

Comunidades Forestales del Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano, Estado de México

Iván Ernesto Roldán Aragón¹, Héctor Reyes Rojas¹, Aurora Chimal Hernández², Claudia Hernández Díaz² y Jesús Sánchez Robles³.

Resumen. Se realizó el análisis de la estructura, composición florística, distribución y relación con factores ambientales de las comunidades forestales en el Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano, Estado de México. En 2011 y 2012 se muestreó en 23 sitios los árboles con DAP igual o mayor a 7.5 cm y altura mínima de 1.3 m. La clasificación de comunidades se realizó con Twinspan y se ordenaron con un Análisis de Correspondencia Canónica para establecer la relación con los factores ambientales. El mapa de vegetación y usos del suelo se elaboró con una clasificación supervisada, utilizando imágenes satelitales Rapid Eye de 2011, 2012 y 2013. Se registraron 24 especies de árboles, de 17 géneros y 15 familias, incluidas en cinco comunidades forestales y cartografiadas en cuatro. La altitud mostró la relación más consistente con la distribución de las comunidades. El CIVS San Cayetano está

¹ Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Planeación Ambiental, Departamento El Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Xochimilco, e-mail: ieroldan@correo.xoc.uam.mx

² Laboratorio de Ecología, Sistemática y Fisiología Vegetal, Departamento El Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Xochimilco.

³ Laboratorio de Estadística, Departamento El Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Xochimilco.

cubierto por bosque templado en un estado aceptable de conservación, por lo que es un área representativa de los bosques de la región.

Palabras clave: *Comunidades forestales, vegetación y usos de suelo, CIVS San Cayetano, riqueza de especies, factores ambientales.*

Abstract. *The analysis of the structure, floristic composition, distribution and relation with environmental factors of the forest communities in Center for the Conservation and Investigation of the Wild Life (CIVS) San Cayetano, State of Mexico was conducted. During 2011 and 2012, 23 sites were sampled, in which trees with DBH equal to or greater than 7.5 cm and a minimum height of 1.3 m were measured. The classification of communities was done with twinspan and they were ordered with a Canonical Correspondence Analysis to establish the relationship with environmental factors. The map of vegetation and land uses was prepared through a supervised classification with Rapid Eye satellite images of 2011, 2012 and 2013. There were 24 species of trees, 17 genera and 15 families, included in five forest communities and mapped in four.*

It was found that the altitude showed the most consistent relationship with the distribution of tree communities. CIVS San Cayetano is covered by temperate forest in an acceptable state of conservation, making it an area representative of the region's forests.

Keywords: *Forest communities, vegetation and land use, CIVS San Cayetano, species richness, environmental factor.*

INTRODUCCIÓN

Los bosques han sido fuente de productos maderables y no maderables para la humanidad a lo largo de su historia, lo que ha generado vínculos importantes e indefectibles con este tipo de ecosistemas. Así, durante la segunda mitad del siglo xx y hasta nuestros días, además de poner

atención en los bienes tangibles de los ecosistemas, las miradas han sido enfocadas en las funciones ecológicas que generan servicios ecosistémicos que son parte fundamental del mantenimiento y sustento de las sociedades humanas (Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Caro-Caro y Tórres-Mora, 2015). Pagiola *et al.* (2006) mencionan algunos de los beneficios que brindan los servicios ecosistémicos generados por los bosques, como la protección del suelo, la captura de carbono y el soporte de funciones para la biodiversidad, entre otros. Particularmente, en los ecosistemas forestales las especies de árboles juegan un papel relevante en la producción de las funciones ecosistémicas, puesto que proporcionan la estructura del hábitat de especies tanto de flora como de fauna, así como en el control de ciclos biogeoquímicos, entre ellos el ciclo del Carbono (Casanoves *et al.*, 2011), dada su condición de especies dominantes. En este sentido, es necesario establecer su relación en la conformación de la estructura de las comunidades vegetales, de tal forma que dicha información sea útil para la conservación y valoración de los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) son sitios que pueden ser útiles como áreas para investigar y valorar los recursos naturales y servicios ecosistémicos. A partir de 1997 formaron parte del Sistema de Unidades de Manejo para la conservación de la fauna silvestre bajo la tutela de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Los CIVS se crearon con el fin de reforzar la conservación de la biodiversidad, principalmente la vida silvestre y para promover formas alternativas de producción rural con el concepto de desarrollo sustentable (Semarnat, 2009).

El CIVS más antiguo del país, fundado en 1944, es San Cayetano (CIVS-C), ubicado en el municipio de Villa de Allende, cerca de Toluca, Estado de México. Desde entonces ha participado en la recuperación de poblaciones de distintas especies, entre ellas el lobo gris mexicano (*Canis lupus baileyi*), además se ha utilizado como campo experimental forestal (Melo y Contreras, 1974), y ha sido área de enseñanza e investigación para diversas universidades públicas.

Es en el contexto de la formación de estudiantes de grado que se inserta el presente trabajo, con el interés de establecer una línea base a partir de la cual se desarrolle investigación en el ámbito de su preparación profesional, asimismo, se busca que la información generada permita desarrollar estudios de servicios ecosistémicos en el área. Los objetivos fueron: a) describir la estructura y composición florística de las comunidades de árboles, b) elaborar la cartografía de la vegetación y usos del suelo y, c) establecer la relación entre las comunidades de árboles y factores del medio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Centro para la Conservación e Investigación de Vida Silvestre (CIVS) San Cayetano se encuentra en el municipio de Villa de Allende, en la zona poniente del Estado de México, aproximadamente a 65 km de la ciudad de Toluca y a 130 km de la Ciudad de México, entre las coordenadas geográficas 19° 20' 55.5" y 19° 22' 44.4" de latitud norte y 100° 04' 39.1" y 100° 05' 40.7" de longitud oeste (Figura 1). La Semarnat (2012) reporta una superficie de 536 ha, en cambio Melo y Contreras (1974) según el polígono de la publicación correspondiente, mencionan que el área asciende a 388.59 ha. El clima del CIVS San Cayetano es templado subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura promedio anual de 17 °C y precipitación anual promedio de 940.4 mm (Segundo y García, 2002. Citado por Oñate-Ocaña y Herróz-Zamorano, 2009). Las rocas presentes en la cartografía de la zona, según INEGI (2005), son del tipo ígnea extrusiva ácida y básica pertenecientes a la era del Cenozoico, predominando en la zona sur y centro del CIVS las del tipo básico. Orográficamente se ubica en la sierra de Zitácuaro en altitudes que van de 2460 msnm a 2785 msnm en el cerro El Molcajete, con relieve ondulado en la zona norte y que llega a ser abrupto en algunos sitios al sur del CIVS (Melo y Contreras, 1974).

Los suelos reportados para el área según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB, por sus siglas en inglés) son Andosol como unidad dominante, seguido por suelo Luvisol y Leptosol (INEGI, 2014). La vegetación del área corresponde a bosque templado de pino y pino-encino (Oñate-Ocaña y Herróz-Zamorano, 2009).

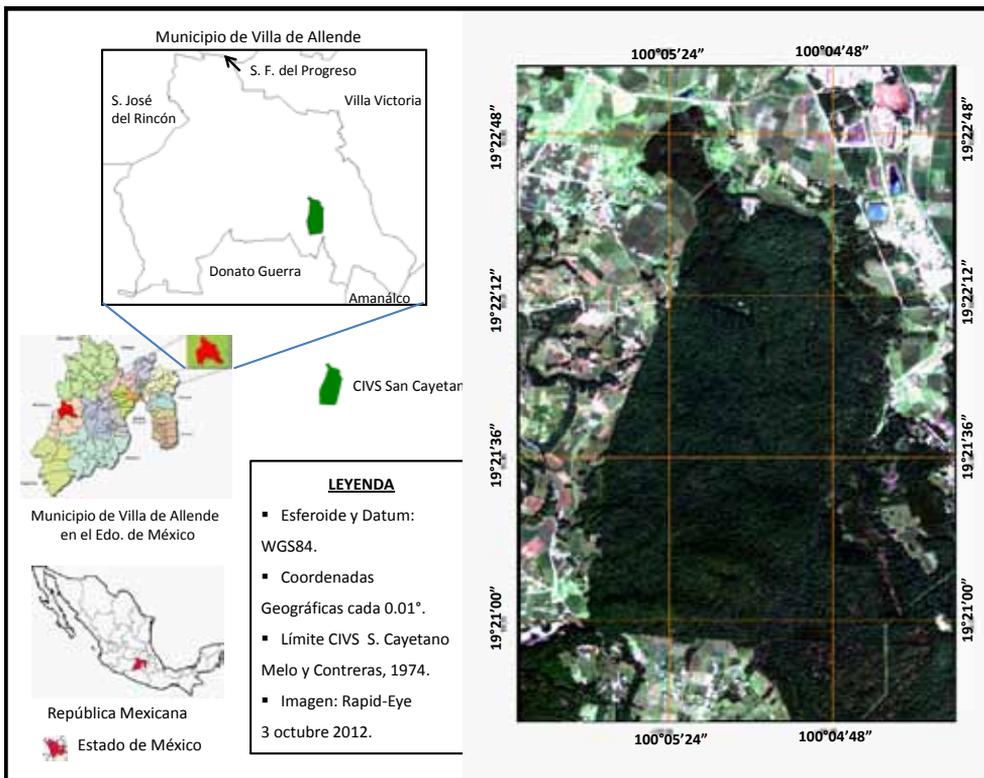
Se encuentra en la cuenca hidrográfica Valle de Bravo-Amanalco que forma parte de la cuenca hidrológica del Río Cutzamala, zona de captación de agua importante para el país, ya que abastece al área metropolitana de la Ciudad de México y parte del Estado de México (Elías, 1993). En el CIVS se localiza un manantial, parcialmente entubado que abastece a varios poblados colindantes y es fuente de agua para la presa Almoloyita (7500 m²) e inicio del arroyo que corre de la parte centro del área hacia su límite norte.

MÉTODOS

Fueron realizados cuatro muestreos de campo: diciembre de 2009, abril, junio y agosto de 2010. Se registraron datos en 23 unidades de muestreo circulares de 11.28 m de radio (400m²) distribuidas de manera preferencial (Matteucci y Colma, 1982; Kent y Coker, 1998), con base al conocimiento previo y observación de cambios en la estructura de las comunidades, así como por la accesibilidad. En cada sitio se consideraron únicamente árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP), igual o mayor a 7.5 cm y altura superior a 1.3 m; la caracterización de los sitios consistió en el registro de la altitud, inclinación y orientación de ladera, así como de la estimación visual (%) de la pedregosidad, de suelo descubierto, hojarasca y cobertura de cada estrato de la vegetación. Se recolectaron ejemplares botánicos que fueron determinados con claves taxonómicas para la flora de la región, considerando como antecedente la lista de la composición florística de la *Estación Experimental de Flora y Fauna Silvestre San Cayetano*, de Melo y Contreras (1974); posteriormente, los ejemplares se cotejaron en el Herbario Nacional del Ins-

tituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU), siendo depositados en este herbario y en el de la Universidad Autónoma de Chapingo (CHAP). La forma de vida del árbol fue confirmada con base a la descripción de las especies elaborada por Rzedowski y Rzedowski (2005). Los nombres científicos y autores se corroboraron en la página TROPICOS del jardín Botánico de Missouri (Missouri Botanical Garden, 2017).

Figura 1. Ubicación geográfica del CIVS San Cayetano.



Se estimó el valor de importancia (VI) de las especies considerando las medidas relativas de densidad, área basal y frecuencia (Mostacedo y Fredericksen, 2000). La clasificación de las comunidades forestales se realizó con base en el método divisivo de clasificación denominado “Análisis de Especies Indicadoras de Dos Vías” (Two Way Indicator Species Analysis –TWINSPAN, Hill, 1979), utilizando al área basal (cm^2) de las especies como medida de dominancia, con ocho niveles de corte (0, 100, 200, 500, 1000, 2500, 5000, 10000) para la definición de pseudoespecies. Los nombres de las comunidades se asignaron considerando las dos o tres especies dominantes derivadas del análisis de clasificación. El procesamiento se realizó en el Software PCORD for Windows v. 4 (McCune y Mefford, 1999). Asimismo, se desarrolló un Análisis Canónico de Correspondencia (CCA, por sus siglas en inglés) (Ter-Braak, 1986) para determinar, de manera descriptiva, la relación entre la abundancia y las variables ambientales, entre ellas la exposición e inclinación de ladera, altitud e iluminación. El análisis se realizó considerando valores del número de individuos y área basal para visualizar cuál información podría representar mejor esta relación. Para este análisis se utilizó el programa MultiVariate Statistical Package (Kovach Computing Service, 2013). El plano de iluminación del terreno fue obtenido utilizando el modelo digital (15 m de resolución, INEGI, 2012) del CIVS, considerando un ángulo de elevación del sol cada 15° y el azimut para cada estación del año, produciendo así un plano con valores relativos de iluminación anual (Eastman, 2012).

El área considerada en el presente trabajo fue de 388 ha, superficie obtenida de la digitalización del polígono de la *Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Estado de México*, publicado por Melo y Contreras (1974).

Para elaborar la cartografía de las comunidades arbóreas se utilizaron imágenes del satélite Rapid Eye proporcionadas por la Conabio. El proceso de clasificación fue de tipo supervisado, iniciando con la segmentación (Eastman, 2012) de la imagen para la obtención de campos de entrenamiento y firmas espectrales, y con el algoritmo de máxima

verosimilitud, asignando una probabilidad *a priori* a cada clase de vegetación y uso del suelo (Chuvienco, 2006). Las bandas utilizadas fueron 1, 3, 4 y 5 del año 2013 (abril), y los tres primeros componentes principales obtenidos de imágenes de 2011 y 2012, de septiembre y octubre, respectivamente. La fiabilidad de la clasificación se obtuvo con base en 179 puntos obtenidos en el terreno durante los años 2012 al 2015.

RESULTADOS

Riqueza, composición y valor de importancia de especies en el CIVS San Cayetano

Se registró un total de 452 individuos de 19 especies, en 14 géneros y 12 familias (Cuadro 1). Las familias mejor representadas son Fagaceae con cuatro especies del género *Quercus* (*Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. rugosa* y *Q. laurina*), Pinaceae con tres del género *Pinus* (*P. leiophylla*, *P. montezumae* y *P. patula*) y Rhamnaceae y Rosaceae con dos especies cada una. El resto de las familias estuvieron representadas por una especie.

Cuadro 1. Especies de árboles registrados en el presente trabajo y por Melo y Contreras (1974) para el CIVS San Cayetano

E Is Especie Familia	Número de ejemplar	Presente trabajo	Melo y Contreras (1974)
<i>Ageratina mairiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob Asteraceae	SC 20	X	
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schltdl.) Furlow Betulaceae	SC 30	X	X
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth Ericaceae	SC 43	X	X

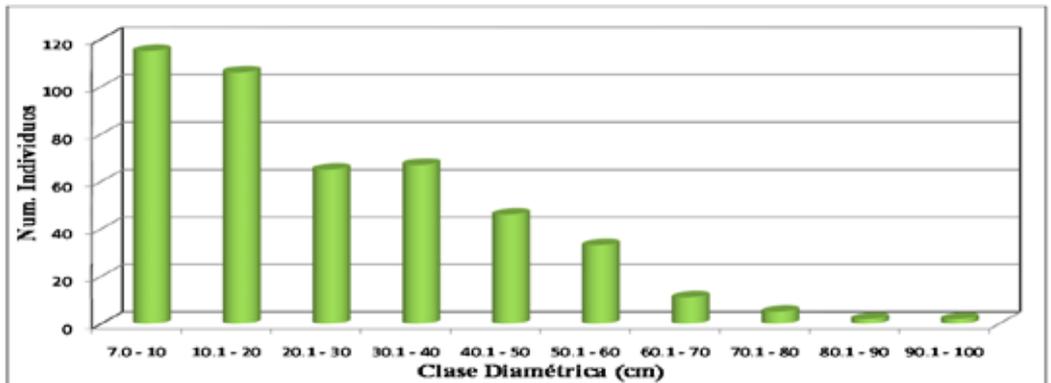
<i>Berberis moranensis</i> Schult. & Schult. f. Berberidaceae	SC46	X	X
<i>Buddleja cordata</i> Kunth Scrophulariaceae			X
<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag. Rhamnaceae	SC 38	X	
<i>Clethra mexicana</i> DC. Clethraceae	SC 50	X	
<i>Cornus excelsa</i> Kunth Cornaceae			X
<i>Crataegus mexicana</i> DC. Rosaceae	SC 25	X	X
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill. Cupressaceae	SC 54	X	X
<i>Garrya laurifolia</i> Hartw. ex Benth. Garryaceae	SC 40	X	X
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	SC 14	X	X
<i>Quercus crassipes</i> Benth.	SC 10	X	
<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	SC27	X	
<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.			X
<i>Quercus rugosa</i> Née Fagaceae	SC 18	X	
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltldl.	SC 52	X	
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltldl. & Cham.	SC 07	X	X
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	SC 05	X	X

<i>Pinus patula</i> Schiede Schltdl. & Cham. Pinaceae	SC 01	X	X
<i>Frangula mucronata</i> (Schltdl.) Grubov Rhamnaceae	SC 16	X	
<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh Rosaceae	SC 09	X	X
*<i>Salix paradoxa</i> Kunth Salicaceae	SC 28	X	
<i>Sambucus nigra</i> C. Presl ex DC. Adoxaceae			X

El DAP promedio de los árboles registrados fue de 26 cm con una desviación estándar de 17.84 cm (Cuadro 2). La distribución del número de individuos por clase diamétrica (Figura 2) muestra un sesgo importante, agrupando el mayor número de individuos en las clases de menor diámetro y disminuyendo hacia las clases mayores, es decir, en las dos primeras clases: de 7.0 a 10 cm y de 10.1 a 20.0 cm se agrupa 48.8 % de los individuos, 25.4% y 23.4% de ellos, respectivamente; en las cuatro clases siguientes, de 20 cm a 60 cm, se encuentra 44.4% de los individuos y, finalmente, en las cuatro últimas (superiores a 60 cm) se ubican únicamente 4.4% de los árboles. El número de individuos por hectárea y área basal fue de 492.3 ind./ha y 38.3 m²/ha, respectivamente, con variaciones importantes para cada estadístico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores dasométricos obtenidos en el CIVS San Cayetano

Estadístico	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)
Promedio	26.0	15.2	38.3	492.3
Desviación estándar	17.8	8.6	71.8	219.4
Mínimo	7.2	1.3	1.7	200.0
Máximo	96.0	35.0	320.2	975.0

Figura 2. Distribución diamétrica de los árboles registrados en el CIVS San Cayetano

Los valores relativos de densidad, área basal y frecuencia señalan de tres a cinco especies como las de mayor importancia (Cuadro 3), permutando su jerarquía según se trate de la medida considerada. Respecto al valor de densidad relativa, destaca *Quercus crassipes* (27.21%), seguida por *Pinus montezumae*, *Pinus leiophylla*, *Pinus patula* y *Crataegus mexicana* con valores entre 12.83% y 10.18%. En conjunto estas cinco especies suman 72 % del total, otras nueve se agregan en 26 % con valores entre 1.33 y 4.65%, y cinco más (2%) poseen valores menores a 1%.

Cuadro 3. Medidas absolutas y relativas de abundancia y Valor de Importancia de las especies de árboles registrados en el CIVS San Cayetano

Especie	AP	D	AB	F	DR	ABR	FR	VI
	(m)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)				
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i>	7.5	18.48	0.20	17.39	3.76	0.51	3.74	8.01
<i>Arbutus xalapensis</i>	19.8	10.87	0.89	8.70	2.21	2.32	1.87	6.41
<i>Berberis moranensis</i>	8.0	6.52	0.10	8.70	1.33	0.26	1.87	3.45
<i>Ceanothus caeruleus</i>	5.8	2.17	0.01	8.70	0.44	0.03	1.87	2.34
<i>Clethra mexicana</i>	15.0	1.09	0.04	4.35	0.22	0.11	0.94	1.27
<i>Crataegus mexicana</i>	8.3	50.00	1.08	39.13	10.18	2.81	8.41	21.39
<i>Cupressus lusitanica</i>	5	1.09	0.01	4.35	0.22	0.03	0.94	1.18

<i>Ageratina mairiana</i>	6.5	9.78	0.07	13.04	1.99	0.17	2.80	4.96
<i>Garrya laurifolia</i>	8.3	14.13	0.41	13.04	2.88	1.08	2.80	6.76
<i>Pinus leiophylla</i>	21.5	56.52	9.00	65.22	11.50	23.47	14.02	48.99
<i>Pinus montezumae</i>	22.4	63.04	10.10	56.52	12.83	26.33	12.15	51.31
<i>Pinus patula</i>	24.0	51.09	3.70	26.09	10.40	9.64	5.61	25.64
<i>Prunus serotina</i> <i>subsp. capuli</i>	8.5	11.96	0.11	30.43	2.43	0.28	6.54	9.26
<i>Frangula mucronata</i>	7.3	4.35	0.03	17.39	0.88	0.09	3.74	4.71
<i>Quercus crassifolia</i>	13.9	17.39	1.40	21.74	3.54	3.66	4.67	11.87
<i>Quercus crassipes</i>	13.2	133.70	9.20	82.61	27.21	23.98	17.76	68.95
<i>Quercus laurina</i>	10.9	15.22	0.38	17.39	3.10	0.99	3.74	7.83
<i>Quercus rugosa</i>	12.7	22.83	1.62	26.09	4.65	4.22	5.61	14.48
<i>Salix paradoxa</i>	7.5	1.09	0.01	4.35	0.22	0.03	0.94	1.18
TOTAL		491.30	38.35	465.22	100.00	100.00	100.00	300.00

AP, altura promedio; D, densidad; AB, área basal; F, frecuencia; DR, densidad relativa; ABR, área basal relativa; FR, frecuencia relativa; VI, valor de importancia.

En cuanto al valor relativo del área basal, en tres especies se reúne 74.0% del total, presentándose en el primer sitio *P. montezumae* (26.3%), seguida cercanamente por *Q. crassipes* (23.9%) y *P. leiophylla* (23.4%). Mención importante requiere *P. patula* que ocupa el cuarto lugar con un valor de área

basal relativo de 9.6%. Además de lo anterior, cinco especies suman 14.0% con valores relativos entre 4.2 y 1.0% (entre ellas *Crataegus mexicana*) y, otras 10 especies con valores menores a 1.0% se agrupan en 2.0% del total. La frecuencia relativa sigue un patrón semejante al de las medidas relativas antes mencionadas, puesto que destacan entre las especies de mayor frecuencia *Q. crassipes* (17.7%), *P. leiophylla* (14.0%) y *P. montezumae* (12.1%), que engloban 43.9% (Cuadro 3). Cuatro especies, *Crataegus mexicana*, *Prunus. serótina* subs. *capuli*, *P. patula* y *Quercus. rugosa*, se agregan a las especies relevantes dado que acumulan 26.1% de la frecuencia relativa, con valores entre 5.61 y 8.41%. El siguiente grupo está representado por nueve especie con una frecuencia relativa entre 1 y 5%, que hacen un total de 27.1%. Finalmente, el grupo que reúne 2.8% del total constituido por tres especies con valores menores a 1%. Cuando se obtiene el valor de importancia (VI), *Quercus crassipes* (22.9%) es la especie que ocupa el primer sitio, seguida por *P. montezumae* y *P. leiophylla* con 17.1 y 16.3%, respectivamente. Otras dos especies, *P. patula* (8.5%) y *Crataegus mexicana* (7.1%), también obtienen VI relevantes, que junto con las tres anteriores suman 72.1% del VI en el civs San Cayetano. La suma de los VI (41.9%) de las especies del género *Pinus* hacen de éste el más importante en la zona, seguido por las especies del género *Quercus*, que reúnen 34.3% del VI. Después de *Quercus crassipes*, en orden de importancia, se encuentra *Q. rugosa* (4.8%), *Q. crassifolia* (3.9%) y *Quercus laurina* (2.61%). Una especie más que requiere ser mencionada a pesar de su VI bajo (3.0%) es *P. serotina* subsp. *arguta*, puesto que en la frecuencia relativa se ubica en la quinta posición.

Clasificación de comunidades forestales

Como resultado del análisis de clasificación se determinaron cinco comunidades (Cuadro 4) denominadas de la siguiente forma: A) *Pinus patula*, B) *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes*, C) *Pinus montezumae* - *Pinus*

leiophylla - *Quercus crassipes*, D) *Quercus crassifolia* - *Quercus crassipes* - *Pinus leiophylla*, y E) *Quercus crassipes* - *Crataegus mexicana*. La división del grupo constituido por el total (23) de los sitios de muestreo se presentó de la siguiente forma: la pseudoespecie que definió al primer grupo (comunidad A), constituido por tres sitios fue *P. patula* 6, que corresponde a puntos de muestreo en los que este pino presentó valores de área basal superiores a 2500 cm² (Cuadro 4 y Figura 3). Los 20 sitios restantes se dividieron al nivel 2 en un grupo de cuatro sitios que representaron a la comunidad E, con *Q. crassipes* 7 (valores de área basal superiores a 5000 cm²) como pseudoespecie característica; por otra parte, al mismo nivel 2, se agruparon los 16 sitios restantes en los que *P. leiophylla* 3 (valores de área basal superiores a 200 cm²) fue el elemento característico que definió posteriormente (al nivel 3) las comunidades B, C y D. Al nivel tres de la clasificación con tres sitios, se definió la comunidad D, con *Q. crassifolia* 1 (área basal menor a 100 cm²) como pseudoespecie característica. Los 13 sitios restantes pasaron a dividirse en el nivel cuatro, en el que la comunidad C fue definida por ocho sitios con la pseudoespecie *P. montezumae* 6. Al interior de la comunidad C se definieron otras pseudoespecies como *P. serótina* 2 y *Alnus acuminata* 1 que la dividen a niveles inferiores, sin embargo, dado el número reducido de sitios de muestreo esta comunidad no fue dividida. Finalmente, la comunidad B constituida por cinco sitios no muestra una pseudoespecie característica, sin embargo, a niveles inferiores considera a *Q. laurina* 1 como característica (Figura 3).

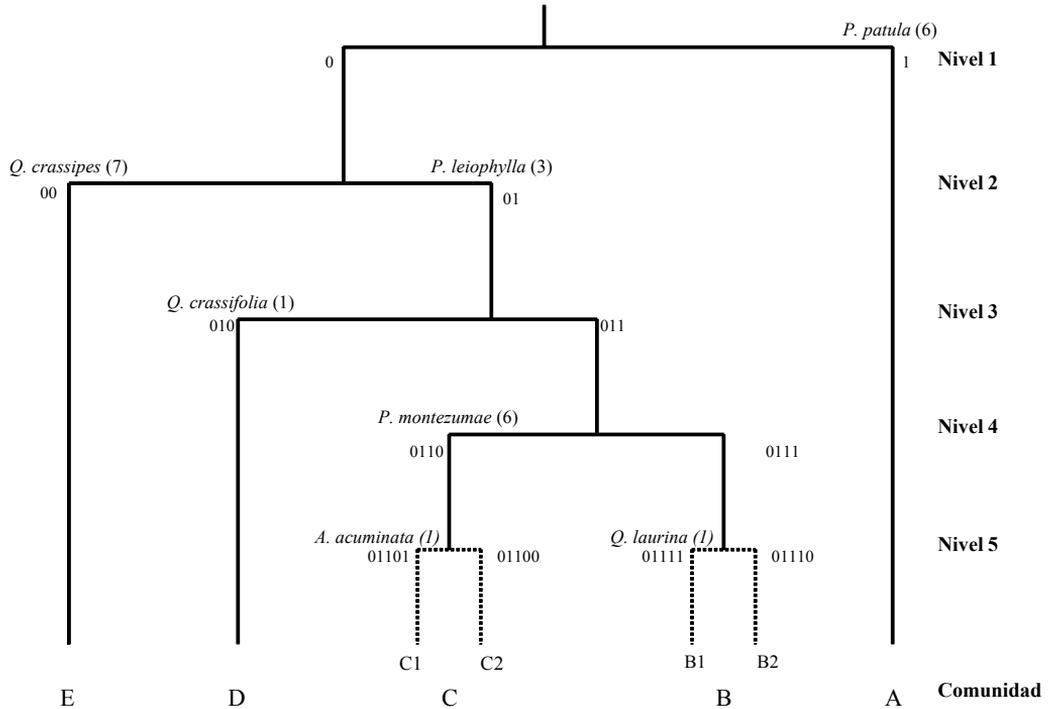
Cuadro 4. Comunidades forestales obtenidas en el CIVS San Cayetano.

COMUNIDAD	E				D			C								B				A			
	12	13	22	23	6	8	21	C1		C2						B1		B2		16	19	20	
SITIOS	12	13	22	23	6	8	21	3	9	2	4	14	15	17	18	5	7	1	10	11	16	19	20
ESPECIES																							
<i>Arbutus xalapensis</i>		7														1							
<i>Berberis moranensis</i>			4	3																			
<i>Clethra mexicana</i>	3																						
<i>Cupressus lusitanica</i>	1																						
<i>Garrya laurifolia</i>	5		5				1																
<i>Crataegus mexicana</i>	6	1	6	4			4			2		1		2				1					
<i>Quercus crassipes</i>	8	8	7	8	7		7	2	1	6	7	3	5	2	5	6	6	6	7	5			
<i>Quercus laurina</i>	4						1									5	4						
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i>						2		3	4								4						
<i>Ceanothus caeruleus</i>							1									1							
<i>Pinus leiophylla</i>	2				5	5	5	8	6	7	6	5	7			7	7	8	6	8			
<i>Quercus crassifolia</i>				1	7	7	4																
<i>Ageratina mairiana</i>										2	2							3					
<i>Frangula mucronatum</i>								1		2					1	1							
<i>Quercus rugosa</i>								3								6	3	6	5	6			
<i>Salix paradoxa</i>								1															
<i>Pinus montezumae</i>	5						3	7	8	6	7	8	7	8	8	1				5		6	
<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i>												2	1	3		1				1	3		
<i>Pinus patula</i>							3									5			3		8	7	7

Los números del cuadro indican el nivel de corte establecido según los intervalos de área basal.

Comunidad: A) *Pinus patula*, B) *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes*, C) *Pinus montezumae* - *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes* D) *Quercus crassifolia* - *Quercus crassipes* - *Pinus leiophylla*, y E) *Quercus crassipes* - *Crataegus mexicana*.

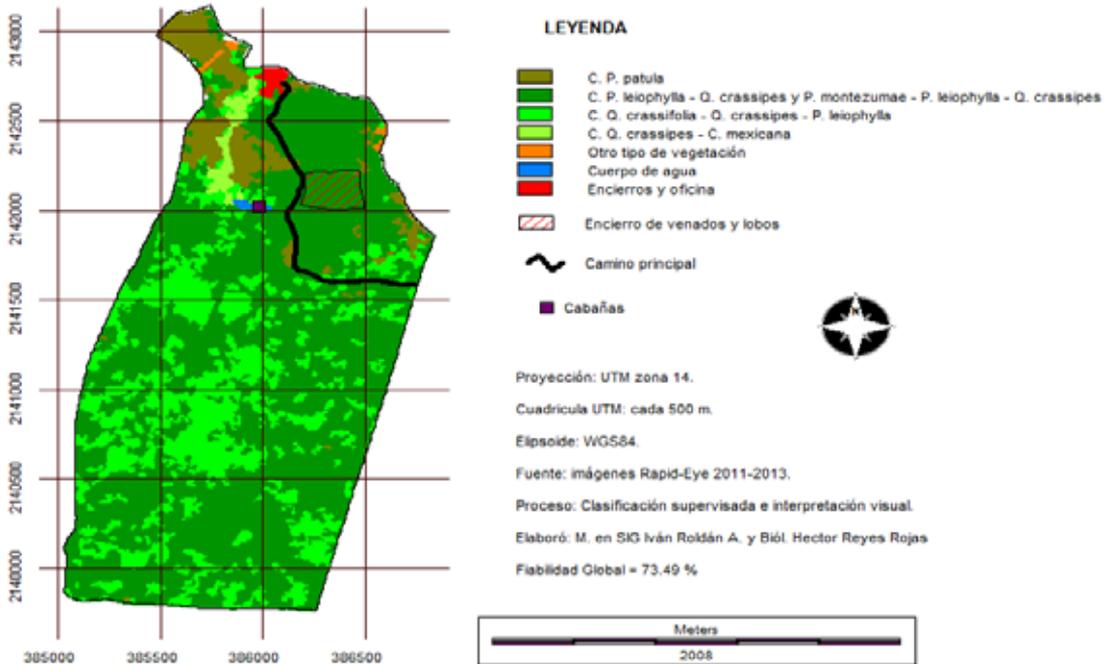
Figura 3. Dendrograma de la clasificación de comunidades de árboles para el CIVS San Cayetano.



Pseudoespecie característica = nombre científico (#). A) *Pinus patula*, B) *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes*, C) *Pinus montezumae* - *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes* D) *Quercus crassifolia* - *Quercus crassipes* - *Pinus leiophylla* y, E) *Quercus crassipes* - *Crataegus mexicana*.

En la figura 4 se muestra el mapa de comunidades vegetales y usos del suelo y en el cuadro 5 las características estructurales de las comunidades arbóreas.

Figura 4. Vegetación y uso del suelo en el CIVS San Cayetano.



Cuadro 5. Características estructurales de las comunidades de árboles del CIVS-SC.

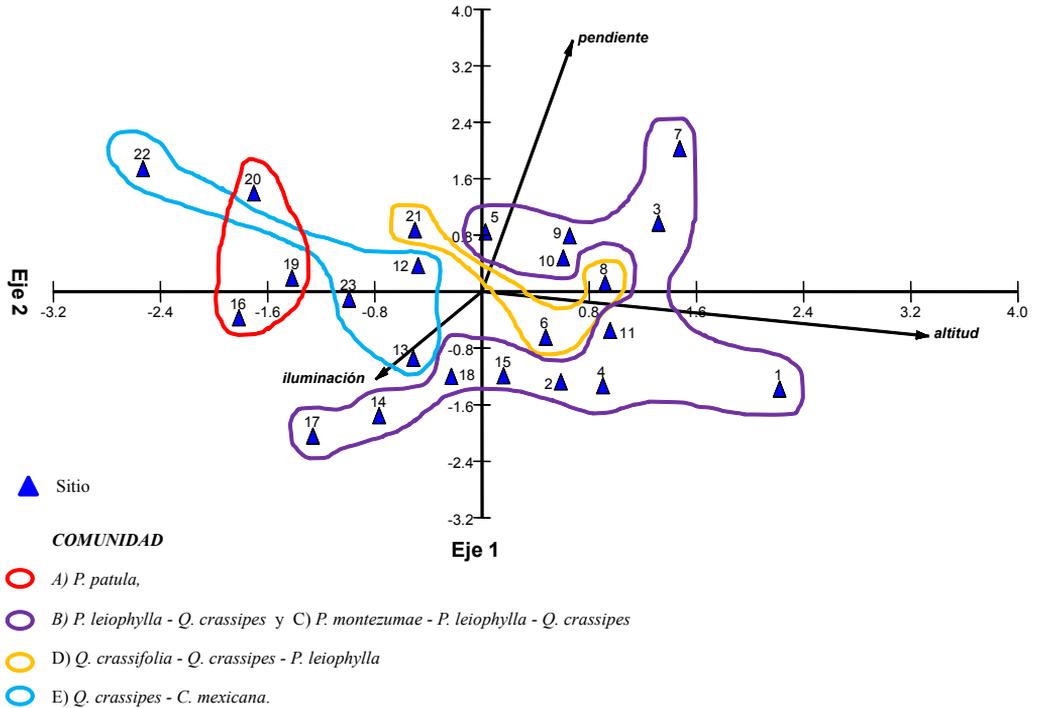
Com	Su (ha)	Alt (msnm)	Pen (°)	NE	AEA (m)	CEA (%)	S	ED
A	23.9	2525 - 2554	5 - 12.	2	(2) 7-13 (3) 24-35	51	3	<i>P. patula</i> , <i>P. montezumae</i> ,
B	257.7	2522 - 2720	2-5	3	(1) 5-7.5 (2) 8-20 (3) 22-27	50	13	<i>P. leiophylla</i> , <i>Q. crassipes</i> , <i>Q. rugosa</i> .
C				3	(1) 2.5-7.5 (2) 8-20 (3) 21-30			
D	97.8	2594 - 2653	5	3	(1) 3.5-7.5 (2) 8-20 (3) 24-34	60 - 80	10	<i>Q. crassifolia</i> <i>Q. crassipes</i> , <i>P. leiophylla</i> .
E	5	2541 - 2680	8	3	(1) 8 (2) 8 a 20 (3) 22-27	47	12	<i>Q. crassipes</i> , <i>Crataegus mexicana</i> <i>Garrya laurifolia</i>

Su, superficie; Alt, altitud; Pen, pendiente; AEA, altura estratos arbóreos, (1) estrato bajo, (2) estrato medio, (3) estrato alto; NE, número de estratos arbóreos; CEA, cobertura estrato arbóreo; S, riqueza de especies de árboles; ED, especies dominantes.

Comunidades forestales y factores ambientales

El CCA mostró que la relación entre la vegetación y las variables ambientales se describe mejor usando como abundancia el área basal. También se encontró que la exposición y la iluminación tuvieron una relación muy intensa, pero inversa entre ellas, por lo que se decidió utilizar solamente la segunda. En la figura 5, se puede apreciar que la distribución de la vegetación en el CIVS San Cayetano es resultado principalmente del efecto combinado de las tres variables ambientales consideradas en el presente trabajo. Sin embargo, la altitud es el factor que muestra mayor relación con las distintas comunidades, y entre éstas, las comunidades B y C son las que se distribuyen en el rango más amplio de altitud, puesto que se encuentran desde los 2522 msnm a 2720 msnm con sitios relacionados con niveles medios de altitud, además de esto, también son las que muestran la mayor variación en cuanto a inclinación de ladera e iluminación se refiere, dado que los sitios con mayor pendiente (15°) presentan la menor iluminación relativa (18.58) y, de forma contraria, los de pendiente suave ($\approx 0^\circ$) registran la mayor iluminación relativa (19.78). Las comunidades A y E resultaron estar más fuertemente asociadas a niveles bajos de altitud. El efecto de la iluminación está relacionado con la exposición de ladera, que corresponde para los sitios menos iluminados con una orientación predominantemente norte, y para los de mayor iluminación relativa con una orientación sur. Las comunidades A, D y E muestran menor variación en cuanto a los factores ambientales.

Figura 5. Ordenación de sitios y variables ambientales en el CIVS San Cayetano.



DISCUSIÓN

Si se contrasta la riqueza de especies obtenida en el presente trabajo con los 16 registros de árboles obtenidos por Melo y Contreras (1974), se tienen 12 especies compartidas (Cuadro 2), cuatro (*Sambucus nigra*, *Cornus excelsa*, *Q. mexicana* y *Buddleia cordata*) registradas únicamente en 1974 y seis registros nuevos que son *Clethra mexicana*, *Ceanothus caeruleus*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *S. paradoxa* y *F. mucronata*. Entre los nuevos registros habría que agregar a *Pinus ayacahuite* que fue observado en el arroyo, con lo que la riqueza de árboles para el CIVS San Cayetano asciende a 24 especies en 17 géneros y 15 familias (Cuadro 1). Las familias mejor representadas son Fagaceae y Pinaceae, con cinco y cuatro especies, respectivamente.

El número de especies registrado en el CIVS San Cayetano es inferior a las 43 especies de árboles reportadas por Zúñiga y Tejero (1998) para la Sierra de Sultepec, Estado de México, en bosques de pino-encino a 2400 msnm y también lo es respecto a lo reportado por López *et al.* (2012) para el área de Tenancingo–Malinalco–Zumpahuacán, en el mismo estado, en bosque de pino-encino, quienes registran una riqueza de 32 especies. Ambas zonas, aunque se presentan en condiciones de altitud semejantes a las del CIVS San Cayetano, tienen la particularidad de ubicarse al sur del CIVS y de colindar con bosque tropical seco, condición a la cual se atribuye la diferencia en la riqueza de especies. Caso contrario son los reportes para bosques templados que incluyen pinares, encinares y bosques mixtos, citados por Zacarías-Eslava *et al.* (2011), quienes mencionan que los valores inferiores de la riqueza de especies se encuentran entre 4 y 11, con un valor promedio de 22 especies considerando distintas zonas del país.

La altura promedio obtenida para los árboles del CIVS San Cayetano fue de 15.2 m, valor semejante (15.9 m) al reportado por Zacarías-Eslava *et al.* (2011) para bosques templados en México, sin embargo, habría que considerar que los valores máximos de altura registrados en el CIVS fueron de 30 y 35 m, que resultó ser superior a los máximos de 25

a 29 m, citados por los autores antes mencionados. El área basal obtenida por hectárea en el CIVS (38.3 m²/ha) se coloca en la parte media del rango de valores reportados por Zacarías-Eslava *et al.* (2011) para bosques templados, puesto que en el norte del país se reportan áreas de 23 a 28 m²/ha, y al sur, en Chiapas, superficies entre 56 y 67 m²/ha. En cambio, en lo que respecta a la densidad, el valor estimado (492.3 ind/ha) se ubica por abajo del valor medio de 700 ind/ha para bosques templados en México, mencionado por Návar-Cháidez (2010) y de los reportados por Villers *et al.* (1998), quienes mencionan una densidad de 660 ind/ha para un bosque del Nevado de Toluca, de 797 ind/ha para bosques de encino-pino en el Cerro El Águila, Michoacán (Zacarías-Eslava *et al.*, 2011), y de 1240 ind/ha en Villa del Carbón, Estado de México (Rubio-Licono *et al.*, 2011).

Las formas de manejo de los bosques, sean éstas planeadas o no, tienen impactos sobre la abundancia de las especies, sobre la estructura de la comunidad y en la riqueza y composición de especies (Endara *et al.*, 2012; Corral *et al.*, 2005). Particularmente, para el CIVS San Cayetano que por largo tiempo se ha “mantenido” en una categoría de protección, se supondría que no se ha llevado a cabo aprovechamiento alguno, sin embargo, los valores medio de área basal (m²/ha) y los de individuos por hectárea denotan que se ha hecho uso del bosque, argumento sostenido por la presencia de tocones y la observación de personas que extraen o utilizan individuos jóvenes para leña.

Los resultados de la composición de especies obtenidos en el CIVS concuerdan con los reportados por otros autores (Nieto de Pascual, 2009; Romero y Rojas, 2009; Rubio-Licono *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012), quienes mencionan a *Q. crassipes*, *P. leiophylla* y *P. montezumae* entre las especies importantes debido a su abundancia en las comunidades de pino-encino y encino-pino en el Estado de México. Mención particular requiere *P. patula* que fue introducida en el CIVS San Cayetano con fines de experimentación forestal, puesto que su distribución natural se encuentra en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre de Oaxaca y parcialmente en el eje Neovolcánico (Rzedowski y Rzedowski, 2005), que ha mostrado buena

adecuación a las condiciones ambientales y le han permitido la dispersión a áreas en las que no se establecieron plantaciones. Las comunidades que fueron sustituidas por las plantaciones de *P. patula* corresponderían, en primer término, a las comunidades de *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes* (B) y *Pinus montezumae* - *Pinus leiophylla* - *Quercus crassipes* (C) y, en segundo término, a la comunidad de *Quercus crassifolia* - *Quercus crassipes* - *Pinus leiophylla* (D). Los valores de importancia obtenidos de las especies de árboles denotan que las comunidades vegetales definidas en el CIVS San Cayetano están dominadas por especies del género *Pinus*, en primer lugar, y por especies de *Quercus*, en segundo, particularidad que las hace fundamentales en la generación de servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono dada la biomasa que almacenan, y en la estructuración del hábitat para otras especies de flora y fauna (Casanoves *et al.*, 2011). La relevancia de otras especies por su VI y por su papel en la generación de servicios ecosistémicos de abastecimiento son: *Crataegus mexicana* y *P. serotina* subsp. *capuli*; en el área Mazahua, región en la que se encuentra el CIVS, se reportan como especies de las cuales se recolecta cantidad importante de frutos (Farfan *et al.*, 2007). Por su parte, *Alnus acuminata* subsp. *arguta* ha sido considerada una especie con potencial para la restauración tanto en Centro y Sur de América (Murcia y Guariguata, 2014), como en México (Yanes *et al.*, 2001; Gaspar-Santos *et al.*, 2015), por sus características de rápido crecimiento, aportación y descomposición de hojarasca.

Las comunidades obtenidas de la clasificación corresponden a lo que Miranda y Hernández (1963) y Rzedowsky (2006) nombran como pinares y encinares y bosque de coníferas y bosque de *Quercus*, respectivamente, autores que incluyen en estas clases los bosques mixtos de pino-encino. González-Medrano (2003) incorpora en su propuesta de clasificación otros atributos de la vegetación como la altura y textura de las hojas, por lo que las comunidades del CIVS San Cayetano corresponderían a las clases de vegetación zonal y bosques templados, como son: bosque templado mediano aciculifolio para la comunidad de *P.*

patula (A); bosque templado aciculidurifolio para las comunidades B y C; bosque templado mediano duriaciculifolio para la comunidad D, y bosque templado mediano durifolio para la comunidad D. El atributo “mediano” hace referencia a la altura de los árboles que puede ser entre 15 y 30 metros, intervalo en el que se encuentran estas comunidades en el CIVS San Cayetano. Finalmente, INEGI (2015) hace la diferencia explícita entre bosques dominados por una o varias especies (bosque mixto), lo que corresponde a bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque de encino. Respecto la estratificación de los bosques de coníferas, Rzedowski (2006) menciona la presencia común de dos estratos arbóreos: uno arbustivo, otro herbáceo, y ocasionalmente uno rasante, estratificación que se cumple en las comunidades de San Cayetano, con excepción de la comunidad de *P. patula* en la que está ausente o es muy escaso el estrato arbóreo bajo, y los estratos arbustivos y herbáceos presentan muy baja cobertura. El estrato rasante en todas las comunidades es escaso, observándose sólo en aquellos sitios de mayor cobertura de los estratos superiores. Esta tipología es relevante puesto que su presencia da cuenta de un conveniente estado de conservación de las comunidades de San Cayetano, ya que distintas perturbaciones (apertura de caminos o paso de personas, pastoreo, tala, incendio) alteran en un primer momento la estructura de los bosques.

Los factores fisiográficos (altitud, inclinación y exposición) se encuentran entre los de mayor influencia en la distribución de la vegetación, aunque es sabido que no son los factores causantes directos que producen los patrones espaciales, sino son los que modifican las variables climáticas como temperatura, insolación y precipitación (Serrada, 2008). Distintos trabajos desarrollados en áreas de montaña en México han documentado la altitud como uno de los principales factores que presenta una asociación robusta con la distribución de la vegetación. Este es el caso de los trabajos elaborados por Sánchez-González y López-Mata (2003) en la Sierra Nevada en el Estado de México; por González-Tagle *et al.* (2008) en un bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental, o

bien, el publicado por Valenzuela y Granados (2009), en el que describen la relación de bosques mixtos de pino-encino en Durango, entre otros (Estrada-Arellano, 2011; García-Aguirre *et al.*, 2007; Velázquez, 1994).

El nivel de importancia de la relación de estos factores con la distribución de la vegetación cambia, como reportan Hernández-Cruz *et al.* (2016) y García-Aguirre *et al.* (2007) para el Ajusco, y por Sánchez-González y López-Mata (2003) para la Sierra Nevada, en los cuales la orientación resultó ser la más relevante, inclusive por encima de la altitud. Asimismo se mencionan otra serie de factores que, junto con los factores fisiográficos, influyen en la distribución de la vegetación como las características del suelo o bien el tipo, intensidad y frecuencia de las perturbaciones y el tiempo de abandono después del uso agrícola (Cervantes-Gutiérrez *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Los espacios para la formación de recursos humanos e investigación científica sobre los servicios ecosistémicos y manejo de los recursos naturales son necesarios, puesto que es ahí donde se encuentran las condiciones naturales que permiten la continuidad de los procesos que los mantienen y les han dado origen. Este es el caso del CIVS San Cayetano, Estado de México, que posee una diversidad y estructura representativa aún de los bosques templados de la región, al albergar al menos 24 especies de árboles y mantener un buen estado de conservación, a pesar de que las distintas medidas de abundancia utilizadas para su caracterización mostraron valores bajos, pero cercanos a los promedios reportados para distintos bosques de la región y el país. Las especies dominantes en el CIVS son *P. montezumae*, *Q. crassipes* y *P. leiophylla*, seguidas por *P. patula* y *Crataegus mexicana*. Esta última especie, junto con *P. serotina* subsp. *capuli* proporcionan un servicio ecosistémico de provisionamiento importante en la zona. Se clasificaron cinco comunidades de árboles de pino, pino-

encino, encino-pino y encino, entre ellas las nombradas como *P. leiophylla* - *Q. crassipes* y *P. montezumae* - *P. leiophylla* - *Q. crassipes*, que ocuparon 66% de la superficie del CIVS, además, fueron las comunidades que presentaron la mayor riqueza de árboles con 13 y 10 especies, respectivamente. El CCA mostró la altitud como el factor ambiental de mayor influencia en la distribución de las comunidades de árboles, seguido por la pendiente y la iluminación relativa. En un futuro es necesario considerar otros factores ambientales, como los edáficos, para explicar de mejor forma la distribución de las comunidades, además, es imprescindible documentar el uso del bosque que hacen las comunidades vecinas al CIVS San Cayetano, puesto que la estructura de las comunidades ha sido seguramente modificada por distintas prácticas de manejo, a pesar de que no están permitidas en el área.

BIBLIOGRAFÍA

- Caro, C. y M. Torres, 2015, "Marco A. Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas" en *Orinoquia* 19(2): 237-252.
- Casanoves, F. *et al.*, 2011, "Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos", Serie técnica, Informe técnico, 384.
- Cervantes, V. *et al.*, 2017, "Vegetation of a tropical dry forest in a landscape with chronic disturbance: the case of the indigenous community of San Nicolas Zoyatlan (Guerrero, Mexico)", en *Botanical Science* 95(3): 433-459.
- Corral, J. *et al.*, 2005, "Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña El Cielo, Tamaulipas, México", en *Investigaciones Agrarias Sistema de Recursos Forestales* 14(2): 217-228.

- Chuvieco, E., 2006, *Fundamentos de Teledetección Espacial. La observación de la tierra desde el espacio*, 2da. ed., Ed. Ariel, Barcelona, España.
- Eastman, J., 2012, *IDRISI Selva v (17.0)*, Clark University, EUA.
- Elías, H., 1993, *Estratificación y Mineralogía del Estado de México*, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Endara, A. et al., 2012, "Extracción de madera en el parque nacional nevado de Toluca", en *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63438972007>, consultado 13/03/2018.
- Estrada, J., 2011, *Cambios en composición, estructura y diversidad vegetal en diferentes gradientes de exposición y altitud en el Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León, México*, Tesis de maestría en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Farfán, B. et al., 2007, "Mazahua ethnobotany and subsistence in the monarch butterfly biosphere reserve, Mexico", en *Economic Botany* 61(2): 173-191.
- García, M. et al., 2007, "Vegetation and landform relationships at Ajusco volcano Mexico, using a geographic information system (GIS)", en *Forest Ecology and management* 239(1): 1-12.
- Gaspar, E. et al., 2015, "Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México", en *Bosque (Valdivia)* 36(3): 467-480.
- González, F., 2003, *Las comunidades vegetales de México*, INE-Semarnat, México.
- González, M. et al., 2008, "Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico", en *Forest Ecology and Management* 256(1): 161-167.
- Hernández, M. et al., 2016, "Estudio florístico del cerro Metecatl, del complejo montañoso Tetzcutzingo, Texcoco, Estado de México, México", en *Botanical Sciences* 94(2): 377-392.

- Hill, M., 1979, *TWINSPAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes*, Section of Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, NY.
- INEGI, 2005, *Carta Geológica, datos vectoriales escala 1:1000000*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI, 2012, *Modelo Digital de Elevación. Villa de Allende (E14A36)*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI, 2014, *Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional)*, Edición: 2, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI, 2015, *Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y de vegetación: escala 1: 250 000: serie V*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Kent, M. y P. Coker, 1998, "Vegetation description and analysis. A practical approach", en Jhon Wiley & Sons, Nueva York.
- Kovach Computing Service, 2013, "MVSP - MultiVariate Statistical Package ver. 3.22", Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- López, E. *et al.*, 2012, "Composición de la flora arbórea en el área natural protegida Tenancingo-Malinalco-Zumpahuacán, Estado de México, México", en *Polibotánica* 34: 51-98.
- Matteucci, S. y A. Colma, 1982, *Metodologías para el estudio de la vegetación (No. 581.5 MAT)*, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C.
- McCune, B. y M. Mefford, 1999, *PCORD. Multivariate Analysis of Ecological Data*", Version 4. MjM Software Desing, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Melo, C. y W. Contreras, 1974, *Importancia Biológica y Social de las Reservas Naturales. Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Estado de México*, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.

- Millennium Ecosystem Assessment, 2003, *Ecosystems and human well being: a framework for assessment*, Island Press, Washington, D.C.
- Miranda, F. y X. Hernández, 1963, "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", en *Bol. Soc. Bot. Méx* 28: 29-179.
- Missouri Botanical Garden, 2017, "Tropicos, botanical information system at the Missouri Botanical Garden", en <http://www.tropicos.org>, consultado 17/10/2017.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen, 2000, *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*, Santa Cruz, Bolivia.
- Murcia, C. y M. Guariguata, 2014, *La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades*, Center for International Forestry Research (CIFOR), vol. 107, Bogor, Indonesia.
- Návar, D., 2010, "Los bosques templados del Estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales", en *Madera y bosques* 16(1): 51-69.
- Nieto de Pascual M., 2009, "Coníferas", en Ceballos, G. et al. (comps.), *La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Estado*, Colección Mayor Biblioteca Mexiquense del Bicentenario, Toluca de Lerdo, Estado de México.
- Oñate, L. y A. Herróz, 2009, "Estudio Faunístico del Centro de Investigación y Recuperación de Vida Silvestre San Cayetano, Estado de México", en *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 8(8): 98-104.
- Pagiola, S. et al., 2006, *La venta de Servicios Ambientales Forestales. Mecanismos Basados en el Mercado para la Conservación y el Desarrollo*, Segunda Edición, INE-Semarnat, México.
- Romero, S. y E. Rojas, 2009, *La diversidad biológica del Estado de México*, Biblioteca Mexiquense del Bicentenario, Estado de México.
- Rubio, E. et al., 2011, "Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México", en *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 17(1): 77- 90.

- Rzedowski, C. y J. Rzedowski, 2005, *Flora fanerogámica del Valle de México*, Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- Rzedowski, J., 2006, "Vegetación de México", 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, en <http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/librosdigitales/VegetaciondeMexico/Portadaypaglegales.pdf>, consultado 25/08/2017.
- Sánchez, A. y L. López, 2003, "Clasificación y Ordenación de la Vegetación del Norte de la Sierra Nevada, a lo Largo de un Gradiente Altitudinal", en *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 74(1): 47-71.
- Semarnat, 2009, *Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS)*, Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat, México.
- Semarnat, 2012, "Centros para la Conservación e Investigación", en <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Paginas/centrosparalaconservacioneinvestigacion.aspx>, consultado 11/07/2013.
- Serrada, R., 2008, *Apuntes de Selvicultura*, EUIT Forestal, UPM, Madrid.
- Ter, J., 1986, "Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis", en *Ecology* 67(5): 1167-79.
- Valenzuela L. y D. Granados, 2009, "Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México", en *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 29-41.
- Velázquez, A., 1994, "Multivariate analysis of the vegetation of the volcanoes Tláloc and Pelado, Mexico", en *Journal of Vegetation Science* 5(2): 263-270.
- Villers, L. et al., 1998, "Evaluación de los Bosques Templados en México: Una Aplicación en el Parque Nacional Nevado de Toluca", en *Investigaciones Geográficas* (36): 7-19.

- Yanes, C. *et al.*, 2001, *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*, Reporte técnico del proyecto J084, Conabio-Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Zacarias, L. *et al.*, 2011, "Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán México", en *Revista mexicana de biodiversidad* 82(3): 854-869.
- Zúñiga, M. y J. Tejero, 1998, "Flora y Vegetación de la Sierra de Sultepec, Estado de México", en *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 69(2): 135-174.