.K. Bailey es endémico en la Cuenca Oriental, dentro de los estados de Tlaxcala, Puebla y Veracruz, además de una pequeña población aislada dentro del Valle de Tehuacán, ubicada en San Luis de Pino; siendo esta la distribución más al sur de todas las especies de pinos piñoneros.

La descripción botánica de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey según Bailey (1983), es la siguiente:

Árbol pequeño de 8 a 10 metros de altura, copa un poco abierta e irregularmente ramificada en árboles maduros. La corteza en árboles jóvenes suele ser delgada y lisa, en los árboles maduros es algo delgada, con fisuras longitudinales irregulares, que dejan al descubierto un color amarillo-naranja en el interior de la corteza.

Hojas aciculares en grupos de 3, ocasionalmente 4 y raramente 2 por fascículo, de 4 a 6 cm de largo y 1 a 2 mm de ancho, estomas en la parte dorsal y ventral, la parte dorsal es glauca y la ventral verde oscuro; presenta 3 canales resiníferos externos y un solo paquete fibrovascular; conos pequeños que nacen individualmente y en grupos de 2 a 4, sobre pedúnculos delgados, con escamas gruesas con una pequeña espina terminal. Son conos globosos y simétricos, al abrir miden de 3 a 5 cm de largo y de 4 a 5 cm de ancho, son café claro brillante; semillas cafés, de 14mm de largo y 7mm de ancho, no presentan alas, su cubierta es gruesa y dura, con endospermo de color rosa; madera fibrosa, algo suave y un poco resinosa.

Esta subespecie tiene este estatus debido a que difiere químicamente y morfológicamente de las otras subespecies de *Pinus cembroides* (subsp. *lagunae* y *cembroides*); presenta mayor concentración de monoterpenos en la madera (Zavarin y Snajberk, 1985; Zavarin, 1987), así como diferencias en la posición de los estomas, la longitud del pedúnculo y el número de acículas (Bailey, 1983; Carrillo, 2009).

Los pinos piñoneros dependen de la asociación de sus raíces con micorrizas (principalmente ectomicorrizas) para poder sobrevivir a condiciones tan extremas a las que se enfrentan en las zonas áridas. Mohedano-Caballero *et al.* (1999) identificaron tres géneros de hongos micorrizógenos dentro de un bosque de *P. cembroides* subsp. *orizabensis*; *Clitocybe*, *Inocybe* y *Leucopaxillus*.

Las poblaciones *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* se distribuye en la zona limítrofe entre los estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz, conocida como la Cuenca Oriental, que se caracteriza por ser la única zona árida fría del país.

Problemática de los pinos piñoneros

Desde que los españoles comenzaron con la conquista del norte del país, la destrucción de los bosques de pino piñonero ha sido continua, ya que los árboles fueron y son de las pocas fuentes de madera en los desiertos del norte, por lo que son utilizados para combustible y material para construcción; además, las tierras desmontadas son utilizadas para pastoreo.

Otros factores que causan la decadencia de este tipo de vegetación, además de la producción intermitente de semillas, es la actividad de recolecta por el hombre, la depredación natural de los piñones por roedores, aves e insectos y el ramoneo de plantas jóvenes por el ganado. La alta depredación de las semillas dificulta que estas arriben al sustrato, a su vez no se forman bancos de semillas, lo que provoca la nula regeneración natural.

Muchas de las especies de pinos piñoneros se encuentran bajo alguna categoría de protección. Las siguientes especies están sujetas a protección especial por la

NOM-059 (SEMARNAT, 2010); *Pinus cembroides* subsp. *lagunae*, *P. johannis*, *Pinus monophylla*, *P. quadrifolia* y *P. remota*. Las siguientes son consideradas en peligro de extinción: *P. culminicola*, *P. nelsonii*, *P. maximartinezii* y *P. pinceana*.

Las principales plagas que atacan a *Pinus cembroides* son: *Conophthorus cembroides*, *Cecidomya bisetosa*, *Eucosma franclemonti*, *Dioryctria albobittella*, *Ips hoppigi* y *Retinia arizonensis* (López, 1996)

Objetivos

Objetivo general

Analizar la variación en la composición de especies vegetales y en la estructura de los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental, mediante técnicas de clasificación (análisis de agrupamiento) y ordenación de la vegetación

Objetivos particulares

- 1) Realizar un inventario de la flora vascular de los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental.
- 2) Caracterizar y describir fisonómicamente los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental
- 3) Conocer la relación que existe entre la composición y estructura de las comunidades de pinos piñoneros de la región de la Cuenca Oriental con respecto a los factores ambientales (edáficos)

Material y Método

Zona de estudio

Se muestrearon en total seis sitios, de los cuales cinco se encuentran dentro de los límites de la Cuenca Oriental, que abarca el territorio de tres estados de la republica: Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

La Cuenca Oriental, está ubicada entre los 97° 09' y 98°03' longitud oeste, y los 18°48' y 19°43' latitud Norte; Ocupa aproximadamente 5,250 km² de superficie y mide 70 km en su eje de mayor extensión (Gasca, 1981).

Se trata de una cuenca endorreica ubicada al oriente de la Eje Volcánico Transversal. Limita al norte con Las Humeras y la Sierra San Antonio, al noroeste con la Sierra de Tlaxco, al suroeste con la Malinche, en la parte sur es delimitada por la Sierra de Soltepec, la Sierra de Citlaltepétl se encarga de cerrar la cuenca, en esta última se inicia al sur con el volcán más alto del país, el Pico de Orizaba, con 5,675 m snm, y culmina al norte con el Cofre de Perote (Reyes, 1979. figura 7).

La altitud de la planicie al centro de la cuenca es de 2,312 m snm, pero no es constante en el interior de la cuenca, pues presenta una orografía con alto nivel de complejidad heterogeneica, con depresiones y elevaciones, estas últimas en su mayoría de origen volcánico, además de numerosos axalapazcos.

Los axalapazcos son cráteres volcánicos inactivos en cuyo interior se forman lagunas, algunas de ellas son la Laguna de Alchichica, Aljojuca, Atexcac, La Preciosa, Quechulac y Tecuitlapa.

Se estudiaron cinco sitios con bosques de pino piñonero dentro de la Cuenca Oriental; Frijol Colorado en Veracruz, El Progreso, San Sebastián Villanueva, Tepeyahualco, en el estado de Puebla y Santa María Las Cuevas, Tlaxcala.

Igualmente se analizó la flora de una comunidad aislada de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* ubicada fuera de la Cuenca Oriental, en San Luis del Pino, Puebla, dentro de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

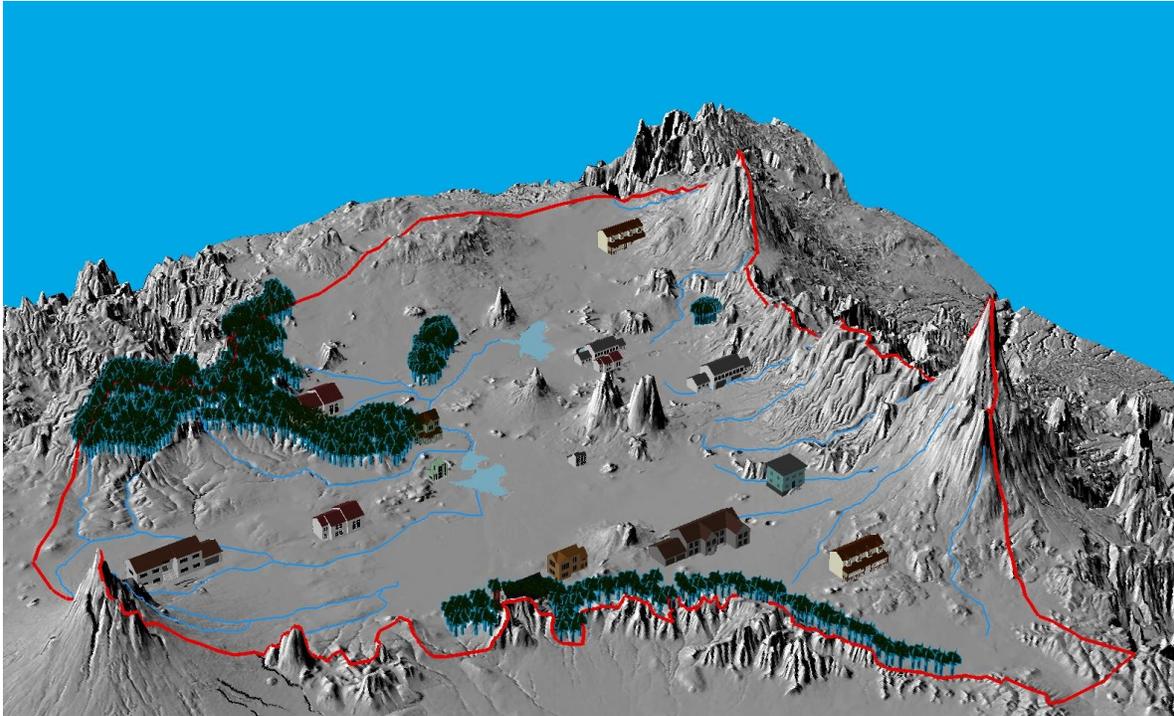


Figura 7 orografía de la Cuenca Oriental

Factores físicos

Se utilizaron Sistemas de Información Geográfica para determinar los factores físicos que influyen sobre la presencia de los bosques de pino piñonero en la Cuenca Oriental, se elaboraron mapas de climas, suelos, orografía y rocas con la ayuda del Software ArcView GIS 3.3.

Análisis de suelo.

Se obtuvieron muestras de suelo de aproximadamente 1 kg, de las distintas localidades con bosque de pino piñonero, se enviaron al Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde se determinaron las siguientes características mediante los procedimientos que se mencionan a continuación:

pH: potenciómetro con relación suelo-agua 1:2

N₂ (Nitrógeno): Se extrajo con Cloruro de Potasio a una concentración 2N y se determinó mediante arrastre de vapor.

P (Fósforo): se determinó mediante los métodos de extracción BrayP-1 y OLSEN.

K (Potasio): Extraído en Acetato de Amonio a una concentración 1N con, pH 7 en una relación 1:20 y se cuantifico por espectrofotometría de emisión de flama.

Ca (Calcio): Extraído en Acetato de Amonio en una concentración 1N, con pH 7 en una relación 1:20 y se determinó por espectrofotometría de absorción atómica.

Fe (Hierro): Extraído con DTPA en una relación 1:4 y fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica.

Para la obtención de la textura del suelo se utilizó un hidrómetro de Bouyoucos.

Levantamiento florístico

En cada localidad se identificó la flora vascular, tanto especies perennes como anuales. Los especímenes que no fue posible identificar en campo fueron recolectados y prensados para su posterior identificación.

El material botánico recolectado fue llevado al herbario del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, donde fue identificado.

Clasificación

La clasificación de la comunidad se realiza mediante análisis de agrupamiento, que consiste en agrupar a las especies vegetales en conjuntos de alta similitud interna o disimilitud, tomando en cuenta los miembros de los otros grupos. Cuando la clasificación se basa en particiones definidas por la presencia o ausencia de un solo carácter se le denomina monotética. La estructura de la clasificación obtenida de la matriz de similitud se representa en un dendrograma (Rocha *et al.* 2006).

Las técnicas de análisis multivariado son de suma importancia para los estudios sinecológicos, ya que permiten detectar los factores ambientales responsables del

cambio en la estructura y distribución de la vegetación (Sánchez-González y López-Mata, 2003)

El análisis multivariado se utiliza para simplificar y ordenar un conjunto complejo de datos, donde el resultado muestra las relaciones existentes entre las especies y el ambiente.

Para realizar la clasificación numérica de la vegetación se utilizó el programa PC-ORD, versión 4 (Mc Cune y Mefford, 1999), el cual se enfoca en el análisis multivariado de datos ecológicos, por medio de clústers basados en medidas de distancia y métodos de unión de grupos.

La clasificación se realizó con variables cualitativas, con base en atributos binarios (presencia ausencia) y fue tipo politética aglomerativa. Se incluyó un total de 180 especies.

Los conglomerados o grupos fueron establecidos utilizando el Índice de Jaccard como medida de distancia, y como algoritmo de unión, el promedio entre grupos. El dendrograma obtenido indica la distancia existente entre los diferentes bosques, vista esta como un agrupamiento de información remanente, donde el 100% es la totalidad de información disponible, las especies; la cual se reduce conforme se van formando los grupos por semejanza, hasta que se utiliza toda la información en 0%. Siendo así la información remanente igual a la afinidad entre sitios.

Ordenación

La ordenación es un término aplicado a una serie de técnicas multivariadas que organizan sitios a lo largo de ejes, basándose en la composición de especies de estos mismos. El término hace referencia a ordenar objetos en cualquier número de dimensiones, preferentemente pocos, para encontrar patrones de respuesta, con la finalidad de generar hipótesis sobre las relaciones entre la composición de las especies de los sitios con respecto a gradientes ambientales (Rocha *et al.*, 2003)

Para la ordenación de la vegetación se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), la cual es una técnica de ordenación directa, que representa un

caso especial de regresión múltiple donde la composición de las especies es directamente relacionada con las variables ambientales (Sánchez- González y López-Mata, 2003).

El CCA permite separar las especies según su nicho ecológico y construye gradientes sintéticos de ordenación. En principio este método correlaciona tres componentes: las especies, los sitios y los factores ambientales y los posiciona en un sistema de coordenadas de los gradientes principales (Suárez, 2003). Para realizar el análisis se utilizó el programa de cálculo CANOCO (Ter Braack y Smilauer, 1998), la representación gráfica se elaboró utilizando el programa CANODRAW.

Caracterización de la vegetación

Para describir el arreglo vertical de cada comunidad se realizó una estratificación de los individuos más representativos (con VIR más alto), se elaboró un perfil semirrealista de Richard (Richard, 1952); este diagrama de perfil es puramente fisionómico y fue ideado para describir comunidades. Se elabora tomando un rectángulo del bosque y dibujando a escala las plantas dominantes y más abundantes, de modo que se describe la estratificación a través de ilustraciones esquemáticas. Granados y Tapia (1990) sugieren utilizar transectos adicionales a los cuadros de estudio, para dar un panorama más amplio y certero de la composición florística de las agrupaciones vegetales.

Para caracterizar cuantitativamente las diferentes comunidades de pino piñonero muestreadas, se utilizó el método de punto cuadrante central (Cottam y Curtis, 1956). Este método consiste en trazar en campo dos ejes o líneas perpendiculares entre sí, formando un plano cartesiano, dando como resultado cuatro cuadrantes, dentro de los cuales se considera a la especie perenne más cercana con diámetro mayor a 10 cm, se toma la distancia de la intersección de los ejes a este, el diámetro a la altura del pecho (DAP a 1.30m) y la altura. Se colocaron 10 puntos al azar dentro de cada bosque de pino piñonero.

Este método permite obtener parámetros como la distancia total, distancia media, dominancia absoluta y relativa, número de árboles en 100 m², número de individuos de la misma especie, densidad relativa, frecuencia absoluta y relativa, área basal y valor de importancia relativa ($VIR = \frac{\text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa} + \text{frecuencia relativa}}{3}$).

Resultados

Clasificación

Los resultados de la clasificación de los seis bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* muestreados se ilustran en un dendrograma (figura 8), elaborado con la ayuda del programa PC-ORD, versión 4.0.

De forma general se distinguen tres grupos al elegir como nivel de corte 50% de la información remanente aproximadamente: el primer grupo está conformado por los bosques de pino piñonero que se ubican dentro de la Cuenca Oriental; Frijol Colorado, uniéndose en un 60% al complejo formado por Santa María las Cuevas y El Progreso que se unen al 100%, esto no quiere decir que compartan todas las especies, sino que son muy semejantes, en realidad tienen 26 especies en común, con un índice de complementariedad de 0.65 (cuadro 4); El segundo está definido por Tepeyahualco y San Sebastián Villanueva unidas en un 80% entre sí; y el último grupo lo forma únicamente el bosque de San Luis del Pino, que posee una composición de especies muy diferente, con respecto a los demás sitios.

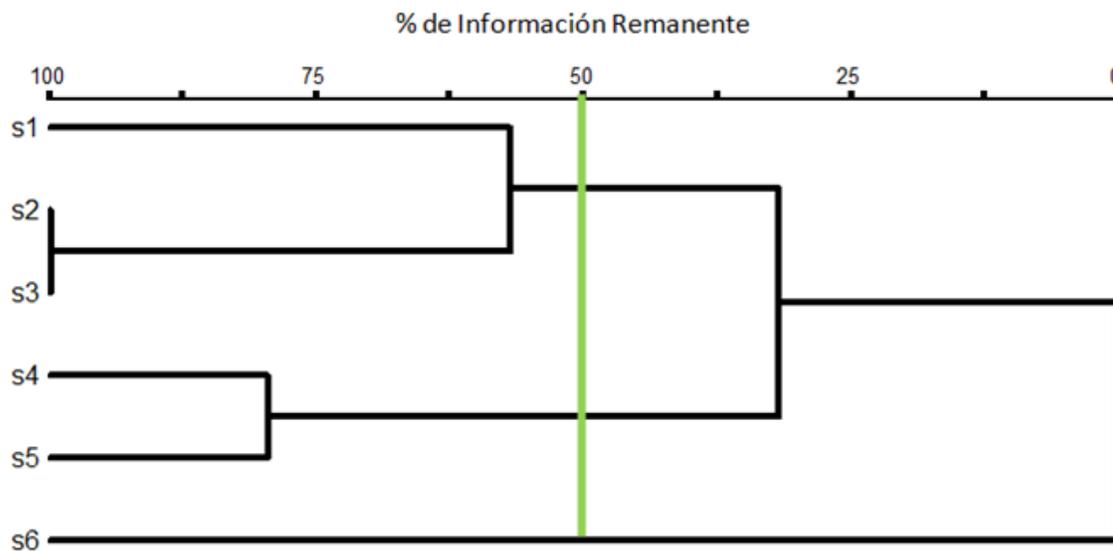


Figura 8. Dendrograma que muestra las relaciones jerárquicas entre los sitios de muestreo. s1: Frijol colorado, s2: Santa María las Cuevas, s3: El progreso: s4: Tepeyahualco y s5: San Sebastián Villanueva s6: San Luis del pino

Ordenación

El valor de las raíces características para los dos primeros ejes de ordenación (cuadro 1) sugiere que la composición de especies entre las asociaciones vegetales estudiadas, esta relacionadas con factores ambientales definidos por los dos primeros ejes de variación del CCA.

Con Respecto a las variables ambientales evaluadas se observó una correlación positiva alta entre pH y Ca, Ca y N, P y altitud, y limo y arcilla. Las variables más correlacionadas en sentido negativo fueron: pH y P, pH y Fe, Ca y P, Fe y Ca, arena y limo, y arena y arcilla.

En el CCA, las variables más correlacionadas con el Eje 1 fueron Ca, Fe, N y pH (cuadro 3 y figura 9). Por su parte, las variables mejor correlacionadas con el eje de variación 2 fueron únicamente la Altitud y la concentración de Fósforo.

Además, en el diagrama de ordenación se puede observar que los sitios de Tepeyahualco y San Sebastián Villanueva forman un grupo; Santa María Las Cuevas y El Progreso forman un segundo grupo; y el tercero está conformado únicamente por la comunidad de Frijol Colorado. Estos resultados son acordes con los que aportó el análisis de agrupamiento (figura 8).

Cuadro 1. Resultados del análisis de correspondencia canónica en donde se indican los valores de las raíces características, la correlación entre las especies y los factores ambientales y el porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies y las relaciones especies-ambiente, para los cuatro ejes de la ordenación

Ejes	1	2	3	4
Raíces características	0.551	0.507	0.412	0.364
Correlación especies- factores ambientales	1	1	1	1
Varianza acumulada (%)				
De las especies	30.1	57.7	80.1	100
De las relaciones especies- ambiente	30.1	57.7	80.1	100

Cuadro 2. Matriz de correlación entre las variables edáficas y ambientales evaluadas en el presente estudio (en negritas las variables mas correlacionadas)

Variable	pH	N	P	K	Ca	Fe	Arena	Limo	Arcilla
N	0.51								
P	-0.76	-0.42							
K	0.21	-0.46	0.32						
Ca	0.94	0.77	-0.76	-0.053					
Fe	-0.9697	-0.31	0.67	-0.42	-0.8392				
Arena	-0.22	0.38	-0.018	-0.45	-0.0074	0.3119			
Limo	0.20	-0.39	0.044	0.46	-0.0109	-0.2945	-0.9997		
Arcilla	0.53	-0.19	-0.43	0.27	0.3203	-0.5751	-0.8917	0.8795	
Altitud	-0.66	-0.27	0.97	0.35	-0.6242	0.5792	0.1232	-0.0974	-0.5532

Cuadro 3. Matriz de correlación entre los 4 ejes de la ordenación y las diez variables ambientales (en negritas las variables más correlacionadas con cada eje).

Variable	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
pH	0.78	-0.23	0.21	0.54
N	0.84	-0.02	-0.54	-0.07
P	-0.55	0.8	-0.07	-0.24
K	-0.18	0.53	0.47	0.68
Ca	0.9	-0.22	-0.05	0.37
Fe	-0.63	0.17	-0.33	-0.68
Arena	-0.16	-0.19	-0.96	0.11
Limo	0.15	0.21	0.96	-0.12
Arcilla	0.35	-0.21	0.91	0.02
Altitud	-0.45	0.85	-0.23	-0.1

Las variables ambientales que mejor representan al eje 1 son la concentración de Ca, N y pH del suelo (cuadro 3), principalmente, así como la baja concentración de Fe, la cual decrece a medida que aumenta la disponibilidad de Ca (cuadro 2). Esta misma correlación negativa se presenta en la concentración de Fósforo, pero este elemento junto con la Altitud son las variables que mejor explican el segundo eje de variación, ambas variables presentan una alta correlación positiva (cuadro 2).

Estos dos primeros ejes explican aproximadamente el 58% de la varianza acumulada (cuadro 1), el resto de la varianza es representado por el eje 3 y el eje 4, representados por las variables de la textura del suelo y K respectivamente (cuadro 3).

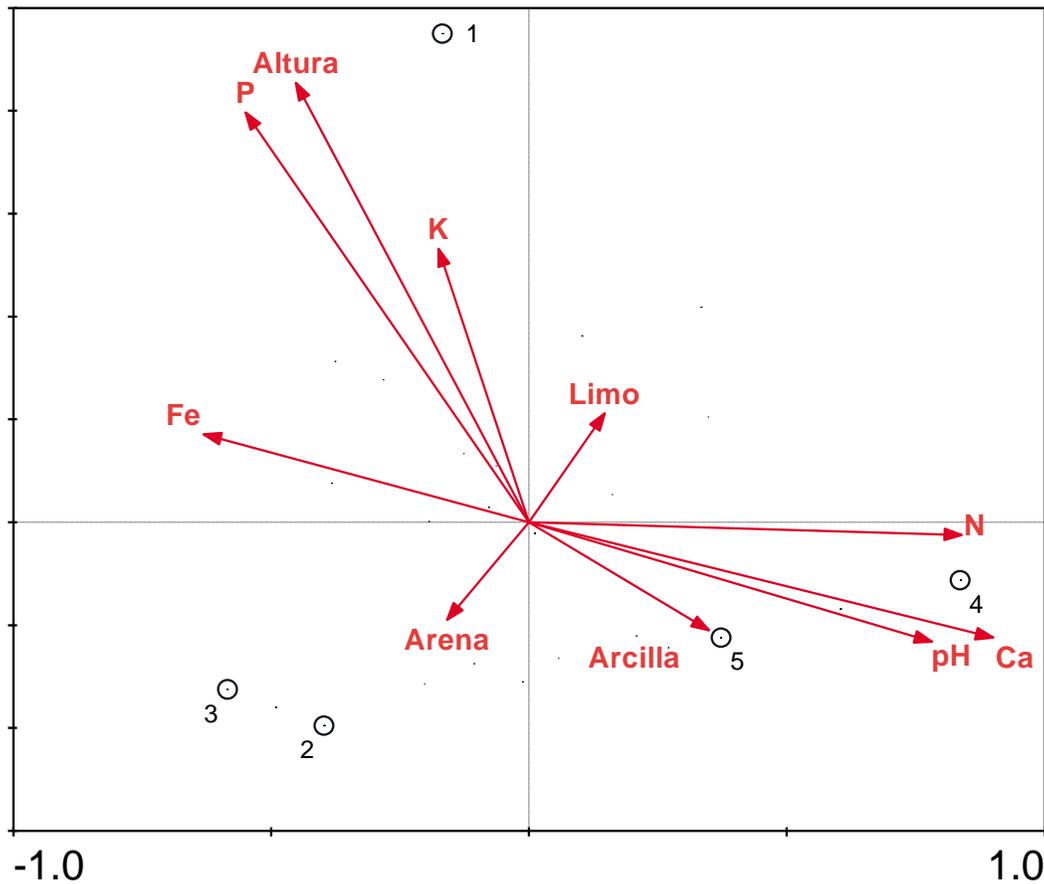


Figura 9. Análisis de correspondencia canónica de los cinco sitios de muestreo con bosques de pino piñonero dentro de la Cuenca Oriental. Se utilizaron 180 especies de plantas vasculares y 10 variables ambientales. Los sitios corresponden a: 1: Frijol Colorado, 2: Santa María las Cuevas, 3: El Progreso, 4: Tepeyahualco, 5: San Sebastián Villanueva

El cuadro 4 muestra los valores de los índices de complementariedad entre las comunidades de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, donde el número de especies compartidas se ubica en la parte inferior izquierda, la riqueza de especies se indica con letra negrita en la diagonal y el porcentaje de complementariedad se encuentra en la parte superior derecha.

Cuadro 4. Matriz de complementariedad. Sitio 1: Frijol Colorado, 2: Santa María las Cuevas, 3: el Progreso, 4: Tepeyahualco, 5: San Sebastián Villanueva, 6: San Luis del Pino.

Sitio	1	2	3	4	5	6
1	55	0.78	0.77	0.82	0.81	0.94
2	20	54	0.65	0.81	0.78	0.92
3	19	26	46	0.85	0.81	0.87
4	16	16	12	48	0.73	0.96
5	16	18	15	20	47	0.89
6	6	8	12	4	10	56

Los valores estimados a partir de la composición de especies de plantas vasculares de los distintos sitios muestreados indican que el bosque de pino piñonero de Santa María las Cuevas y el bosque del paraje El Progreso tienen el valor de complementariedad más bajo, porque comparten un número elevado de especies entre sí. En cambio, el bosque de San Luis del Pino ubicado en el valle de Tehuacán, Puebla, fue el sitio con mayor índice de complementariedad con respecto a todos los demás sitios, lo que significa (y confirma los resultados obtenidos en el análisis de agrupamiento y en la ordenación directa), que posee pocas especies en común con los bosques de pino piñonero que se encuentran dentro de la Cuenca Oriental.

La clasificación se puede confirmar con el análisis de correspondencia canónica, pues dichas asociaciones concuerdan con lo que se aprecia en el diagrama de ordenación (figura 9).

A continuación se muestran los mapas de la Cuenca Oriental obtenidos con el programa ArcView, en donde se muestra a escala de paisaje, los factores ambientales característicos de los bosques de pino piñonero analizados, por tipos de climas (figura 10), rocas (figura 11) y suelos (figura 12).

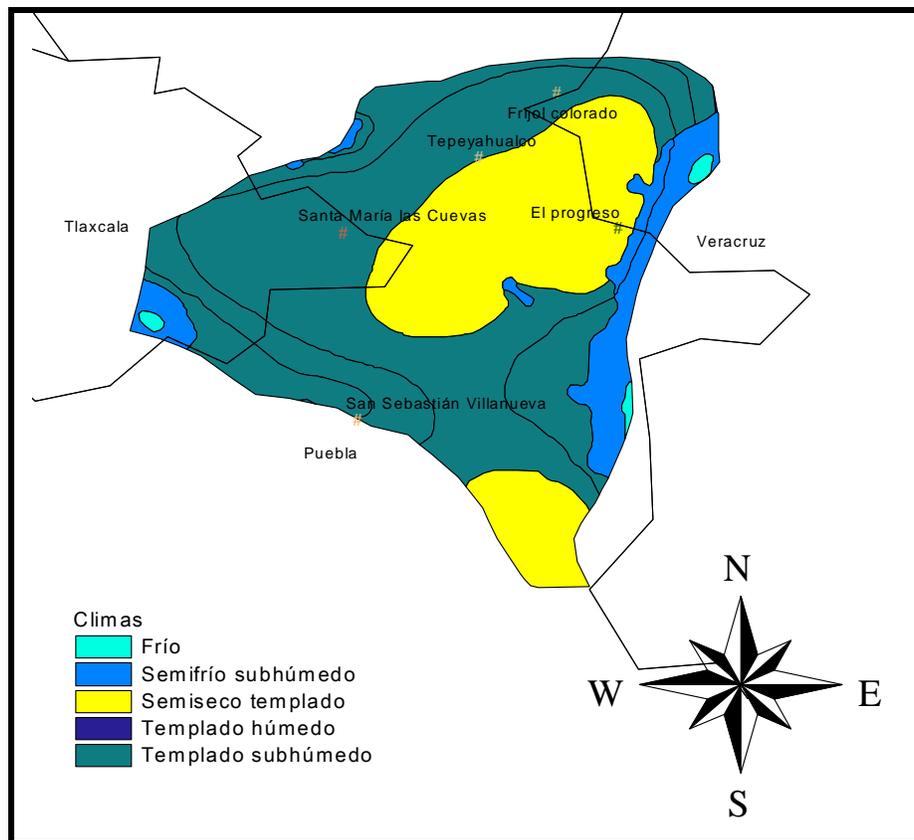


Figura 10. Tipos de climas de la Cuenca Oriental

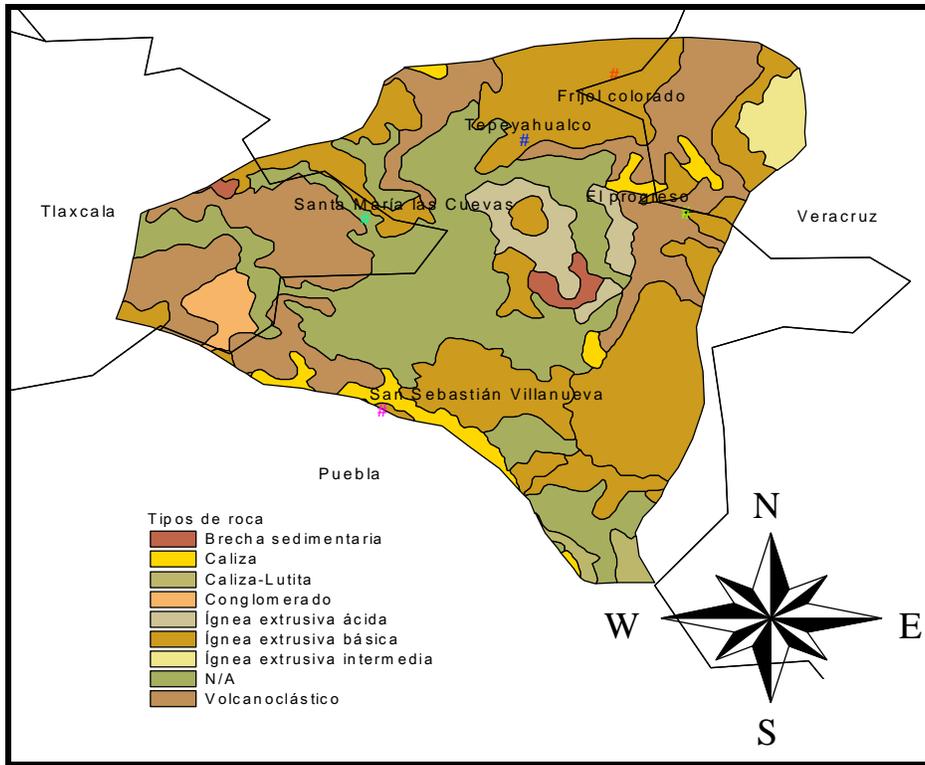


Figura 11. Tipos de rocas de la Cuenca Oriental

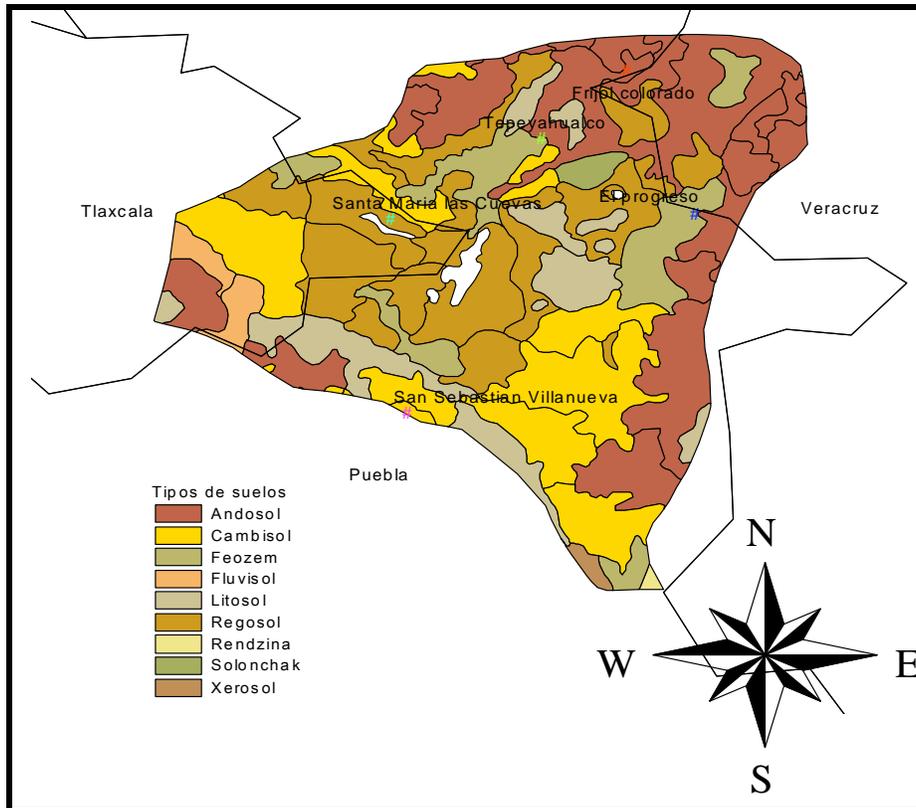


Figura 12. Tipos de Suelo de la Cuenca Oriental

Descripción de las comunidades vegetales

Santa María las Cuevas, Municipio de Atlzayanca, Tlaxcala

El bosque de pino piñonero de Santa María las Cuevas se localiza en las coordenadas geográficas 19°22'39'' N y 97°42'54.2''O, desarrolla a una altitud de entre 2,470 y 2,620 m; presenta una precipitación anual de 400 a 500 mm y la temperatura oscila entre -3°C y los 40°C; el clima se considera templado subhúmedo (figura 10).

El bosque se desarrolla, en su mayoría, bajo condiciones topográficas abruptas en terrenos ondulados, de ladera andesítica sinuosa, cambisol y regosol (figura 12), con exposición NO-SE, la pendiente es de 20%; rocas son volcanoclásticas e ígneas intrusivas básicas (figura 11).

La composición florística, en su mayoría, es de especies típicas de zonas áridas, dominan en este bosque: *Agave oscura*, *Juniperus deppeana*, *Nolina parviflora*, *Opuntia streptacantha*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *Yucca periculosa*, así como un gran número de epifitas, donde destacan *Tillandsia usneoides*, *T. recurvata* y *T. macdougalli* (figura 13 y 14).

En este bosque se identificaron 56 especies, pertenecientes a 36 géneros, distribuidos en 20 familias, de las cuales Asteraceae y Poaceae fueron las más representativas, con 10 y 11 especies, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Lista florística de la comunidad de Santa María las Cuevas

Familia	Especie	Autor
Leguminoseae	<i>Acacia sp.</i>	Mill.
Rhamnaceae	<i>Adolphia infesta</i>	Meisn.
Agavaceae	<i>Agave gilbeyi</i>	Haage & Schmid ex Regel
Agavaceae	<i>Agave oscura</i>	Schiede
Asteraceae	<i>Bahia pringlei</i>	Greenm.
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	L
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Torr.
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Lag.
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltldl.

Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i>	(Kunth) A.Gray
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuifolia</i>	M.Martens & Galeotti
Adiantaceae	<i>Cheilanthes microphylla</i>	Sw.
Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i>	Sessé & Moc.
Leguminosae	<i>Dalea diffusa</i>	Moric.
Dracaenaceae	<i>Dasyilirion acrotrichum</i>	Zucc.
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	Cham. & Schltld.
Asteraceae	<i>Dyssodia papposa</i>	(Vent.) Hitchc.
Rubiaceae	<i>Galium hypadenium</i>	S.Schauer
Asteraceae	<i>Haplopappus venetus</i>	S.F.Blake
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Steud.
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	G.Don
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i>	Kunth
Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Haw.
Cactaceae	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Link & Otto
Leguminosae	<i>Mimosa sp.</i>	L.
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	(E.Fourn.) Hitchc.
Poaceae	<i>Muhlenbergia acuminata</i>	Vasey
Poaceae	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia firma</i>	Beal
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Hitchc.
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Hemsl.
Adiantaceae	<i>Notholaena aurea</i>	(Poir.) Desv.
Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Lem.
Adiantaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>	(Cav.) Link
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Lindl.
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	D.K.Bailey
Poaceae	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	(Kunth) Hitchc.
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	A. Br.
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>	Née
Lamiaceae	<i>Salvia greggii</i>	A.Gray
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i>	Sessé & Moc.
Selagenellaceae	<i>Selaginella sp.</i>	
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i>	Cav.
Asteraceae	<i>Stevia ovata</i>	Willd.
Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	(Ruiz & Pav.) Kunth
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i>	Trin.
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i>	Ortega

Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Baker
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia macdougallii</i>	L.B.Sm.
Asteraceae	<i>Tridax coronopifolia</i>	Hemsl.
Agavaceae	<i>Yucca periculosa</i>	Baker



Figura 13. Bosque de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* de Santa María las Cuevas

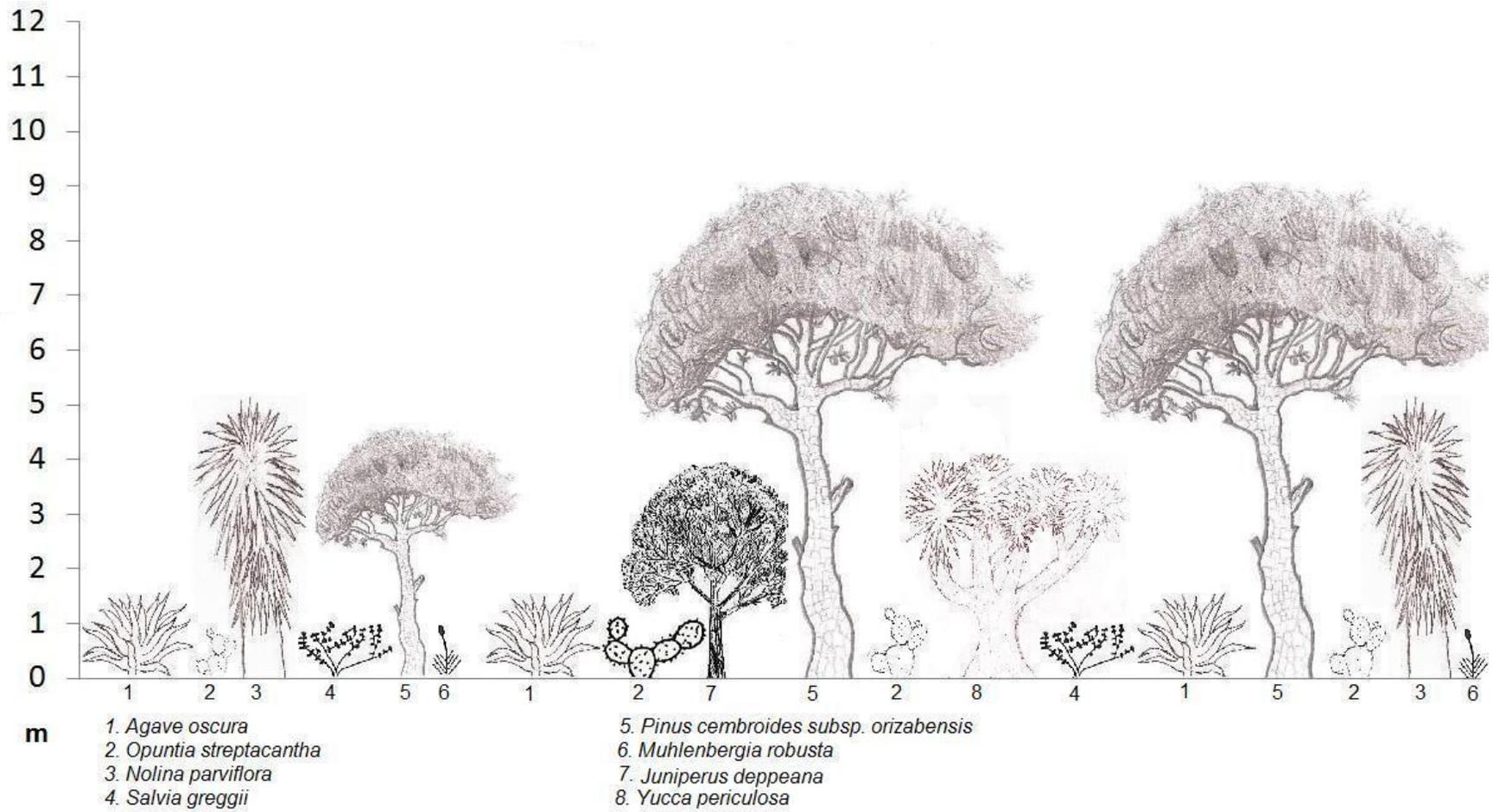


Figura 14. Perfil semirrealista del bosque de Santa María las Cuevas

Cuadro 6. Valores estructurales del bosque de Santa María las Cuevas, municipio de Atlazayanca, Tlaxcala

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

Los valores estructurales que se muestran en el cuadro 6, fueron obtenidos mediante el método de punto cuadrante para el bosque de pino piñonero de Santa María las Cuevas.

Los suelos de la zona presentan la siguiente composición química: pH de 5.93, Nitrógeno (N) 8.9 mg/kg, Fósforo (P) 10.98 mg/kg, Potasio (K) 366 mg/kg, Calcio (Ca) 1035 mg/kg y Hierro (Fe) 67.45 mg/kg.

El suelo está compuesto por 64.8% de arena, 30.7% de Limo y 4.5% de arcilla, la textura es franco arenoso.

Tepeyahualco, Puebla

El paraje denominado Tepeyahualco se localiza en las coordenadas geográficas 19°30'18.1"N y 97°30'12.1"O, se desarrolla a una altitud de 2,409 m; el clima se considera templado subhúmedo, además de semiseco templado (figura 10); ubicado sobre terrenos con suelos andosoles y feozem (figura 12), con rocas ígneas extrusivas básicas en su mayoría, así como volcanoclásticas (figura 11).

Los elementos dominantes de este bosque son *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Yucca periculosa*, además de especies frecuentes como *Agave oscura*, *A. gilbeyi*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia heliabravoana*, *O. robusta* y bromeliáceas epifitas (cuadro 7, figura 15 y 16).

Se identificaron 48 especies vegetales distintas en la localidad, pertenecientes a 36 géneros distintos, que se ubican dentro de 23 familias (cuadro 8).

El suelo del bosque de pino piñonero de Tepeyahualco presenta un pH ligeramente básico de 7.98, Nitrógeno (N) 17.8 mg/kg, Fósforo (P) 1.86 mg/kg, Potasio (K) 478 mg/kg, Calcio (Ca) 6733 mg/kg y Hierro (Fe) 12.16 mg/kg. Presenta una composición de 69.5% arena, 26% limo, 4.5 de arcilla y una textura franco arenosa.

Cuadro 7 Valores estructurales del bosque de Tepeyahualco, Puebla.

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



Figura 15. Bosque de pino piñonero de Tepeyahualco, Puebla.

Cuadro 8. Lista florística de la comunidad de Tepeyahualco

Familia	Especie	Autor
Agavaceae	<i>Agave gilbeyi</i>	Haage & Schmid ex Regel
Agavaceae	<i>Agave oscura</i>	Schiede
Viscaceae	<i>Arceuthobium pendens</i>	Hawksw. & Wiens
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i>	Willd ex Schltld.
Poaceae	<i>Aristida divaricata</i>	J.Jacq.
Fabaceae	<i>Astragalus helleri</i>	Fenzl
Fabaceae	<i>Astragalus mollissimus</i>	Torr.
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Torr.
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltld.
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>	Benth
Adiantaceae	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	(Willd), Proctor
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i>	A.Gray
Euphorbiaceae	<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	Ortega

Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i>	Sessé & Moc.
Dracaenaceae	<i>Dasyllirion acrotrichum</i>	Zucc.
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	L'Hér. ex Ait.
Bromeliaceae	<i>Hechtia roseana</i>	L.B.Sm.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>	Cav.
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Steud.
Cactaceae	<i>Mammillaria elegans</i>	DC.
Cactaceae	<i>Mammillaria rhodantha</i>	Link & Otto
Loasaceae	<i>Mentzelia hispida</i>	Willd.
Leguminosae	<i>Mimosa biuncifera</i>	Benth.
Poaceae	<i>Muhlenbergia implicata</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	(E.Fourn.) Hitchc.
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Hemsl.
Cactaceae	<i>Opuntia heliabravoana</i>	Scheinvar
Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Wendl
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	D.K.Bailey
Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i>	Cav.
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Née
Fagaceae	<i>Quercus grisea</i>	Liebm.
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Cav.
Iridaceae	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	Phil.
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i>	Dunal
Asteraceae	<i>Stevia elatior</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Stevia pilosa</i>	Lag.
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i>	Cav.
Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	(Ruiz & Pav.) Kunth
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i>	Trin.
Asteraceae	<i>Tagetes coronopifolia</i>	Willd.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Baker
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia erubescens</i>	H.Wendl.
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Schauer
Verbenaceae	<i>Verbena ciliata</i>	Benth.
Agavaceae	<i>Yucca periculosa</i>	Baker

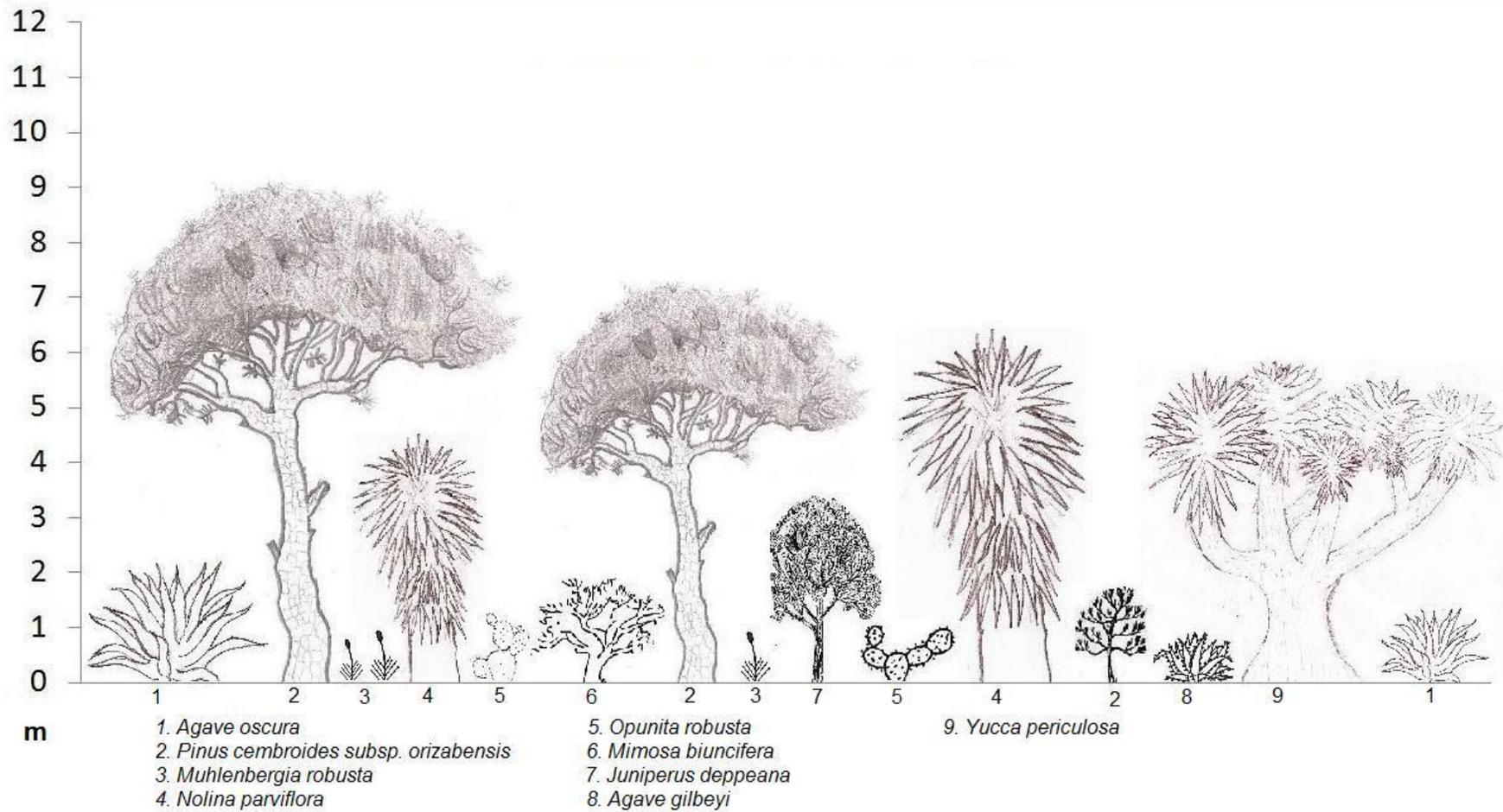


Figura 16. Perfil semirrealista del bosque de Tepayahualco

El Progreso, Municipio de Guadalupe Victoria, Puebla

El Progreso es una pequeña localidad ubicada dentro del municipio de Guadalupe Victoria, en el estado de Puebla. El bosque de pino piñonero se encuentra en las coordenadas 19°22'57.84''N y 97°22'57.5''O, a una altitud de 2,469 m; presenta un clima semiseco templado (figura 10); se desarrolla sobre suelos del tipo andosol y feozem (figura 12), con rocas ígneas extrusivas y volcanoclásticas (figura 11).

Las especies dominantes en esta localidad son *Agave gilbeyi*, *Muhlenbergia macroura*, *Nolina parviflora*, *Notholaena aurea*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Quercus microphylla*, así como epifitas del género *Tillandsia* (cuadro 7 y figura 17).

En esta localidad se identificaron 46 especies, de 37 géneros distintos, agrupados en 22 familias (cuadro 9).

Los valores estructurales obtenidos por el método punto cuadrante central para el bosque de pino piñonero del paraje El Progreso, se muestran en el cuadro 10.

El suelo de este bosque presento un pH de 7.07, Nitrógeno (N) 6.7 mg/kg, Fósforo (P) 7.69 mg/kg, Potasio (K) 756 mg/kg, Calcio (Ca) 2695 mg/kg y Hierro (Fe) 22.06 mg/kg. El suelo se compone de 67.5% de arena, 28% de limo y 4.5% de arcilla, la textura es franco arenosa.

Cuadro 7. Lista florística de la comunidad de El Progreso

Familia	Especie	Autor
Agavaceae	<i>Agave gilbeyi</i>	Haage & Schmid ex Regel
Agavaceae	<i>Agave oscura</i>	Schiede
Fabaceae	<i>Astragalus helleri</i>	Fenzl
Asteraceae	<i>Bahia pringlei</i>	Greenm.
Asteraceae	<i>Bahia xylopoda</i>	Greenm.
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltldl.
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i>	(Kunth) A.Gray
Scrophulariaceae	<i>Castilleja canescens</i>	Benth.
Adiantaceae	<i>Cheilanthes microphylla</i>	Sw.

Rubiaceae	<i>Crusea diversifolia</i>	(Kunth) W.R.Anderson
Leguminosae	<i>Dalea bicolor var bicolor</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.
Dracaenaceae	<i>Dasyllirion acrotrichum</i>	Zucc.
Apiaceae	<i>Donnellsmithia sp.</i>	J.M.Coult. & Rose
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	Cham. & Schltdl.
Asteraceae	<i>Erigeron pubescens</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Eupatorium calaminthifolium</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Eupatorium spinaciifolium</i>	A.Gray
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>	Less.
Bromeliaceae	<i>Hechtia roseana</i>	L.B.Sm.
Cistaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i>	Lag.
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Steud.
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	G.Don
Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Hitchc.
Poaceae	<i>Muhlenbergia nigra</i>	Hitchc.
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	(E.Fourn.) Hitchc.
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Graham
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Hemsl.
Adiantaceae	<i>Notholaena aurea</i>	(Poir.) Desv.
Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	
Adiantaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>	(Cav.) Link
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	D.K.Bailey
Polygalaceae	<i>Polygala barbeyana</i>	Chodat
Polipodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	A. Br.
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Humb. & Bonpl.
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>	Née
Lamiaceae	<i>Salvia laevis</i>	Benth.
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i>	Sessé & Moc.
Crassulaceae	<i>Sedum bourgaei</i>	Hemsl.
Crassulaceae	<i>Sedum moranense</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Stevia jorullensis</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i>	Cav.
Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	(Ruiz & Pav.) Kunth
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i>	Trin.
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i>	Ortega
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Baker
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Agavaceae	<i>Yucca periculosa</i>	Baker

Cuadro 8. Valores cuantitativos para el bosque de El Progreso, remarcado en negritas los valores mar altos.

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

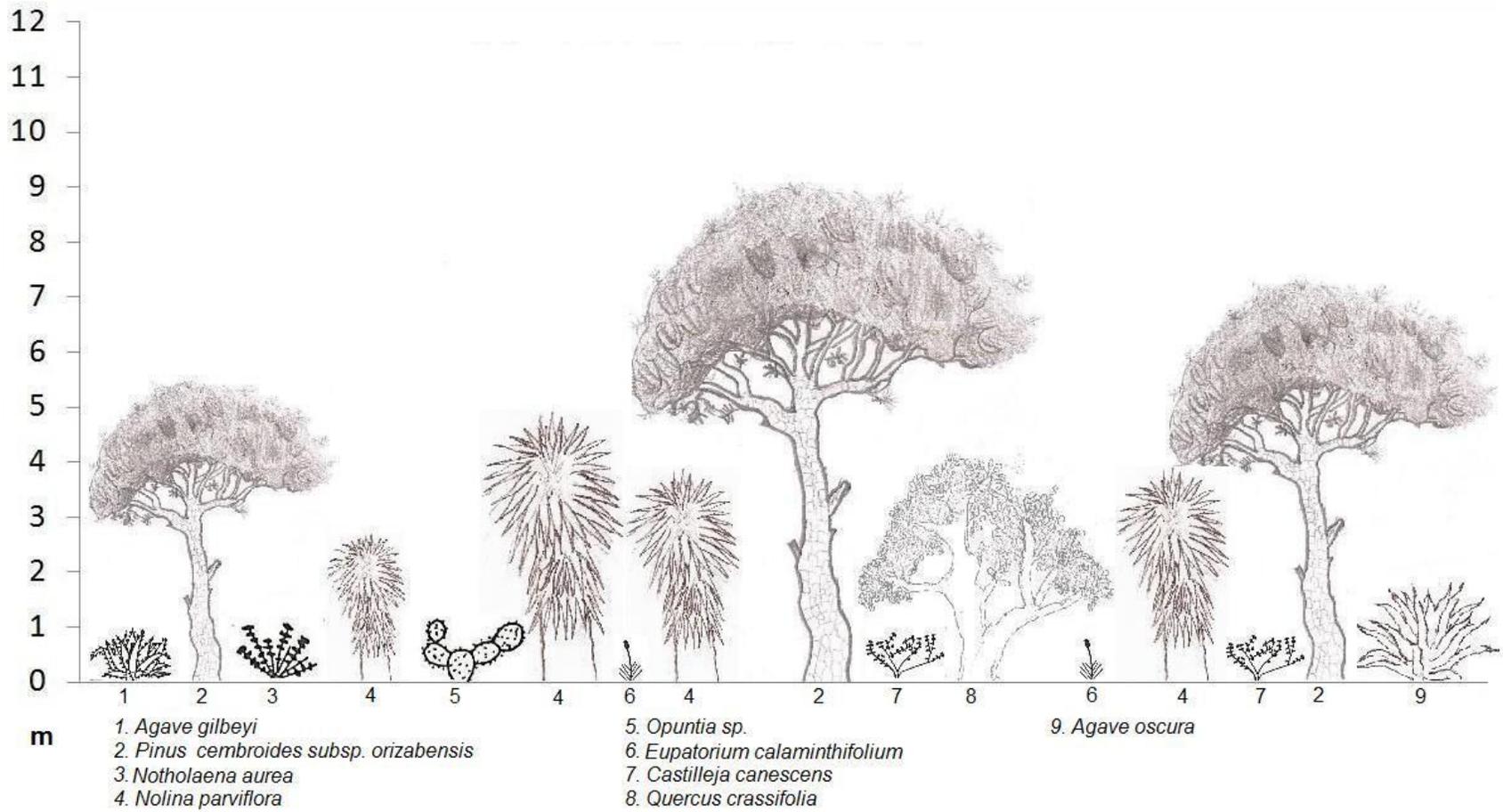


Figura 17. Perfil semirrealista del bosque de El Progreso

Frijol Colorado, Veracruz

La población de pino piñonero del Frijol Colorado se encuentra dentro de la sierra de Zoltepec, en las coordenadas geográficas 19°36'49.9''N y 97°22'57.5''O, a una altitud 2,677 m; el clima se considera templado subhúmedo (figura 10), se desarrolla sobre rocas ígneas extrusiva básicas (figura 11) y suelos feozem y andosol (figura 12).

Dentro de esta población se encontraron un total de 56 especies vegetales, clasificadas dentro de 46 géneros y 28 familias (cuadro 11).

El bosque es dominado por *Juniperus flaccida*, *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* y *Yucca periculosa* (cuadro 12). Además sobresalen *Agave oscura*, *Pinus pseudostrabus* y bromeliáceas epifitas entre otras (figura 18).

El suelo de este bosque presenta la siguiente composición química: pH de 6.4, Nitrógeno (N) 8.9 mg/kg, Fósforo (P) 21.89 mg/kg, Potasio (K) 778 mg/kg, Calcio (Ca) 1676 mg/kg y Hierro (Fe) 45.78 mg/kg. El suelo es una composición de 57.5% de arena, 38% de limo y 4.5% de arcilla, con textura franco arenosa.

Cuadro 9. lista florística de la comunidad de El Frijol Colorado

Familia	Especie	Autor
Poaceae	<i>Aegopogon cenchroides</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.
Agavaceae	<i>Agave oscura</i>	Schiede
Viscaceae	<i>Arceuthobium pendens</i>	Hawksw. & Wiens
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Kunth
Papaveraceae	<i>Argemone arida</i>	Rose
Berberidaceae	<i>Berberis pallida</i>	Hartw. Ex Benth.
Asteraceae	<i>Bidens ferulifolia</i>	(Jacq.) Sweet
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schlttdl.
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>	Benth
Adiantaceae	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	(Willd), Proctor
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	L.
Rubiaceae	<i>Crusea diversifolia</i>	(Kunth) W.R.Anderson
Cupressaceae	<i>Cupressus benthamii</i>	Endl.
Leguminoseae	<i>Dalea bicolor</i>	Humb. & Bonpl. .

Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i>	Michx.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>	L.
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Cav.
Rubiaceae	<i>Galium uncinulatum</i>	D.C.
Asteraceae	<i>Gnaphalium wrightii</i>	A.Gray
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>	Less.
Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Cav.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>	Cav.
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Steud.
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>	Schltld.
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i>	M.Martens & Galeotti
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	G.Don
Cactaceae	<i>Mammillaria sp.</i>	
Poaceae	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	(E.Fourn.) Hitchc.
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Hemsl.
Adiantaceae	<i>Notholaena aurea</i>	(Poir.) Desv.
Cactaceae	<i>Opuntia sp.</i>	
Illecebraceae	<i>Paranochyia mexicana</i>	Hensl.
Adiantaceae	<i>Pellaea pulchella</i>	(M.Martens & Galeotti) Fée
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Lindl.
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	D.K.Bailey
Poaceae	<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	(Kunth) Hitchc.
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	A. Br.
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Née
Fagaceae	<i>Quercus grisea</i>	Liebm.
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i>	L.
Lamiaceae	<i>Salvia sp.</i>	L.
Lamiaceae	<i>Salvia polystachya</i>	Ortega
Selagenellaceae	<i>Selaginella cuspidata</i>	Spring
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i>	Beauverd
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	L.
Caryophyllaceae	<i>Stellaria ovata</i>	Willd. ex Schltld.
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i>	Cav.
Poaceae	<i>Stipa ichu</i>	(Ruiz & Pav.) Kunth
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i>	Ortega
Asteraceae	<i>Tagetes stenophylla</i>	B.L.Rob.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Baker
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia erubescens</i>	H.Wendl.
Agavaceae	<i>Yucca periculosa</i>	Baker

Cuadro 10 Valores cuantitativos del bosque del Frijol Colorado, remarcado con negritas los valores más altos

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

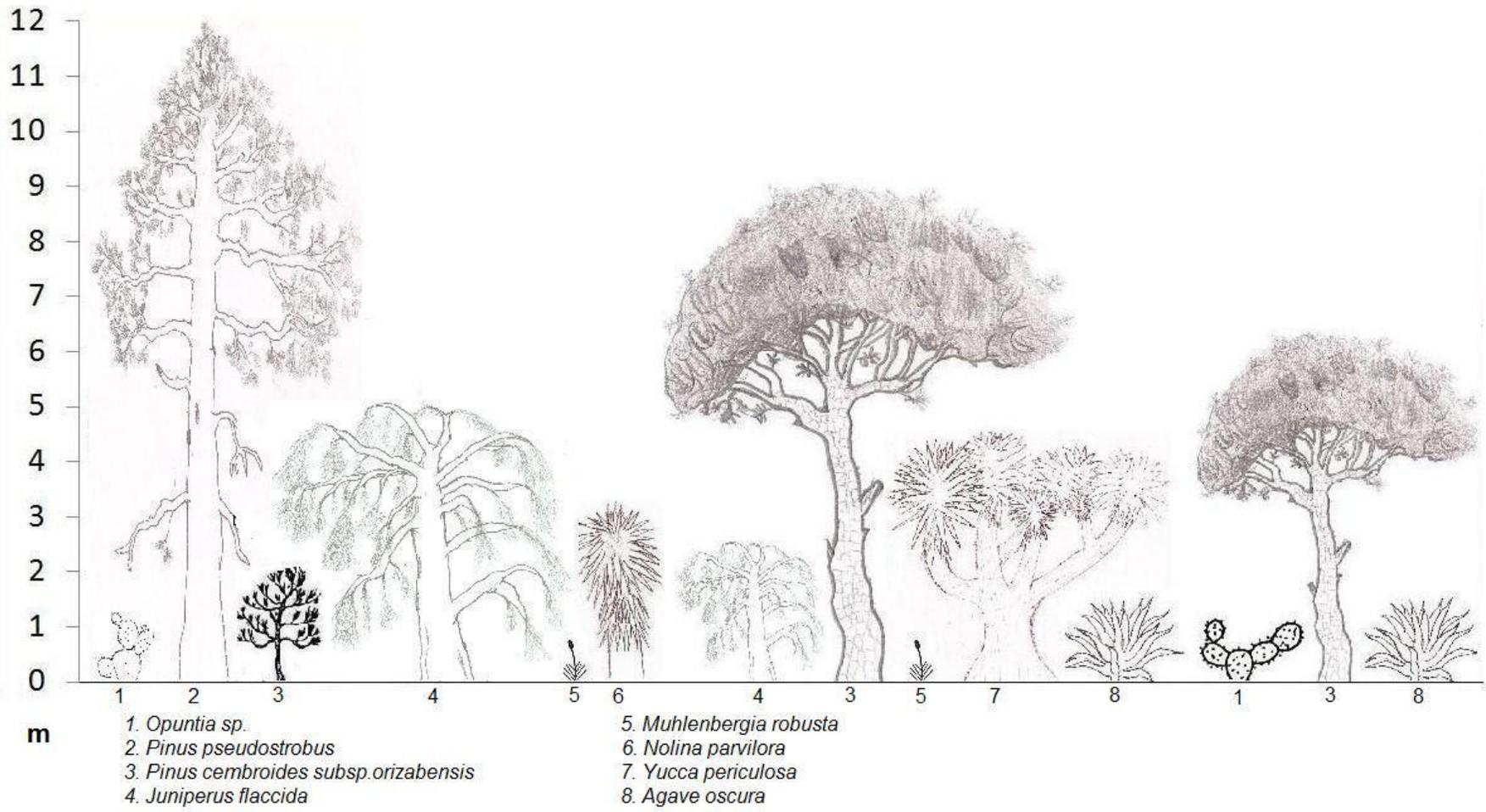


Figura 18. Perfil semirrealista del bosque de Frijol Colorado

San Sebastián Villanueva, Puebla

La asociación de pino piñonero que se encuentra cerca de la localidad de San Sebastián Villanueva, perteneciente al municipio de Acatzingo, Puebla, se sitúa en las coordenadas 19°03'41.2''N y 97°41'39.8''O, a una altitud de 2,355 m; el clima presente es templado subhúmedo (figura 10); se desarrolla sobre rocas calizas e ígneas extrusivas básicas (figura 11), y suelo cambisol (figura 12).

Se identificaron 46 especies de plantas asociadas al bosque de pino piñonero, las cuales se clasifican dentro de 38 géneros y 20 familias (cuadro 13)

Este bosque es principalmente dominado por especies arbóreas; *Juniperus deppeana*, *Nolina parviflora*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *P. pseudostrobus*, *Quercus microphylla* y *Quercus crassifolia*, además de *Agave oscura* (cuadro 14, figura 19 y 20),

En cuanto a la composición química presente en el suelo se obtuvieron los siguientes datos; pH de 7.9, Nitrógeno (N) 8.6 mg/kg, Fósforo (P) 2.86 mg/kg, Potasio (K) 710 mg/kg, Calcio (Ca) 4643 mg/kg y Hierro (Fe) 3.35 mg/kg. El suelo se compone de 64.8% de arena, 30.7% de limo y 4.5% de arcilla, con textura franco limosa.

Cuadro 11. Lista florística de la comunidad de San Sebastián Villanueva

Familia	Especie	Autor
Leguminoseae	<i>Acacia sp.</i>	Mill.
Agavaceae	<i>Agave oscura</i>	Schiede
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i>	(Kunth) K.Koch
Fabaceae	<i>Astragalus helleri</i>	Fenzl
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltldl.
Scrophulariaceae	<i>Castilleja canescens</i>	Benth.
Scrophulariaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i>	Benth
Aspleniaceae	<i>Ceterach officinarum</i>	DC.
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i>	A.Gray
Fabaceae	<i>Crotalaria sp.</i>	L.
Dracaenaceae	<i>Dasyilirion acrotrichum</i>	Zucc.
Crassulaceae	<i>Echeveria coccinea</i>	DC.

Crassulaceae	<i>Echeveria mucronata</i>	Schltldl.
Asteraceae	<i>Eupatorium petiolare</i>	ex DC.
Asteraceae	<i>Eupatorium calaminthifolium</i>	Kunth
Legumioseae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Sarg.
Rubiaceae	<i>Galium aschenbornii</i>	S.Schauer
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>	Less.
Bromeliaceae	<i>Hetchia sp.</i>	
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>	Schltldl.
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i>	M.Martens & Galeotti
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>	Brand
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	G.Don
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i>	Kunth
Alliaceae	<i>Milla biflora</i>	Cav.
Leguminosae	<i>Mimosa biuncifera</i>	Benth.
Poaceae	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	Trin.
Poaceae	<i>Muhlenbergia robusta</i>	(E.Fourn.) Hitchc.
Dracaenaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Hemsl.
Adiantaceae	<i>Notholaena aurea</i>	(Poir.) Desv.
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Lem.
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	D.K.Bailey
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Née
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i>	Liebm. ex A.DC.
Lamiaceae	<i>Salvia sp.</i>	L.
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i>	Beauverd
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i>	Dunal
Asteraceae	<i>Stevia elatior</i>	Kunth
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i>	Trin.
Asteraceae	<i>Tagetes coronopifolia</i>	Willd.
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Baker
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Asteraceae	<i>Tridax coronopifolia</i>	Hemsl.
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i>	Schauer
Asteraceae	<i>Zexmenia lantanifolia</i>	Sch.Bip.

Cuadro 12. Valores cuantitativos para el bosque de San Sebastián Villanueva

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



Figura 19. Bosque de pino piñonero en San Sebastián Villanueva

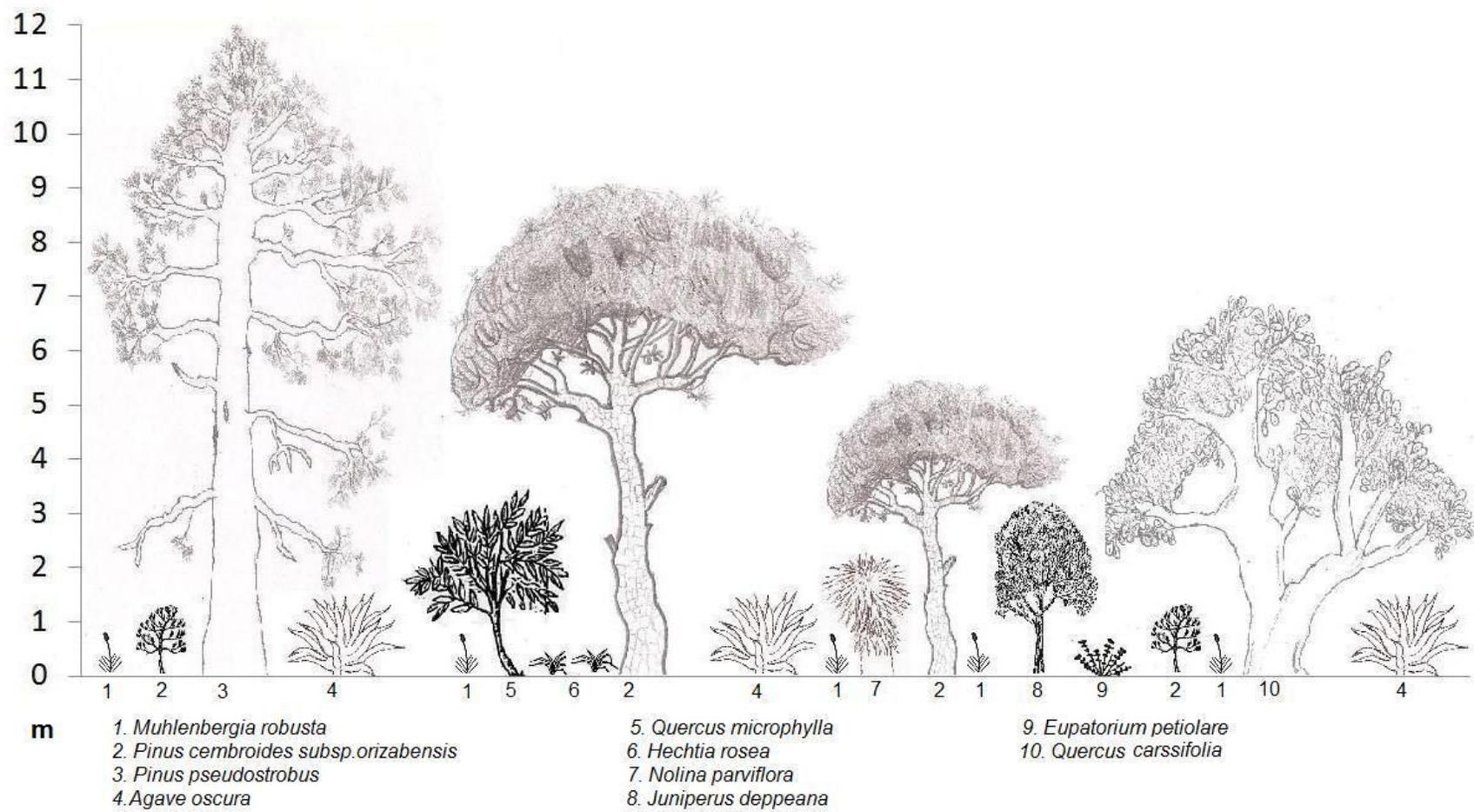


Figura 20. Perfil semirrealista del bosque de San Sebastián Villanueva

San Luis del Pino

La población de pino piñonero de la comunidad de San Luis del pino es la locación más al sur de todos los pinos piñoneros, se encuentra dentro del municipio de Vicente Guerrero, Puebla, dentro de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán,

Se identificaron un total de 55 especies vegetales pertenecientes a 43 géneros y 28 familias (cuadro15).

Cuadro 13. Lista florística de la comunidad de San Luis del Pino

Familia	Especie	Autor
Euphorbiaceae	<i>Acalypha brevicaulis</i>	Müll.Arg
Scrophulariaceae	<i>Agalinis sp.</i>	Raf.
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i>	(Kunth) K.Koch
Ericaceae	<i>Arctostaphylos polifolia</i>	Kunth
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i>	Wiild ex Schltld.
Fabaceae	<i>Astragalus micranthus</i>	Desv.
Poaceae	<i>Bouteloua triaena</i>	Scribn.
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltld.
Rubiaceae	<i>Bouvardia villosa</i>	Standl.
Rubiaceae	<i>Bouvardia chrysantha</i> .	Mart
Asteraceae	<i>Brickellia veronicifolia</i>	(Kunth) A.Gray
Cyperaceae	<i>Carex schiedeana</i>	Kunze
Rhamnaceae	<i>Ceanothus greggii</i>	A.Gray
Adiantaceae	<i>Cheilanthes microphylla</i>	Sw.
Adiantaceae	<i>Cheilanthes eatonii</i>	Baker
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	Burm.f.
Leguminoseae	<i>Dalea bicolor</i>	Humb. & Bonpl.
Poaceae	<i>Distichlis spicata</i>	Kuntze
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Jacq.
Crassulaceae	<i>Echeveria coccínea</i>	DC.
Crassulaceae	<i>Echeveria mucronata</i>	Schltld.
Asteraceae	<i>Eupatorium calophyllum</i>	B.L.Rob
Legumioseae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Sarg.
Garryaceae	<i>Garrya ovata</i>	Benth.
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>	Less.
Lamiaceae	<i>Hedeoma costata</i>	Hemsl.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea tyrianthina</i>	Lindl.
Krameriaceae	<i>Krameria cytisoides</i>	Cav.
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i>	Kunth

Mimosaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Ortega
Asteraceae	<i>Perymenium discolor</i>	Schrad.
Pinaceae	<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	D.K.Bailey
Leguminosae	<i>Pithecellobium elachistophyllum</i>	A.Gray ex S.Watson
Polygalaceae	<i>Polygala barbeyana</i>	Chodat
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i>	A.Braun
Fagaceae	<i>Quercus castanea</i>	Née
Fagaceae	<i>Quercus edulis</i>	Makino
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>	Née
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	L.
Anacardiaceae	<i>Rhus mollis</i>	E.Mey.
Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i>	Schltld.
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>	Lindheim. ex A.Gray
Lamiaceae	<i>Salvia laevis</i>	Benth
Lamiaceae	<i>Salvia ballotaeflora</i>	Benth.
Lamiaceae	<i>Satureja mexicana</i>	Benth
Crassulaceae	<i>Sedum moranense</i>	Kunth
Asteraceae	<i>Senecio sp.</i>	L.
Asteraceae	<i>Stevia sp.</i>	Cav.
Asteraceae	<i>Stevia lucida var. bipontini</i>	B.L.Rob.
Loranthaceae	<i>Struthanthus quercicola</i>	Blume
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i>	L.
Commelinaceae	<i>Tradescantia crassifolia</i>	Cav.
Commelinaceae	<i>Tradescantia sp.</i>	L.
Verbenaceae	<i>Verbena menthaefolia</i>	Benth
Rosaceae	<i>Xerospiraea parvifolia</i>	(Rydb.) Henrickson

En los seis bosques de pino piñonero analizados se identificaron en total 180 especies (apéndice I). En la localidad de Frijol Colorado se encontraron 55 especies, en Santa María Las Cuevas 54, en El Progreso 46, en Tepeyahualco 48, en San Sebastián Villanueva 47 y en San Luis del Pino con 54 especies identificadas.

Discusión

Los pinos son componentes importantes y muchas veces dominantes de la vegetación en el Hemisferio Norte. Su papel ecológico es fundamental tanto en el funcionamiento de los ecosistemas, como en los procesos bioclimáticos, hidrológicos, en el régimen de fuego, proporcionan comida y refugio a animales; además, los bosques de los cuales forman parte, son piezas importantes en la determinación del clima regional y global (Richardson, 1998).

El valor económico que representan las coníferas es muy significativo, ya sea como fuente de madera, pulpas, semillas, resinas, entre otros productos. El género *Pinus* es uno de los de mayor importancia ecológica y económica.

México es uno de los países megadiversos alrededor del globo, es el país con mayor diversidad de especies de *Pinus*, además de ser un centro secundario de diversificación y evolución de este género, pues se encuentran presentes 47 especies y variedades, de las cuales 31 especies son pinos diploxyton y 16 haploxyton. México cuenta con 35 especies con distribución restringida a su territorio, es decir 74% de las especies son endémicas. Estos endemismos se concentran en las subsecciones Ponderosae, Oocarpae y Cembroides.

Los primeros pinos piñoneros aparecieron en el terciario en el suroeste de Norteamérica (Little, 1987), desde entonces se ha mantenido su centro de diversificación en el norte de México y suroeste de Estados Unidos (Eguiluz, 1987), lugar de donde han irradiado los ecotipos que han llegado a formar las especies actuales.

Es probable que los pinos piñoneros hayan cubierto mayores extensiones en todo el territorio del norte de México durante las glaciaciones del cuaternario, las cuales suavizaron el clima de las zonas áridas del altiplano mexicano, esto permitió la expansión de las poblaciones de piñoneros hacia el centro del país (Eguiluz, 1987). Por otro lado en la península de Baja California se encuentran especies piñoneras endémicas, las cuales, surgieron en su mayoría al aislarse las poblaciones debido al desprendimiento de la península.

El aumento de la temperatura produjo el avance de las zonas áridas y de la flora más agresiva conformada por especies de latifoliadas y xerófilas, confinando los bosques de pino piñonero a los márgenes de las zonas áridas, en las faldas de las serranías, formando cinturones entre los bosque templados y las zonas áridas, originando los bosques compuestos por floras de ambos ecosistemas.

Esto ocasionó la ruptura del intercambio genético, quedando especies y poblaciones aisladas en las serranías, lo que modificó su estructura genética y fenología reproductiva, provocando una diversificación que concluyó con la formación de nuevas variedades, subespecies e incluso especies.

Los pinos piñoneros como grupo, se distribuyen en una gran amplitud altitudinal, desde los 1,200 a 3,600 m (Bailey, 1987), las tres subespecies de *Pinus cembroides* se presentan en un intervalo altitudinal de entre 1,600 a 2,700 m, siendo *P. cembroides* subsp. *orizabensis* la que se distribuye en el intervalo más alto, de 2,300 a 2,700 msnm.

Esta especie tiene la particularidad de ser el pino piñonero (subsección Cembroides) que habita más al sur de todo el continente (Perry, 1991). La población ubicada a 18°27' N en San Luis del Pino, Puebla, cerca del municipio de Tehuacán, junto con las poblaciones de la Cuenca Oriental constituyen el límite sur de los pinos piñoneros. El límite al norte es a 42° latitud norte, en el sur de Idaho, Estados Unidos, lo que da una distancia aproximada de 3,000 km (Silva, 1994).

La Cuenca Oriental alberga la mayor densidad de poblaciones de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*. Gerez (1983) hace una reconstrucción del paisaje de la cuenca oriental antes de la conquista, afirma que todas las serranías que rodean la cuenca estuvieron cubiertas por pinares y oyameles, hasta el límite de las llanuras. Los cerros calizos y el Malpaís del interior de la cuenca estaban cubiertos por bosque de pinos piñonero, yuca y nolina. Además dentro de las llanuras se podían encontrar poblaciones de piñoneros aislados, sabinos (*Juniperus deppeana*) y yucas.

Hoy en día son pocos los cerros cubiertos por *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, se trata de cerros aislados, separados a gran distancia entre sí, sin conexión aparente entre sus poblaciones. Se conocen cinco comunidades de pino piñonero de la Cuenca Oriental: Frijol Colorado, El Progreso, Santa María las Cuevas, San Sebastián Villanueva y Tepeyahualco. Muchos de estos bosques se encuentran deteriorados por la intervención del hombre, ya sea por implementar tierras agrícolas y pastoriles en las áreas boscosas o por la recolección del piñón (Carrillo, 2009).

El cambio en el uso de suelo altera los componentes del mismo, causando severas repercusiones en la regeneración de los bosques. Para las comunidades de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* la composición edáfica es un factor de suma importancia para su desarrollo.

Este tipo de bosque alcanza su clímax desarrollándose sobre suelos de origen volcánico, en su mayoría roca ígnea extrusiva básica, ya sea con suelos feozem, cambisoles o andosoles, muchas veces con rocas riolíticas sobre el sustrato, con una textura franco arenosa, con el 60% de arena, 35% de limo y 5% de arcilla y con un pH neutro o ligeramente básico (pH de 7 a 8).

El régimen climático de estas comunidades va del templado subhúmedo al semiseco templado, se desarrollan entre los límites altitudinales de 2,300 a 2,700 m, la altitud máxima registrada para el complejo de subespecies de *Pinus cembroides*.

P. cembroides subsp. *orizabensis* presenta una estrecha asociación simbiótica con hongos micorrizógenos, estos hongos ayudan al pino piñonero a obtener nutrientes minerales, además de aumentar la superficie de absorción de agua, a cambio el hongo recibe carbohidratos. Se han encontrado tres géneros de hongos asociados a las raíces de este pino piñonero: *Clitocybe*, *Inocybe* y *Leucopaxillus* (Mohedano-Caballero *et al.*, 1999). Sin embargo, estos géneros fueron encontrados en un solo bosque en el estado de Puebla, por lo que no representan en su totalidad a todos

los géneros de hongos micorrizógenos presentes en los bosques de pino piñonero de la Cuenca Oriental.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los bosques de *P. cembroides* subsp. *orizabensis* de la Cuenca Oriental, se puede distinguir del bosque de San Luis del Pino debido a su composición de especies. La asociación vegetal referida presenta los valores de complementariedad más altos, lo que significa que comparte muy pocas especies con los otros bosques de pino piñonero. Esto puede estar relacionado con la distancia territorial que lo separa de las poblaciones de la Cuenca Oriental, fenómeno de decaimiento por la distancia, es decir, las localidades geográficamente más cercanas son en promedio más semejantes entre sí que con las localidades más distantes (Tuomisto, *et al.*, 2003), debido al tiempo en que ha permanecido aislado bajo una serie de factores ambientales particulares.

Las comunidades analizadas se caracterizan por la presencia de especies de bromeliáceas epifitas: *Tillandsia erubescens*, *T. recurvata*, *T. usneoides*, elementos siempre presentes en estos bosques, ya que son plantas CAM, xeromorficas, bien adaptadas tanto a las sequías, como a las bajas temperaturas, pudiendo sobrevivir tan solo con el rocío presente en las mañanas.

Una especie representativa de los bosque de pino piñonero de la Cuenca Oriental es *Nolina parviflora*, especie que comparte y compite por el nicho con los pinos piñoneros y algunas veces los desplaza como elementos dominantes.

Los bosques de *P. cembroides* subsp. *orizabensis* forman franjas que delimitan al bosque templado de los matorrales xerófilos y los izotales. Algunas especies pertenecientes a ambos tipos de vegetación llegan a penetrar en los bosques de pino piñonero, lo que hace posible encontrar a los siguientes elementos, característicos de ambas comunidades vegetales: *Pinus pseudostrobus*, *Quercus microphylla*, *Quercus crassifolia* por parte del bosque templado y *Yucca periculosa*, *Agave oscura*, *Agave gilbeyi*, *Opuntia* sp., *Nolina parviflora*, como

especies características de los matorrales de la zona árida poblana-veracruzana (Trejo y Granados, 1984).

Aunque muchas de las especies antes mencionadas tienen porte alto y son frecuentes dentro del bosque de pino piñonero, sólo *Nolina parviflora* es la única que compete con los pinos piñoneros.

En gran parte, el éxito que tiene *Nolina parviflora* en las comunidades de pino piñonero se debe a los incendios inducidos, que arrasaron con gran parte de la vegetación, incluidos los pinos piñoneros menores a 1.2 m (Silva 1994); esto impide la regeneración natural del bosque, permitiendo la proliferación de los pastizales. Sin embargo, *Nolina parviflora* es una especie resistente al fuego, ya que su tallo grueso previene lesiones severas en el sistema vascular, aunado a esto, tiene como gran ventaja su capacidad de reproducción vegetativa, que le permite, aun con el tallo totalmente incinerado, establecerse si sus órganos fotosintéticos entran en contacto con el suelo y producir nuevos ramets.

La composición florística de los diferentes bosques analizados está correlacionada con las variables edáficas y ambientales que se presentan en cada comunidad. Los resultados de la técnica de ordenación indican que los componentes que mejor explican la variación entre las poblaciones son Calcio y el Nitrógeno, ya que de la concentración de estos nutrientes va a depender la presencia de determinadas especies, pues la concentración de estos elementos puede influir en la disponibilidad de otros nutrientes.

La composición edáfica y la concentración de los nutrientes son factores esenciales en la composición florística de estas comunidades. La altitud no es una variable que influya mucho en su fisionomía, siendo este un factor físico que influye sobre las condiciones climáticas a través de variables como la temperatura y la precipitación (Sánchez-González y López-Mata, 2003).

La localidad de Santa María Las Cuevas, Atzayanca se distingue por presentar el único bosque de *Pinus cembroides subsp. orizabensis* dentro del estado de Tlaxcala (Silva, 1994). Fisionómicamente el pino piñonero es la especie

dominante, ya que se trata de la especie más frecuente, podemos encontrar aproximadamente 8 individuos por cada 100m², siendo así el elemento más importante dentro de esta comunidad (figura 21).

Los elementos que le siguen en importancia dentro de esta comunidad son *Nolina parviflora* y *Yucca periculosa*, en ese orden, lo que marca una clara dominancia del bosque de pino sobre el izotal. El clima que presenta este bosque es templado subhúmedo, y el suelo donde se desarrolla es de tipo volcánico

Dentro de esta comunidad es común el epifitismo; el género *Tillandsia* es principal representante, los hospederos de las epifitas son los pinos piñoneros, las nolinias y las yucas, es decir los elementos dominantes.



Figura 21. Bosque de pino piñonero de Santa María las Cuevas.

El bosque de pino piñonero de Santa María las Cuevas se encuentra bajo la presión constante del avance de la vegetación secundaria y la flora xerófila. Coexiste con pastizales naturales o inducidos y compite fuertemente con los izotales (Silva, 1994).

En el bosque de pino piñonero de Tepeyahualco, Puebla, encontramos como elemento dominante a *Nolina parviflora*, a pesar de ser igual de abundante que el pino piñonero (siete individuos por cada 100m²), nolina es mucho más frecuente y presenta un área basal mayor, lo que le da más importancia a esta especie dentro de la comunidad (figura 22).

Este bosque se encuentra en la zona de transición entre clima templado subhúmedo y semiseco templado, por lo cual se pueden apreciar varios elementos característicos del matorral rosetifolio.

En esta comunidad la vegetación ha sido alterada por los incendios inducidos para aprovechar las tierras para el pastoreo, son pocas las especies perennes que se pueden observar a simple vista, pues solo permanecen aquellos elementos capaces de resistir incendios, como son *Nolina parviflora*, y los pinos piñoneros de buen tamaño (Silva 1994).

Silva (1994) menciona que los piñoneros mayores a 1.2 m de alto son capaces de resistir incendios, por consiguiente los brinzales y plántulas de pino piñonero son incapaces de sobrevivir a un incendio. Los incendios inducidos no permiten el reclutamiento de nuevos individuos y por lo tanto no permite la regeneración natural del bosque de pino piñonero.

Por otro lado la comunidad de pino piñonero de El Progreso, es una comunidad diversa, donde se pueden encontrar gran cantidad de especies de angiospermas, pertenecientes tanto a la vegetación templada como a la xerófila.

Los elementos más abundantes son *P. cembroides* subsp. *orizabensis* y *Nolina parviflora*, encontrándose cuatro individuos por cada 100m² para ambas especies. La especie dominante y de mayor importancia en la comunidad es *Nolina*, sin

embargo la ventaja no es muy amplia. Por lo que a la comunidad se le podría denominar como bosque de piñón-nolina.



Figura 22. Bosque de pino piñonero de Tepeyahualco.

A pesar de que este bosque se encuentra dentro de un régimen climático semiseco templado, el más seco dentro de la cueca, no hay dominancia de elementos xerófitos.

En estas zonas secas hay poca disponibilidad de agua, bajas precipitaciones, abundan los escurrimientos, las pendientes pronunciadas y la rápida infiltración hacia el suelo. Estos factores permiten inferir una competencia por el agua fundamentalmente (Fuentes, 1992)

En el estado de Veracruz se encuentra el bosque de pino piñonero de Frijol Colorado, es cual es claramente dominado por *P. cembroides* subsp. *orizabensis*. Esta comunidad se encuentra cerca del derrame basáltico El Malpaís, el cual esta

caracterizado por albergar una extensa cubierta de vegetación xerófila, en especial de izotales.

La vegetación de El Malpaís se entremezcla con la del bosque de pino piñonero de Frijol Colorado, generando un recambio de especies conforme aumenta la altitud; en el límite altitudinal inferior empieza con una asociación de Piñón-*Yucca*, seguida de la asociación de Piñón-Nolina, Piñón-*Juniperus* y en el límite altitudinal superior se presenta la asociación Piñón- *Pinus pseudostrobus* (Díaz y Plascencia, 1997).

En esta comunidad se encontró que *Juniperus flaccida* fue la segunda especie en importancia. Además, la comunidad se encuentra poco perturbada, ya que no es apta para pastoreo ni para la agricultura porque se encuentran en laderas muy escarpadas y en un suelo compuesto de materiales riolíticos sueltos, lo que dificulta su acceso.



Figura 23. Cultivo de nopal dentro del bosque de pino piñonero, San Sebastián Villanueva, Puebla.

Debido a la textura del suelo, el agua se infiltra muy rápido, por lo que hay poca disponibilidad de esta, lo que determina el bajo número de individuos capaces de adaptarse a estas condiciones (Fuentes, 1992) aunado a esto encontramos a los individuos muy espaciados el uno del otro (10 individuos arborescentes por cada 100 m²).

En el bosque de pino piñonero de San Sebastián Villanueva el elemento dominante por su gran abundancia y frecuencia es *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*. Esta comunidad se encuentra en una zona con clima templado subhúmedo, por lo que la vegetación característica circundante corresponde a bosques compuesto por *Pinus pseudostrobus*, *Quercus* (arbóreos y arbustivos), *Agave oscura*, así como, bromeliáceas y helechos. Los elementos xerófitos son escasos, pero no ausentes.



figura 24. Área desmontada para el cultivo de nopal, San Sebastián Villanueva, Puebla

Este bosque de pino piñonero se encuentra gravemente amenazado, pues este está siendo desplazado cada vez más por el cultivo del nopal (Figura 23 y 24). En la comunidad existe la empresa procesadora Agointegradora Poblana, tuna, nopal S.A. de C.V., que se encarga de comercializar productos del nopal. Debido a la existencia de esta empresa se ha disparado el cultivo del nopal en la localidad, dejando a un lado la recolección del piñón, pues les es más redituable la producción de nopal a los campesinos. Si bien esto ha traído beneficios económicos a la comunidad, no lo ha hecho con el ecosistema natural.

El aumento de la vegetación secundaria está relacionado con el aumento de la población humana. El fuego inducido o natural es un factor que tiende a perpetuar el dominio de la vegetación secundaria, además de la ganadería, la recolección y la tala de árboles. Cabe mencionar que una comunidad de pino piñonero tardaría aproximadamente 300 años, en ausencia de disturbio, en regenerarse por completo y alcanzar el clímax como comunidad madura (Aro, 1971).

La recolección indiscriminada de los piñones es un problema muy grave para las poblaciones, ya que la producción no es anual, existen años semilleros aproximadamente cada tres o cuatro años, como una adaptación para evitar la depredación natural del germoplasma (Morales y Camacho, 1987). La recolección excesiva no permite la formación de banco de semillas y por ende, existe un bajo porcentaje de reclutamiento.

Conclusión

México es el territorio con mayor diversidad de pinos piñoneros de la subsección *Cembroides* Engelm., además es el centro secundario de especiación y evolución. Con 12 de las 16 taxa presentes, de los cuales 10 son endémicos. *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* es el pino piñonero con la distribución más al sur, dentro de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, pero la mayor concentración de poblaciones se encuentra dentro de la Cuenca Oriental.

Dentro de la Cuenca Oriental, que es la única zona árida fría del país, las poblaciones de pino piñonero se encuentran aisladas entre sí, ubicadas en los lomeríos y faldas de las serranías a lo largo de la cuenca.

Las comunidades formadas por *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* se desarrollan preferentemente sobre sustratos volcánicos, compuestos por rocas ígneas extrusivas básicas y volcanoclásticas, los suelos puede ser feozem, andosoles o cambisoles, con materiales riolíticos en la superficie. Presentan un textura franco arcillosa que se compone de 60% de arena, 35% de limo y 5% de arcilla, con un pH neutro o ligeramente básico (pH de 7 a 8).

Al habitar en suelos muy drenados es indispensable para esta especie contar con una asociación simbiótica con hongos micorrizógenos que le ayuden a retener agua y nutrientes, se han encontrado asociaciones con los siguientes géneros: *Clitocybe*, *Inocybe* y *Leucopaxillus*.

Dichas comunidades habitan en climas templado subhúmedo y semiseco templado entre los 2300 a 2700 m de altitud.

En cuanto a las relaciones entre los diferentes bosques de pino piñonero, basadas en su composición florística podemos encontrar la comunidad de San Luis del Pino muy distinta de las que se encuentran dentro de la Cuenca Oriental, debido al fenómeno de decaimiento. Dentro de esta zona la composición florística de las diferentes comunidades es explicada según la concentración de los componentes

químicos del suelo, más que por los factores físicos y ambientales, en especial Ca y N.

Las especies dominantes y más representativas de estas comunidades son, *Agave gilbeyi*, *Agave oscura*, *Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, *Nolina parviflora*, *Opuntia streptacantha*, *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus crassifolia*, *Quercus microphylla* y *Yucca periculosa*.

A diferencia de *Pinus cembroides* que tiene un gran potencial adaptativo, la subespecie *orizabensis* presenta un limitado rango ambiental, a pesar de soportar condiciones climáticas extremas como la sequía y las bajas temperaturas, no es así con las escenario edáfico, ya que necesita suelo de origen volcánico, con mucho drenaje y con un pH neutro, ambos factores difíciles de encontrar en un suelo erosionado y deteriorado.

Aunado a esto, este taxón puede sobrevivir en suelos pobres con la ayuda de hongos micorrizógenos, lo que dificulta producción masiva pues es necesario inocular las plántulas con hongos. Además es un árbol de lento crecimiento ya que presenta bajas tasas metabólicas. A su vez esta especie tiene una distribución altitudinal limitada en 2300 y 2700 m snm, sumando que no es una especie resistente al fuego en las primeras etapas de su ciclo vital.

Por estas razones *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* no es un candidato para la reforestación de zonas deterioradas a no ser que se encuentren dentro de sus límites de distribución, es decir las serranías de la Cuenca Oriental.

Pinus cembroides subsp. *orizabensis* es una especie amenaza que debe ser sujeta a mayor protección por su endemismo y notables comunidades que forma, se deben desarrollar programas de manejo más eficaces, por ejemplo, controlado la recolección y hacerla de manera selectiva no recolectando las semillas de los arboles más vigorosos para la repoblación .

Si fuera indispensable utilizar estos bosques para pastoreo, la recomendación es no incendiar, ni desmontar los bosque, deben de ser labradas y posteriormente

sembradas con gramíneas, pues así se obtendrá mayor biomasa, se debe pastar 4 años como límite y dejarlas descansar el mismo lapso para no impactar gravemente el ecosistema.

Bibliografía

- Arteaga B., H. García y J. Rivera. 2000. Piñón grande. *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. México. 134p
- Aro, R. 1971. Evaluation of pinyon-juniper conversion to grassland. *Journal of Range Management*. 24: 188-197.
- Bailey D. K. 1983. A new allopatric segregate form a new combination in *Pinus cembroides* Zucc. at its southern limits. *Phytologia* 54: 89-100.
- Bailey D. y F. Hawksworth. 1987. Phytogeography and taxonomy of the pinyon pines (Subsect. *cembroides*). 41-64. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz.
- Brown J. y M. Lomolino. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates. Segunda edición. Estados Unidos. 691p.
- Carrillo, J. 2009. Estructura y regeneración de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey en Santa María Las Cuevas, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.
- Cházaro, M. 1992. Exploraciones botánicas en Veracruz y estados circunvecinos I. Pisos altitudinales de la vegetación del centro de Veracruz y zona limítrofe con Puebla. *La Ciencia y el Hombre. Revista de la Universidad Veracruzana*. 10; 67-115.
- Cottam, G. y J. Curtis. 1965. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 32 (2): 172-229.
- Crow, C. y C. Riper III. 2010. Avian community responses to mechanical thinning of a pinyon-juniper woodland: specialist sensitivity to tree reduction. *Natural Areas Journal* 30(2): 191-201.
- Dansereau, P. A. 1951. Description and recording of vegetation upon a structural basis. *Ecology* 32 (2): 172-229.

Davis, T. y P. Richards. 1934. Ecological study of a limited area of tropical rain forest. *Journal of Ecology* 22: 106-155

Díaz, M. y M. Plascencia. 1997. Caracterización fisonómica ecológica de la vegetación de la subcuenca de Oriental Puebla-Tlaxcala-Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Eguiluz T. 1987. Evolución de los pinos piñoneros mexicanos. 83-93. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz.

Farjon, A., J. Pérez y B. Styles. 1997. Guía de Campó de los Pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens. 151p.

Farjon, A. y B. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica* 75. Jardín Botánico de Nueva York. 291pp.

Françoise, P. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. E México. *Revista de la Dirección General de investigación y Captación Forestal*. 10(2): 49-58

Fuentes, B. 1992. Caracterización y clasificación fisonómica del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) del municipio de Guadalupe Victoria, Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 246p.

García E., F. Zavala y H. Benavides. 1987. Biología de los pinos piñoneros mexicanos. 151-161. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz.

Gasca, A. 1981. Algunas notas de la génesis de los lagos-cráter de la cuenca de Oriental Puebla-Tlaxcala-Veracruz. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección científica, prehistoria. 98. 55pp.

Gerez, P. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuenca de Perote-Libres. En: El cofre de Perote; investigaciones ecológicas en un área conflictiva. Copilado por A. D. Golberg. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz.

Gernandt, D., A. Liston y D. Piñero. 2003. Phylogenetics of *Pinus* Subsections *Cembroides* and *Nelsoniae* Inferred from cpDNA sequences. *Systematic Botany* 28 (4): 657-673.

Granados, D. y V. Tapia. 1990. Comunidades vegetales. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Lanner, R. 1974. Natural hybridization between *Pinus edulis* and *Pinus monophylla* in American Southwest. *Silvae Genetica* 23 (4): 108-118.

Little, E. 1987. Los pinos piñoneros de los Estados Unidos: su pasado y futuro. 21-28. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota de México. 283-322. En *Capital Natural de México*, vol. I. Conabio.

López, B. 1996. Estudio sinecológico de los bosques de pino piñonero del valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lutz, H. 1930. The vegetation of herat's content, a virgin forest in Northwestern Pennsylvania. *Ecology* 2: 1-29

McCune, B. y M. Mefford. 1999. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0 MjM software design. Estados Unidos.

Millar, C. 1998. Early evolution of pines. 69–91. En *Ecology and biogeography of Pinus*. D. M. Richardson. Cambridge University Press.

Metcalfe, S. 2006. Late quaternary environments of the northern deserts and central transvolcanic belt of Mexico. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93(2): 258-273.

Mohedano-Caballero, L., M. Cetina-Alcalá, G. Vera-Castillo y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Micorrización y poda aérea en la calidad de Planta de pino piñonero en invernadero. Revista Chapingo; Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5 (2): 141-148.

Morales G. y F. Camacho. 1987. Comercialización de la semilla del piñonero *Pinus cembroides* Zucc. En el estado de Hidalgo. Pp. 227- 232. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz.

Perry J. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Estados Unidos. 231 pp.

Ramos, C.H. y F. González-Medrano. 1972. La vegetación de la zona árida veracruzana. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica 43:77 –79.

Reyes, M. 1979. Geología de la Cuenca de Oriental; estados de Puebla. Veracruz y Tlaxcala. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección científica, prehistoria 76- 62.

Richards, P. 1952. The tropical rain forest an ecological study. Cambridge University Press. 450 pp.

Richardson D. 1998. Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge. Primera edición. 427 pp.

Rocha, R., L. Chávez, R. Ramírez y O. Cházaro. 2006. Comunidades: Métodos de estudio. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa. Primera edición. México. 432pp.

Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana 14: 3-21

Sánchez-González, A. y L. López-Mata. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autonomía de México, Serie Botánica 74(1): 47-71.

Silva, L. 1994. Caracterización sinecológica del bosque de pino piñonero (*P. cembroides* subsp. *orizabensis*) en Atlzayanca (Santa María Las Cuevas), Tlaxcala. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zonas Áridas.

Soto, M., F. Lozano, A. Diez. C. Mejía y J. Villa. Estudio piloto de la vegetación en la región de Alchichica-Perote por medio de percepción remota. *Biotica* 2(3): 19-36.

Suarez, M. J. 2003. Clasificación y ordenación de las comunidades vegetales de la sierra de San Joaquín, Querétaro en su vertiente sur. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Trejo R. y D. Granados. 1984. Estudio sinecológico de la vegetación de la zona arida poblana-veracruzana: Llanuras de Perote. *Revista Chapingo*. 9 (43-44): 195-201.

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

Zavarin E. 1987. Taxonomy of pinyon pine. 29-40. En II Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. México. Compiladores: Passini M., D. Cibrian y T. Eguiluz

Zavarin, E. y K. Snajberk. 1985. Monoterpenoid and morphological differentiation within *Pinus cembroides*. *Biochemical Systematics and Ecology* 13 (2): 89-104.

Apéndice

Apéndice I. Presencia ausencia de la vegetación de los bosques de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*.

Especies	Frijol Colorado	Santa María las Cuevas	El Progreso	Tepeyahualco	Villanueva	San Luis del Pino
<i>Acacia</i> sp.	0	1	0	0	1	0
<i>Acalypha brevicaulis</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Adolphia infesta</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Aegopogon cenchroides</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Agalinis</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Agave oscura</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Agave gilbeyi</i>	0	1	1	1	1	0
<i>Amelanchier denticulata</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Arceuthobium pendens</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Arctostaphylos polifolia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Arenaria lycopodioides</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Argemone arida</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Aristida divaricata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Astragalus helleri</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Astragalus micranthus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Astragalus mollissimus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Bahia pringlei</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Bahia xylopoda</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Berberis pallida</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Bidens ferulifolia</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Bouteloua curtispendula</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Bouteloua hirsuta</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Bouteloua triaena</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Bouvardia ternifolia</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Bouvardia villosa</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Bouvardia chrysantha</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Brickellia veronicifolia</i>	0	1	1	0	0	1

<i>Carex schiedeana</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Castilleja canescens</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Castilleja tenuiflora</i>	1	1	0	1	1	0
<i>Ceanothus greggii</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Ceterach officinarum</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Cheilanthes microphylla</i>	0	1	1	0	0	1
<i>Cheilanthes eatonii</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Commelina diffusa</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Commelina erecta</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Crotalaria sp.</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Croton dioicus</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Crusea diversifolia</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Cupressus benthamii</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Dalea bicolor</i>	1	0	1	0	0	1
<i>Dalea diffusa</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Dasyilirion acrotrichum</i>	0	1	1	1	1	0
<i>Distichlis spicata</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Dodonaea viscosa</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Donnellsmithia sp.</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Drymaria villosa</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Dyssodia papposa</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Echeveria coccínea</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Echeveria mucronata</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Erigeron pubescens</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Erodium cicutarium</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Eupatorium petiolare</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Eupatorium calaminthifolium</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Eupatorium calophyllum</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Eupatorium spinaciifolium</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Euphorbia dentata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Euphorbia sp.</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Galinsoga parviflora</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Galium uncinulatum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Galium aschenbornii</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Galium hypadenium</i>	0	1	0	0	0	0

<i>Garrya ovata</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Gnaphalium wrightii</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	1	0	1	0	1	1
<i>Haplopappus venetus</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Hechtia roseana</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Hedeoma costata</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Helianthemum glomeratum</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Heterosperma pinnatum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ipomea stans</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Ipomoea tyrianthina</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Juniperus deppeana</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Juniperus flaccida</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Kromeria systoides</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Lantana velutina</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Loeselia mexicana</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Loeselia coerulea</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Lycurus phleoides</i>	0	1	0	0	1	1
<i>Mammillaria sp.</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Mammillaria elegans</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Mammillaria magnimamma</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Mammillaria rhodantha</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Mentzelia hispida</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Milla biflora</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Mimosa sp.</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Mimosa biuncifera</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Muhlenbergia nigra</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Muhlenbergia acuminata</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia capillaris</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Muhlenbergia firma</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia implicata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Muhlenbergia macroura</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Muhlenbergia robusta</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Nicotiana glauca</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Nolina parviflora</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Notholaena aurea</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Opuntia robusta</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Opuntia sp.</i>	1	1	1	0	0	0

<i>Opuntia heliabravoana</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Opuntia streptacantha</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Paranochyia mexicana</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Pellaea pulchella</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Pellaea ternifolia</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Perymenium discolor</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Pinus pseudostrobus</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Pinus cembroides subsp. orizabensis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Piqueria trinervia</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Pithecellobium elachistophyllum</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Polygala barbeyana</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Polypodium thyssanolepis</i>	1	1	1	0	0	1
<i>Quercus castanea</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Quercus crassifolia</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Quercus edulis</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Quercus glaaveoides</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Quercus microphylla</i>	0	1	1	0	1	1
<i>Quercus rugosa</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Quercus sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Quercus grisea</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Quercus laurina</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Reseda luteola</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Rhus mollis</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Rhus schiedeana</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Rhus virens</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Salvia sp.</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Salvia ballotiflora</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Salvia greggii</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Salvia laevis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Salvia microphylla</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Salvia polystachya</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Satureja mexicana</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Sedum bourgaei</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Sedum moranense</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Selaginella cuspidata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Selaginella sp.</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Senecio sp.</i>	0	0	0	0	0	1

<i>Setaria geniculata</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Solanum rostratum</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Solanum tuberosum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Stellaria ovata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Stevia elatior</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Stevia jorullensis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Stevia pilosa</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Stevia salicifolia</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Stevia serrata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Stevia sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Stevia lucida var. bipontini</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Stevia ovata</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Stipa ichu</i>	1	1	1	1	0	0
<i>Stipa tenuissima</i>	0	1	0	1	1	0
<i>Struthanthus quercicola</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tagetes coronopifolia</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Tagetes lunulata</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Tagetes stenophylla</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Tillandsia recurvata</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Tillandsia usneoides</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Tillandsia erubescens</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Tillandsia macdougallii</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Tradescantia crassifolia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tradescantia sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tridax coronopifolia</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Verbena ciliata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Verbena menthaefolia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Verbena bipinnatifida</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Xerospiraea parvifolia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Yucca periculosa</i>	1	1	1	1	0	0
<i>Zexmenia lantanifolia</i>	0	0	0	0	1	0

Apéndice II. Mediciones obtenidas con el método de Punto Cuadrante Central en el bosque de Santa María las Cuevas.

Cuadrante	Especie	Distancia al punto central (m)	Diámetro (DAP: cm)
I			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.3	21
2	<i>Juniperus deppeana</i>	3.45	15
3	<i>Yucca periculosa</i>	3.55	30
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.9	11
II			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.7	17
2	<i>Nolina parviflora</i>	1.65	25
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.4	17.5
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.25	16
III			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.5	38
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.68	39
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.7	47
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.45	30.5
IV			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.75	19
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.6	21
3	<i>Nolina parviflora</i>	2.4	27
4	<i>Nolina parviflora</i>	3.7	29
V			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3	25
2	<i>Nolina parviflora</i>	1.95	54
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.25	25
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.42	18
VI			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	0.95	18.5
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.5	20.5
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.9	14.5
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.45	15.5
VII			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.98	21.5
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.34	9.5

3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.3	10
4	<i>Opuntia streptacanta</i>	4.4	31.5
VIII			
1	<i>Yucca periculosa</i>	2.6	28
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.4	32
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.45	45
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.86	11.5
IX			
1	<i>Juniperus deppeana</i>	1.5	24
2	<i>Nolina parviflora</i>	3.1	33
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.18	26
4	<i>Yucca periculosa</i>	2.76	17
X			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.5	9
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.15	21
3	<i>Nolina parviflora</i>	1.85	24
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.8	18

Apéndice III. Mediciones obtenidas con el método de Punto Cuadrante Central en el bosque de Tepeyahualco.

Cuadrante	Especie	Distancia al punto central (m)	Diámetro (DAP: cm)
I			
1	<i>Nolina parviflora</i>	3.4	55
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	0.7	20
3	<i>Nolina parviflora</i>	3.1	74
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.5	83
II			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	36
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.2	21
3	<i>Nolina parviflora</i>	5	55
4	<i>Nolina parviflora</i>	2.3	49
III			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.8	17
2	<i>Nolina parviflora</i>	2.3	38
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.3	34
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.3	10
IV			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.8	40
2	<i>Nolina parviflora</i>	3	68
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.7	29
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.4	22
V			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.5	22
2	<i>Nolina parviflora</i>	2.2	44
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.9	17
4	<i>Yucca periculosa</i>	2.8	35
VI			
1	<i>Nolina parviflora</i>	1.7	18
2	<i>Nolina parviflora</i>	4.2	16
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.7	22
4	<i>Nolina parviflora</i>	2.1	20
VII			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.1	16
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.75	26
3	<i>Nolina parviflora</i>	1.1	35
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.9	17

VIII			
1	<i>Nolina parviflora</i>	1.8	67
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.9	34
3	<i>Nolina parviflora</i>	5.3	27
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.15	19
IX			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.65	17
2	<i>Nolina parviflora</i>	2.7	60
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.1	16
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.25	14
X			
1	<i>Nolina parviflora</i>	2	45
2	<i>Nolina parviflora</i>	2.3	19
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.85	28
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.2	48

Apéndice IV. Mediciones obtenidas con el método de Punto Cuadrante Central en el bosque de El Progreso.

Cuadrante	Especie	Distancia al punto central (m)	Diámetro (DAP: cm)
I			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.5	49
2	<i>Nolina parviflora</i>	7.3	24
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.65	26.5
4	<i>Nolina parviflora</i>	3.2	32
II			
1	<i>Nolina parviflora</i>	2.55	31
2	<i>Nolina parviflora</i>	3.7	23
3	<i>Juniperus deppeana</i>	1.4	13
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.25	47
III			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.75	39
2	<i>Yucca periculosa</i>	4.6	53
3	<i>Nolina parviflora</i>	1.7	65
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4	18
IV			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.3	33
2	<i>Nolina parviflora</i>	5.7	48
3	<i>Nolina parviflora</i>	2.7	50
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	5.6	28
V			
1	<i>Nolina parviflora</i>	1.85	24
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.5	9
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.8	18
4	<i>Nolina parviflora</i>	3.15	21
VI			
1	<i>Dasylirium acrotriche</i>	0.75	11
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.85	9.5
3	<i>Nolina parviflora</i>	3	40
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6	32
VII			
1	<i>Nolina parviflora</i>	2.6	23
2	<i>Quercus microphylla</i>	2.15	15
3	<i>Nolina parviflora</i>	1.25	40
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	14.15	61

VIII			
1	<i>Nolina parviflora</i>	1.8	38
2	<i>Nolina parviflora</i>	1.3	11
3	<i>Quercus microphylla</i>	1	10
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6	31
IX			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.45	9
2	<i>Nolina parviflora</i>	1.2	75
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	15
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.1	12
X			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.7	23
2	<i>Nolina parviflora</i>	2	57
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2	22
4	<i>Nolina parviflora</i>	2.8	40

Apéndice V. Mediciones obtenidas con el método de Punto Cuadrante Central en el bosque de Frijol Colorado.

Cuadrante	Especie	Distancia al punto central (m)	Diámetro (DAP: cm)
I			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.5	10
2	<i>Juniperus flaccida</i>	2.15	20
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.2	13
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.95	11
II			
1	<i>Nolina parviflora</i>	2	23
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.1	12
3	<i>Nolina parviflora</i>	2.25	40
4	<i>Nolina parviflora</i>	4.75	33
III			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.65	17
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.8	34
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.65	15
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.1	12
IV			
1	<i>Juniperus flaccida</i>	3.75	10
2	<i>Juniperus flaccida</i>	4	27
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.4	36
4	<i>Juniperus flaccida</i>	9.8	35
V			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.1	20
2	<i>Yucca periculosa</i>	2.1	40
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1	10
4	<i>Juniperus flaccida</i>	1.5	20
VI			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.3	33
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3	14
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.6	23
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.55	15
VII			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.4	12
2	<i>Nolina parviflora</i>	3.1	36
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.2	15
4	<i>Juniperus flaccida</i>	3	13

VIII			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	15
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.5	21
3	<i>Yucca periculosa</i>	3.5	38
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.1	18
IX			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	5.3	20
2	<i>Yucca periculosa</i>	3	46
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.3	17
4	<i>Juniperus flaccida</i>	3.5	16
X			
1	<i>Juniperus flaccida</i>	3.6	23
2	<i>Nolina parviflora</i>	2.1	45
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	34
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.1	28

Apéndice V. Mediciones obtenidas con el método de Punto Cuadrante Central en el bosque de San Sebastián Villanueva.

Cuadrante	Especie	Distancia al punto central (m)	Diámetro (DAP: cm)
I			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.75	26
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.8	19
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.5	24
4	<i>Quercus microphylla</i>	2.4	10
II			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.4	23
2	<i>Juniperus deppeana</i>	1.76	27
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3	12
4	<i>Juniperus deppeana</i>	5.6	32
III			
1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.8	54
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.98	14
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.55	19
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.7	22
IV			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.3	16
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.6	24
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.2	32
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.7	21
V			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.4	18
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.7	33
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.7	18
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.4	18
VI			
1	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.4	24
2	<i>Juniperus deppeana</i>	7.2	22
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.65	28
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.1	10
VII			
1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	1.2	54
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3	10
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.8	22
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.8	10

VIII			
1	<i>Quercus crassifolia</i>	3	36
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.4	18
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	6.5	34
4	<i>Quercus crassifolia</i>	4	30
IX			
1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	3.4	49
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	13
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	4.8	16
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	2.6	14
X			
1	<i>Nolina parviflora</i>	1.6	36
2	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	1.6	18
3	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.46	20
4	<i>Pinus cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>	3.1	12