

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

División De Ciencias Forestales

Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales

ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ESTATAL CERRO GORDO, ESTADO DE MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

Araceli De Jesús Vicente



DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión del:

Dr. Diódoro Granados Sánchez

Chapingo, Estado de México

Julio 2019



**ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ESTATAL
CERRO GORDO, ESTADO DE MÉXICO**

Tesis realizada por **Araceli De Jesús Vicente** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

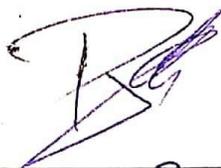
Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

Director



Dr. Diódoro Granados Sánchez

Asesor



M.C. Ro Lin Granados Victorino

Asesor



Dr. Francisco José Zamudio Sánchez

Asesor



Dr. Enrique Guizar Nólazco

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
APÉNDICES	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRAC	xii
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos particulares	2
CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL	3
2.1 Organización jerárquica en los ecosistemas	3
2.2 Comunidades como unidad de estudio	4
2.3 Características de comunidades vegetales	5
2.4 Características de comunidades vegetales en México	8
2.5 Zona de estudio, Parque Estatal Cerro Gordo	14
CAPÍTULO 3 ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ESTATAL CERRO GORDO, ESTADO DE MÉXICO	21
ORDINATION AND CLASSIFICATION OF THE VEGETATION OF THE CERRO GORDO STATE PARK, STATE OF MEXICO	21

Resumen	21
Abstract	22
Introducción	22
Materiales y métodos	24
Composición florística	25
Caracterización estructural de la vegetación	25
Composición edáfica	26
Análisis estadístico	26
Resultados y discusión	27
Composición florística y estructura de la vegetación	27
Clasificación y ordenación del Parque Estatal Cerro Gordo	30
Conclusión	34
Agradecimientos	35
Referencias	35
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES GENERALES	46
LITERATURA CITADA	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del segmento del Parque Estatal Cerro Gordo, San Martín de las Pirámides.	16
Figura 2. Tipos de vegetación, clasificación INEGI 2014, perteneciente a San Martín de las Pirámides.	17
Figura 3. Vegetación en cañadas dentro del PEGC.	18
Figura 4. Vegetación de matorral en el PEGC.	18
Figura 5. Plantación de nopal tunero en el PEGC.	19
Figura 6. Ejemplo de islas de vegetación y presencia de erosión laminar.	20
Figura 7. Problemas de erosión que presenta el PEGC.	20
FIGURA 1. Porción perteneciente al municipio de San Martín de las Pirámides del Parque Estatal Cerro Gordo.	25
FIGURA 2. Perfil fisonómico semirrealista del bosque de encino (encinar); 1- <i>Quercus crassipes</i> , 2- <i>Roldana angulifolia</i> , 3- <i>Symphoricarpos microphyllus</i> , 4- <i>Ageratina pazcuarensis</i> , 5- <i>Quercus rugosa</i> , 6- <i>Ageratina glabrata</i> , 7- <i>Quercus frutex</i> .	29
FIGURA 3. Perfil fisonómico semirrealista del matorral de encino; 7- <i>Quercus frutex</i> , 8- <i>Mimosa aculeaticarpa</i> , 9- <i>Brachypodium mexicanum</i> , 10- <i>Muhlenbergia macroura</i> , 11- <i>Verbesina virgata</i> , 12- <i>Nolina parviflora</i> , 13- <i>Opuntia streptacantha</i> , 14- <i>Agave salmiana</i> .	29
FIGURA 4. Perfil fisonómico semirrealista del zacatonal; 7- <i>Quercus frutex</i> , 8- <i>Mimosa aculeaticarpa</i> , 11- <i>Verbesina virgata</i> , 13- <i>Opuntia streptacantha</i> ,	

14-*Agave salmiana*, 15-*Bouvardia ternifolia*, 16-*Aristida ternipes*, 17-*Muhlenbergia dubia*. _____ 30

FIGURA 5. Dendrograma jerárquico que muestra las semejanzas entre los sitios en las tres fajas altitudinales. Donde se muestran las siguientes asociaciones I: Bosque dominado por *Quercus crassipes*; II: *Quercus rugosa-Symphoricarpos microphyllum*; el III: dominado por *Muhlenbergia rigida*; IV: dominado por *Quercus frutex*; V: *Quercus frutex-Muhlenbergia macroura* y VI: *Quercus frutex-Mimosa aculeaticarpa*. _____ 31

FIGURA 6. Diagrama de ordenación de las variables ambientales y IVIR de las especies a partir de un análisis de correspondencia canónica. _____ 34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación entre los tipos de vegetación en México, modificado de: _____ 10

Cuadro 1. Resultados de los ejes de la ordenación. Donde MO: Materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Are: porcentaje de arena, Lim: porcentaje de limo, Arc: porcentaje de arcilla, Pend: pendiente, Elev: elevación o altitud. _____ 32

Cuadro 2. Matriz de correlación de los factores ambientales. Donde MO: Materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Are: porcentaje de arena, Lim: porcentaje de limo, Arc: porcentaje de arcilla, Pend: pendiente, Elev: elevación o altitud. _____ 32

APÉNDICES

Apéndice 1. Lista florística de las especies identificadas en el Parque Estatal Cerro Gordo, San Martín de las Pirámides, Estado de México. __ 41

Apéndice 2. Valores de índice de valor de importancia ecológica por parcelas. P: Parcela, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Densidad relativa, Dor: Dominancia relativa, IVIR: índice de Valor de Importancia Relativa _____ 43

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, Universidad Autónoma Chapingo, por la gran oportunidad que me brindo para obtener el grado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para continuar con mis estudios.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP) por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Diódoro Granados Sánchez, por su paciencia, conocimiento brindado y tiempo durante el transcurso de mi formación en el posgrado y desarrollo de esta investigación.

Al M.C. Ro Linx Granados Victorino, por su atención, confianza, amabilidad y la paciencia necesaria para el desarrollo de esta investigación, además de su apoyo en campo.

Al Dr. José Francisco Zamudio Sánchez por su conocimiento brindado en el avance de esta investigación.

Al M.C. Enrique Guizar Nolazco, por su conocimiento, amabilidad, confianza y recomendaciones realizadas en el transcurso de esta investigación.

A los técnicos Arturo Cantarell González y Miguel Ángel Sánchez Vázquez, por los apoyos en campo y en el Herbario CHAP, para el manejo de material de campo.

A la Dra. Ernestina Cedillo Portugal del Departamento de Preparatoria Agrícola, en las atenciones recibidas e identificación de especies de la familia ASTERACEAE.

A la Dra. Berta Rodríguez Castañeda del departamento de Zootecnia, por el apoyo de identificación de especies de la familia POACEAE

A la Dra. Silvia Romero Rangel y la M.C. Liliana Elizabeth Rubio Licona de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la identificación de *Quercus frutex* Trel.

Al equipo de trabajo de campo y toma de datos, los alumnos de PROFONI, **C. Melanie Dulce Pilar Espinosa Ramírez y C. Darío Cagal Cruz**; a mis compañeros de posgrado C. Austreberto Velasco González, C. Raquel Cid Muñoz y C. Caleb Cruz García.

Al municipio de San Martín de las Pirámides por permitirme en realizar el estudio en el área protegida.

A mis compañeros y también amigos Suri, Victoria y Edgar me ayudaron en el proceso de formación e investigación, apoyo y amistad.

DEDICATORIA

Para aquellas personas más influyentes en mi vida, a mi hermosa y apreciada hija Aramara Velasco De Jesús, que me motiva a seguir adelante, dedicando todos mis logros, por ser aquella niña que me alienta a nunca rendirme y demostrar que todo es posible con su amor y cariño. A mi cónyuge Austreberto Velasco González, alentándome día a día a no rendirme y brindándome el apoyo necesario para salir adelante junto como familia, a ellos dos gracias por estar conmigo en esta trayectoria.

A mis padres, Juana Vicente Juan y Antonino De Jesús Espinoza, que desde que inicie mis estudios en esta universidad me han dado todo el apoyo. Además de siendo las personas que me han inculcado grandes valores y muestra de gran fortaleza ante las diferentes circunstancias en la vida.

A mis hermanos Marbella De Jesús Vicente y Antonio De Jesús Vicente, dos personas invaluable que me han alentado a seguir adelante.

EN ESTOS TIEMPOS DIFÍCILES PARA MI FAMILIA QUIERO DEDICARLE ESPECIALMENTE ESTE TRABAJO A MI PRIMO-HERMANO ARMANDO GARCÍA DE JESÚS, TE AMO PRIMO DESCANSA EN PAZ.

DATOS BIOGRÁFICOS



Araceli De Jesús Vicente nació el 16 de agosto de 1992 en Donato Guerra, Estado de México. Vivió su infancia y juventud en el Municipio de Vicente Guerrero, Durango, realizando sus estudios de bachiller en el Colegio de Bachilleres del Estado de Durango # 27 generación 2007-2010, posteriormente realizó sus estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo, en la carrera Ingeniería en Restauración Forestal generación 2010-2015, obteniendo el título de Ingeniería en Restauración Forestal en septiembre 2016 con la tesis titulada “Ordenación y Clasificación del bosque piñonero en la localidad Lomas de Guillen, municipio Santiago de Anaya, Hidalgo. Del 2015 al 2016 laboró en los proyectos de la Coordinación General del fomento al Desarrollo Indígena y el Centro de Educación Continua, en el programa para el mejoramiento de la producción y productividad indígena, a través de capacitaciones en la Ciudad de México. En el 2017 ingresó al programa de posgrado Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, Estado de México.

RESUMEN GENERAL

ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ESTATAL CERRO GORDO, ESTADO DE MÉXICO

El Parque Estatal Cerro Gordo (PECG), en el Municipio de San Martín de las Pirámides, Edo. de Méx., es la mayor elevación del Valle de Teotihuacan. El crecimiento poblacional de la zona metropolitana ha creado fuertes demandas de suelo para uso habitacional e industrial, declarando su superficie como un área Natural Protegida en 1976. Los objetivos del estudio fueron describir las estructuras vegetales que distinguen a la parte Sur-Oeste del PECG, su composición florística y determinar la influencia de los factores ambientales-edáficos en su distribución. Se analizó la composición y estructura de la vegetación en el PECG, a lo largo de un gradiente altitudinal en un intervalo de 2700-3000 m sobre el nivel del mar. Se establecieron las parcelas de muestreo en cada tipo de vegetación, definidos por su fisionomía. El atributo estructural estimado fue el Índice de Valor de Importancia Relativo (IVIR) de las especies; para la clasificación de los tipos de vegetación, se utilizaron afinidades florísticas, de acuerdo con el IVIR; también se realizó un análisis de correspondencias canónicas entre las variables ambientales y edáficas. Se obtuvieron ciento setenta y cuatro especies de plantas vasculares, que corresponden a 49 familias, se encontraron especies que se encuentran dentro de la NOM-059 2010 y en el CITES. Se definieron tres tipos de vegetación: bosque de encino, matorral de encino y zacatonal. Las variables de altitud, pH, nitrógeno y fósforo son las que más influyen en la estructura y composición de las diferentes asociaciones vegetales del parque estatal. Conforme cambia la vegetación, debido a la altitud principalmente, crea diferentes asociaciones florísticas, pero mantienen su conectividad con *Quercus frutex* Trel., que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del parque, sirviendo como corredor de hábitat y manteniendo la conectividad paisajística de las diversas asociaciones.

Palabras clave: asociaciones, *Quercus frutex*, matorral de encino, Valle de México.

GENERAL ABSTRACT

ORDINATION AND CLASSIFICATION OF THE VEGETATION OF THE CERRO GORDO STATE PARK, STATE OF MEXICO

The Parque Estatal Cerro Gordo, in the Municipality of San Martín de las Pirámides, Estado de México state, Mexico, is the highest elevation in the Teotihuacan Valley. The population growth of the metropolitan area has created strong demands of land for housing and industrial use, declaring its surface as a Natural Protected Area in 1976. The objectives of the study were to describe the plant structures that distinguish the south-west part of the PECG, its floristic composition and to determine the influence of environmental-soil factors on their distribution. The composition and structure of the vegetation in the Park, along an altitudinal gradient between 2 700-3 000 m above sea level was analyzed. The sampling plots were settled in each type of vegetation, defined by their physiognomy. The structural attribute estimated was by Index of Relative Importance Value (IVIR) of the species. For the classification of vegetation types, were utilized floristic affinities according to IVIR; a canonical correspondence analysis was carried out between the environmental and edaphic variables. One hundred seventy-four species of vascular plants were recorded, corresponding to 49 families, some species that are found within the NOM-059 2010 and CITES were recorded. Three types of vegetation were defined: oak forest, oak scrub and grassland. The variables of altitude, pH, nitrogen and phosphorus are those that most influence the structure and composition of the different plant associations of the state park. As the vegetation changes mainly due to altitude, it creates different floristic associations, but maintains its connectivity with *Quercus frutex* Trel., which is widely distributed throughout the park, serving as an habitat corridor and maintaining the landscape connectivity of the various associations.

Key words: associations, *Quercus frutex*, oak scrub, Mexico Valley.

¹Thesis of Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Araceli De Jesús Vicente
Advisor: Dr. Diódoro Granados Sánchez

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México se caracteriza por ser un país con una alta riqueza de plantas con flores (Magnoliophyta), mostrando una diversidad ecológica y taxonómica, dominando en cualquier ecosistema terrestre, empleadas para caracterizar los tipos de vegetación (Villaseñor & Ortiz, 2014). El estudio de las comunidades vegetales nos permite conocer la diversidad de la flora y la vegetación, ya que la clasificación y la nomenclatura de las comunidades vegetales han estado estrechamente relacionadas con los factores ambientales, los aspectos fisiográficos, geológicos, climáticos, edáficos y, en muchos casos, con las actividades antropocéntricas, principalmente la agricultura y la ganadería y en menor proporción la explotación forestal (González-Medrano, 2004).

En el estado de México se presentan diversas áreas naturales protegidas a nivel nacional o estatal, con el fin de conservar el patrimonio natural (Brenner, 2006). El Parque Estatal Cerro Gordo se establece bajo protección en 1976, y en el 2000 entra dentro del programa Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, regida a nivel estatal (CEPANAF). Esta zona de refugio natural se encuentra dentro de las regiones con mayor presión de los recursos naturales en el Valle de México, debido al incremento de la población (Riemann, Santes-Álvarez y Pombo, 2011). Se localiza entre los municipios de Axapusco, San Martín de las Pirámides y Temascalapa. La estructura vegetal se presenta bajo una presión constante, debido a los últimos acontecimientos de extracción del material piroclástico, utilizado en la construcción del nuevo aeropuerto de la Ciudad de México, la expansión agrícola y el crecimiento poblacional. Terrazas-Sánchez y Piñón-Santoyo (2001) mencionan que los pobladores vecinos, así como los visitantes tienen poco conocimiento y la cultura para el manejo y conservación de las especies animales y vegetales por la extracción de los recursos naturales.

Es por ello necesario conocer las condiciones actuales, en qué circunstancias se manifiesta la vegetación, y caracterizarla a partir de un análisis de clasificación y

ordenación, principalmente de los tres hábitos distintos (herbáceas, arbustivas y arbóreas)

1.1 Objetivo general

Caracterizar estructuralmente la vegetación del Parque Estatal Cerro Gordo, para realizar la clasificación y establecer la ordenación de la vegetación respecto a los factores ambientales.

1.2 Objetivos particulares

- Determinar la composición florística, para establecer el listado florístico.
- Caracterizar la estructura de la vegetación, con base en la dominancia, frecuencia y densidad de las especies, determinando así las asociaciones predominantes en el parque.
- Reconocer los factores ambientales causales de la diferenciación estructural y florístico de la vegetación.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Organización jerárquica en los ecosistemas

Los sistemas ecológicos, contribuyen a la existencia de una correlación de la entidad junto a su contexto, llevando a cabo que cada uno de los niveles jerárquicos está compuesto por un conjunto de relaciones distintas. Este concepto contribuye al entendimiento de las disímiles tasas en que los transcurso ecológicos llegan a ocurrir. Muchos trabajos han establecido distintas maneras en que los sistemas de los ecosistemas contienen diversidad y además que se encuentran ordenados de manera jerárquica. La ecología agrega la descripción y la manera de cuantificar las diferentes variables espaciales, y los jerárquicos que declaran de manera precisa los estándares ecológicos (Galicia & Zarco, 2002).

Odum (1978), maneja los siguientes términos para jerarquizar los ecosistemas:

- **Población:** anteriormente empleado para la población humana, pero en ecología se utiliza para abarcar a los grupos de individuos de la misma especie interactuando en el mismo medio.
- **Comunidad:** comúnmente llamada comunidad biótica, contiene a todas las poblaciones de diferentes especies, interactuando en la misma superficie cedida.
- **Bioma:** se refiere por tamaño de superficie, mayor que la comunidad, refiriéndose por región, subcontinental o paisajista.
- **Biosfera:** denomina a todos los ecosistemas a nivel global o por porciones del planeta en donde los ecosistemas anden funcionando.

Odum (1986) menciona distintos niveles de organización, anexando su visualización como una especie de “espectro biológico”, siendo los siguientes: **comunidad, población, los organismos, órgano, la célula y el gen**; asignando así de forma jerárquica de orden mayor a menor.

Diversos autores manejan diferentes tipos de jerarquización de los ecosistemas, tres niveles o hasta cinco, conforme van pasando los años y los estudios se van adecuando de manera generan en organismos (especies), población y comunidad.

2.2 Comunidades como unidad de estudio

Una de las definiciones de comunidades es todo aquel conjunto de poblaciones de los organismos vivos en una superficie o hábitat determinada (Krebs, 1985). Margalef (1974) lo define como todo aquel conjunto de poblaciones mixtas, con una gran variedad de distintas especies, viviendo en un espacio geográfico continuo, teniendo como delimitaciones de manera convencional. Además, menciona para que pueda describirse un ecosistema y las proporciones de esta, debe ser por medio de los organismos vivos que la constituyen, de lo más sencillo hasta de manera específica, depende del fin que se requiera. Las comunidades pueden variar de tamaño y composición de flora, fauna y microorganismos, creando así la interacción de distintas especies en una superficie definida, estableciendo la estructura y la funcionalidad.

Para el estudio y descripción de las características de la comunidad ecológica, se debe contemplar una serie de muestras agrupables en una fusión estadística, apto quizá de un resumen descriptivo de valores promedio, dispersión, entre otros.

Los procesos que identifican las transformaciones de una población que se encuentra dentro de una comunidad específica son: mortandad, desarrollo de las especies y la reproducción; formando parte de su ecosistema biológico y físico, firmes para la presencia y la abundancia de las especies, añadiendo elementos que se relacionan en su ecosistema son meramente tróficos (Equihua & Benítez, 1983).

Krebs (1985) indica que existen cinco peculiaridades comunes dentro de las comunidades:

- Diversidad de especies: obtener de la manera más sencilla la variedad de organismos de flora, fauna o microorganismos.
- Estructura y modo de desarrollo: en caso de la comunidad vegetal se considera las principales formas de hábito: arbórea, arbustiva, herbácea, principalmente, siendo explícito en la manera en que se desarrolla (tipo de hoja, corteza, altura, etcétera) todas estas características decretan la estratificación vertical por capas o niveles de la comunidad.
- Predominio: observa de manera detalla, que especies dominan y llevan a cabo el éxito en ese ecosistema, ya que establecen en mayor parte, las situaciones por las cuales las demás especies pertenezcan en ella y estén emparentados.
- Abundancia relativa: se puede medir las proporciones relativas de diferentes especies de la comunidad.

Todas estas características son aptas para la investigación y trabajos en comunidades equilibradas o en transformación (a veces es temporal por la sucesión), aunque también lleguen a presentarse de forma espacial y en gradientes ambientales (temperatura, humedad, altitud, pendiente, etc.). De manera usual, los estudios enfocados a las comunidades vegetales o faunísticos son muy distintos. los botánicos se enfocan en la forma estructural de las especies vegetales junto a los compuestos que varían en su entorno en el espacio y tiempo (clima, temperaturas, etcétera) (Rocha-Ramírez et al, 2006).

2.3 Características de comunidades vegetales

El tiempo y el espacio son factores que hacen que las comunidades cambien, también los componentes de su estructura difieren a lo largo de distintos gradientes ambientales que presenten, mostrando estándares de abundancia y diversidad de los organismos. Principalmente se observa más complejo en distintos gradientes altitudinales, diferentes condiciones climáticas, tipo de paisaje, exposición, presencia de cuerpos de agua o salinidad (Huerta & Guerrero, 2004). La comunidad vegetal no se deslinda como una unidad limitada, estas se encuentran fusionadas a la fauna y otros microorganismos en interminables interacciones, creando juntos una comunidad más desarrollada, lo

único que se diferencia de los otros organismos, es que la vegetación se mantiene por así decirlo “fijas o estables” en su sitio una vez que nacen (Granados-Victorino, Granados-Sánchez & Sánchez-González, 2015).

La finalidad del estudio de las comunidades vegetales es: la descripción y análisis de la estructura; definiendo posteriormente las interacciones funcionales que estén los componentes de la comunidad asociándose en un lugar y tiempo fijos. Seguido por la descripción de las comunidades vegetales, se considera dos objetivos esenciales: la flora (especies que la compongan) y su fisionomía (forma, tipo de estrato, etcétera) (Granados-Sánchez & Tapia-Vargas, 1990).

La mayor parte de los organismos vegetales incrementa su diversidad conforme se acerca al trópico, y descienden acorde se acerca a los polos. En la mayoría de los casos, la diversidad de las especies responde al gradiente altitudinal, un ejemplo muy claro son las selvas tropicales, presentando mayor riqueza de especies que en un bosque templado, en una misma área (Latham & Ricklefs, 1993; Huerta & Guerrero, 2004).

Una ciencia que es prescindible destacar para la caracterización de las comunidades vegetales es la sinecología, utilizada principalmente para la sistematización de las comunidades. Distintos puntos de investigación han tenido esta ciencia para el procedimiento en la sistematización de la comunidad vegetal, algunas de ellas son en la variación específica, donde contempla el número total de las especies a manera individual, logrando establecer así las asociaciones, para que la asociación pueda diferir de otras por sus individuos que dominan la comunidad. Por otro lado, la fisionomía, depende del análisis de la forma que se encuentre la vegetación, de acuerdo con sus distintos ambientes, declarando así la clasificación de la comunidad por formaciones.

A partir de estas descripciones, se puede lograr conocer distintos espacios y elaborar asociaciones diferentes, de las condiciones ambientales en que se parece presentar formaciones iguales, pero con diferencias en su componente florístico. Es por lo que la fisionomía y la florística, no pueden desarrollarse de

manera individual, al estudiar la vegetación de una comunidad, ya que ambos aportan a la descripción y clasificación, de manera vertical y horizontal, de una manera sencilla y explícita, se debe trabajar ambos criterios en conjunto (Granados-Sánchez & Tapia-Vargas, 1990), también mencionan 7 características para describir la fisionomía de una comunidad vegetal:

1. Forma de vida dominante.
2. Densidad de la vegetación presente (cantidad de especies o individuos).
3. Altura de la vegetación.
4. Color de la vegetación.
5. Relaciones estacionales (caducifolios, perennifolios, subcaducifolios).
6. Duración de vida media de las especies.
7. Diversidad de las especies presentes en la comunidad.

Para el nivel estructural son el número 1, 2 y 3. Para la fisionomía son el 4 y 5, el funcional es el 6 y el 7 para complementar la diversidad de la comunidad, aunque no se utilicen todas las metodologías, varían los estilos de clasificación.

La clasificación del paisaje en unidades es una herramienta importante de la biología de la conservación, debe realizarse con base en sus propiedades ecológicas y físicas (Eswaran, Beinroth & Virmani, 2000). A esta escala general es indispensable describir características generales como: el tipo de suelo, extensión, orientación, pendiente, cobertura vegetal, fisionomía y apertura de dosel, las cuales son útiles para asignar un nivel de conservación. No obstante, estas variables generales a menudo no proveen la información específica requerida para la implementación de acciones dirigidas a la preservación de la dinámica del ecosistema. La información a escala más específica puede complementar esta metodología con la cual se puede analizar si el ensamblaje de las especies locales está influenciado por la calidad del hábitat. Esta escala permite determinar la biodiversidad local a través de algunos atributos como la riqueza, la diversidad, el valor de importancia, la proporción de especies características, malezas y especies introducidas, así como la presencia de

grupos funcionales (Noss, 1990; Santibañez-Andrade, Castillo-Argüero & Martínez-Orea, 2015).

2.4 Características de comunidades vegetales en México

México es un país con una alta riqueza florística. Esto se debe principalmente a su extensa superficie territorial, diversidad geográfica y su ubicación, que se encuentra en la región biogeográfica neártica y la neotropical, formando así una riqueza de flora fanerogámica con un estimado de 25,000 especies (Rzedowski, 1993; Sosa & Davila, 1994). La variedad de la flora mexicana se refleja de modo increíble y variables, como sus climas y suelos, causada por la accidentada topografía y la compleja estructura geológica de su suelo. Los tipos de vegetación que cubren al territorio mexicano se encuentran las selvas altas, desiertos áridos, desiertos fríos de las partes más altas como la cadena volcánica transversal (Miranda & Hernández-X., 2014). Guizar-Nolazco (2011) menciona la clasificación de distintas formaciones vegetales en 12 tipos de vegetación:

- | Templada | Tropical |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Bosque boreal | 6. Bosque de neblina |
| 2. Bosque de pino-encino | 7. Bosque lluvioso |
| 3. Chaparral | 8. Bosque tropical siempreverde |
| 4. Mezquite-Pastizal | 9. Sabana |
| 5. Desierto | 10. Bosque tropical caducifolio |
| | 11. Bosque espinoso |
| | 12. Matorral árido tropical |

Cada tipo de vegetación o formación es una combinación de diferentes comunidades reconocibles, mencionando así en cinco afinidades templadas y siete tropicales, reconociendo la zona templada ocupando el 70% del territorio nacional, siendo el bosque de pino-encino, mezquite-pastizal y el desierto. En esta clasificación se enfatiza en la vegetación que, en la composición florística, de acuerdo con el tipo de clímax sin tomar en cuenta a los estadios sucesionales, productos de disturbio del ser humano.

González-Medrano (2004) utiliza la clasificación de Rzedowski de 1978, describiendo de manera más específica de acuerdo con las características

estructurales de cada tipo de vegetación, además menciona la existencia de diversos autores que clasifican la vegetación en México (Cuadro 1),

Cuadro 1. Comparación entre los tipos de vegetación en México, modificado de:

Rzedowski (1978)	Miranda y Hernández X. (1963)	Rzedowski (1966)	Flores et al (1971)	Rzedowski (1978)
Bosque tropical perennifolio	Selva alta perennifolia, selva alta o mediana subperennifolia	Bosque tropical perennifolio	Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia (en parte)	Bosque tropical perennifolio
Bosque tropical subcaducifolio	Selva alta o mediana subcaducifolia		Selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia (en parte)	Bosque tropical subcaducifolio
Bosque tropical caducifolio	Selva baja caducifolia	Bosque tropical deciduo	Selva baja caducifolia (en parte)	Bosque tropical caducifolio
Bosque espinoso	Selva baja subperennifolia (en parte), selva baja espinosa perennifolia, selva baja espinosa caducifolia	Bosque espinoso, mezquital extra desértico	Selva baja caducifolia (en parte), selva baja subperennifolia, mezquital (en parte)	Bosque espinoso
Pastizal	Pastizales, zacatonales, vegetación de páramos de altura, sabanas	Zacatal	Pastizal, zacatonal, sabana	Pastizal

Matorral xerófilo	Matorral espinoso con espinas laterales, cardonales, tetecheras, etc., izotales, nopaleras, matorral espinoso con espinas terminales, matorral inerme parvifolio, magueyales, lechuguillales, guapillales, etc; chaparrales, vegetación de desiertos áridos arenosos	Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicaule, matorral submontano, encinar arbustivo	Mezquital (en parte), chaparral, matorral submontano, matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo	Matorral xerófilo
Bosque de Quercus	Encinares	Encinar y pinar (en partes)	Bosque de encino	Bosque de Quercus
Bosque de coníferas	Pinares, bosque de abetos u oyameles.	Encinar y pinar (en parte)	Bosque de pino, bosque de oyamel	Bosque de coníferas
Bosque mesófilo de montaña	Selva mediana o baja perennifolia, bosque caducifolio (en parte)	Bosque deciduo templado	Bosque caducifolio	Bosque mesófilo de montaña
Vegetación acuática y subacuática	Manglar, popal, tulares, carrizales, etc., bosque caducifolio (en parte)		Manglar, popal	Vegetación acuática y subacuática

El mayor número de especies de plantas en México corresponde a las familias Asteraceae (2026 especies), Fabaceae (1724 especies), Orchidaceae (1200 especies), Poaceae (1226 especies), Cactaceae (821 especies) y Rubiaceae (510 especies) (Turner & Nesom, 1993; Sousa & Delgado, 1993; Hágsater & Salazar, 1991; Beetle, 1987; Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991; Rzedowski, 1993; Sosa & Davila, 1994).

Rzedowski (2006) menciona la zona de altiplanicie como región neotropical y región xerofítica mexicana, en la cual pertenece parte del estado de México, donde la vegetación predominante es el matorral xerófilo, pastizales y bosques espinosos.

El Valle de México se encuentra entre las áreas que mejor se conoce la vegetación, existiendo estudios desde 1940, pero obtuvo su plus en el siglo XX cuando en 1962 a 1973 J. Rzedowski y otra gran cantidad de personas de diversas instituciones realizan el proyecto de la flora y la vegetación del Valle de México, apoyados de igual manera en grandes cantidades de investigaciones. La presencia de grandes centros de población y de numerosas vías de comunicación, han creado disturbios a los ecosistemas, promoviendo el riesgo de desaparición de los recursos naturales (Rzedowski, Rzedowski & colaboradores, 2005).

Los matorrales xerófilos ocupan aproximadamente el 40% de la superficie del país y por consiguiente es el más basto de todos los tipos de vegetación de México. Llega a cubrir en mayor parte del territorio de la Península de Baja California, grandes extensiones de la Planicie Costera y montañas de Sonora, también en la altiplanicie que abarca desde Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y el Estado de México, prolongándose en los estados del sur Puebla y Oaxaca (Rzedowski, 1978).

Existen diversos estudios de composición florística en matorrales submontanos en el país, Encina-Domínguez, Gómez-Pérez & Valdés-Reyna (2012) caracterizó en bosques de encino y matorrales con hábito arbóreo, arbustivo y herbáceo, en el Estado de Coahuila, reportando las siguientes familias con mayor riqueza de especies: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Lamiaceae, y Cactaceae,

presentándose especies indicadoras de disturbios por incendios. En el Valle de Santa Catarina, entre los estados de Coahuila y Nuevo León, se evaluó la composición vegetal de los matorrales, dividiéndolos en tres tipos de vegetación: matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo y matorral submontano, en un gradiente altitudinal, donde los tres matorrales mostraron una diferencia significativa en su densidad y cobertura; en riqueza de especies, resaltan más las familias: Fabaceae, Cactaceae y Asparagaceae (Mata et al, 2014).

Diversos estudios se han realizado en el Estado de México de acuerdo con la riqueza florística o la ordenación y clasificación, pero muy poco se han realizado en conjunto explicando de forma específica la interacción de las estructuras vegetales con factores ambientales-edáficos.

En la Sierra Nevada al oriente del Estado de México, se analizó la vegetación a lo largo de un gradiente altitudinal, en estratos de hábito arbóreo y arbustivo, obteniendo como resultados en un gradiente de menor a mayor seis tipos de vegetación; encinar arbustivo, bosque de encino, bosque mixto, bosque de oyamel, bosque de pino y pastizal; considerando que las variables que evidencian un patrón de estructura y distribución a partir de la altitud, pendiente, temperatura, precipitación, materia orgánica, cationes y punto de marchites, permitiendo realizar de una forma más complementaria para la detección de los seis tipos de clasificación (Sánchez-González, López-Mata, 2003).

En la cuenca del río Magdalena se identificaron tres tipos de vegetación. bosque de encino, bosque de pino y bosque de *Abies*, destacando al bosque de encino con mayor riqueza de en especies arbóreas y arbustivas principalmente *Roldana angulifolia* (DC.) H.Rob. et Brettell), *Roldana barba-johannis* (DC.) H.Rob. et Brettell), *Salvia elegans* (Vahl.), y *Symphoricarpos microphyllus* (Kunth.); además de presentar malezas reportadas para otros bosques en el norte del país y en el Valle de México, como *Achillea millefolium* (L.) *Arenaria lanuginosa* (Rohrb.), *Bromus carinatus* (Hook. et Arn.), *Geranium seemanii* (Peyr.), *Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton y *Solanum nigrescens* (M.Martens et Galeotti) caracterizándose

como indicadores de disturbios, siendo estos bosque más propensos a disturbios antropogénicos. (Santibañes-Andrade, Castillo-Argüero & Martínez-Orea, 2015).

2.5 Zona de estudio, Parque Estatal Cerro Gordo

En el Valle de México también se encuentra la región de Valle de Teotihuacán, encontrándose el área natural protegida Parque Estatal Cerro Gordo, rodeado por varios poblados: Santa María Maquixco y San Cristóbal Culhuacán (Norte), Santo Domingo Aztacameca (Nor-Noreste), Santiago Tolman (Sur-Sureste), San Martín de las Pirámides y Santa María Palapa (Sur) e Ixtlahuaca (Sureste). Todos ellos presentan características fundamentalmente rurales y sus pobladores realizan actividades agrícolas intensivas de cultivo de nopal tunero, siendo esta región una de las productoras más importantes del fruto a nivel nacional; se desarrollan, asimismo, actividades ganaderas extensivas y, básicamente, como complemento de las agrícolas. Las actividades forestales se restringen a la recolección de no maderables para uso doméstico (Castilla-Hernández & Tejero-Diez, 1983). Sus coordenadas geográficas extremas son: 19° 43' 51.0311" y 19° 46' 38.3232" Latitud Norte y 98° 46' 29.8472" y 98° 51' 57.9047" Longitud Oeste (Senties-Echeverría, 2000). La zona de estudio para la renovación de la información es en el municipio de San Martín de las Pirámides, en las coordenadas 19° 41' 58.2" N, -98° 49' 53.5"

O

(

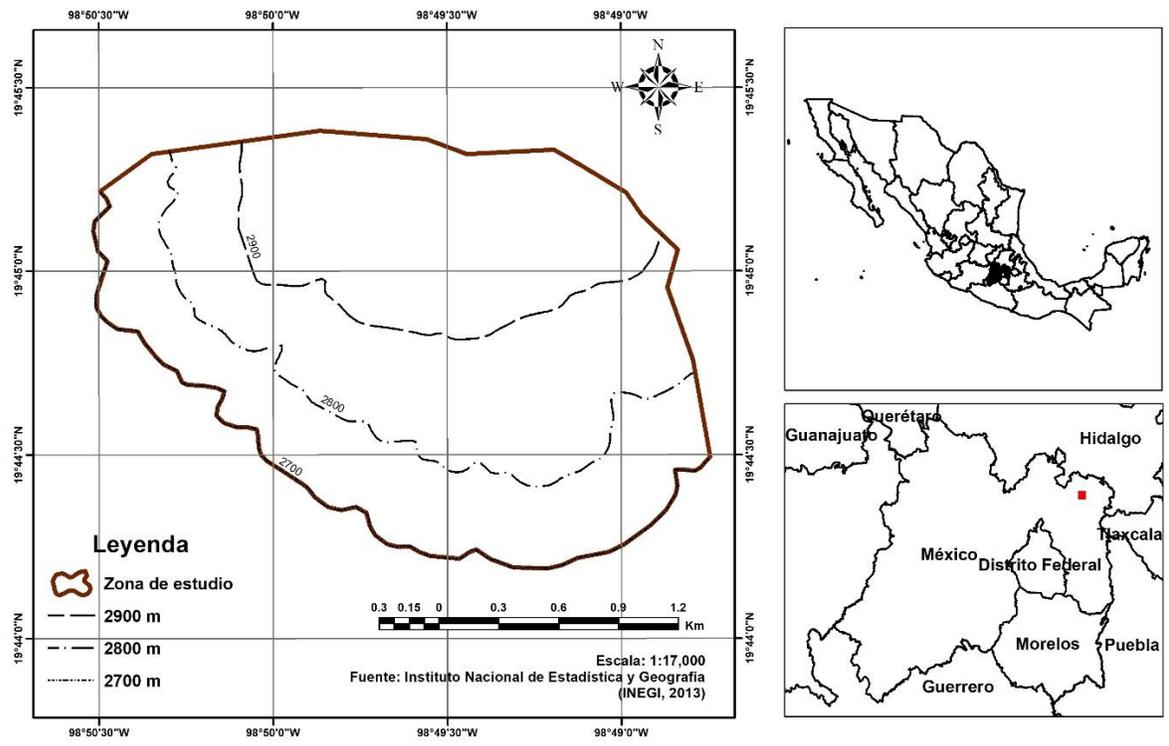


FIGURA1), en una superficie de 1291 ha correspondiente a 42.65% del parque estatal.

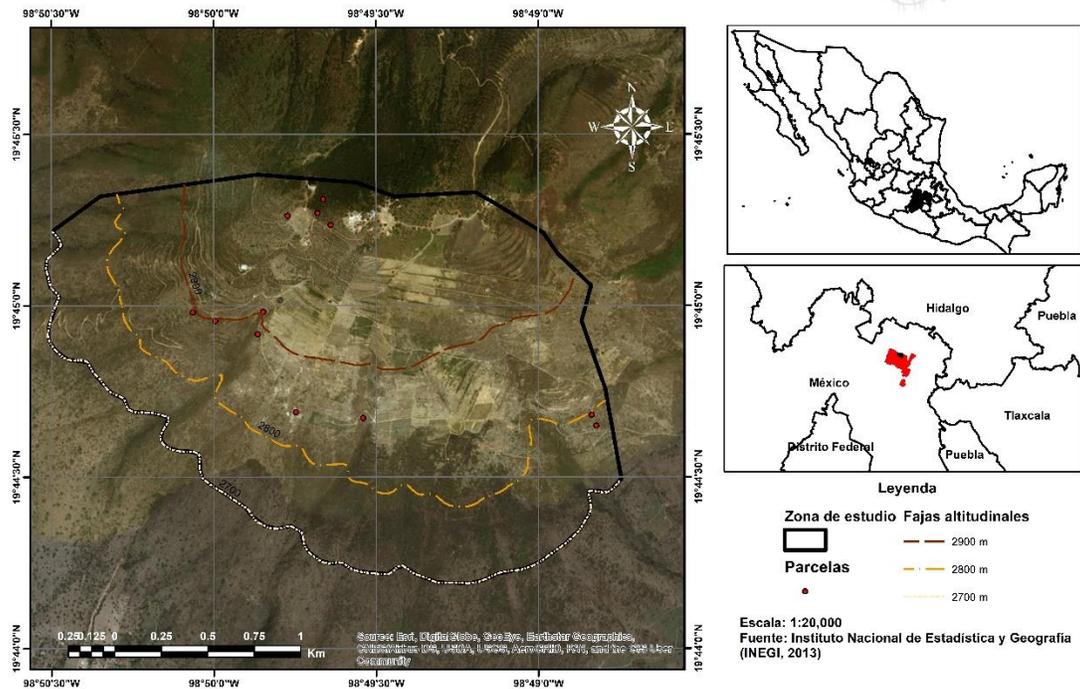


Figura 1. Localización del segmento del Parque Estatal Cerro Gordo, San Martín de las Pirámides.

El parque se caracteriza por tener clima predominante de tipo templado subhúmedo C(w0)(w) y semiseco templado BS1kw, cuenta con una precipitación media anual de 600 mm, con una temperatura media anual de 14 °C, tipo de suelo Cambisol (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2009). El parque estatal está formado por tres municipios: Axapusco, San Martín de las Pirámides y Temascalapa (Sentíes-Echeverría, 2000). Castilla-Hernández y Tejero-Diez (1983) reportaron para todo el parque y en los cerros aledaños 583 especies, destacando las familias Asteraceae, Poaceae y Leguminosae. Los diferentes tipos de vegetación que predominan son: bosque de encino, pastizal, matorral, matorral xerófilo, matorral de encinos, matorrales secundarios, ruderales y arvenses, e hidrófilas.

Los estudios posteriores a la investigación de Castilla-Hernández y Tejero-Diez en 1983, fueron los de Terrazas-Sánchez y Piñón-Santoyo (2001) enfocada más a la parte faunística y la relación con las comunidades vegetales presentes, mencionando en su estudio que el bosque de encino permite mejor el desarrollo de las especies de aves, preservando una gran cantidad de especies e individuos, de

los contrarios en los estratos más bajos como el matorral de encino y el matorral xerófilo preserva menor cantidad de especies. Una de las conclusiones que llegaron, es que debido al cambio desmedido del uso de suelo (la agricultura), se observó una disminución de especies de aves, de acuerdo con lo que mencionaron en las entrevistas las personas de las poblaciones aledañas a este parque. Márquez-Berber, Torcuato-Calderón, Almaguer-Vargas, Colinas-León & Khalil Gardezi (2012), mencionan que en los municipios de Axapusco, Otumba y San Martín emplearon el método de plantaciones de nopal tunero para control de erosión, esto para mejorar las condiciones del parque y generar más oportunidades de aprovechamiento de los recursos naturales a las personas colindantes del parque, pero debido a incremento de estas plantaciones han disminuido drásticamente las especies del género *Opuntia* nativas en el parque.

En el municipio San Martín de las Pirámides se encuentran clasificados de acuerdo con INEGI (2014) de la siguiente manera: Bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino, pastizal inducido, matorral crasicaule y agricultura de temporal permanente (Figura 2, 3, 5 y 6) y tipo de suelo cambisol.

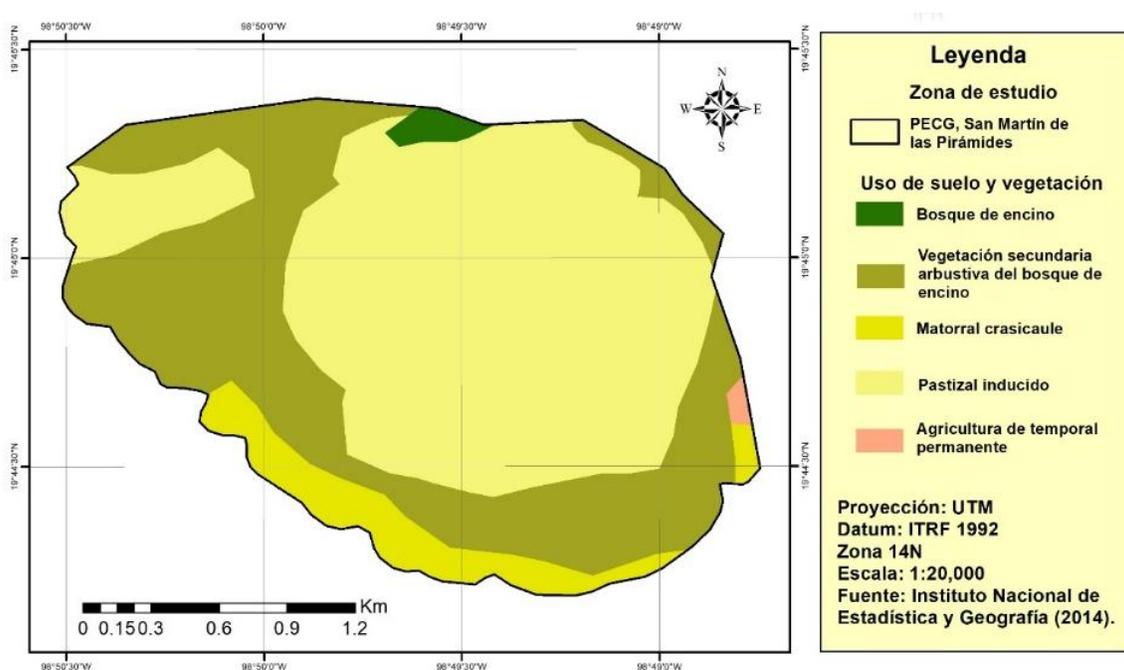


Figura 2. Tipos de vegetación, clasificación INEGI 2014, perteneciente a San Martín de las Pirámides.



Figura 3. Vegetación en cañadas dentro del PECO.



Figura 4. Vegetación de matorral en el PECO.



Figura 5. Plantación de nopal tunero en el PECG.

En este estudio toma como punto de partida la parte del parque que corresponde a el municipio de San Martín de las Pirámides, relacionando diversos factores ambientales-edáficos con la vegetación presente. Desde 1983 no existen estudios del estado actual de la vegetación en el Parque Estatal Cerro Gordo para monitorear los cambios de su estructura de la vegetación. En el año 2000 se elabora el plan de manejo del Parque Estatal Cerro Gordo (Sentíes-Echeverría, 2000), tomando en cuenta el estudio de 1983, actualmente no se han actualizado las listas florísticas y descripción de la fisonomía vegetal.

Además, se encuentran zonas de parque con pequeños relictos de vegetación, productos de la erosión desmedida que se presenta, además de albergas especies en la NOM-059 2010, siendo puntos críticos para la recuperación y conservación (Figura 6 y 7).



Figura 6. Ejemplo de islas de vegetación y presencia de erosión laminar.



Figura 7. Problemas de erosión que presenta el PEGG.

CAPÍTULO 3

ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PARQUE ESTATAL CERRO GORDO, ESTADO DE MÉXICO

ORDINATION AND CLASSIFICATION OF THE VEGETATION OF THE CERRO GORDO STATE PARK, STATE OF MEXICO

Araceli De Jesús-Vicente¹, Ro Linx Granados-Victorino^{*2}, Diódoro Granados-Sánchez¹, Enrique Guizar-Nolazco¹, Francisco-José, Sánchez-Zamudio¹.

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

*Corresponding author: droginx@hotmail.com

Resumen

Introducción: el Parque Estatal Cerro Gordo (PECG) es la elevación más alta del Valle de Teotihuacan. El crecimiento poblacional de la zona metropolitana ha creado fuertes demandas de suelo para uso habitacional, industrial y agrícola.

Objetivos: describir las estructuras vegetales que distinguen al PECG, su composición florística y determinar la influencia de los factores ambientales-edáficos.

Materiales y métodos: se analizó la composición y estructura de la vegetación en un gradiente altitudinal de 2700-3000 m, se determinaron las parcelas de muestreo en cada tipo de vegetación definidos por su fisionomía. El atributo estructural estimado fue por el Índice de Valor de Importancia Relativa de las especies; para la clasificación de los tipos de vegetación se realizó por afinidades florísticas de acuerdo con IVIR que obtuvieron en cada una de las parcelas; se realizó un análisis de correspondencias canónicas entre las variables ambientales y edáficas.

Resultados: se obtuvieron 174 especies de plantas vasculares, que corresponden a 49 familias, se encontraron especies que se encuentran dentro de la NOM-059 2010 y en el CITES. Se definieron tres asociaciones vegetales: bosque de encino, matorral de encino y zacatonal, definidas principalmente por la altitud, pH, nitrógeno y fósforo.

Conclusión: la altitud como factor principal crea diferentes asociaciones florísticas, pero mantienen su conectividad con *Quercus frutex* Trel., que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del parque, estableciendo un corredor de hábitat y manteniendo la conectividad paisajística de las diversas asociaciones.

Palabras clave: asociaciones, *Quercus frutex*, matorral de encino, Valle de México.

Abstract

Introduction: Cerro Gordo State Park (PECG) is the highest elevation in the Teotihuacan Valley. The population growth of the metropolitan area has created strong land demands for housing, industrial and agricultural use.

Objectives: to describe the plant structures that distinguish the PECG, its floristic composition and determine the influence of environmental-soil factors.

Materials and methods: the composition and structure of the vegetation was analyzed in an altitudinal gradient of 2700-3000 m, the sampling plots were determined in each type of vegetation defined by their physiognomy. The structural attribute estimated was by the Value Index of Relative Importance of the species; for the classification of the types of vegetation it was made by floristic affinities according to IVIR that they obtained in each one of the plots; An analysis of canonical correspondences between the environmental and edaphic variables was carried out.

Results: 174 species of vascular plants were obtained, corresponding to 49 families, species that are found within NOM-059 2010 and in CITES were found. Three plant associations were defined: oak forest, oak and zacatonal scrub, defined mainly by altitude, pH, nitrogen and phosphorus.

Conclusion: altitude as a main factor creates different floristic associations, but maintains its connectivity with *Quercus frutex* Trel., Which is widely distributed throughout the park, establishing a habitat corridor and maintaining the scenic connectivity of the various associations

Key words: associations, *Quercus frutex*, oak scrub, Mexico Valley

Introducción

Una comunidad vegetal, está conformada por una asociación de especies vegetales con una afinidad definida entre ellas que interactúan en un área y en un tiempo dado. 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 (Rocha-Ramírez et al, 2006). La sinecología es la disciplina que se encarga de estudiar la estructura, desarrollo, función y las causas de la distribución de las comunidades vegetales (Challenger & Dirzo, 2009). 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 caracterización cuantitativa de la vegetación es un paso hacia el entendimiento de la estructura del ecosistema, la diversidad de especies, la abundancia y la dinámica de las comunidades vegetales (Zamora-Crescencio et al, 2008). Las distintas especies de plantas que componen un ecosistema determinado tienen dimensiones (altura, cobertura y/o diámetro) muy variadas y regularmente ocupan sitios bien definidos en respuesta a cambios en los factores climáticos, gradientes ambientales o a la perturbación, ya sea natural o provocada por el hombre (Remmert, 1991). Esto confiere a cada ecosistema una estratificación y heterogeneidad espacial única, dada por la estructura vertical y horizontal de las especies que los componen (Dajoz, 2002).

El valle de México es la zona con mayor densidad poblacional del país, por lo que la vegetación nativa se encuentra confinada a terrenos no aptos para el desarrollo urbano o agrícola, en sitios con pendientes escarpadas o de difícil acceso y su cobertura es en forma de parches o pequeños fragmentos, inmersos en una matriz de hábitats perturbados. Recientemente los cerros de la parte norte y oriente del valle de México se han visto afectados dramáticamente por la extracción de material piroclástico para la construcción del nuevo aeropuerto de la ciudad de México, esto elimina los últimos remanentes de vegetación natural del valle de México, así como los servicios ambientales que proporcionan.

Debido a este ecocidio anunciado surge la necesidad de generar planes de manejo y, principalmente, de restauración ecológica para poder recuperar los servicios ambientales que la vegetación proporciona. Sin embargo, la base para realizar dichas actividades es conocer la influencia de los factores ambientales y edáficos sobre las diferencias

estructurales de la vegetación, y de esta manera determinar los requerimientos específicos de cada asociación para realizar correctamente acciones de reforestación.

El parque estatal Cerro Gordo es un área natural protegido de 3,027 ha ubicada al norte del valle de México, esta pertenece a los municipios de Axapusco, Temascalapa y San Martín de las Pirámides (Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, 2014). La vegetación del parque se compone de bosques de encino, matorral de encino, matorral xerófilo y pastizales (Castilla -Hernández y Tejero-Diez, 1983); el recambio en los tipos de vegetación, así como sus asociaciones, responde al gradiente altitudinal, así como a condiciones microclimáticas provocadas por la geomorfología del lugar. Lo que hace al parque estatal Cerro Gordo una zona ideal para estudiar los efectos de los factores ambientales sobre la vegetación.

Materiales y métodos

La sección del Parque Estatal Cerro Gordo perteneciente al municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México, se encuentra en las coordenadas 19° 41' 58.2" N, -98° 49' 53.5" O (Figura 1), en una superficie de 1,291 ha correspondiente a 42.65% del parque estatal (CEPANAF, 2014). El clima predominante es de tipo templado subhúmedo [C(w0)(w)] y semiseco templado (BS1kw), con una precipitación media anual de 600 mm, con una temperatura media anual de 14 °C, tipo de suelo Cambisol (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009), con una orientación predominante sur-oeste y la altitud que oscila entre los 2700 a 3000 m.

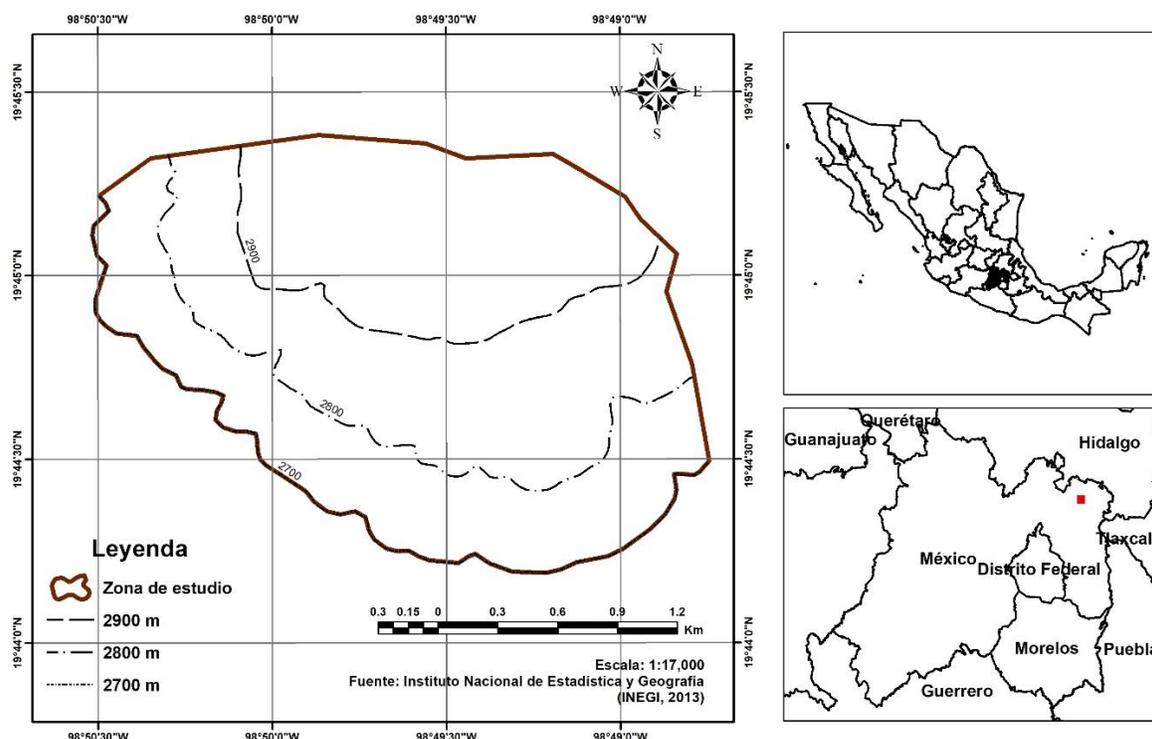


FIGURA 1. Porción perteneciente al municipio de San Martín de las Pirámides del Parque Estatal Cerro Gordo.

Composición florística

Se recolectaron por el método de barrido florístico las especies vegetales con hábito herbáceo, arbustivo y arbóreo entre los 2700 m a los 3000 m de altitud, en el Parque Estatal Cerro Gordo. Estas muestras se recolectaron durante el verano del año 2017 hasta finales de la estación invernal en 2019. Posteriormente se llevó a cabo la determinación mediante claves taxonómicas (Hitchcock, 1971; Sánchez-Sánchez, 1980; McVaugh, 1983; Ackerman-Beetle, et al, 1987; Rzedowski & Rzedowski, 2005; Romero-Rangel, Rojas-Zenteno & Rubio-Licon, 2014; Villaseñor, 2016; Trópicos, 2019).

Caracterización estructural de la vegetación

Se definieron tres fajas altitudinales de 100 m cada una, entre los 2700 a los 3000 m de altitud. En cada faja se realizaron parcelas de 150 m², ubicadas de manera dirigida hacia las variantes fisionómicas de la comunidad. En cada parcela se consideraron especies con hábito arbóreo y arbustivo, registrando la especie, su altura, diámetro de copa y el diámetro normal para los árboles. Con estos datos se obtuvieron los valores relativos de frecuencia (Fr), densidad (Dr) y dominancia (Dor), esta última a partir de la cobertura de

copa de las especies. Se obtuvo el índice de valor de importancia relativa (IVIR) con la fórmula siguiente: $IVIR=(Fr+Dr+Dor)/3$ (Matteucci & Colma, 1982; Huerta-Martínez & Guerrero-Vázquez, 2004). También se tomaron datos de altitud y pendiente en cada una de estas parcelas.

La descripción de la estructura vertical y horizontal de la vegetación se representó por medio de diagramas de perfiles fisionómicos (Richards, 1952), basados en la Fr, Dr y Dor, las alturas promedios de las especies y la fisionomía vegetal que se percibió en campo.

Composición edáfica

Se recolectaron muestras de 1 a 2 kg de suelo en cada parcela con el método de cinco de oros, con una profundidad de 0 a 30 cm de profundidad. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se determinaron las siguientes características con los siguientes procedimientos: pH: potenciómetro, relación suelo-agua, 1:2; Materia orgánica (MO): Walkley y Black (1947); Nitrógeno (N): extraído con Cloruro de Potasio 2N y determinado por arrastre de vapor; Fósforo (P): Bray P-1, Olsen (1954); Potasio (K): extraído en acetato de Amonio 1.0 N, pH 7.0, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama; Calcio (Ca) extraído en acetato de Amonio 1.0 N, pH 7.0, relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica; y Textura (Tex): hidrómetro de Bouyoucos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de agrupamiento, para determinar la similitud estructural de la vegetación utilizando el IVIR de cada una de las parcelas. Se emplearon medidas de similitud cuantitativa del Índice Bray-Curtis. La nomenclatura de las diferentes asociaciones vegetales resultantes se basó en el sistema de clasificación de Miranda y Hernández-X. (2014).

la ordenación de la vegetación se basó en un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), correlacionando el IVIR de las especies por parcela, con los factores edáficos-ambientales (pH, MO, N, P K, Ca, limo, arena, arcilla, altitud y pendiente). Los análisis se realizaron con el programa PAST versión 3.24 (Hammer, Harper & Ryan, 2001) y el Software R versión 3.4.0 (R-Core-Team, 2017).

Resultados y discusión

Composición florística y estructura de la vegetación

Se determinaron 174 especies de plantas vasculares correspondientes a 49 familias (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) dentro del Parque Estatal Cerro Gordo, San Martín de las Pirámides. Las familias con mayor representación son: Asteraceae con 43 especies (24.71%), Poaceae con 16 especies (9.20%), Fabaceae con 16 especies (9.20%). En un estudio previo (Castilla-Hernández y Tejero-Diez, 1983) se reportan para todo el parque y cerros aledaños 583 especies, es decir que solo la ladera suroeste, la más seca, contiene aproximadamente un 29.85% de las especies totales de la región.

El hábito más abundante fue el del estrato arbustivo, dominando en promedio alturas de 1.5 m, en su mayoría perteneciendo a las familias Asteraceae, Fabaceae y Fagaceae, cubriendo en la mayor parte grandes extensiones de terreno, además de desarrollarse en pendientes pronunciadas y de difícil acceso dentro del parque.

En el parque se encuentran dos especies consideradas bajo categorías de riesgo por la NOM-059 (SEMARNAT, 2010); *Mammillaria rhodantha* Link & Otto amenazada y *Gentiana spathaceae* Kunth en protección especial. Así mismo existen dos especies reguladas por el Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), *Mammillaria magnimamma* Haw. y *Opuntia streptacantha* Lem. en el apéndice II.

Castilla-Hernández & Tejero-Diez (1983) reportaron la presencia de *Quercus microphylla* Née como una planta fisionómicamente relevante, sin embargo, esta se determinó como *Quercus frutex* Trel., una especie reportado por Romero-Rangel (2002) en elevaciones del Valle de México.

En la mayoría de las parcelas los encinos fueron las especies más sobresalientes estructuralmente, ya sean arbustivos o arbóreos, principalmente por su cobertura de copa.

En la parte más alta del parque, de los 2800 m hasta los 3000 m de altitud, se desarrolla el bosque de encino, presentándose una densidad de especies de hábito arbóreo y arbustivo con un total de 11 357 individuos·ha⁻¹, donde *Q. crassipes* Bonpl. presenta una cantidad de 416 individuos·ha⁻¹ y *Q. rugosa* Née con 444 individuos·ha⁻¹, siendo especies

arbóreas dominantes, acompañados bajo su dosel por especies arbustivas como *Symphoricarpos microphyllus* Kunth, *Ageratina glabrata* (Kunth) R. M. King & H. Rob., *A. pazcuarensis* (Kunth) R. M. King & H., *Roldana angulifolia* (DC.) H. Rob. & Bretell. Debido a la dominancia del estrato arbóreo se determinó como bosque de encino o encinar (Miranda & Hernández-X., 2014), donde los árboles presentan una altura de 7 a 8 m (FIGURA 2).

De los 2950 hasta los 2750 se destaca la presencia de encino arbustivo de *Q. frutex*, una especie ampliamente distribuida en las partes altas del Valle de México (Valencia-Ávalos, 2004). Los matorrales de encino llegan a ser dominantes principalmente sobre suelos con pendientes pronunciadas (Zacarías-Eslava & F.-Del-Castillo, 2010), presentan una altura de 1 a 1.5 m; además de presentarse en forma de manchones pequeños, este tipo de vegetación se considera climáticamente intermedia entre los matorrales propios de clima árido y bosque de clima subhúmedos (Rzedowski, 1978). Se ve acompañado de especies como *Opuntia streptacantha* Lem., *Mimosa aculeaticarpa* Ortega y *Verbesina virgata* Cav. (FIGURA 3).

De los 2800 a 2700 m, en sitios con alto grado de perturbación, se identificó una fisionomía dominada pastos amacollados como *Muhlenbergia macroura* (Kunth) Hitchc., *Muhlenbergia rigida* (Kunth) Kunth y *Bouvardia ternifolia* Cav. Schltl presentan una altura máxima de 1 m (FIGURA 4), también se localizan algunas especies típicas de zacatonales como *Festuca breviglumis* Swallen y *Nassella mucronata* (Kunth) R. W. Pohl, acompañados de herbáceas perennes como *Florestina pedata* (Cav.) Cass.

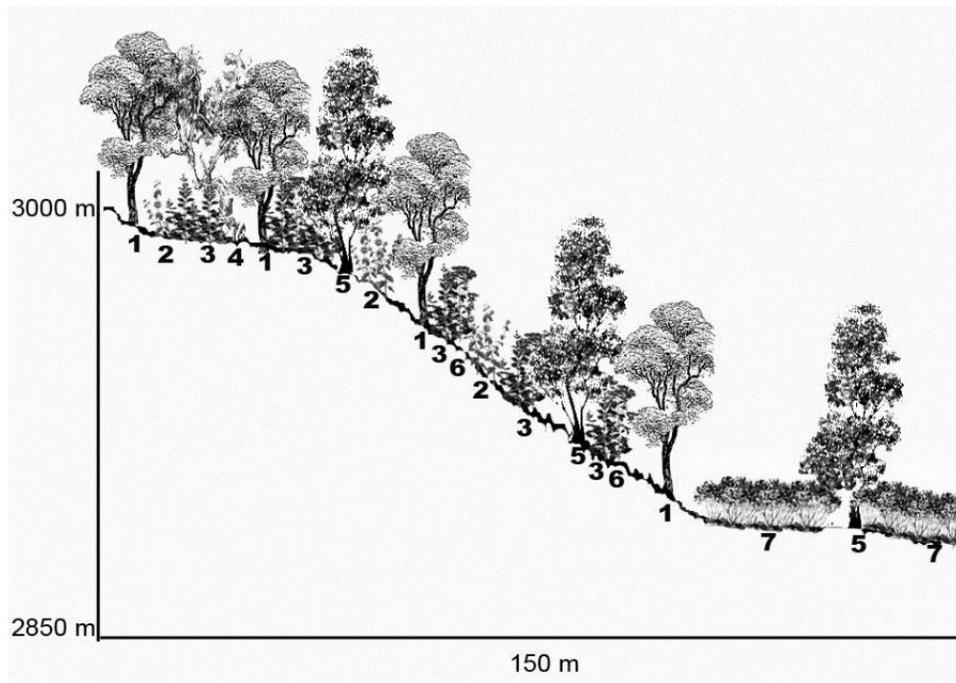


FIGURA 2. Perfil fisonómico semirrealista del bosque de encino (encinar); 1-*Quercus crassipes*, 2-*Roldana angulifolia*, 3-*Symphoricarpos microphyllus*, 4-*Ageratina pazcuarensis*, 5-*Quercus rugosa*, 6-*Ageratina glabrata*, 7-*Quercus frutex*.

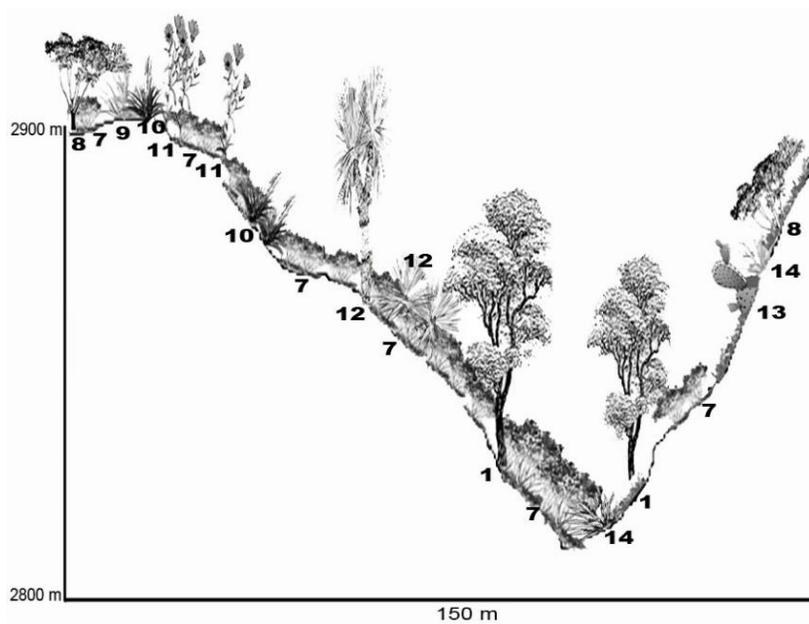


FIGURA 3. Perfil fisonómico semirrealista del matorral de encino; 7-*Quercus frutex*, 8-*Mimosa aculeaticarpa*, 9-*Brachypodium mexicanum*, 10-*Muhlenbergia macroura*, 11-*Verbesina virgata*, 12-*Nolina parviflora*, 13-*Opuntia streptacantha*, 14-*Agave salmiana*.

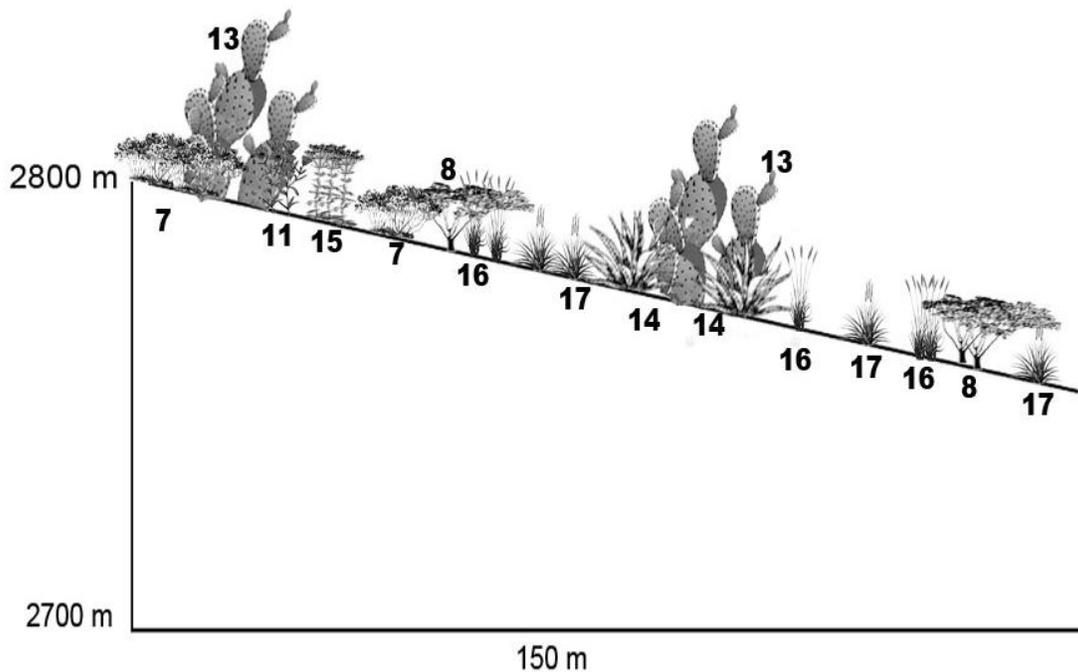


FIGURA 4. Perfil fisonómico semirrealista del zacatonal; 7-*Quercus frutex*, 8-*Mimosa aculeaticarpa*, 11-*Verbesina virgata*, 13-*Opuntia streptacantha*, 14-*Agave salmiana*, 15-*Bouvardia ternifolia*, 16-*Aristida ternipes*, 17-*Muhlenbergia dubia*.

Clasificación y ordenación del Parque Estatal Cerro Gordo

De acuerdo con el análisis de agrupamiento (FIGURA 5) con un nivel de similitud del 0.37 (Estrada-Castillón et al, 2012) se aglomeran tres tipos de vegetación y seis asociaciones. El bosque de encino se ve caracterizado principal por el estrato arbóreo de *Q. crassipes* y *Q. rugosa*, acompañada de *S. microphyllus* y *R. angulifolia*. En el zacatonal se destacan especies como *Muhlenbergia rigida*, *Bouvardia ternifolia* Cav. Schldtl y *Aristida ternipes* Cav. En el matorral de encino se puede observar una gran cantidad de asociaciones presentes, dominando principalmente *Q. frutex* y *Mimosa aculeaticarpa*. Las asociaciones que se presentan son las siguientes: Bosque de encino dominado por *Q. crassipes*; bosque de encino de *Q. rugosa*-*S. microphyllum*; zacatonal de *Muhlenbergia rigida*; matorral de encino de *Q. frutex*; matorral encinar-zacatonal, con *Q. frutex* y *Muhlenbergia macroura*; y matorral de *Q. frutex*-*Mimosa aculeaticarpa*.

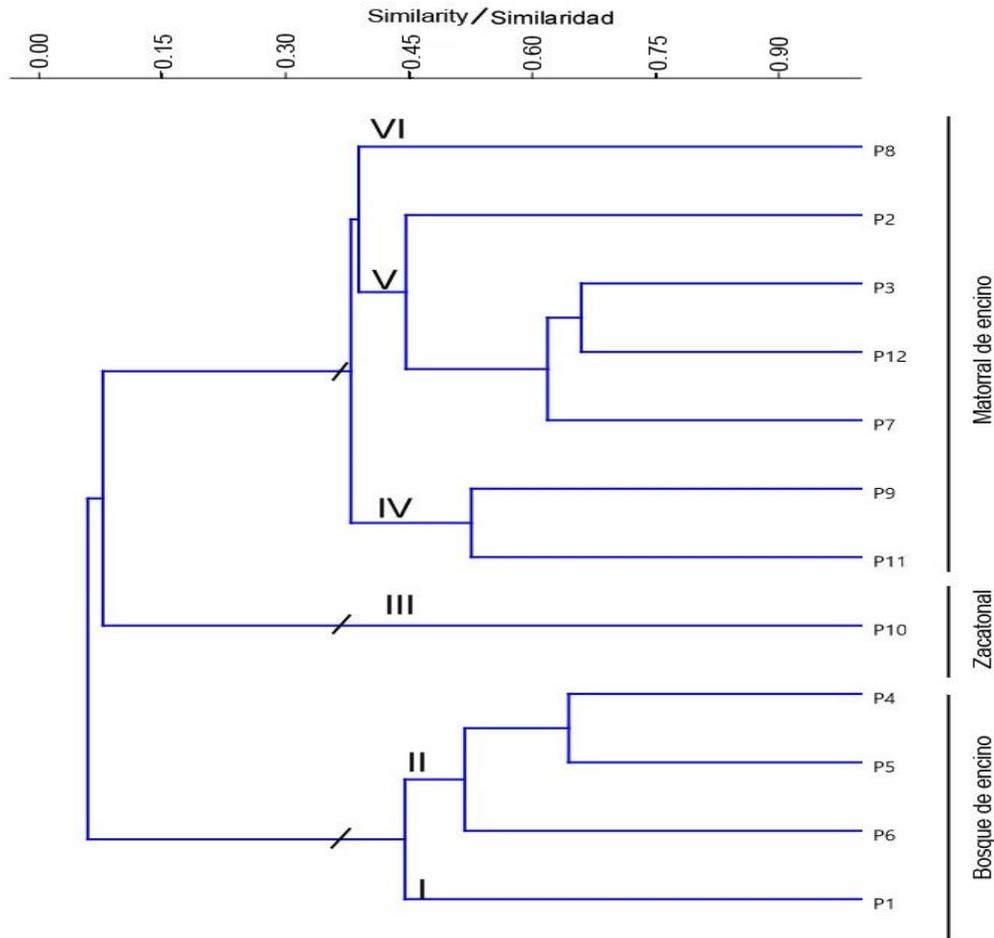


FIGURA 5. Dendrograma jerárquico que muestra las semejanzas entre los sitios en las tres fajas altitudinales. Donde se muestran las siguientes asociaciones I: Bosque dominado por *Quercus crassipes*; II: *Quercus rugosa-Symphoricarpos microphyllum*; el III: dominado por *Muhlenbergia rigida*; IV: dominado por *Quercus frutex*; V: *Quercus frutex-Muhlenbergia macroura* y VI: *Quercus frutex-Mimosa aculeaticarpa*.

La comunidad del Parque Estatal Cerro Gordo está dominada principalmente por elementos arbustivos, inermes, micrófilos y esclerófilos, en algunas partes presentes con vegetación espinosa, las partes más altas están representadas por árboles (Encina-Domínguez, Gómez-Pérez & Valdés-Reyna, 2012), presentándose también en cañadas con exposición noroeste

La altitud (Elev) y los factores edáficos de pH, N y P, son los que determinan diferencias estructurales y florísticas en la comunidad vegetal (Cuadro 1). (Romero-Figueroa, Estrada-Castillón, Lozano-Cavazos, Mellado-Bosque & Ortiz-Ávila, 2015). El pH se encuentra correlacionado negativamente con la altitud, es decir al aumentar la altitud el pH disminuye, haciéndose más ácido (Cuadro 2), ya que en las zonas más altas son

dominadas por encinos arbóreas, donde el suelo se mantiene con mayor cantidad de materia orgánica, generando así suelos más ácidos (Barrera-Zubiaga, Granados-Sánchez, Granados-Victorino & Luna-Cavazos, 2017), característico de los bosques de encino.

Cuadro 1. Resultados de los ejes de la ordenación. Donde MO: Materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Are: porcentaje de arena, Lim: porcentaje de limo, Arc: porcentaje de arcilla, Pend: pendiente, Elev: elevación o altitud.

Environmental and soil variables / Variables ambientales y edáficas	Axis 1 / Eje 1	Axis 2 / Eje 2	Axis 3 / Eje 3	Axis 4 / Eje 4
pH	0.562	0.176	0.333	-0.228
MO	0.172	0.480	-0.670	-0.199
N	-0.621	0.132	0.000	-0.409
P	-0.600	0.035	-0.007	-0.221
K	-0.321	0.443	0.333	-0.689
Ca	0.183	0.387	-0.158	-0.452
Are	0.027	0.008	0.492	-0.554
Lim	-0.545	0.594	-0.317	0.459
Arc	0.370	-0.442	-0.379	0.343
Pend	0.213	0.322	0.034	-0.294
Elev	-0.686	0.018	0.410	0.263
Total variance / Varianza total				
Eigenvalue / Valor propio	0.84942	0.73702	0.54903	0.40769
%variance / %Varianza	23.35	20.26	15.09	11.21
%cumulative variance / %Varianza acumulada	23.35	43.61	58.7	69.91

Cuadro 2. Matriz de correlación de los factores ambientales. Donde MO: Materia orgánica, N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Are: porcentaje de arena, Lim: porcentaje de limo, Arc: porcentaje de arcilla, Pend: pendiente, Elev: elevación o altitud.

	pH	MO	N	P	K	Ca	Are	Lim	Arc	Pend	Elev
pH	1										
MO	0.018	1									
N	-0.128	-0.146	1								
P	-0.554	0.106	0.383	1							
K	0.323	0.074	0.497	0.268	1						
Ca	0.713	0.420	0.308	-0.145	0.541	1					
Are	0.490	-0.152	0.421	0.154	0.733	0.588	1				
Lim	-0.547	0.270	0.039	0.352	-0.120	-0.328	-0.578	1			
Arc	-0.203	-0.002	-0.547	-0.445	-0.813	-0.478	-0.803	-0.023	1		
Pend	0.290	0.312	0.370	0.094	0.141	0.496	0.323	-0.101	-0.317	1	
Elev	-0.623	-0.455	0.216	0.489	0.058	-0.691	-0.151	0.526	-0.205	-0.255	1

En la FIGURA 6 se puede observar la formación de tres grupos, donde el nitrógeno se incrementa a junto con la altitud, dado que en las zonas altas se encuentra una gran abundancia de leguminosas como *Lupinus mexicanus* Cerv. ex Lag. *L. vernicius* Rose, *Phaseolus pedicellatus* Benth. y *Medicago polymorpha* L., que en conjunto con los microorganismos presentes del suelo logran la fijación de este nutrimento (Rzedowski & Rzedowski, 2005; Acuña, Pucci & Pucci, 2008). Los bosques de encino se caracterizan por desarrollar las más extensas asociaciones vegetales de las zonas de clima templado o semisecas, con época de secas, en pendientes poco o bastantes pronunciadas (Miranda & Hernández-X., 2014). EL matorral de encino es un tipo de vegetación presente en las tres fajas altitudinales, en pendientes elevadas, sin embargo, en sitios con un dosel cerrado *Q. frutex* no se desarrolla, por lo que este arbusto no es tolerante a la sombra. Esta especie es una planta de cobertura que retiene suelo al protegerlo contra la erosión eólica e hídrica, además de ser formador de este, pues aporta materia orgánica, aumentando el pH y la concentración de nutrientes del suelo, además de mantener la humedad. Esto facilita la sucesión vegetal al establecer hábitats adecuados para la germinación y establecimiento de encinos arbóreos. (Bravo et al, 1993; Estrada-Herrera, Hidalgo-Moreno, Guzmán-Plazola, Almaraz-Suárez, Navarro-Garza & Etchevers-Barra, 2017). En cambio, el pastizal solamente cuenta con especies herbáceas, no muy comunes en los demás sitios, ya que sus suelos se caracterizan por ser muy arcilloso, con problemas por erosión hídrica y pobreza de nutrientes como en el caso de potasio (Cuadro 2), lo cual no permite el desarrollo de especies arbustivas semileñosas. Los diversos tipos de vegetación tienden a interaccionar con plantas indicadoras de disturbio como la vara perlilla (*S. mycrophyllum*) en la parte más alta, parte media y baja con zacatonales (*Muhlenbergia macroura* y *Muhlenbergia rigida*).

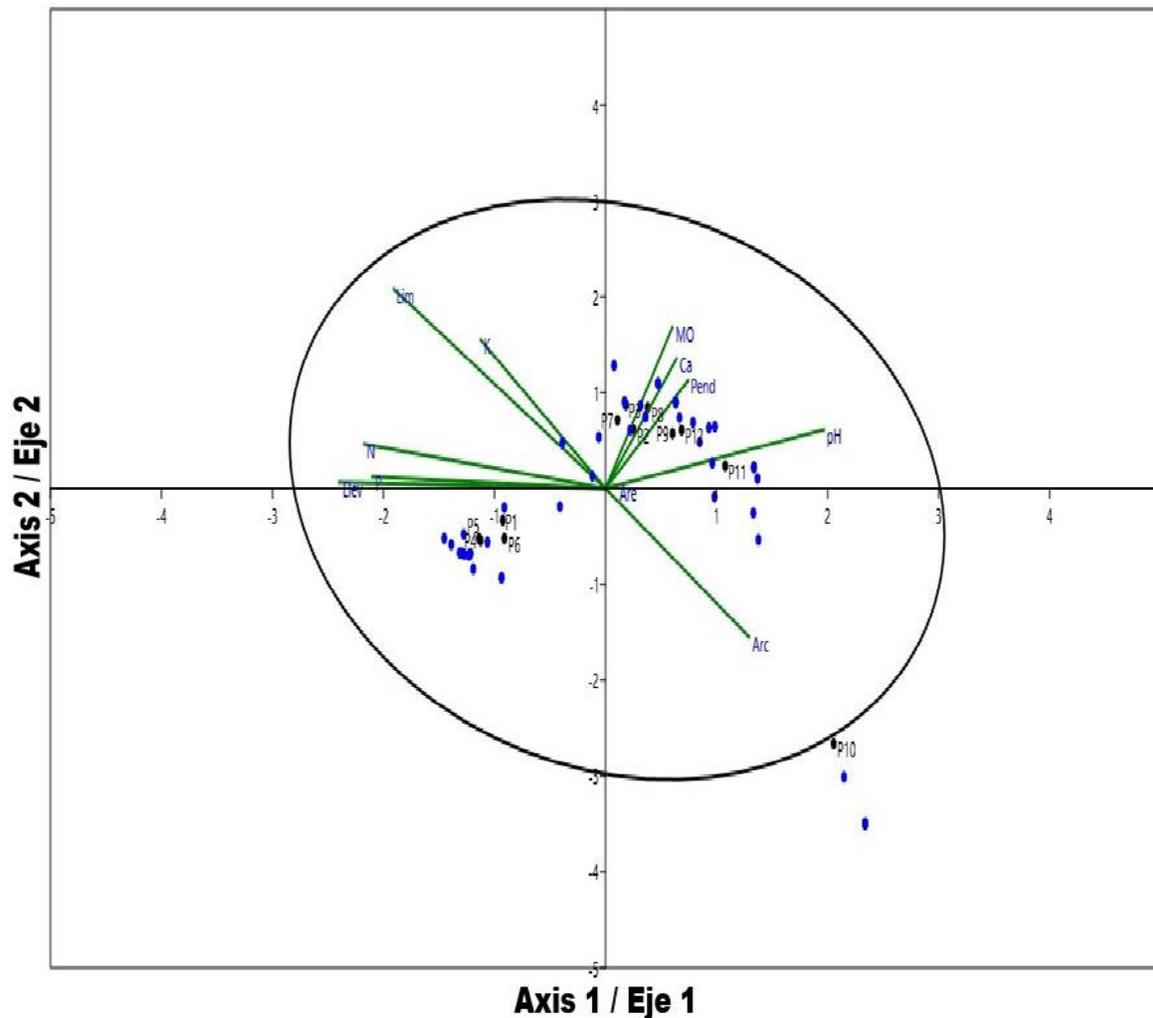


FIGURA 6. Diagrama de ordenación de las variables ambientales y IVIR de las especies a partir de un análisis de correspondencia canónica.

Conclusión

Q. frutex es la especie más ampliamente distribuida en el parque estatal, con su mayor densidad en a los 2950 a 2750, estando presente en la faja altitudinal más baja, pero con bajas densidades. Además, puede cubrir grandes extensiones de terreno debido a su habilidad de reproducción asexual (Hernández, Lozano & Henao, 1980; Parra-Aldana, 2011), siendo resiliente esta especie a los disturbios, además de crear corredores de hábitat, que mantiene la conectividad paisajística de las diversas asociaciones (Ochoa-González & Ojeda-Revah, 2017). Tiene una función fundamental sucesional de varias especies dentro de sus corredores, siendo una de las principales especies para reforestaciones.

El factor determinante para la fisionomía de la vegetación es la altitud, correlacionándose directamente con la temperatura y la humedad, sin embargo, es necesario determinar la concentración los factores edáficos, principalmente cationes, de esto depende la disponibilidad de ciertos nutrientes que influyen en los cambios florísticos y estructurales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la participación de los investigadores Dra. Ernestina Cedillo Portugal, de Preparatoria Agrícola por la identificación de la familia Asteraceae, a la M. C. Berta Rodríguez Castañeda, en la identificación de las Poaceae, del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, a la Dra. Silvia Romero Rangel y M. C. Liliana Elizabeth Rubio Licona, de la Universidad Nacional Autónoma de México en la identificación del encino *Q. frutex*.

Referencias

- Ackerman-Beetle, A., Manrique-Forceck, E., Jaramillo-Luque, V., Guerrero-Sánchez, P., Miranda-Sánchez, A., Núñez-Tancredi, I., & Chimal-Hernández, A. (1987). *Las gramíneas de México* (Vol. II; Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ed.). México, D. F.: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Acuña, A. J., Pucci, O. H., & Pucci, G. N. (2008). Caracterización de un proceso de biorremediación de hidrocarburos en deficiencia de nitrógeno en un suelo de Patagonia Argentina. 17(2), 85–93. Recuperado de <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/474>
- Barrera-Zubiaga, E. J. E., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Luna-Cavazos, M. (2018). Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 275–296. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Challenger, A. y Dirzo, R. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En CONABIO (Eds.) Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. (pp. 37-73). México.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres [CITES]. (2019). Species+. Recuperado de <https://www.speciesplus.net/>

Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna [CEPANAF]. 2014. Áreas Naturales Protegidas Del Estado De México. México. Recuperado de <http://cepanaf.edomex.gob.mx/antecedentes>

Castilla-Hernández, M. H., & Tejero-Diez, J. D. (1983). *Estudio florístico del Cerro Gordo (próximo a San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Dajoz, R. (2002). *Tratado de Ecología*. España: Mundi-Prensa. 600 pp.

Delgado Zamora, D. A., Heynes Silerio, S. A., Mares Quiñones, M. D., Piedra Leandro, N. L., Retana Rentería, F. I., Rodríguez Corral, K., ... Ruacho-González, L. (2016). *Revista mexicana de ciencias forestales*. In *Revista mexicana de Ciencias Forestales* (Vol. 7). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000100094&lng=es&nrm=iso&tlng=pt

Encina-Domínguez, J. A., Gómez-Pérez, S. G., & Valdés-Reyna, J. (2012). Composición florística y ecología del matorral submontano de rosáceas de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 6(1), 143–156. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/41972391?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents

Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cantú-Ayala, C., García-Aranda, M. A., Sánchez-Salas, J., ... Pando-Moreno, M. (2012). Clasificación, estructura y diversidad del matorral sub-montano adyacente a la planicie costera del Golfo Norte en el Noreste de México. *Botanical Sciences*, 90(1), 37–52. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/263350969_Clasificacion_estructura_y_diversidad_del_matorral_submontano_adyacente_a_la_planicie_costera_del_Golfo_norte_en_el_noreste_de_Mexico

Estrada-Herrera, I. R., Hidalgo-Moreno, C., Guzmán-Plazola, R., Almaraz-Suárez, J., Navarro-Garza, H., & Etchever-Barra, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813–831. Recuperado de

<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2017/nov-dic/art-1.pdf>
<http://www.redalyc.org/pdf/302/30253817001.pdf>

- Franco-López, J., De La Cruz-Agüero, G., Cruz-Gómez, A., Rocha-Ramírez, A., Navarrete-Salgado, N., Flores-Martínez, G., ... Bedia-Sánchez, C. M. (1989). *Manual de ecología* (2da. Edic.; Trillas, ed.). México, D.F.
- Google-Earth-Pro. (2019). San Martín de las Pirámides. Retrieved from: kh.google.com
- Goicochea, Z. I. N. (2012). Valoración económica del patrimonio natural: las áreas naturales protegidas. *Espacio y Desarrollo*, 154(23), 131–154.
- Granados-Victorino, R. L., Granados-Sánchez, D., & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques*, 21(2), 23–42.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Martín de las Pirámides, clave geoestadística 15075. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST 3.24. Reino Unido: Palaeontological Association. Recuperado de https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Huerta-Martínez, M., & Guerrero-Vázquez, S. (2004). *Ecología de comunidades* (1era. edic; Universidad de Guadalajara, ed.). Zapopan, Jalisco.
- Hitchcock, A. S. (1971). *Manual of the grasses of the United States* (Second Edi; D. of A. Miscellaneous, ed.). New York: Dover Publications Inc.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. (Secretaría General de las Organización de los Estados Americanos, Ed.). Washinton, D.C. Recuperado de [https://aprobioma.files.wordpress.com/2011/03/metod para el estudio de la ve getacion archivo1.pdf](https://aprobioma.files.wordpress.com/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivo1.pdf)
- McVaugh, R. (1983). *Flora Novo-Galiciana a descriptive account of the Vascular Plants of Western Mexico* (Vol. 14; W. R. Anderson, ed.). Unite States of America: University of Michigan.

- Miranda, F., & Hernández-X., E. (2014). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. (Edición conmemorativa 1963-2014; Fondo de Cultura Económica, ed.). México, D. F.: Sociedad Botánica de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ochoa González, Y., & Ojeda-Revah, L. (2017). Conservación de vegetación para reducir riesgos hidrometeorológicos en una metrópoli fronteriza. *Estudios Fronterizos*, 18(35). <https://doi.org/10.21670/ref.2017.35.a03>
- Parra-Aldana, C. A. (2011). Regeneración natural del roble negro (*Colombobalanus excelsa*) en dos poblaciones de la cordillera oriental de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín facultad de Ciencias Agropecuarias posgrado bosques y conservación ambiental (Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/48791/1/cesaraugustoparraaldana.2011.pdf>
- R-Core-Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Recuperado de <https://www.r-project.org/>
- Richards, M. A. (1952). *The tropical rain forest an ecological study*. Cambridge: University Press.
- Remmert, H. (1991). The mosaic-cycle concept of ecosystems. Berlin, Alemania: Springer. 21pp
- Rocha-Ramírez, A., Chávez-López, R., Ramírez-Rojas, A. & Cházaro-Olvera. S. (2006). *Comunidades, métodos de estudio*. (Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación editorial de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Ed.). Estado de México, México. 256 pp.
- Romero-Figueroa, G., Estrada-Castillón, E., Lozano-Cavazos, E. A., Mellado-Bosque, M., & Ortiz-Ávila, V. (2015). Ordenación de las comunidades vegetales en el centro del Estado de Chihuahua, México. *Agraria*, 12(0186 8063), 48. Recuperado de http://www.uaaan.mx/revista/wp-content/uploads/2017/11/Agraria_2015_V12_3.pdf#page=5
- Romero-Rangel, S., Zenteno-Rojas, E.-C., & Enríquez-Aguilar, M. D. L. (2002). El Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. In *Source: Annals of the Missouri*

Botanical Garden (Vol. 89). Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/pdf/3298595.pdf?refreqid=excelsior%3Add16680cb0cd9469c7d9fab0312b8ee3>

Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno, E. C., & Rubio-Licona, L. E. (2015). *Encinos de México (Quercus, FAGACEAE) 100 especies*. (1era. Edic). Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México* (1 era.; Limusa, ed.). México, D.F.

Rzedowski, G. C., & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (2.a ed.). México: Instituto de Ecología, A. C. & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sánchez Sánchez, O. (1980). *La flora del Valle de México* (6th ed.; Editorial Herrero, ed.). México, D. F.

Sánchez-González, A., & Mata-López, L. (2003). Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales Del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 74, 23. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/400/40074105.pdf>

Secretaría del Medio Ambiente y Recurso Naturales [SEMARNAT]. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091

Sentíes-Echeverría, Y. (2000). *Manejo Del Parque Estatal, Programa De Gordo, Cerro*. Recuperado de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2000/jun166.pdf>

Tropicos. (2019). Missouri Botanical Garden. Recuperado de <http://www.tropicos.org>

Valencia-Ávalos, S. (2004). Diversidad del Género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 1(75), 33–53.

Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Zacarías-Eslava, Y., & Del-Castillo, R. F. (2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y posibles implicaciones ante el

cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 87, 13–28.

Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n87/n87a2.pdf>

Zamora-Crescencio, P., García, G. Flores, S. y Ortiz, J. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica*, 26, 39-66.

Apéndice 1. Lista florística de las especies identificadas en el Parque Estatal Cerro Gordo, San Martín de las Pirámides, Estado de México.

AMARANTHACEAE

Amaranthus hybridus L.
Chenopodium berlandieri Moq.
Dysphania graveolens (Willd.)
Mosyakin & Clemants

AMARYLLIDACEAE

Sprekelia formosissima (L.) Herb.

APIACEAE

Eryngium carlinae F. Delaroché
Prinosciadium thapsoides (DC.)
Mathias
Rhodosciadium toluicense (Kunth)
Mathias

APOCYNACEAE

Asclepias otarioides E. Fourn.
Asclepias pringlei (Greenm.)
Woodson

ASPARAGACEAE

Agave salmiana Otto es Salm-Dyck
Nolina parviflora (Kunth) Hemsl.

ASPLENIACEAE

Asplenium monanthes L.

ASTERACEAE

Acourtia cordata (Cerv.) B. L.
Ageratina pazcuarensis (Kunth) R. M.
King & H. Rob.
Ageratina petiolaris (Moc. & Sessé ex
DC.) R. M. King & H. Rob.
Ageratina glabrata (Kunth) R.M. King
& H. Rob
Ageratina deltoidea (Jacq.) R. M. King
& H. Rob
Artemisia ludoviciana Nutt.
Baccharis pteronioides DC.
Barkleyanthus salicifolius (Kunth) H.
Rob. & Brettell
Bidens aurea (Aiton) Sherff
Brickellia nutanticeps S. F. Blake
Cirsium raphilepis (Hemsl.) Petr.
Conyza coronopifolia Kunth
Cosmos bipinnatus Cav.
Dahlia merckii Lehm.
Erigeron karvinskianus DC.
Erigeron pubescens Kunth
Florestina pedata (Cav.) Cass.
Isocoma veneta (Kunth) Greene
Laennecia schiedeana (Less.) G. L.
Nesom
Pinaropappus roseus (Less.) Less.
Piqueria trinervia Cav.
Pittocaulon praecox (Cav.) H. Rob. &
Brettell
Porophyllum linaria (Cav.) DC.

Pseudognaphalium oxyphyllum (DC.)
Kirp.
Pseudognaphalium roseum (Kunth)
Anderb.
Roldana angulifolia (DC.) H. Rob. &
Brettell
Roldana barba-johannis (DC.) H.
Rob. & Brettell
Roldana lineolata (DC.) H. Rob. &
Brettell
Sabazia humilis (Kunth) Cass.
Sabazia multiradiata (Seaton)
Longpre
Senecio inaequidens DC.
Sonchus oleraceus L.
Stevia monardifolia Kunth
Stevia purpusii B. L. Rob.
Stevia salicifolia Cav.
Stevia serrata Cav.
Stevia tomentosa Kunth
Tagetes lunulata Ortega
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.
Tridax coronopifolia (Kunth) Hemsl.
Verbesina ovata (Cav.) A. Gray
Verbesina virgata Cav.
Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.

BORAGINACEAE

Lithospermum distichum Ortega

BRASSICACEAE

Brassica rapa L.
Eruca sativa Mill.
Lepidium virginicum L.

BROMELIACEAE

Tillandsia usneoides (L.)

CACTACEAE

Mammillaria magnimamma Haw.
Mammillaria purpurea Ehrenb.
Mammillaria rhodantha Link & Otto
Opuntia albicarpa Scheinvar
Opuntia megacantha Salm-Dyck
Opuntia streptacantha Lem.

CAMPANULACEAE

Lobelia gruina Cav.

CAPRIFOLIACEAE

Symphoricarpus microphyllus Kunth

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria lanuginosa (Michx.) Rohrb.
Arenaria lycopodioides Willd. ex
Schltdl.
Cardionema ramosissimum (Weinm.)
A. Nelson & J.F. Macbr.
Cerastium nutans Raf.
Stellaria cuspidata Will. ex Schltdl.

CISTACEAE

Helianthemum glomeratum (Lag.)
Lag. ex DC.

COMMELINACEAE

Commelina coelestis Willd.
Commelina diffusa Burm. f.
Gibasis pulchella (Kunth) Raf.
Tradescantia crassifolia Cav.

CRASSULACEAE

Echeveria mucronata Schltdl.
Sedum moranense Kunth

CUCURBITACEAE

Sicyos deppei G. don

CUPRESSACEAE

Cupressus lusitanica Mill.

CYPERACEAE

Cyperus manimae Kunth
Carex peucophila T. Holm
Cyperus sp.

ERICACEAE

Arbutus xalapensis Kunth

EUPHORBIACEAE

Euphorbia indivisa (Engelm.) Tidestr.

FABACEAE

Astragalus mollissimus Torr.
Astragalus strigosus Kunth
Cologania broussonetii (Balb.)
Dalea lutea (Cav) Willd
Dalea minutifolia (Rydb.) Harms
Dalea reclinata (Cav.) Willd.
Dalea sericea Lag.
Desmodium grahamii A. Gray
Eysenhardtia polystachya (Ortega)
Sarg.
Lupinus mexicanus Cerv. ex Lag.
Lupinus vemicius Rose
Medicago polymorpha L.
Melilotus indicus (L.) All.
Mimosa aculeaticarpa Ortega
Phaseolus pedicellatus Benth
Vicia pulchella Kunth

FAGACEAE

Quercus crassipes Bonpl.
Quercus frutex Trel.
Quercus laurina Bonpl.
Quercus rugosa Née

GENTIANACEAE

Gentiana spathaceae Kunth

GERANIACEAE

Erodium cicutarium (L.) L'Hér. Ex
Aiton

Geranium bellum Rose.
Geranium seemannii Peyr.

GROSSULARIACEAE

Ribes affine Kunth

LAMIACEAE

Salvia elegans Vahl
Salvia laevis Benth.
Salvia polystachia Cav.
Stachys coccinea Ortega
Salvia sp.

LYTHRACEAE

Cuphea aequipetala Cav.

MALVACEAE

Fuertesimalva jacens (S. Watson)
Fryxell

MYRTACEAE

Eucalyptus camaldulensis Dehnh.

ONAGRACEAE

Gaura coccinea Nutt. Ex Pursh
Lopezia trichota Schldl.
Oenothera kunthiana (Spach) Munz

OROBANCHACEAE

Castilleja scorzonrifolia Kunth
Castilleja tenuiflora Benth.
Lamourouxia dasyantha (Cham. & Schldl.)

OXALIDACEAE

Oxalis alpina (Rose) Knuth
Oxalis corniculata L.

PAPAVERACEAE

Argemone ocroleuca Sweet

PHYTOLACCACEAE

Phytolacca icosandra L.

PINACEAE

Pinus pseudostrabus Brongn.

PLANTAGINACEAE

Penstemon campanulatus (Cav.)
Willd.
Plantago nivea Kunt
Veronica peregrina L.

POACEAE

Aegopogon tenellus (DC.) Trin.
Aristida ternipes Cav.
Avena fatua L.
Bouteloua gracilis (Kunth) Lag. ex
Griffiths
Brachypodium mexicanum (Roem. &
Schult.) Link
Bromus carinatus Hook. & Arn.
Chondrosium hirsutum (Lag.) Sweet
Festuca breviglumis Swallen
Jarava ichu Ruiz & Pav.
Muhlenbergia dubia E. Fourn.

Muhlenbergia macroura (Kunth)
Hitchc.

Muhlenbergia rigida (Kunth) Kunth
Nassella leucotricha (Trin. & Rupr.)
R.W. Pohl

Nassella mucronata (Kunth) R.W.
Pohl

Pennisetum villosum R. Br. ex
Fresen.

Setaria geniculata P. Beauv.

POLYGONACEAE

Rumex crispus L.

POLYPODIACEAE

Pleopeltis polylepis (Roem. ex Kunze)
T. Moore

PTERIDACEAE

Cheilanthes pyramidalis Fée
Cheilanthes bonariensis (Willd.)
Proctor
Pellaea arsenei H. Christ
Pellaea ternifolia (Cav.) Link

RESEDACEAE

Reseda luteola L.

RHAMNACEAE

Rhamnus serrata Schult.

ROSACEAE

Alchemilla procumbens Rose
Crataegus mexicana DC.
Malacomeles denticulata (Kunth)
G.N. Jones

RUBIACEAE

Bouvardia ternifolia Cav. Schldl.
Galium mexicanum Kunth

SCROPHULARIACEAE

Buddleja cordata Kunth

SOLANACEAE

Physalis chenopodifolia Lam.
Physalis orizabae Dunal
Solanum cervantesii Lag.
Solanum nigrescens M. Martens &
Galeo
Solanum stoloniferum Schldt & C. D.
Bouché
Solanum polyadenum Grenm.

VERBENACEAE

Priva mexicana (L.) Pers.
Verbena ciliata Benth.
Verbena gracilis Desf.
Verbena menthifolia Benth.

Apéndice 2. Valores de índice de valor de importancia ecológica por parcelas. P: Parcela, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Densidad relativa, Dor: Dominancia relativa, IVIR: índice de Valor de Importancia Relativa

P	Especie	Fr	Dr	Dor	IVIR	Rango
P1	<i>Quercus crassipes</i>	16.67	19.12	74.45	36.74	1
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	16.67	25.00	4.89	15.52	2
	<i>Ageratina glabrata</i>	16.67	20.59	7.76	15.00	3
	<i>Ageratina pazcuarensis</i>	12.50	14.71	0.82	9.34	4
	<i>Arbutus xalapensis</i>	8.33	2.94	9.85	7.04	5
	<i>Brickellia nutanticeps</i>	8.33	7.35	0.65	5.45	6
	<i>Roldana angulifolia</i>	8.33	4.41	0.44	4.40	7
	<i>Roldana lineolata</i>	4.17	2.94	0.04	2.38	8
	<i>Roldana barba-johannis</i>	4.17	1.47	1.07	2.23	9
	<i>Rhamnus serrata</i>	4.17	1.47	0.03	1.89	10
		Total			100	
P2	<i>Quercus frutex</i>	18.18	41.07	56.78	38.68	1
	<i>Muhlenbergia macroura</i>	18.18	24.11	21.11	21.13	2
	<i>Salvia elegans</i>	13.64	9.82	9.08	10.84	3
	<i>Stachys coccinea</i>	9.09	10.71	1.54	7.12	4
	<i>Roldana barba-johannis</i>	9.09	4.46	6.31	6.62	5
	<i>Opuntia streptacantha</i>	9.09	3.57	0.57	4.41	6
	<i>Roldana lineolata</i>	4.55	1.79	1.64	2.66	7
	<i>Agave salmiana</i>	4.55	1.79	1.57	2.63	8
	<i>Pittocaulon praecox</i>	4.55	0.89	1.24	2.23	9
	<i>Cheilanthes pyramidalis</i>	4.55	0.89	0.08	1.84	10
	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	4.55	0.89	0.07	1.84	11
	Total			100		
P3	<i>Quercus frutex</i>	40	62.5	67.38	56.63	1
	<i>Jarava ichu</i>	20	17.5	7.78	15.09	2
	<i>Roldana lineolata</i>	20	10	6.14	12.05	3
	<i>Opuntia streptacantha</i>	10	2.5	15.52	9.34	4
	<i>Ageratina pazcuarensis</i>	10	7.5	3.18	6.89	5
	Total			100		
P4	<i>Quercus crassipes</i>	13.64	6.59	39.71	19.98	1
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	18.18	29.67	11.70	19.85	2
	<i>Roldana angulifolia</i>	13.64	15.38	11.92	13.65	3
	<i>Brickellia nutanticeps</i>	13.64	12.09	1.88	9.20	4
	<i>Rhamnus serrata</i>	9.09	9.89	8.28	9.09	5
	<i>Ageratina glabrata</i>	9.09	13.19	4.88	9.05	6
	<i>Quercus rugosa</i>	4.55	3.30	17.73	8.52	7
	<i>Baccharis pteronioides</i>	4.55	3.30	2.04	3.30	8
	<i>Muhlenbergia macroura</i>	4.55	3.30	0.68	2.84	9
	<i>Roldana lineolata</i>	4.55	2.20	0.64	2.46	10
	<i>Ageratina deltoidea</i>	4.55	1.10	0.54	2.06	11
	Total			100		
P5	<i>Quercus rugosa</i>	11.11	10.89	30.94	17.65	1
	<i>Roldana angulifolia</i>	14.81	17.82	10.93	14.52	2
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	14.81	13.86	6.38	11.68	3
	<i>Rhamnus serrata</i>	11.11	11.88	10.02	11.01	4

	<i>Arbutus xalapensis</i>	3.70	1.98	24.44	10.04	5
	<i>Ageratina glabrata</i>	7.41	14.85	7.38	9.88	6
	<i>Ageratina deltoidea</i>	7.41	8.91	1.77	6.03	7
	<i>Brickellia nutanticeps</i>	7.41	6.93	0.53	4.96	8
	<i>Ribes affine</i>	3.70	3.96	2.91	3.53	9
	<i>Quercus frutex</i>	3.70	3.96	0.79	2.82	10
	<i>Malacomeles denticulata</i>	3.70	1.98	1.73	2.47	11
	<i>Quercus crassipes</i>	3.70	0.99	1.72	2.14	12
	<i>Baccharis pteronioides</i>	3.70	0.99	0.42	1.71	13
	<i>Muhlenbergia macroura</i>	3.70	0.99	0.03	1.58	14
	Total				100	
P6	<i>Quercus rugosa</i>	13.04	8.22	42.22	21.16	1
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	8.70	15.07	15.67	13.14	2
	<i>Bromus carinatus</i>	8.70	16.44	5.63	10.25	3
	<i>Stachys coccinea</i>	8.70	9.59	3.92	7.40	4
	<i>Ribes affine</i>	8.70	4.11	9.10	7.30	5
	<i>Roldana barba-johannis</i>	8.70	8.22	3.86	6.93	6
	<i>Roldana angulifolia</i>	8.70	8.22	3.59	6.84	7
	<i>Quercus crassipes</i>	8.70	6.85	4.23	6.59	8
	<i>Quercus frutex</i>	4.35	5.48	5.74	5.19	9
	<i>Brickellia nutanticeps</i>	4.35	6.85	2.57	4.59	10
	<i>Rhamnus serrata</i>	4.35	4.11	1.83	3.43	11
	<i>Veronica peregrina</i>	4.35	4.11	1.02	3.16	12
	<i>Ageratina deltoidea</i>	4.35	1.37	0.42	2.05	13
	<i>Baccharis pteronioides</i>	4.35	1.37	0.20	1.97	14
	Total				100	
P7	<i>Quercus frutex</i>	36.36	73.03	42.27	50.56	1
	<i>Ageratina glabrata</i>	18.18	15.73	15.66	16.52	2
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	18.18	4.49	20.16	14.28	3
	<i>Opuntia streptacantha</i>	9.09	1.12	16.48	8.90	4
	<i>Baccharis pteronioides</i>	9.09	2.25	3.49	4.94	5
	<i>Jarava ichu</i>	9.09	3.37	1.95	4.80	6
	Total				100	
P8	<i>Quercus frutex</i>	30.77	44.12	27.14	34.01	1
	<i>Brachypodium mexicanum</i>	15.38	22.06	7.91	15.12	2
	<i>Quercus crassipes</i>	7.69	1.47	26.29	11.82	3
	<i>Ageratina pazcuarensis</i>	7.69	8.82	17.07	11.20	4
	<i>zaluzania augusta</i>	15.38	8.82	8.37	10.86	5
	<i>Verbesina ovata</i>	7.69	8.82	7.64	8.05	6
	<i>Nolina parviflora</i>	7.69	4.41	5.56	5.89	7
	<i>Opuntia streptacantha</i>	7.69	1.47	0.03	3.06	8
	Total				100	
P9	<i>Quercus frutex</i>	17.39	22.58	46.26	28.74	1
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	17.39	24.19	28.01	23.20	2
	<i>Verbesina virgata</i>	8.70	12.90	13.32	11.64	3
	<i>Ageratina pazcuarensis</i>	8.70	16.13	3.07	9.30	4
	<i>Opuntia streptacantha</i>	8.70	4.84	5.15	6.23	5
	<i>Zaluzania augusta</i>	8.70	4.84	0.51	4.68	6
	<i>Muhlenbergia macroura</i>	8.70	3.23	1.23	4.38	7
	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	4.35	4.84	0.25	3.14	8

	<i>Aristida ternipes</i>	4.35	1.61	1.19	2.38	9
	<i>Setaria geniculata</i>	4.35	1.61	0.67	2.21	10
	<i>Cyperus manimae</i>	4.35	1.61	0.20	2.05	11
	<i>Festuca breviglumis</i>	4.35	1.61	0.15	2.04	12
	Total				100	
P10	<i>Muhlenbergia rigida</i>	9.52	9.43	58.60	25.85	1
	<i>Florestina pedata</i>	9.52	32.08	5.95	15.85	2
	<i>Aristida ternipes</i>	19.05	15.09	3.09	12.41	3
	<i>Agave salmiana</i>	14.29	7.55	0.32	7.38	4
	<i>Zaluzania augusta</i>	4.76	3.77	9.90	6.15	5
	<i>Muhlenbergia dubia</i>	4.76	1.89	11.24	5.96	6
	<i>Castilleja scorzonerifolia</i>	4.76	7.55	2.88	5.06	7
	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	4.76	5.66	1.17	3.86	8
	<i>Gentiana spathaceae</i>	4.76	5.66	0.70	3.71	9
	<i>Aegopogon tenellus</i>	4.76	3.77	2.17	3.57	10
	<i>Pennisetum villosum</i>	4.76	1.89	2.46	3.04	11
	<i>Verbesina virgata</i>	4.76	1.89	0.63	2.43	12
	<i>Pellaea ternifolia</i>	4.76	1.89	0.48	2.38	13
	<i>Bouvardia ternifolia</i>	4.76	1.89	0.41	2.35	14
	Total				100	
P 11	<i>Quercus frutex</i>	13.33	13.13	37.44	21.30	1
	<i>Bouvardia ternifolia</i>	13.33	30.30	5.56	16.40	2
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	13.33	14.14	18.62	15.36	3
	<i>Opuntia streptacantha</i>	6.67	4.04	27.96	12.89	4
	<i>Agave salmiana</i>	13.33	8.08	1.78	7.73	5
	<i>Cheilanthes bonariensis</i>	6.67	11.11	0.48	6.09	6
	<i>Muhlenbergia dubia</i>	6.67	5.05	2.26	4.66	7
	<i>Zaluzania augusta</i>	6.67	4.04	1.56	4.09	8
	<i>Verbesina virgata</i>	3.33	2.02	2.08	2.48	9
	<i>Cyperus sp.</i>	3.33	3.03	0.11	2.16	10
	<i>Dalea minutifolia</i>	3.33	2.02	0.52	1.96	11
	<i>Arenaria lanuginosa</i>	3.33	1.01	0.82	1.72	12
	<i>Pittocaulon praecox</i>	3.33	1.01	0.47	1.60	13
	<i>Bouteloua gracilis</i>	3.33	1.01	0.35	1.56	14
	Total				100	
P 12	<i>Quercus frutex</i>	28.57	37.50	364.865	65.45	1
	<i>Opuntia streptacantha</i>	7.14	3.13	82.938	14.88	2
	<i>Verbesina virgata</i>	21.43	28.13	62.368	11.19	3
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	14.29	12.50	25.415	4.56	4
	<i>Agave salmiana</i>	7.14	6.25	10.928	1.96	5
	<i>Muhlenbergia dubia</i>	7.14	6.25	8.388	1.50	6
	<i>Zaluzania augusta</i>	7.14	3.13	2.413	0.43	7
	<i>Bouteloua gracilis</i>	7.14	3.13	0.126	0.02	8
	Total				100	

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES GENERALES

El Bosque de Encino (Encinar) presenta mayor abundancia de especies, siendo así una de las zonas con mejor conservación del parque.

Symphoricarpos microphyllus, es una especie potencial para aprovechamiento para las poblaciones aledañas a San Martín de las Pirámides, que está ampliamente distribuida en las zonas altas del parque.

En las áreas más perturbadas por incendios y con problemas de erosión entre las altitudes 2800 m a los 2700 m, se localizaron especies dentro de la NOM-059 2010, lo cual se debe considerar zonas con mayor prioridad para la recuperación y conservación.

El conocimiento de las especies actuales presentes, la estructura de la vegetación, la clasificación y la ordenación, son piezas útiles para crear iniciativas de reforestación de zonas dañadas por la extracción de material piroclástico de las minas aledañas al PEEG.

LITERATURA CITADA

- Bash, E. (2015). *Ecología de comunidades poblaciones y ecosistemas*. PhD Proposal, 1. Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Brenner, L. (2006). Áreas naturales protegidas y ecoturismo: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Relaciones, Estudios de Historia y Sociedad*, 27(0185–3929), 237–265. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13710508>
- Encina Domínguez, J. A., Gómez Pérez, S. G., & Valdés Reyna, J. (2012). Composición florística y ecología del matorral submontano de rosáceas de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 6(1), 143–156. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/41972391?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents
- Equihua, Z. M. & Benítez B. G. (1983). *Dinámicas de las comunidades ecológicas*. México, D. F. Trillas.
- Eswaran, H., Beinroth, F. H., & Virmani, S. M. (2000). Resource management domains: a biophysical unit for assessing and monitoring land quality.

- Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81(2), 155–162.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00189-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00189-4)
- Galicia, L., & Zarco, A. (2002). *El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología*. *Ciencias*, 67, 34–40. Recuperado de:
<http://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/67/CNS06704.pdf>
- González Medrano, F. (2004). *Las comunidades vegetales de México* (Segunda ed, Vol. 1; Instituto Nacional de Ecología, ed.).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Granados-Victorino, R. L., Granados-Sánchez, D., & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera Bosques*, 21(2), 23–42.
- Granados-Sánchez, D., & Tapia-Vargas, R. (1990). *Comunidades vegetales* (Primera; Universidad Autónoma Chapingo, Ed.). Chapingo, México.
- Nolazco-Guizar, E. (2011). *La vegetación de la mixteca* (Universidad Autónoma Metropolitana). Retrieved from
<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=15318&docs=UAMI15318.pdf>
- Mata, M., Treviño, E., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E., & Foroughbackhch, R. (2014). Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noroeste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(3). Retrieved from www.reibci.org
- Miranda, F., & Hernández-Xolocotzi, E. (2014). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. (Edición co; Fondo de Cultura Económica, Ed.). México, D. F.: Sociedad Botánica de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Higuera, M. (2013). *Interacción en las comunidades*. Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/MartaHiguera/interacciones-en-las-comunidades>
- Huerta-Martínez, M., & Guerrero-Vázquez, S. (2004). *Ecología de comunidades* (1era. edic; Universidad de Guadalajara, Ed.). Zapopan, Jalisco.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Martín de las Pirámides, clave geoestadística 15075. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2014). Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación: escala 1:250,000, versión 3. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.
- Krebs, C. J. (1985). *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. México, D. F. Segunda edición. Harla S. A. de C. V.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Barcelona, España. Omega S. A.
- Márquez-Berber, S. R., Torcuato-Calderón, C., Almaguer-Vargas, G., Colinas-León, M. T., & Khalil Gardezi, A. (2012). El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México: Problemática y alternativas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 18(1), 81–93. Retrieved from

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Odum, E. P. (1978). *Ecología*. México, D. F. Continental S. A. de C. V.
- Odum, E. P. (1986). *Fundamentos de la ecología*. México, D.F. Continental. S. A. de C. V.
- Riemann, H., Santesálvarez, R. V, & Pombo, A. (2011). El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local, el caso de la península de Baja California. *Gestión y Política Pública*, 20(1), 141–172. Retrieved from http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol.XX_No.I_1e_rsem/04_Hugo-Riemann_y_co-autores.pdf
- Rocha, R. A., Chávez, L. R., Ramírez, R. A., & Cházaro, O. S. (2006). *Comunidades, métodos de estudio* (U. N. A. de M. Coordinación editorial de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Ed.). Estado de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México* (1 era.; Limusa, ed.). México, D.F.
- Rzedowski, G. C. de, Rzedowski, J., y colaboradores. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Rzedowski, J., (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sánchez-González, A., & Mata-López, L. (2003). Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada , a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales Del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 74, 23. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/400/40074105.pdf>
- Santibañez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., & De, A. (2015). Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México Assessing the conservation status of the vegetation in forests of a highly heterogeneous watershed of Mexico Valley. *BOSQUE*, 36(2), 299–313. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000200015>
- Sentíes-Echeverría, Y. (2000). *Manejo Del Parque Estatal, Programa De Gordo, Cerro*. Retrieved from <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2000/jun166.pdf>
- Sosa, V., & Davila, P. (1994). Una evaluación del conocimiento florístico de México. *Missouri Botanical Garden Press*, 81, 749–757. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/2399919?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Castilla-Hernández, M. H., & Tejero-Diez, J.-D. (1983). *Estudio florístico del Cerro Gordo (próximo a San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Terrazas-Sánchez, G., & Piñón-Santoyo, N. (2001). *Diagnóstico y alternativas de manejo para la fauna silvestre del Parque Estatal Cerro Gordo, Estado de México*. Universidad Autónoma Chapingo.

Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 134–142. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>