

**DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS EN LA SIERRA FRÍA, AGUASCALIENTES, MÉXICO****TREES AND SHRUBS DISTRIBUTION AND ABUNDANCE IN SIERRA FRIA, AGUASCALIENTES, MEXICO****Vicente Díaz<sup>1</sup>, Joaquín Sosa-Ramírez<sup>1</sup> y Diego R. Pérez-Salicrup<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad, Núm. 940. Cd. Universitaria. CP 20100.*<sup>2</sup>*Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: jsosar@correo.uaa.mx***RESUMEN**

El presente trabajo tuvo tres objetivos: 1) identificar la composición de especies leñosas forestales, 2) caracterizar su distribución y abundancia y 3) relacionarlas con variables del medio ambiente en la Sierra Fría, Aguascalientes. Para ello se elaboró un plan de muestreos usando tres criterios: altitud, relieve y exposición. Se realizaron 60 muestreos en parcelas de 600 m<sup>2</sup> donde se identificaron las especies arbóreo-arbustivas, así como su frecuencia y se anotaron las condiciones ambientales prevalecientes en cada sitio. Posteriormente se realizó un análisis de correspondencias canónicas, corroboradas mediante la prueba de Montecarlo ( $\alpha \leq 0.05$ ). Los resultados nos muestran un total de 50 especies registradas en la zona de estudio, de las cuales tres son nuevos reportes. Las especies más ampliamente distribuidas son *Quercus potosina* y *Juniperus deppeana*; las más abundantes son *J. deppeana*, *Q. potosina* y *Pinus leiophylla*. La diversidad  $\beta$  es mayor en los sitios convexos ( $Bw = 5.80$ ) y en sitios con altitudes mayores a 2 400 y 2 600 m ( $Bw = 7.22$ ). La altitud, relieve,

pendiente y exposición a la radiación solar son los descriptores que mejor explican la distribución y abundancia de las especies (prueba de Montecarlo,  $p = 0.0020$ ). Los resultados de este trabajo contribuyen a mejorar las intervenciones de manejo en el ANP Sierra Fría. En particular en lo referente a la conservación de la biodiversidad y a la restauración de zonas degradadas.

**Palabras clave:** distribución y abundancia, Sierra Fría, diversidad  $\beta$ , variables de sitio, manejo.

**ABSTRACT**

Our objectives were to recognize the composition of forest species, characterize their distribution and abundance, and identify the factors that determine their presence or absence in the area of Sierra Fria, Aguascalientes, Mexico. A sampling plan was elaborated using three criteria: altitude, relief and forest cover. Sixty samplings were realized in sites of 600 m<sup>2</sup> and randomized in different solar expositions. The arboreal and brush species, the frequency, and ecological conditions that determine their presence or

absence *in site* were identified. A Canonical Correspondence Analysis and Montecarlo's test ( $\alpha \leq 0.05$ ) was conducted. We identified 50 species; three are new reports in the area. *Quercus potosina* was found and *Juniperus deppeana* is more widely distributed; the most abundant are *J. deppeana*, *Q. potosina*, and *Pinus leiophylla*. The greater  $\beta$  diversity is in convex sites ( $\beta_w = 5.80$ ) and sites with altitudes of 2400 and 2600 m ( $\beta_w = 7.22$ ). The altitude, relief, the slope and solar exposition are variables more implicated in the distribution and abundance of the species (Montecarlo's test,  $p = 0.0020$ ). For this reason, the interventions of handling must consider the relation species-environment.

**Key words:** distribution and abundance, Sierra Fria,  $\beta$  diversity, plant ecology and management.

## INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales se distribuyen en el paisaje diferencialmente siguiendo las diversas condiciones bióticas y abióticas, lo que les permite aprovechar los recursos de una manera óptima. Dichos recursos, como luz, agua, nutrientes, entre otros, permiten a la vegetación desarrollarse y reproducirse (Bazzas, 1991).

Los bosques de coníferas y encinos en México, representan la cobertura vegetal más extensa en cuanto a tipos de vegetación dominados por plantas leñosas, con un 16.4% de la superficie total del país, encontrándose sólo por debajo del matorral xerófilo, que es el tipo de vegetación que cuenta con la mayor extensión (Challenger y Soberón, 2008). Estos ecosistemas son importantes tanto económica como ecológicamente ya que soportan actividades

productivas, albergan una gran diversidad biológica y constituyen el refugio de fauna silvestre. Asimismo, los bosques proveen bienes y servicios ambientales indispensables para la subsistencia de la sociedad humana (Millenium Ecosystem Assesment, 2005; Sunderlin *et al.*, 2005; Sunderlin *et al.*, 2008).

El conocimiento de la relación de las especies vegetales con su hábitat sienta las bases para establecer programas de restauración y manejo de los bosques, proponiendo para cada sitio ecológico, las especies más adecuadas de árboles y arbustos, aprovechando su mayor facilidad de adaptación (Daget y Godron, 1982). Conocer la distribución de las especies forestales y la condición del arbolado es importante por muchas razones, por ejemplo la correcta elección de la especie y su patrón geográfico constituyen la base para los programas de reforestación (McKevlin, 1992; Gardiner *et al.*, 2004; Viveros-Viveros *et al.*, 2006) y restauración de ecosistemas degradados (Pérez-Salicrup, 2005). Por otra parte, varios factores limitan la adaptación de las diferentes especies a las diversas condiciones ambientales (Bayley, 1998; Wimberly y Spies, 2001), plantas que son dominantes en bajas altitudes, son generalmente más tolerantes a la sequía que aquellas que se localizan en altitudes mayores (Linton *et al.*, 1998). Este y otros factores, permitirían a las diferentes especies tener mayor sobrevivencia y un desarrollo más rápido y vigoroso.

Varios estudios han abordado el efecto de factores bióticos y abióticos sobre la distribución de especies forestales (Álvarez-Moctezuma *et al.*, 1999; Poulos y Camp, 2005; Meave *et al.*, 2006; Sosa-Ramírez *et al.*, 2011) para contribuir al manejo de los

ecosistemas donde éstas se desarrollan. En el Parque Nacional “Big Bend” al Sur de Texas, en EU, Poulos y Camp (2005) encontraron que la distribución y abundancia de las especies forestales está relacionada con la altitud y la humedad del suelo, e indirectamente, con la exposición a la radiación solar. En la meseta central de Chiapas, México, la altitud y precipitación son las variables ambientales que en mayor medida determinan la distribución de cinco especies de encinos (Álvarez- Moctezuma *et al.*, 1999); estos mismos autores sugieren que la ganadería afecta de manera negativa la distribución en particular de *Quercus rugosa*. En la Chinantla, al norte de Oaxaca, México, Meave *et al.* (2006) encontraron que la distribución de distintas especies de encinos se relaciona con la altitud. En esa región, *Q. glaucescens* y *Q. elliptica* son dominantes entre 700 y 1 400 m.s.n.m., mientras que *Quercus affinis* var. *eugenifolia* ocupa una posición altitudinal entre 1 600 y 2 000 m.

En Aguascalientes, hasta el año 2004 se conocían 17 especies de encinos (De la Cerda, 1999) y ocho de pinos (Siqueiros, 1989); sin embargo, hasta ahora no se habían estudiado los patrones de distribución y abundancia de la vegetación arbórea y arbustiva en su conjunto, ni las condiciones que favorecen o dificultan su presencia. Esto indica la necesidad de estudiar las condiciones ecológicas que requiere una especie para establecerse y prosperar en un sitio, información que contribuiría a generar estrategias de manejo (conservación, aprovechamiento y restauración) en las comunidades forestales del área de estudio.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) identificar la composición de especies leñosas forestales presentes en el Área Natural

Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, 2) caracterizar su distribución y abundancia y 3) relacionarlas con variables del medio ambiente.

El análisis se basa en la hipótesis de que la distribución y abundancia de las especies forestales de la Sierra Fría pueden estar relacionadas esencialmente con la altitud, geoforma del sitio y su exposición a la radiación solar.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Delimitación del área de estudio y diseño del esquema de muestreo.** El estudio se realizó dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría (ANP-SF) que tiene una superficie de 112 mil hectáreas y se ubica al noroeste del Estado de Aguascalientes, en una altitud que oscila entre los 2100 y los 3050 m.s.n.m. El área de estudio comprendió 25 mil hectáreas, en un polígono localizado entre las coordenadas 102°31'31" a 102°37'44" longitud oeste y 22°05'47" a los 22°14'03" latitud norte.

Se elaboró un plan de muestreo estratificado (Daget y Godron, 1982). Los estratos de muestreo se delimitaron con base en la altitud, exposición solar y geoforma del sitio (terrenos planos, cóncavos y convexos). El primer estrato se definió usando un Modelo Digital de Elevación (MDE) del ANP SF, elaborando una retícula espacial de acuerdo a cinco categorías altitudinales: i) 2000-2200, ii) 2200-2400, iii) 2400-2600, iv) 2600-2800, y v) >2 800 m.s.n.m. (Fig. 1a).

Para ubicar los estratos altitudinales, se obtuvieron las curvas de nivel de la zona de estudio usando el MDE. La exposición solar se abordó usando un mapa de exposiciones,

elaborado con una imagen SPOT 2003® a la que se sobrepuso el MDE de la zona de estudio. Posteriormente se elaboró un mapa de mallas usando el software Arcview 3.3 (Fig. 1a). La geoforma se obtuvo con base en la pendiente, donde, terrenos planos = sitios con pendiente  $\leq 10\%$ ; t. cóncavos = pendiente  $\geq 10$  y  $\leq 25\%$  y t. convexos = pendiente  $\geq 25\%$ .

**Identificación y caracterización de la distribución y abundancia de las especies forestales leñosas.** Para identificar la diversidad arbórea y arbustiva en el área estudiada, se realizaron 60 inventarios fitoecológicos (Daget y Godron, 1982) en 60 diferentes sitios distribuidos al azar, mediante el esquema de muestreo ya descrito (cuadro 1).

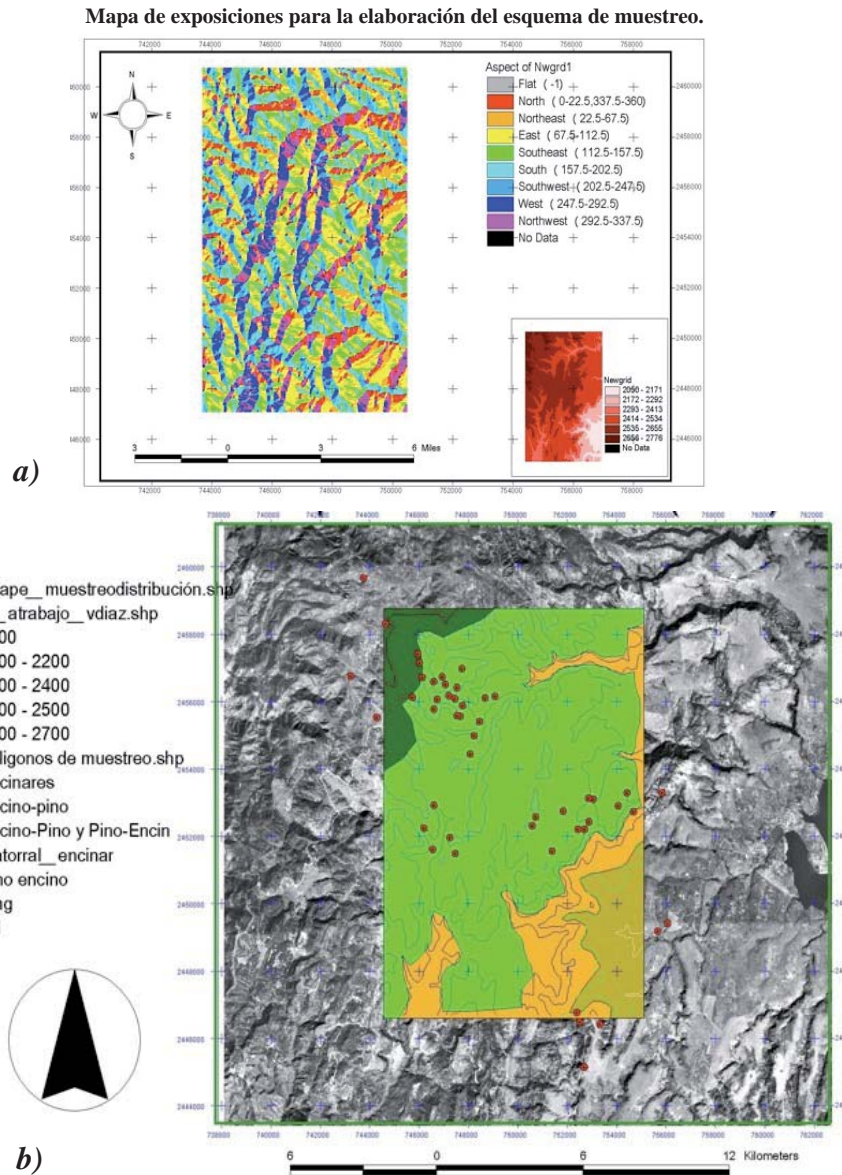
Los muestreos en campo se realizaron en parcelas rectangulares de 600 m<sup>2</sup>, con una línea central de 100 m de longitud y dos líneas laterales con tres m de separación. En cada uno de los inventarios se determinó la frecuencia de las especies arbóreas y arbustivas presentes, así como las variables ambientales del sitio. Se consideraron como árboles los individuos con DAP  $\geq 5$  cm y altura  $\geq 1.50$  m. Individuos por debajo de esas categorías se consideraron como juveniles y arbustos. Las variables de sitio registradas fueron: altitud, pendiente (en %), la exposición solar (N, S, E, W), fisiografía (planicie, lomerío, meseta, ladera media, ladera alta, fondo de barranco, arroyo), cobertura (c1 =  $\leq 10\%$ ; c2 = 11-30%; c3 = 31-50%; c4 = 51-70% y c5 =  $\geq 70\%$ ) y la geoforma. Se consideraron las variables de manejo relacionadas con el uso del terreno (sin uso, explotación forestal, cinegético, pastoreo, agrícola y conservación) y la intensidad del aprovechamiento (nula, moderada, sobre

explotado y no determinable). Cada uno de los puntos de muestreo fue localizado geográficamente en Unidades Transversas de Mercator (UTM) y plasmado en una imagen del satélite Spot® 2003 (Fig. 1b).

Para identificar en campo las especies de encinos y coníferas se usaron las claves generadas por De la Cerda (1999) y Siqueiros (1989) respectivamente. Las especies desconocidas fueron colectadas en prensas botánicas y determinadas en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA). Para dejar evidencia de los nuevos registros de especies en el ANP SF, se depositaron ejemplares en el HUAA.

Para estimar la distribución de las especies forestales arbóreas y arbustivas, se cuantificó la presencia de cada una de las especies encontradas en cada uno de los 60 sitios de muestreo. En el caso de especies consideradas como de distribución restringida (ej. *Quercus coccolobifolia*, *Pinus chihuahuana*, y *P. duranguensis* var. *quinquefoliata*), se elaboraron muestreos en sitios específicos (n = 4), de acuerdo a la información proporcionada por De la Cerda (1999) y Siqueiros (1989). Las especies de distribución amplia fueron las que se presentaron en el mayor número de sitios.

La frecuencia de las especies encontradas se determinó sobre la línea de 100 m al nivel del piso, observando 100 puntos separados cada metro. Se registraron las especies que aparecen en cada punto (cuando existió más de un piso de vegetación), contando el número de veces que cada especie aparece (frecuencia absoluta, Daget y Godrón, 1982) sobre la línea completa. La frecuencia relativa fue calculada usando la fórmula (Krebs, 1993):



**Fig. 1.** a) Mapa de exposiciones solares, elaborado a partir de un modelo digital de elevación y un GRID (Modelo de rejillas) usado para delimitar la distribución de puntos de muestreo y b) Mapa de distribución de los inventarios de vegetación en función de la altitud, ambos en escala 1: 25,000. Nótese en el segundo mapa la distribución de puntos en áreas homogéneas de acuerdo a las categorías de altitudes (colores distintos) y sus curvas de nivel. Fuente: Díaz-Núñez (2008).

**Cuadro 1.** Número de muestreos realizados en diferentes niveles altitudinales, posiciones topográficas y exposiciones solares, derivados del sistema de muestreo.

Niveles altitudinales	Posición topográfica								Total	
	Cóncava				Convexa					
	N	S	E	W	N	S	E	W		
2000-2200	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
2200-2400	0	1	0	0	3	2	0	0	0	6
2400-2600	8	4	1	1	8	3	0	0	3	28
2600-2800	2	0	0	1	4	3	0	0	11	21
> 2800	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Totales	12	5	1	2	16	9	0	0	15	60
Total de inventarios					60					

¥ Las intersecciones entre líneas y columnas cuyo valor es cero, indican áreas con poca representatividad en el paisaje y en consecuencia una ausencia de muestreos.

$$\text{frecuencia relativa} = \left( \frac{\text{frecuencia de la especie}}{\sum \text{valores de frecuencia de todas las especies}} \right) \times 100$$

Donde:

frecuencia de la especie x = frecuencia absoluta obtenida en los muestreos de cada sitio.

Posteriormente se generó un índice de abundancia usando la fórmula:

$$IA_{\text{spp.}} = \frac{\sum \text{frecuencias relativas}}{\text{número total de sitios muestreados}}$$

$IA_{\text{spp.}}$  = índice de abundancia de cada una de las especies identificadas.

Con estos datos, se prepararon gráficas de distribución y de abundancia de las principales especies forestales arbóreo-arbustivas. Con el análisis fitoecológico, se calculó la riqueza de especies y los índices de diversidad alfa de Shannon (H) y Beta de Whittaker ( $\beta_w$ ), el primero en función del nivel altitudinal, el segundo también incorporó la geoforma, usando el software Species Diversity and Richness® (Pisces Conservation LTD). Las ecuaciones usadas se detallan:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S = riqueza de especies;  $P_i$  = Proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos;  $n_i$  = número de individuos de la especie  $i$ .

$$\beta_w = \frac{S}{\bar{S}}$$

Donde:

S = Riqueza de especies y  $\bar{S}$  = Promedio de la riqueza de cada sitio

#### **Relación de las variables de sitio y medio ambiente con la distribución y abundancia de las especies forestales leñosas.**

Asumiendo que los muestreos realizados en cada uno de los sitios fueron representativos del paisaje, de las especies encontradas, se estimó una submuestra del 10% del total, para lo cual, se eligieron las cinco especies más abundantes/sitio y posteriormente, se calculó su valor de importancia mediante la expresión:

$$VI = HF/ns, \text{ donde:}$$

HF = número de veces donde una especie fue más frecuente en los sitios muestreados  
ns = número sitios muestreados.

El análisis de las variables de sitio implicadas en la distribución de las especies fue solamente para aquellas con  $VI \geq 0.02$  y  $\leq 1$  (las especies más abundantes en los 60 sitios). El análisis estadístico consistió en el uso del método multivariado de análisis de correspondencias canónicas (CCA, Por sus siglas en inglés, Terbraak y Smilower, 1998), mediante el cual se incorporaron tanto las especies como las variables consi-

deradas como responsables de su presencia, ausencia y abundancia. En el diagrama de dos ejes, la orientación y magnitud de cada variable ambiental con relación a los ejes está representada por una flecha y señala la importancia de la variable en la distribución de las especies. El nivel de significancia entre las variables de sitio y las especies, fue calculado mediante la prueba de Monte Carlo ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el software CANOCO® (TerBraak y Smilauer, 1998).®

## **RESULTADOS**

**Identificación de especies.** En los 60 sitios se registraron 50 especies, pertenecientes a 20 familias y 27 géneros (cuadro 2), de las cuales, por su estructura el 47% ( $n = 24$ ) fueron consideradas árboles (altura  $\geq 3.5$  m) y el 53 % ( $n = 27$ ) arbustos y juveniles. Las familias mejor representadas fueron Fagaceae (11 especies), Pinaceae (ocho especies) y Ericaceae (cinco especies). Las especies *Q. obtusata* Bonpl., *J. duranguensis* Martínez y *Crataegus* sp. son nuevos reportes en la Sierra Fría.

**Distribución y abundancia.** Las especies más ampliamente distribuidas, corresponden a los géneros *Juniperus* (localmente conocidos como cedros o táscales), *Quercus* (encinos) y *Arbutus* (madroños). *J. deppeana* es la especie más ampliamente distribuida, seguida por *Quercus potosina* y después por *Arctostaphylos pungens*. Los madroños (*Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*) aparecen en cuarto y quinto lugar respectivamente (Fig. 2).

De 50 especies registradas, seis son las que poseen los índices de abundancia más altos. *Q. potosina* es la especie mejor representada en el paisaje, con el índice de abundancia

Cuadro 2. Especies forestales registradas en un área del ANP-Sierra Fria, Aguascalientes.

Especie	Clave	Nombre común*	Familia	Clasificación forestal**	Uso	Reporte***
<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Acafar</i>	huizache	<i>Leguminosae</i>	Ab	Nu	si
<i>Asclepias linearis</i>	<i>Aline</i>	romerillo	<i>Apocynaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Arbutus arizonica</i>	<i>Aariz</i>	madroño	<i>Ericaceae</i>	Ar	El	si
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Axala</i>	madroño rojo	<i>Ericaceae</i>	Ar	El	si
<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Aglan</i>	madroño blanco	<i>Ericaceae</i>	Ar	El	si
<i>Arctostaphylos pungens</i>	<i>Apun</i>	manzanita	<i>Ericaceae</i>	Ab	El	si
<i>Budleia scordioides</i>	<i>Bsco</i>	vara blanca	<i>Compositae</i>	Ab	Fr	si
<i>Budleia cordata</i>	<i>Bcor</i>	tepozán	<i>Compositae</i>	Ab	Fr	si
<i>Bursera fagaroides</i>	<i>Burfaga</i>	venadilla	<i>Burseraceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Comerostaphyllis</i> spp.	<i>Comesp</i>	pacuato	<i>Ericaceae</i>	Ab	Med	si
<i>Dalea bicolor</i>	<i>Dabic</i>	engordacabra	<i>Fabaceae</i>	Ab	Fr	si
<i>Dasyliirion acotriche</i>	<i>Dasaco</i>	sotol	<i>Agavaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Dovisc</i>	jarilla	<i>Sapindaceae</i>	Ab	Med	si
<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	<i>Eucamal</i>	eucalipto	<i>Myrtaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Frauhd</i>	fresno	<i>Oleaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Garría ovata</i>	<i>Garova</i>	planta peluda	<i>Garryaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Pinus chihuahuana</i>	<i>Pinchi</i>	pino prieto	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Pinus duranguensis</i> Mart.	<i>Pidum</i>	pino verde	<i>Pinaceae</i>	Ar	Oc	si
<i>Pinus duranguensis</i> f. <i>quinquefoliata</i>	<i>PiduQ</i>	pino verde	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si



Cuadro 2. Continuación.

Especie	Clave	Nombre común*	Familia	Clasificación forestal**	Uso <sup>y</sup>	Reporte***
<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Pile</i>	pino prieto	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Pinus lumholtzii</i>	<i>Pilum</i>	pino llorón	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Pinus michoacana</i>	<i>Pimich</i>	pino barbón	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Pinus cembroides</i>	<i>Picem</i>	pino chaparro	<i>Pinaceae</i>	Ar	Nu	si
<i>Prosopis laevigata</i>	<i>Prolae</i>	mesquite	<i>Pinaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Pinus teocote</i>	<i>Pinteo</i>	pino	<i>Pinaceae</i>	Ar	Oc	si
<i>Jatropha dioica</i>	<i>Jadio</i>	sangre de grado	<i>Euphorbiaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Juniperus flacida</i>	<i>Jufla</i>	olmo triste	<i>Cupressaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Judep</i>	táscate	<i>Cupressaceae</i>	Ar	El-Pt	si
<i>Juniperus duranguensis</i>	<i>Judur</i>	cedro chino	<i>Cupressaceae</i>	Ab	Nu	nuevo
<i>Opuntia leucotricha</i>	<i>Opuleu</i>	nopal duraznillo	<i>Cactaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Opuntia streptacantha</i>	<i>Opust</i>	nopal cardón	<i>Cactaceae</i>	Ab	Nu	si
<i>Prunus serotina</i>	<i>Pruser</i>	cerezo negro	<i>Rosaceae</i>	Ab	Ft	si
<i>Quercus coccolobifolia</i>	<i>Queco</i>	palo manzano	<i>Fagaceae</i>	Ar	El	si
<i>Quercus chihuahuensis</i>	<i>Quechih</i>	palo blanco	<i>Fagaceae</i>	Ar	El	si
<i>Quercus laeta</i>	<i>Quela</i>	palo blanco	<i>Fagaceae</i>	Ar	El	si
<i>Quercus grisea</i>	<i>Quegri</i>	palo chino	<i>Fagaceae</i>	Ar	El	si
<i>Quercus potosina</i>	<i>Quepo</i>	palo chaparro	<i>Fagaceae</i>	Ar	El	si
<i>Quercus microphylla</i>	<i>Quemic</i>	chapparito	<i>Fagaceae</i>	Ab	Nu	si

Cuadro 2. Conclusión.

Especie	Clave	Nombre común*	Familia	Clasificación forestal**	Uso y Reporte***
<i>Quercus resinosa</i>	<i>Queres</i>	encino hojudo	<i>Fagaceae</i>	Ar	Ehj si
<i>Quercus rugosa</i>	<i>Querug</i>	palo blanco	<i>Fagaceae</i>	Ar	EI si
<i>Quercus sideroxylla</i>	<i>Quersid</i>	palo rojo	<i>Fagaceae</i>	Ar	EI-Eh si
<i>Quercus eduardii</i>	<i>Queredu</i>	palo rojo	<i>Fagaceae</i>	Ar	EI-Eh si
<i>Quercus</i> sp.	<i>Encino 1</i>	encino	<i>Fagaceae</i>	Ab	EI si
<i>Quercus obtusata</i>	<i>Querobt</i>	encino	<i>Fagaceae</i>	Ab	EI nuevo
<i>Yucca filifera</i>	<i>Yufi</i>	palma	<i>Agavaceae</i>	Ab	Nu si
<i>Odontotrichum amphium</i>	<i>Odoamp</i>	vaquerilla	<i>Asteraceae</i>	Ab	Nu si
<i>Phytocellobium leptophyllum</i>	<i>Phylep</i>	gatuño de la sierra	<i>Leguminosae</i>	Ab	Nu si
<i>Eisenhardtia polystachya</i>	<i>Eipol</i>	varaduz	<i>Fabaceae</i>	Ab	Nu si
<i>Crataegus</i> spp.	<i>Crasp</i>	tejocote	<i>Rosaceae</i>	Ar	Nu nuevo
<i>Quercus</i> sp-2	<i>Encino 2</i>	encino	<i>Fagaceae</i>	Ab	Nu si
<i>Ipomoea stans</i>	<i>Ipost</i>	galuza	<i>Convolvulaceae</i>	Ab	Nu si

\* Los nombres comunes fueron proporcionados por los habitantes de la comunidad "La Congoja" y no necesariamente corresponden al nombre común en otras localidades donde pudieran encontrarse estas especies.

\*\* Dentro de la Clasificación Forestal, Ar = Arbol y Ab = Arbusto.

\*\*\* Los reportes corresponden a la flora identificada con anterioridad, los nuevos reportes, corresponden a individuos identificados en este trabajo. ¥ El uso de las especies forestales encontradas, depende de la experiencia de los gestores del bosque, de este modo, Nu = ningún uso; EI = extracción de leña; Fr = uso como planta de forraje; Med = uso medicinal; Pt = uso maderable, para la extracción como postes; Oc = ocoteo; Ehj = extracción de hojas para adornos; Eh = elaboración de herramientas.

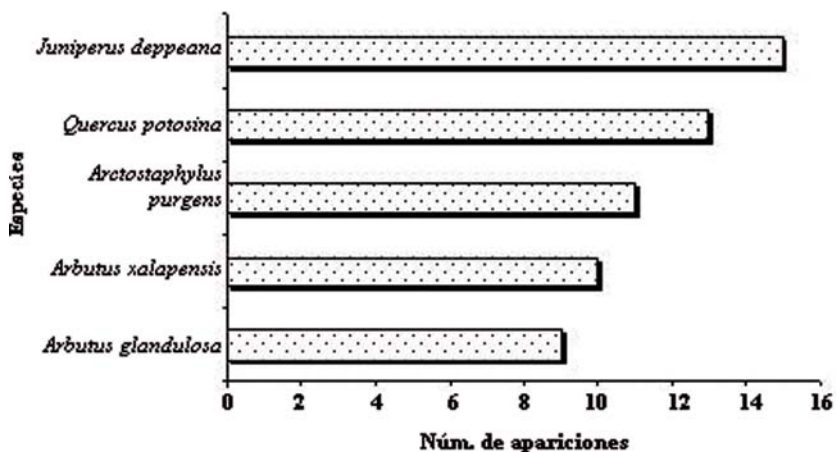


Fig. 2. Especies forestales con amplia distribución en el área de estudio dentro del ANP-Sierra Fría.

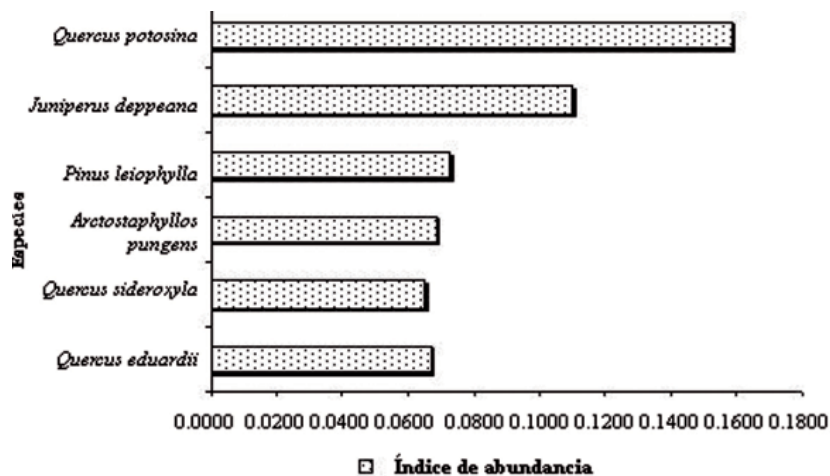
más alto ( $ia = 0.1585$ ), seguido de *J. deppeana* ( $ia = 0.1102$ ), esta especie también posee la distribución más amplia. Del género *Pinus*, *P. leiophylla* es la más abundante, por encima de la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y de los encinos rojos (*Q. sideroxylla* y *Q. eduardii*, Fig. 3).

Existen especies como el caso de *Pinus chihuahuana*, *Pinus lumholtzii* y *Pinus duranguensis* que presentan distribución restringida, pero son abundantes en sitios muy específicos.

**Diversidad y riqueza de especies.** En promedio, el índice de diversidad  $H$  más alto se encuentra en sitios cuya altitud oscila entre 2 400-2 600 y 2 600-2 800 m.s.n.m. ( $H = 1.48$  y  $1.63$ , respectivamente), los primeros, asociados a barrancas y lugares de difícil acceso; el segundo índice corresponde a lugares con mayor humedad y sitios

sin aprovechamiento. Los índices más bajos ( $H = 1.22$  y  $1.36$ ) se presentan los rangos altitudinales de 2200-2400 y 2000-2200 m respectivamente, ubicados en terrenos planos, con un manejo intensivo y altas tasas de aprovechamiento de recursos.

De acuerdo a la geoforma, la diversidad  $\beta$  de Wittaker fue mayor en los sitios cóncavos ( $\beta_w = 5.80$ ), seguido de los sitios cóncavos ( $\beta_w = 4.27$ ) y terrenos planos ( $\beta_w = 4.04$ ). De acuerdo al nivel altitudinal, la diversidad más alta se localiza en sitios cuya altitud oscila entre los 2 400 y 2 600 m ( $\beta_w = 7.22$ ), principalmente en las barrancas y lugares de difícil acceso. Por el contrario, los índices más bajos, se presentan en sitios con altitud inferior a los 2 400 m ( $\beta_w = 4.52$ ), localizados en terrenos planos, con un manejo intensivo y de fácil acceso. De acuerdo al análisis de rarefacción para el esfuerzo de muestreo, el número de espe-



**Fig. 3.** Índices de abundancia de las especies mejor representadas en el polígono de 25 km<sup>2</sup> en el ANP-Sierra Fría, Aguascalientes. El eje de las X constituye el índice de abundancia, que oscila entre 0.0670 (*Quercus eduardii*) y 0.1585 (*Q. potosina*). El valor máximo del índice de abundancia podría ser 1.

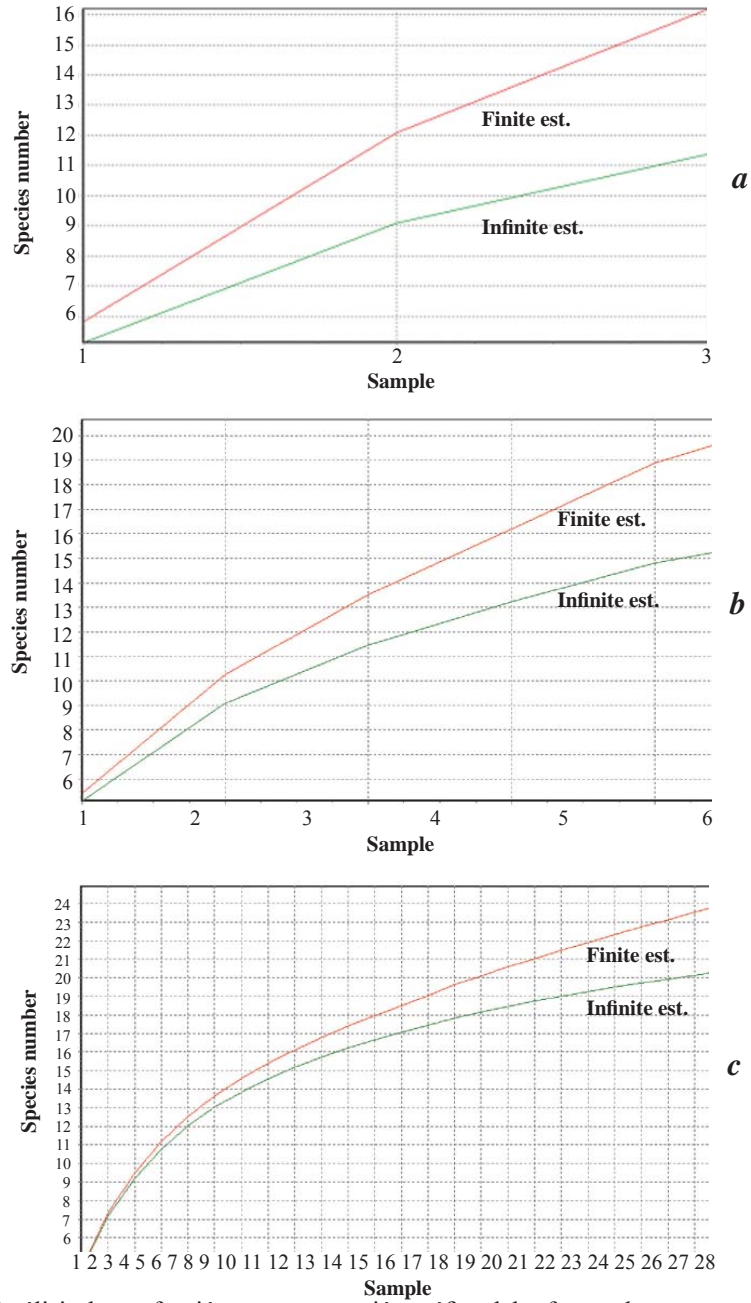
cies es mayor en las altitudes tres y cuatro (mayor cantidad de muestreos), pero numéricamente resulta similar a las altitudes 1 y 5 (Fig. 4).

#### Relación de variables ambientales y de sitio con la distribución y abundancia de especies. Altitud y posición topográfica.

El análisis de la distribución de especies de acuerdo a los gradientes altitudinales y geofoma sugiere que el estrato altitudinal entre 2000 y 2200 m, es el que menor riqueza de especies arbóreas y arbustivas alberga, probablemente debido a la menor precipitación o a las actividades de manejo que en esa zona se realizan (principalmente pastoreo). Las especies mejor representadas en este rango pertenecen al matorral xerófilo, y tres de ellas, como en el caso de *Dodonaea*

*viscosa*, *Phytocellobium leptophyllum*, y *Odontotrichum amplum*, son consideradas como indicadoras de sobrepastoreo (Kalil-Gardezii *et al.*, 2000). A partir del segundo estrato (2 200 a 2 400 m.s.n.m.) comienzan a distribuirse las especies de *Pinus* y *Quercus*, aunque se pueden encontrar individuos aislados de *Quercus resinosa* en altitudes mayores (cuadro 3).

De las especies de coníferas dominantes en el ANP-Sierra Fría, *Pinus leiophylla* y *P. teocote* se distribuyen en altitudes que van de los 2 400 a los 2 600 m.s.n.m. Entre los 2 600 y 2 800 m.s.n.m. estas dos especies se distribuyen de manera más dispersa y se localizan principalmente en las barrancas. *P. leiophylla* también se localiza en mesetas a 2 700 m de altitud (por ejemplo, Mesa del Águila y Mesa del Aserradero). Los enci-



**Fig. 4.** Análisis de rarefacción y representación gráfica del esfuerzo de muestreo de acuerdo a diferentes gradientes de altitud, a) 2000-2200, b) 2200-2400, c) 2400-2600, d) 2600-2800 y e)  $\geq 2800$  m.s.n.m.

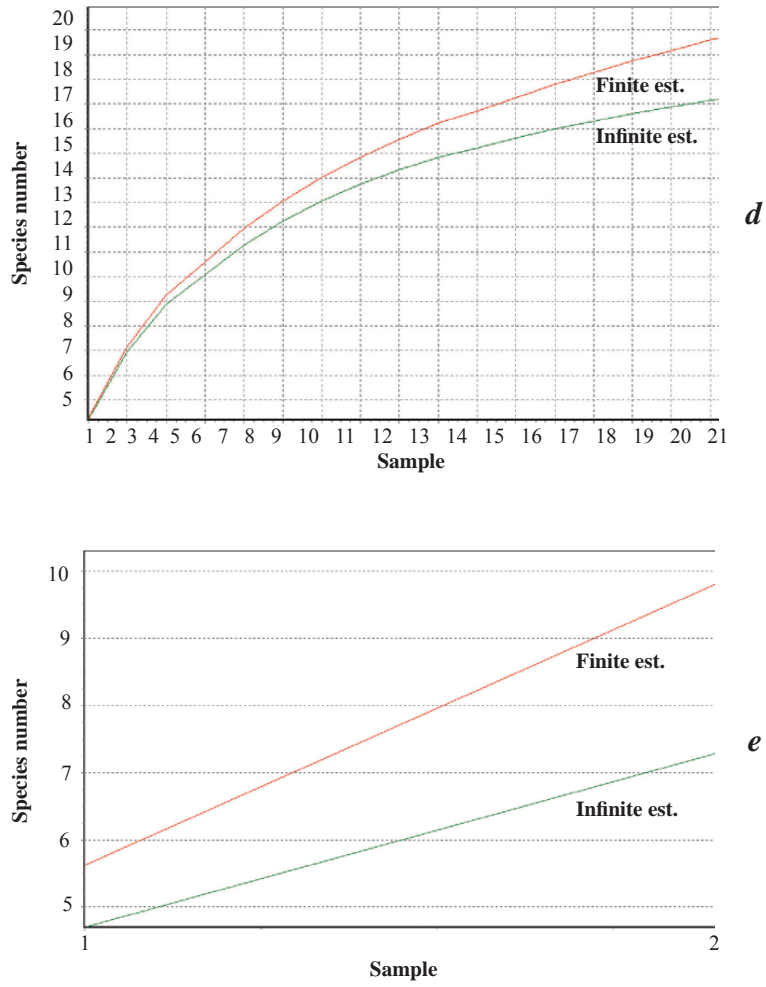


Fig. 4. Conclusión.

**Cuadro 3.** Distribución de las especies dominantes por estratos altitudinales.

ESPECIES	ALTITUD <sup>±</sup>														
	A1			A2			A3			A4			A5		
	2	2.1	2.19	2.2	2.3	2.39	2.4	2.5	2.59	2.6	2.7	2.79	2.8	2.9	3
<i>Arctostaphylos pungens</i>															
<i>Dodonaea viscosa</i>															
<i>Juniperus deppeana</i>															
<i>Quercus potosina</i>															
<i>Bursera fagaroides</i>															
<i>Eisenhardtia polystachya</i>															
<i>Juniperus flacida</i>															
<i>Acacia farnesiana</i>															
<i>Prosopis laevigata</i>															
<i>Arbutus glandulosa</i>															
<i>Quercus resinosa</i>															
<i>Yucca filifera</i>															
<i>Phytocellobium leptophyllum</i>															
<i>Asclepias linearis</i>															
<i>Quercus eduardii</i>															
<i>Odontotrichum amplum</i>															
<i>Pinus leiophylla</i>															
<i>Pinus teocote</i>															
<i>Quercus rugosa</i>															
<i>Quercus chihuahuensis</i>															
<i>Quercus sideroxyla</i>															
<i>Arbutus xalapensis</i>															
<i>Pinus lumholtzii</i>															
<i>Juniperus duranguensis</i>															
<i>Quercus coccolobifolia</i>															
<i>Quercus grisea</i>															
<i>Quercus laeta</i>															

∓ La distribución de las especies en los distintos gradientes altitudinales estuvo en función de las 10 especies dominantes (obtenido de la frecuencia/sitio) en cada estrato altitudinal.

± Las altitudes (A1-A5) están calculadas en m\*1000.

‡ Las barras con franjas en gris indican que esa especie es abundante en los niveles altitudinales donde se le encontró. Por el contrario, las franjas en negro, indican que si bien, esa especie no es abundante, sí se encontró en las altitudes marcadas, pero en bajas densidades.

nos rojos (*Q. eduardii* y *Q. sideroxylla*) se distribuyen en altitudes de 2 400 a 2 600 m, principalmente a lo largo de las barrancas (cuadro 3).

El estrato con mayor riqueza de especies es el comprendido entre 2 600 y 2 800 m.s.n.m., donde dominan especies de los géneros *Quercus* y *Pinus*. Algunas especies como *Juniperus duranguensis*, *Pinus lumholtzii* y *Quercus coccolobifolia* restringen su distribución a altitudes entre 2600 y 2 800 m.s.n.m., usualmente en suelos altamente perturbados y formando colonias entre ellos.

El análisis de correspondencias canónicas (cuadro 4) nos permite considerar que el eje 1 explica un 14.6% de la variación en la distribución de las especies y se asocia con la posición cóncava, que es el factor de sitio con el mayor índice de correlación en relación a las especies, aunque también se correlacionaron positivamente de manera significativa (prueba de Montecarlo  $F = 3.95$ ;  $P < 0.01$ ) la exposición solar Norte, la fisiografía de ladera baja y la cobertura forestal tipo 4 (50-70% de cobertura de dosel). Como se puede apreciar, los dos primeros eigen valores presentaron valores relativamente altos (0.606 y 0.514, respectivamente). La correlación especie-ambiente fue alta en todos los ejes; sin embargo, fue mayor en los dos primeros,  $r = 0.983$  en el primero y  $r = 0.964$  en el segundo (cuadro 4).

La suma de las varianzas en los dos primeros ejes canónicos explica el 35.9% de la variación en la relación especie-ambiente. En el eje 4, la varianza acumulada es de 58.4%. Esta varianza mide el grado de la relación entre los factores analizados (cuadro 4).

En el eje 1, se correlacionaron negativamente las posiciones planas. En el eje 2, existió una correlación negativa de la altitud 3 (2 400-2 600 m), la pendiente tipo 2 (5-10%), la fisiografía en fondo de barranco y el uso del terreno. Los factores fisiografía de ladera baja, el tipo 2 de explotación y el uso 1 del terreno tuvieron una correlación positiva.

En el eje 3, se correlacionaron positivamente la altitud 5 ( $> 2 800$  m) y la fisiografía de media ladera. Los factores relacionados con el eje 4, tuvieron los coeficientes de correlación más bajos y corresponden a los sitios con altitud  $> 2 800$  m.s.n.m. y fisiografía escarpada (cuadro 5).

Se encontraron grupos de especies donde las variables ambientales señaladas en el cuadro 6 tuvieron influencia sobre su distribución geográfica. De esa manera, ninguna especie tuvo una variable ambiental determinante en su presencia o ausencia (Figs. 5 a y b).

El cuadro 6 muestra que la altitud, geoforma del terreno y exposición solar del sitio, son los factores que mejor separan los hábitats de las diferentes especies. Por ejemplo, las poblaciones de *Pinus leiophylla*, son abundantes en altitudes entre 2 400 y 2 600 m.s.n.m. y en geoformas cóncavas en las laderas medias de las barrancas. Los encinos rojos (*Quercus eduardii* y *Q. sideroxylla*) se distribuyen en altitudes mayores a 2 400 m, con exposiciones solares orientadas al Norte, principalmente en laderas bajas y fondos de barranco, lo que indica lugares con acumulación de humedad y nutrientes.



**Cuadro 4.** Valores estadísticos obtenidos mediante el análisis de Correspondencias Canónicas.

Factores de evaluación	Ejes canónicos				Total de inercia
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	
Eigen valores	0.606	0.514	0.387	0.315	4.144
Correlaciones especie-ambiente	0.983	0.964	0.949	0.876	
Porcentaje de varianza acumulada de especies	14.6	27	36.4	44	
De la relación especie-ambiente	19.4	35.9	48.3	58.4	
Suma de todos los E. valores					4.144
Suma de todos los E. valores canónicos					3.119
Prueba de significancia del primer eje canónico: eigen valor = 0.606; F = 3.595; p = 0.0020					
Prueba de significancia de todos los ejes canónicos: traza = 3.119; F = 1.728; p = 0.0020					

La descripción completa de los índices de correlación entre las especies y las variables ambientales se aprecia en el cuadro 6.

## DISCUSIÓN

Las 50 especies arbóreas y arbustivas encontradas en la zona de estudio muestran una riqueza vegetal alta comparativamente con otras regiones de montaña, los géneros mejor representados son *Quercus* y *Pinus*. El área estudiada alberga una pequeña porción (6.8%) de las especies de encinos que habitan en México (161 especies; Valencia, 2004); sin embargo, este porcentaje es superior que en áreas con una extensión similar y precipitación mayor, como el caso de la Chinantla, Oaxaca, que posee solo el 3.7% del total de las especies de encinos registrados en México (Meave, *et al.*, 2006). En relación a los pinos, el área estudiada posee cerca del 17% de las especies identificadas

en México (49 especies de acuerdo a Styles, 1993; mismo número según Sáenz-Romero *et al.*, 2003). Esta proporción es similar a la reportada por Márquez-Linares *et al.*, (1999) en un área de bosque de pino-encino, en Durango, México, donde registraron ocho especies de pino. En relación con la estación científica “Las Joyas”, en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, la diversidad de *Quercus* (16 spp.) es similar a la Sierra Fría, aunque la superficie de las Joyas es menor (Ca. 3600 ha). En conjunto, toda la Reserva de Manantlán alberga 31 especies de encinos en un área de 137 000 ha (Olvera-Vargas *et al.*, 2006). La riqueza de pinos en la Sierra Fría es superior a la que se encuentra en Las Joyas. Esta última sólo cuenta con dos especies (Cuevas-Guzmán *et al.*, 2004). En la Sierra de Órganos, en Zacatecas, sólo existen cuatro especies de encinos y dos de pinos (Enríquez-Enríquez *et al.*, 2003) en una superficie similar al

**Cuadro 5.** Coeficientes de correlación obtenidos entre los ejes canónicos y las variables ambientales, obtenidos mediante ACC en el paisaje de la Sierra Fria, Aguascalientes. Las abreviaturas se describen en la parte posterior del cuadro 6.

Variables ambientales	Correlaciones de las variables ambientales en los ejes canónicos			
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Alt3		-0.5479		
Alt5			0.3241	0.2707
CV	0.6298			
TP	-0.4823		-0.3036	
Pnd1			-0.3333	
Pnd2		-0.3198		
ENorte	0.4326			
PLANICIE	-0.4823		-0.3036	
Tplano	-0.4559		-0.2974	
Cumbre				-0.1606
Credonda				-0.1817
Mladera			0.3081	
Bladera	0.5045	0.2895	-0.2385	
Fbarranc		-0.3103		
Cov2				0.2989
Cov4	0.389			
U1		0.4167		0.3485
UM		-0.422		
In1		0.291		
In2			0.3259	
In3			-0.3341	
Ex2		0.3055		
Ex7	0.4494		-0.2523	
ExMul	-0.3078			



**Cuadro 6.** Matriz de correlaciones canónicas entre las especies analizadas y los descriptores ambientales analizados.

V. ambientales	<i>Ax</i>	<i>Ab</i>	<i>Ap</i>	<i>Css</i>	<i>Pdm</i>	<i>Pdq</i>	<i>Pchi</i>	<i>Pl</i>	<i>Plu</i>	<i>Pmii</i>
Descriptor de altitudes										
Alt2			0.55							
Alt3								0.92		0.92
Alt4						0.52	0.78	-0.72	0.525	-0.72
Alt5			0.67							
Descriptor de geoformas										
CV	0.47			-0.81	-0.82		-0.82			
CX				0.68			-0.83	-0.64		-0.83
TP	-0.44				-0.48	-0.481		-0.48		
Descriptor de pendientes										
Pnd1					-0.58	-0.58	1.723		-0.58	-0.58
PND2				-0.46	-0.46				-0.45	
PND3		0.40								
PND4										
PND5			0.414							
Descriptor de Exposiciones solares										
ENORTE	0.58				0.77	0.93		0.75		
ESUR					-0.52	-0.51	-0.51		-0.51	-0.51
EOESTE										
Descriptor de Fisiografías										
PLANICIE	-0.439				-0.48	-0.48				
TPLANO					-0.46	-0.46				
CUMBRE										
CREDONDA										
ALADERA			0.45	-0.41						
MLADERA					-0.73		-0.89	0.59		-0.89
BLADERA										
FBARRANCO								0.58		
Descriptor de Coberturas de dosel (Cov = coverage)										
COV2						0.81			0.81	
COV3				0.95	0.95		-0.71			0.95
COV4	0.49			-0.69	-0.69	-0.69	-0.69		-0.69	-0.69
Descriptor de los usos del terreno										
U1										
UF										
UM			-0.43				0.467			
Descriptor de la intensidad del uso del terreno										
IN1					0.89					-0.95
IN3										
IN4										
IN5	-0.61	-0.53				-0.61			-0.60	
Descriptor del tipo de explotación del terreno										
EX1										
EX2			0.50							
EX3					-0.74	-0.73	-0.73		-0.73	-0.73
EX7	0.47	0.42			-0.43	-0.42				
EXMUL				-0.79	-0.79	-0.79			-0.79	-0.79

Cuadro 6. Continuación.

<i>Pt</i>	<i>Jdu</i>	<i>Jde</i>	<i>Qco</i>	<i>Qch</i>	<i>Qgris</i>	<i>Qla</i>	<i>Qpo</i>	<i>Qress</i>	<i>Qru</i>	<i>Qsi</i>	<i>Qedu</i>
								0.75			
	0.68		0.78	0.68		-0.75		-0.72	0.90		0.55
						0.93		-0.72	-0.72	0.81	0.70
0.71											
	-0.48	0.51	-0.48		-0.76		-0.56	-0.81	0.84		0.44
					0.81		-0.56			-0.48	-0.48
-0.57	-0.58		-0.58			0.57	0.47		0.94		-0.53
						-0.45					
								-0.80	-0.80		
	-0.51		-0.51						0.93	0.65	0.65
						0.82			-0.51		
		0.51					0.57		-0.48		
		0.52					0.50		-0.46		
0.72							0.47				
0.94								-0.89	-0.76	0.96	
											0.68
	0.594		0.89		0.98						
	-0.69		-0.69			-0.95		0.95			0.68
							-0.42	-0.69			
0.75				0.75						0.68	
0.91										0.87	
	-0.60	-0.60	-0.60		0.86			-0.60		-0.60	
										0.64	
	-0.737		-0.73			-0.43		-0.73	-0.67		0.60
	-0.794		-0.79	-0.4				-0.79		-0.65	

## Cuadro 6. Conclusión.

**Especies:**

Ax = *Arbutus xalapensis*; Ab = *Arbutus glandulosa*; Ap = *Arctostaphylos pungens*; Css = *Comerostaphyllys* spp.; Pdm = *Pinus duranguensis*; Pdq = *Pinus duranguensis*; *Pinus chihuahuana*; *Pinus leiophylla*; *Pinus lumholtzii*; *Pinus michoacana*; *Pinus teocote*; *Juniperus duranguensis*; *Juniperus deppeana*; *Quercus coccolobifolia*; *Quercus chihuahuensis*; *Quercus grisea*; *Quercus laeta*; *Quercus potosina*; *Quercus resinosa*; *Quercus rugosa*; *Quercus sideroxylla*; *Quercus eduardii*.

**Descriptores:**

Altitudes: Alt2 = altitud 2, Alt3 = altitud 3, Alt4 = altitud 4, Alt5 = altitud 5;

Geofomas: Cv = posición cóncava, Cx = posición convexa, TP = terreno plano;

Pendientes: Pnd1 = pendiente 0-5%, Pnd2 = pendiente 5-10%, Pnd3 = pendiente 10-20%, Pnd4 = pendiente 20-40%, Pnd5 = pendiente > 40%.

Fisiografías: Aladera = alto de ladera, Mladera = media ladera, Credonda = cumbre redonda, Fbarranco = fondo de barranco, Bjadera = bajo de ladera.

Coberturas: Cov1 = cobertura clase 1, Cov2 = cobertura clase 2, Cov3 = cobertura clase 3, Cov4 = cobertura clase 4.

Usos: U1 = uso 1 (conservación), Uf = uso forestal, UM = uso múltiple.

Intensidades de explotación: In1 = intensidad 1, In3 = intensidad 3, In4 = intensidad 4

Tipos de explotación: Ex1 = explotación 1, Ex2 = explotación 2, Ex3 = explotación 4, Ex7 = explotación 7, Exmul = explotación múltiple.

área estudiada, probablemente causado por las perturbaciones a la que la zona ha sido expuesta.

En la Sierra Fría, las especies más ampliamente distribuidas y abundantes son *Q. potosina* y *J. deppeana*. En el caso de *Q. potosina* su distribución y abundancia puede estar relacionada con la fisiografía dominante en esta zona, así como con la precipitación media anual (650 mm). La aparición de *J. deppeana* posiblemente está relacionada con los disturbios ocurridos en la Sierra Fría durante el periodo comprendido entre 1920 y 1940 (Minnich *et al.*, 1994). Esta especie, probablemente ha sido pionera en la recuperación de la cubierta vegetal. *Pinus leiophylla* es la especie del género *Pinus* con mayor abundancia. Su población es abundante en lugares húmedos y altitud mayor a 2 500 m.s.n.m., contrario a los registros de Siqueiros (1989), donde propone una población reducida y con una tendencia hacia la disminución. Se han encontrado ejemplares aislados de *P. leiophylla* en terrenos planos, lo que hace suponer que en el pasado esta especie presentaba una mayor distribución.

Los índices de diversidad H por cada estrato altitudinal sugieren que entre 2 400 y 2 600 m.s.n.m., la riqueza vegetal del ANP-Sierra Fría es similar a los bosques de clima templado, similar a lo que ocurrió con el índice de Whitakker. Posiblemente la mayor cantidad de muestras realizadas en algunos gradientes altitudinales influya para que ocurra una mayor diversidad; sin embargo, el análisis de rarefacción sugiere que no fue así. Por otra parte, los estratos de altitudes 2400-2600 y 2600-2800 representan la mayor superficie del área analizada (7500 y 8000 ha respectivamente). En esos

estratos, la vegetación presenta un mayor estado de conservación.

Considerando que el área no cuenta con un plan de manejo bien establecido (Gobierno del Estado de Aguascalientes, 1994) y que la diversidad y su grado de conservación es una de las demandas señaladas para conformar las ANP (CONANP, 2009), el territorio comprendido en este rango altitudinal podría ser considerado el área prioritaria para la conservación en este ecosistema.

Cuando se analiza la relación especie-ambiente, la mayoría de los estudios aborda una especie o un género en específico (Poulos y Camp, 2005; Meave *et al.*, 2006); sin embargo, son muy pocos donde se analiza el componente vegetal en su conjunto (Von Holle *et al.*, 2003; Von Holle y Motzkin, 2007). El análisis de los factores implicados en la distribución y abundancia de las especies, sugiere que en la Sierra Fría la relación especie-ambiente es determinante en la distribución espacial de la vegetación. Los factores con mayor peso incluyen valores de altitud, fisiografía del terreno, la exposición solar Norte y Sur y valores específicos de pendiente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Poulos y Camp (2005) en el Parque Nacional del "Big Bend", donde los factores determinantes para la distribución de la vegetación, son la altitud y la pendiente del terreno.

La variable altitud tiene implícita la temperatura y la humedad. De acuerdo a la atmósfera estándar internacional (ISA, 2009), la temperatura disminuye a una tasa de 6.5°C/km y de acuerdo a esta tasa, en nuestra área de estudio habría una diferencia de -5.2°C entre la zona más baja y la de mayor altitud (> 2 800 m). Factor que limita el estable-

cimiento de algunas especies. Ejemplo de ello son las poblaciones de *Pinus* spp. que tienden a distribuirse en altitudes superiores a los 2 400 m; sin embargo, específicamente *P. leiophylla* se limita a un rango de 2 400-2600 y en exposiciones orientadas al Norte, donde existe un balance hídrico más favorable (Sáenz-Romero *et al.*, 2003). En el caso de los encinos, la influencia del ambiente fue más evidente en las especies *Q. eduardii*, y *Q. sideroxylla*, que se vieron afectadas por las altitudes entre 2 400 y 2 600 m, la exposición solar al Norte y media pendiente, variables indicadoras de menor evapotranspiración y mayor humedad, como lo sugiere Álvarez-Moctezuma *et al.*, (1999). *Q. rugosa* estuvo influida por la fisiografía de fondo de barranco, correspondientes a sitios con acumulación de nutrientes y altos contenido de humedad.

La distribución de especies como *J. deppeana* y *Q. potosina*, las más abundantes y ampliamente distribuidas, están influidas por sitios planos y coberturas de dosel que varían entre 30 y 50%. Una explicación es que *Q. potosina* tolera altos índices de sequía y *J. deppeana*, es una especie pionera en sitios perturbados, como lo sugieren Minnich *et al.* (1994). Por otra parte, la presencia o ausencia de las especies también puede deberse a su capacidad de dispersión o a la presencia o ausencia de dispersores (Krebs, 1993). Los resultados obtenidos, contribuyen a describir el hábitat de las especies, factor esencial en los programas de restauración y manejo de bosques de clima templado (Jeffrey y Jeffrey, 1994; Álvarez-Moctezuma *et al.*, 1999; Meave *et al.*, 2006; Rey-Benayas *et al.*, 2008), acciones que, al menos en el caso de México, han evidenciado escasos resultados.

Por un lapso mayor a 50 años, en México se han desarrollado múltiples programas de reforestación, sin embargo no ha existido una evaluación seria sobre sus resultados, aunque se considera que el porcentaje de sobrevivencia es muy bajo (Pérez-Salicrup, 2005). Por ello es fundamental considerar las variables ambientales, que influyen notoriamente para que una especie pueda establecerse en sitios ecológicos específicos (Bazzas, 1991). En el caso de la Sierra Fría, es fundamental continuar con la investigación a nivel regional, e incorporar otras variables como tipo y profundidad de suelo, grupos ecológicos de especies (por ejemplo *Q. coccolobifolia*-*P. lumholtzii*-*Juniperus duranguensis*, cuya distribución es restringida a sitios muy específicos).

#### CONCLUSIONES

Se registraron 50 especies arbóreas y arbustivas, tres de ellas (*Q. obtusata*, *J. duranguensis* y *Crataegus* sp.) son nuevos reportes en la Sierra Fría. Los géneros *Pinus* y *Quercus* son los mejor representados en el área. Las especies *Q. potosina* y *J. deppeana* son las más abundantes y con distribución más amplia en el área de estudio del ANP-Sierra Fría. La diversidad encontrada en las altitudes evaluadas y sus condiciones implícitas indica que por su estado de conservación, es en esta zona donde debe establecerse la zona núcleo en el plan de manejo. Con la información obtenida se estima que la altitud, fisiografía del terreno, exposiciones solar Norte y Sur son variables que influyen en la distribución de la vegetación, por lo que los planes de manejo deben de considerar estas condiciones para el establecimiento de las especies.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios de los predios donde se realizó el trabajo de campo, especialmente a Clemente Villalobos, del rancho Piletas por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto. Se reconoce la participación de José de Jesús Luna Ruiz y Jorge Martínez Martínez por sus sugerencias en los métodos estadísticos empleados. De manera especial, se agradece a Nahum Hernández, Alejandro Torres, Guadalupe de León, Luis Hernández, Sergio Esparza y Roxana Miranda, por su apoyo en el trabajo de campo.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Moctezuma, J.G., S. Ochoa-Gaona, B.H.J. de Jong y M.L. Soto-Pinto, 1999. "Hábitat y distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas". *Biología Tropical*, **47**: 351-358.
- Asbjornsen, H., K.A. Vogt y M.S. Ashton, 2004. "Synergistic responses of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, Mexico". *Forest Ecology and Management*, **192**: 313-334.
- Bailey, R.G., 1998. "Continental types and their controls". In *Ecorregions*, R.G. Bailey (ed.). Springer-Verlag, New York Inc. pp. 33-50.
- Bazzaz, F.A. 1991. "Habitat selection in plants". *American Naturalist*, **137**: 116-130.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2009. CONANP. <http://www.conanp.gob.mx> . Consultada en Junio de 2009.
- Cuevas-Guzmán, R., S. Koch, E. García-Moya, N.M. Núñez-López y E.J. Jardel-Peláez, 2004. "Flora vascular de la Estación Científica Las Joyas". In: *Flora y vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. R. Cuevas-Guzmán y E.J. Jardel-Peláez (eds.). Centro Universitario de la Costa Sur-UDG. México. p. 117-176.
- Challenger, A., 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad, Instituto de Biología UNAM, Agrupación Sierra Madre. México.
- Challenger, A. y J. Soberón, 2008. "Los ecosistemas terrestres de México". In: *Capital natural de México*, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad-CONABIO-, México. ISBN 978-607-7607-03-8. p. 87-108.
- Chapa-Bezanilla D., J. Sosa-Ramírez y A. de Alba-Ávila, 2008. "Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México". *Madera y Bosques*, **14**: 37-51.
- Daget, Ph. y M. Godron, 1982. *Analyse de l'ecologie des espèces dans les communautés*. Masson, Paris. 163 pp.

- De la Cerda, M.E., 1999. *Encinos de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2da Ed. 77 pp.
- Enríquez-Enríquez, E.D., S.D. Koch y M. González-Elizondo, 2003. "Flora y vegetación de la Sierra de órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México". *Acta Botánica Mexicana*, **64**: 45-89.
- Gardiner, E.S., J.A. Stanturf y C.J. Schweitzer. 2004. "An afforestation system for restoring bottomland hardwood forests: biomass accumulation of nuttall oak seedlings interplanted beneath eastern cottonwood". *Restoration ecology*, **12**: 525-532.
- Gobierno del estado de Aguascalientes, 1994. "Declaratoria del Área Natural protegida Sierra Fría, Aguascalientes", *Diario Oficial Ags.* Tomo LVII, No. 5. Órgano del Gobierno Constitucional del Estado.
- Ibelles-Navarro, A., 2008. "Diagnóstico del paisaje y manejo del territorio en dos zonas forestales: Sierra Fría, en Aguascalientes y Sierra de Lobos, en Guanajuato, México". Tesis Maestría en Ciencias, Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 102 pp.
- Internacional Standard Atmosphere (ISA). 2009. [http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Standard\\_Atmosphere](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Atmosphere). Consultada en Junio de 2009.
- Jeffree, E.P. y C.E. Jeffree, 1994. "Temperature and the biogeographical distributions of species". *Functional Ecology*, **8**: 640-650.
- Khalil-Gardezi, A., V.M. Cetina-Alcalá, D. Talavera-Magaña, R. Ferrera-Cerrato, F. Rodríguez-Neave y M. Larque-Saavedra, 2000. "Efecto de inoculación con endomicorriza arbuscular y dosis creciente de fertilización fosfatada en el crecimiento de chapulixtle (*Dodonaea viscosa*)". *TERRA Latinoamericana*, **18**: 153-159.
- Krebs, C.K., 1993. "Factors that limit distributions: Dispersal". In *Ecology*, C. K. Krebs. John Wiley and Sons. p. 41-56.
- Linton, M.J., J.S. Sperry y D.G. Williams, 1998. "Limits to water transport in *Juniperus osteosperma* and *Pinus edulis*: implications for drought tolerance and regulation of transpiration". *Functional Ecology*, **12**: 906-911.
- Márquez-Linares, M.A., S. González-Elizondo y R. Álvarez-Zagoya, 1999. "Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Mex". *Madera y Bosques*, **5**: 67-78.
- McKevlin, M.R., 1992. *Guide to regeneration of bottomland hardwoods*. Gen. Tech. Rep. SE-76. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 35 pp.
- Meave, J.A., A. Rincón, and M.A. Romero-Romero, 2006. "Oak forest of the ever Hyper-humid region of la Chinantla,

- Nortehern Oaxaca range, Mexico". In: M. Kappelle (Ed.), 2006. *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests. Ecological studies* vol. 185. Springer-Verlag Heilderberg. 489 pp.
- Millennium Ecosystem Assesment, 2005. *Ecosystem and human well being. A report of the Millenium Ecosystem Assesment*. 155 pp.
- Minnich, R.A., J. Sosa-Ramírez, V.E. Franco, W.J. Barry y M.E. Siqueiros, 1994. "Reconocimiento preliminar de la vegetación y de los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría, Aguascalientes". *Investigación y Ciencia*, **12**: 23-29.
- Olvera-Vargas, M., B.L. Figueroa-Rangel, J.M. Vázquez-López, and N. Brown, 2006. "Dynamics and silviculture of montane mixed oak forest in western Mexico". In: Kapelle, M. *Ecology and conservation of neotropical montane oak forest. Ecological Studies*, vol. 185, Springer Verlag Germany. pp. 363-374.
- Pérez-Salicrup, D.R., 2005. "La restauración en relación con el uso extractivo de recursos bióticos". En: *Temas sobre restauración ecológica*, O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez, y D. Azuara (eds.). Instituto Nacional de Ecología – SEMARNAT, U. S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la conservación, A.C. México, DF 79-86 pp.
- Poulos, H.M. y A.E. Camp., 2005. "Vegetation-Environment Relations of the Chisos Mountains, Big Bend National Park", *Texas USDA Forest Service Proceedings* RMRS-P-36. 6 pp.
- Rey-Benayas, J.M., J.M. Bullock y A.C. Newton, 2008. "Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use". *Frontiers in Ecology and the Environment*, **6**: 329-336.
- Saénez-Romero, C., A.E. Snively y R. Lindig-Cisneros, 2003. "Conservation and restoration of pine forest genetic resources in Mexico". *Silvae Genetica*, **52**: 233-237.
- Schröeter, D., W. Cramer y R. Leemans, 2005. "Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe". *Science*, **310**: 1333-1337.
- Siqueiros, D.M.E., 1989. *Coníferas de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 68 pp.
- Smith, W.B., J.S. Vissage, D.R. Darr y R.M. Sheffield. 2001. *Forest resources of the United States*, 1997. Gen. Tech. Rep. NC-219. St. Paul, MN. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station. 190 pp.
- Sosa-Ramírez, J., O. Moreno-Rico, G. Sánchez-Martínez, M.E. Siqueiros-Delgado y V. Díaz-Núñez. 2011. "Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México". *Madera y Bosques*, **17**(3). En prensa.
- Styles, B.T., 1993. "The genus *Pinus*: a México purview". In *Biological di-*

- iversity of Mexico: origins and distribution*. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds.). Oxford University Press, New York. pp. 397-420.
- Sunderlin, W.D., A. Angelsen, B. Belcher, P. Bungers, R. Nasi, L. Santoso and S. Wunder, 2005. "Livelihoods, forests, and conservation in developing countries: an overview". *World Development*, **39**: 1383-1402.
- Sunderlin W.D., S. Dewi, A. Puntodewo, D. Müller, A. Angelsen y M. Epprech, 2008. "Why forest are important for global poverty alleviation: a spatial explanation". *Ecology and Society*, **13**: 24-44.
- Ter Braack, C.J.F. y P. Smilauer, 1998. "CANOCO reference manual and user's guide to CANOCO for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)". Microcomputer power (Ithaca, NY, USA), 352 pp.
- Valencia, A.S., 2004. "Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **75**: 33-53.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández y J. López-Upton, 2006. "Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México". *Revista Fitotecnica Mexicana*, **29**: 121-126.
- Von Holle, B., H.R. Delcourt y D. Simberloff, 2003. "The importance of biological inertia in plant community resistance to invasion". *Journal of Vegetation Science*, **14**: 425-432.
- Von Holle, B. y G. Motzkin, 2007. "Historical land use and environmental determinants of nonnative plant distribution in coastal southern New England". *Biological Conservation*, **136**: 33-43.
- Wimberly, M.C. y T.A. Spies, 2001. "Influences of environment and disturbance of forest patterns in coastal Oregon watersheds". *Ecology*, **82**: 1443-1459.
- Zavala-Chávez, F., 1998. "Observaciones sobre la distribución de encinos en México". *Polibotánica*, **8**: 47-64.

Recibido: 26 septiembre 2011. Aceptado: 21 mayo 2012.