



Artículo / Article

## Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango

### Tree diversity and structure of two stands in *Pueblo Nuevo, Durango*

David Alfredo Delgado Zamora<sup>1</sup>, Sergio Alonso Heynes Silerio<sup>1</sup>, María Daniela Mares Quiñones<sup>1</sup>, Norma Leticia Piedra Leandro<sup>1</sup>, Flor Isela Retana Rentería<sup>1</sup>, Karina Rodríguez Corral<sup>1</sup>, Ali Ituriel Villanueva Hernández<sup>1</sup>, María del Socorro González Elizondo<sup>1</sup> y Lizeth Ruacho-González<sup>1</sup>

#### Resumen

El presente estudio describe la estructura y la diversidad de especies arbóreas de dos rodales con bosque templado de pino-encino, ubicados en la comunidad Coscomate, ejido Chavarría Nuevo, municipio Pueblo Nuevo, Durango. Se muestreó la vegetación por medio del método de cuadrantes centrados en un punto. Se calcularon los parámetros estructurales de dominancia, frecuencia y densidad, con los que se determinó el Índice de Valor de Importancia para los taxa arbóreos de cada sitio, y se obtuvo un histograma de distribuciones diamétricas mediante la función *Weibull*. La diversidad fue estimada por medio del índice de *Shannon-Wiener*. Se empleó la distancia euclidiana para medir la similitud florística entre los sitios. Se registraron 13 especies de árboles pertenecientes a cinco géneros y cinco familias botánicas. Las características estructurales de la vegetación evidencian que la del rodal 1 está dominada por *Pinus cooperi* con escasos elementos arbóreos acompañantes; mientras que la del rodal 2 es más diversa, en la cual *P. durangensis* tiene el mayor valor de importancia. Además, este es el que registra la diversidad más alta ( $H' = 1.07$  a  $1.58$ ). La similitud entre ambos sitios es baja, a pesar de su cercanía y de situarse en intervalos de altitud similares, lo que constituye un ejemplo de la complejidad ecológica de la Sierra Madre Occidental.

**Palabras clave:** *Arbutus*, bosque templado, *Juniperus blancoi* Martínez, *Pinus*, *Quercus*, Sierra Madre Occidental.

#### Abstract

This study describes the structure and diversity of tree species in two stands with pine-oak temperate forests, located in the *Chavarría Nuevo ejido* of the community of *Coscomate*, in the municipality of *Pueblo Nuevo, Durango*. The vegetation was sampled using the method of four quadrants around a point. The structural parameters of dominance, frequency and dominance were estimated and used to determine the Importance Value Index for the tree taxa in each site; a diametric distribution histogram was obtained using the *Weibull* function. The diversity was estimated using the *Shannon-Wiener* index. The Euclidean distance was utilized to calculate the floristic similarity between the sites. 13 tree species belonging to five genera and five botanical families were recorded. The structural characteristics of the vegetation evidence that the vegetation of stand 1 is dominated by *Pinus cooperi* with scarcely any other tree species, while stand 2 shows a larger diversity, with a predominance of *P. durangensis*. Furthermore, this is the stand with the highest diversity ( $H' = 1.07$  a  $1.58$ ). There is a low similarity between the two sites, despite their closeness and despite the fact that they are located at similar altitude intervals -an example of the ecological complexity of the Western *Sierra Madre*.

**Key words:** *Arbutus*, temperate forest, *Juniperus blancoi* Martínez, *Pinus*, *Quercus*, Western *Sierra Madre*.

Fecha de recepción/Date of receipt: 23 de septiembre de 2015 /Fecha de aceptación/Date of acceptance: 21 de diciembre de 2015

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, México.  
Correo-e: liz\_3626@hotmail.com

## Introducción

México cuenta con una extraordinaria diversidad de bosques, los cuales cubren 33 % de su territorio (Semarnat, 2012). Entre ellos destacan los de clima templado, que constituyen uno de los principales tipos de vegetación del país (Rzedowski, 2006); por lo general, se localizan en las porciones medias y altas de las montañas; están integrados por comunidades vegetales de *Pinus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Juniperus* y *Quercus*, en ocasiones forman comunidades mixtas en distintas proporciones (Challenger y Soberón, 2008). México es el principal centro de diversificación de especies de pinos y tiene más de 150 de encinos.

En la Sierra Madre Occidental (SMO) se distribuyen 24 taxa de *Pinus* (46 % del total nacional), 54 de *Quercus* (34 %) y 7 de *Arbutus* (100 %), que son los principales componentes fisonómicos de los bosques en esa región. Los bosques de pino cubren 12 % (30 197 km<sup>2</sup>) de la superficie de la SMO y se sitúan entre los 1 600-3 320 msnm; los de pino-encino ocupan 30 % (76 265 km<sup>2</sup>) (González *et al.*, 2012). Ambos tipos de vegetación son muy diversos y se desarrollan en climas templados y semifríos, así como en los semisecos templados. Presentan una gran biodiversidad y proporcionan grandes beneficios ecológicos y económicos (Semarnat, 2012).

Para realizar un manejo sustentable de los bosques es necesario contar con información básica sobre los elementos que los componen y su estructura. El conocimiento de esta última en las masas forestales es central para el manejo silvícola, ya que determina tanto la salida de productos y de servicios, como la resiliencia y dinámica del ecosistema bajo manejo (Wehenkel *et al.*, 2014).

El conocimiento de la distribución diamétrica de un sitio constituye una herramienta clave para la toma de decisiones en el manejo forestal, pues aporta información sobre las estrategias de regeneración y de la tendencia futura de la población (Uribe, 1984; Wright *et al.*, 2003; Cao, 2004; Corral *et al.*, 2015).

La composición y diversidad también permiten comprender mejor los procesos funcionales y optimizar las prácticas de manejo silvícola. Los estudios de la vegetación son uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de cualquier ecosistema. Al respecto, una caracterización o inventario florístico planificado debe suministrar información en tres niveles: 1) riqueza específica (diversidad alfa); 2) recambio de especies (diversidad beta); y 3) datos de la estructura, útiles para determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas (Villarreal *et al.*, 2006). El objetivo de la presente investigación fue conocer la diversidad y la estructura de dos rodales contiguos, cuyo tipo de vegetación corresponde a un bosque templado.

## Introduction

Mexico has an extraordinary diversity of forests, which cover 33 % of its territory (Semarnat, 2012). Prominent among these are the temperate forests, one of the main types of vegetation in the country (Rzedowski, 2006); they are generally located in the middle and high portions of the mountains and area made up of *Pinus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Juniperus* and *Quercus* vegetal communities or, occasionally, of mixed communities in various proportions (Challenger and Soberón, 2008). Mexico is the main center of diversification of pine species and has over 150 oak species.

24 *Pinus* taxa (46 % of the national total), as well as 54 *Quercus* (34 %) and 7 *Arbutus* taxa (100 %) are distributed in the Western Sierra Madre (WSM); they are the main physiognomic components of the forests in this region. Pine forests cover 12 % (30 197 km<sup>2</sup>) of the surface area of the WSM and are located at an altitude of 1 600-3 320 masl, while pine-oak forests occupy 30 % (76 265 km<sup>2</sup>) (González *et al.*, 2012). Both types of vegetation are very diverse and develop in temperate semi-cold and temperate semi-dry climates. They have a great biodiversity and provide significant ecological and economic benefits (Semarnat, 2012).

Sustainable forest management requires having basic information about their structure and the elements that make them up. Knowledge of the structure of forest masses is essential for silvicultural management, as it determines the output of products and services, as well as the resilience and dynamics of the ecosystem under management (Wehenkel *et al.*, 2014).

Knowledge of the diametric distribution of a site is a key decision making tool in forest management, as it provides information on the regeneration strategies and on the future tendency of the population (Uribe, 1984; Wright *et al.*, 2003; Cao, 2004; Corral *et al.*, 2015).

The makeup and diversity also allow a better understanding of the functional processes, as well as optimization of silvicultural management practices. Studies on the vegetation are one of the main supports for the planning, management and preservation of any ecosystem. In this regard, a planned floristic characterization or inventory must provide information at three different levels - 1) specific wealth (alpha diversity); 2) species replacement (beta diversity), and 3) structure data- that is helpful to determine the conservation status of the studied areas (Villarreal *et al.*, 2006). The purpose of this research was to learn about the diversity and structure of two adjoining stands whose vegetation corresponds to a temperate forest.



## Materiales y Métodos

### El área de estudio

El estudio se realizó en la comunidad Coscomate, ejido Chavarría Nuevo, municipio Pueblo Nuevo, estado de Durango. El sustrato del área presenta suelos de tipo Leptosol y Regosol, sobre afloramientos rocosos de origen ígneo. El clima es templado subhúmedo [C(w)], con precipitación anual de 800 a 1 200 mm, lluvias en verano y temperaturas medias entre 8 y 14 °C. La vegetación dominante se conforma por bosques de pino y de pino-encino (González *et al.*, 2007, 2012). En la comunidad se desarrollan actividades de ecoturismo.

### Muestreo

Se seleccionaron dos rodales contiguos, con intervalos de altitud entre 2 400 y 2 500 m, que difieren, principalmente, en las topoformas predominantes: valles intermontanos, bajíos y laderas con pendientes suaves a medias en el rodal 1, y laderas con pendientes medias a fuertes en el rodal 2 (Figura 1).

En cada localidad se establecieron al azar cuatro sitios de muestreo, donde se empleó el método de cuadrantes centrados en un punto (Cottam y Curtis, 1956; Mitchell, 2007). Esta técnica es una de las de distancia usadas con más frecuencia para el estudio de comunidades vegetales, en particular bosques, ya que proporciona una estimación práctica y útil de la estructura; no requiere la delimitación de las zonas y es menos costosa, en términos de tiempo y dificultad, cuando se desea estudiar la estructura de bosques en zonas de topografía accidentada; además es útil para comunidades en las cuales las plantas están relativamente espaciadas. El método es más eficiente en estudios de bosques (considerando los tiempos de muestreo) que los de área (Mitchell, 2007).

En los sitios de muestreo se trazó una línea de 100 m de longitud, con cinco puntos centrales de muestreo, a una equidistancia de 20 m. En cada punto se cruzó una línea perpendicular para marcar cuatro cuadrantes, en donde, a partir del punto central, se midió la distancia al árbol más cercano. Se registró por individuo: la especie, diámetro de copa, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Solo se tomaron en cuenta individuos con una altura mayor o igual a 1.5 m y el DAP se consideró a 1.30 m. En total, se midieron cuatro árboles por punto central, para sumar 20 por sitio.

### Análisis de datos

Se calcularon los parámetros de densidad, dominancia, frecuencia y el Índice de Valor de Importancia (IVI) en valores absolutos y relativos de los *taxa* por sitio, con las fórmulas de Mitchell (2007). Se empleó la función de Weibull para crear histogramas de distribuciones diamétricas, los cuales fueron

## Materials and Methods

### Study area

The study was carried out in the *Coscomate* community of the *Chavarría Nuevo ejido*, in *Pueblo Nuevo* municipality, *Durango* State. The substrate of the area is formed by Leptosol and Regosol soils over igneous rocky outcrops. The climate is sub-humid temperate [C(w)], with an annual precipitation of 800 to 1 200 mm, summer rains and mean temperatures ranging between 8 and 14 °C. The dominant vegetation consists of pine and pine-oak forests (González *et al.*, 2007, 2012). Ecotourism activities are carried out in the community.

### Sampling

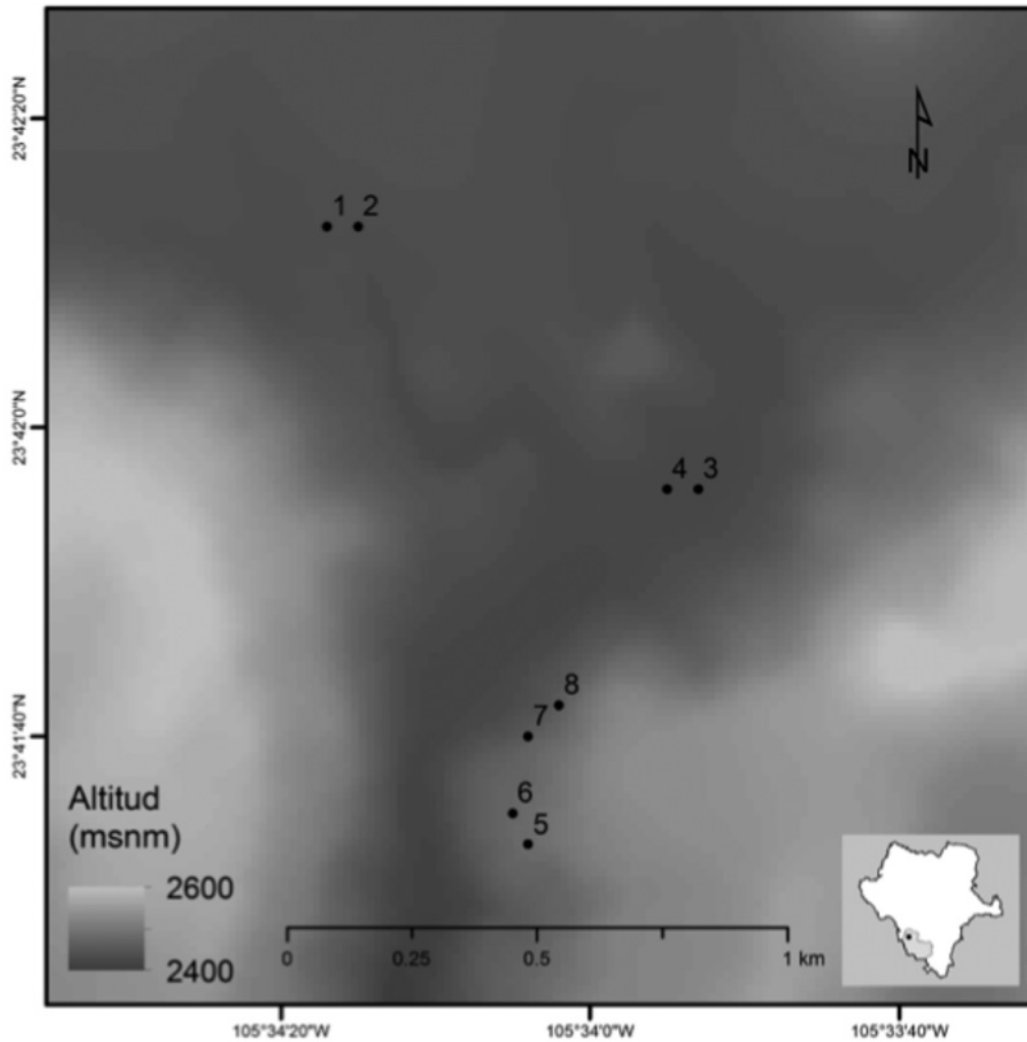
Two adjoining stands were selected, with altitude intervals between 2 4000 and 2 555 masl and differing mainly in their predominant topoforms: intermountain valleys, lowlands and hillsides with mild and medium slopes in stand 1, and mountainsides with medium to steep slopes in stand 2 (Figure 1).

Four sampling sites were established at random in each locality, using the method of four quadrants around a point (Cottam and Curtis, 1956; Mitchell, 2007). This is one of the distance techniques most widely used for the study of vegetal communities, particularly forests, as it provides a useful and practical estimation of the structure, does not require area delimitation, and is less costly in terms of time and difficulty, for the study of the structure of forests in areas with a rugged topography. Furthermore, it is helpful for communities in which the plants are relatively spaced out. The method is more effective for forest studies (considering the sampling times) than for area studies (Mitchell, 2007).

A 100 m long line with five central sampling points separated by a distance of 20 m was drawn in the sampling sites. Each point was crossed with a perpendicular line so as to mark four quadrants, and the distance from the central point to the closest tree was measured. The data recorded for each individual include species, crown diameter, diameter at breast height diameter (DBH) and height. Only those individuals with a height equal to or above 1.5 m and a DBH of 1.30 m were considered. A total of four trees per central point -adding up to a total of 20 trees per site- were measured.

### Data analysis

Parameters of density, dominance, frequency and the Importance Value Index (IVI) were calculated in absolute and relative values for the *taxa* in each site, using Mitchell's formulas (2007). The Weibull function was utilized to create diametric distribution histograms, which were evaluated through a chi-square goodness-of-fit test, using Statgraphics Centurion.



Rodal 1 = Sitios del 1 al 4; Rodal 2 = Sitios del 5 al 8.  
 Stand 1 = Sites 1 to 4; Stand 2 = Sites 5 to 8.  
 Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo.  
 Figure 1. Location of the sampling sites.

evaluados mediante una prueba de bondad de ajuste de X-cuadrada, con el software *Statgraphics Centurion*.

Se utilizó el programa *EstimateS* versión 8.20 (Colwell, 2006) para realizar una curva de acumulación de especies, mediante los estimadores de *Chao 2*, *Jack 1*, *Jack 2* y *Bootstrap*, con la fiabilidad de estimar la máxima riqueza arbórea del área.

El cálculo de la diversidad alfa se hizo con el índice de *Shannon-Wiener* (Magurran, 1988), para ello se usó el programa *Past 2.7* (Hammer *et al.*, 2001). Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia, a través de todas las especies de la muestra y se obtiene mediante la siguiente fórmula (Moreno, 2001):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Species accumulation curves were obtained using *EstimateS* 8.20 software (Colwell, 2006), with the *Chao 2*, *Jack 2* and *Bootstrap* estimators, for a reliable estimate of the maximum species richness of the area.

The alpha diversity was calculated using the *Shannon-Wiener* index (Magurran, 1988) and the *Past 2.7* software (Hammer *et al.*, 2001). This index expresses even importance values for all the species of the sample and is calculated using the following formula (Moreno, 2001):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$



Donde:

$P_i$  = Proporción (abundancia relativa) de la especie  $i$  con respecto a la abundancia total de las especies encontradas en cada sitio

Para comparar la similitud de la composición de especies arbóreas entre pares de sitios se aplicó un análisis de conglomerados con distancia euclidiana por el método de unión de pares.

### Resultados y Discusión

Los estimadores no paramétricos indicaron el número esperado de especies por sitio (Figura 2). El índice que estimó menor cantidad fue el de *Chao 2*, con 13 *taxa* y con el que se calculó el mayor valor fue *Jack 2*, con 16. Con base en estos resultados, el esfuerzo de muestreo es apropiado, en lo referente al número de *taxa* registrados.

Se identificaron 13 especies de árboles pertenecientes a cinco géneros y cinco familias botánicas (Cuadro 1).

Where:

$P_i$  =  $i$  species proportion (relative abundance) in regard to the total abundance of the species found in each site

Pairs of sites were compared for similarity in the tree species composition by means of a cluster analysis with Euclidean distance, using the pair linking method.

### Results and Discussion

Non-parametric estimators indicated the expected number of species per site (Figure 2). The lowest number -for 13 *taxa*- was estimated using the Chao 2 index, and the highest value -for 16 *taxa*-, using Jack 2. Based on these results, the sampling effort is appropriate in relation to the number of *taxa* recorded.

13 tree species belonging to five genera and five botanical families were identified (Table 1).

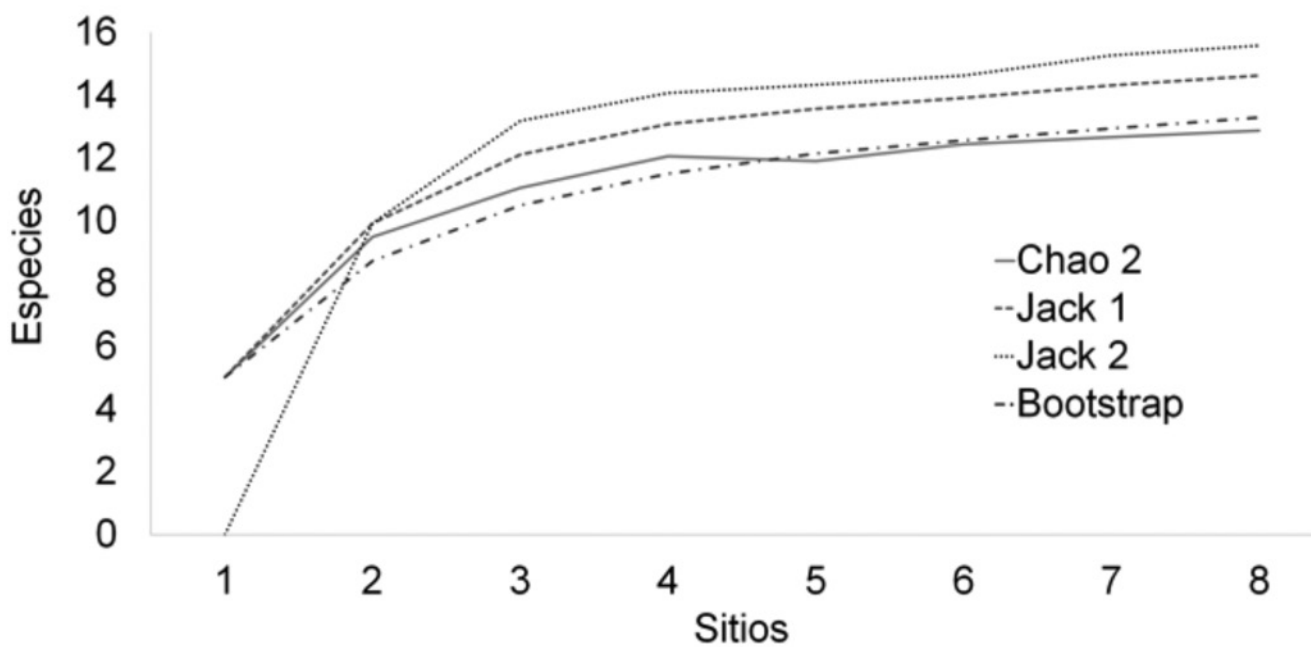


Figura 2. Curva de acumulación de especies.  
Figure 2. Species accumulation curve.



Cuadro 1. Medidas estructurales de las especies arbóreas por sitio.

Sitio	Especie	# ind.	Dominancia		Densidad		Frecuencia		IVI	
			Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
Rodal 1										
1	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	13	4.97	60.77	216.92	65	80	40	165.77	55.26
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	3	0.28	3.46	50.06	15	40	20	38.46	12.82
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	1.67	20.37	16.69	5	20	10	35.37	11.79
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.63	7.73	16.69	5	20	10	22.73	7.58
	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	1	0.61	7.51	16.69	5	20	10	22.51	7.50
	<i>Juniperus durangensis</i> Martínez	1	0.01	0.16	16.69	5	20	10	15.16	5.05
	Total	20	8.18	100	333.73	100	200	100	300	100
2	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	16	16.58	59.37	518.63	80	100	55.56	194.92	64.97
	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	1	9.79	35.05	32.41	5	20	11.11	51.16	17.05
	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	1	1.02	3.65	32.41	5	20	11.11	19.76	6.59
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	0.50	1.79	32.41	5	20	11.11	17.90	5.97
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.04	0.15	32.41	5	20	11.11	16.26	5.42
	Total	20	27.92	100	648.28	100	180	100	300	100
3	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	8	14.74	35.89	350.34	40	80	36.36	112.26	37.42
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	6	19.33	47.04	262.75	30	60	27.27	104.32	34.77
	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	5	6.98	16.99	218.96	25	60	27.27	69.26	23.09
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.03	0.08	43.79	5	20	9.09	14.17	4.72
	Total	20	41.08	100	875.84	100	220	100	300	100
4	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	10	9.64	38.13	200.8	50	100	45.45	133.59	44.53
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	7	10.73	42.45	140.56	35	60	27.27	104.72	34.91
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	2	1.28	5.05	40.16	10	40	18.18	33.23	11.08
	<i>Quercus rugosa</i> Née	1	3.63	14.37	20.08	5	20	9.09	28.46	9.49
	Total	20	25.29	100	401.6	100	220	100	300	100
Rodal 2										
5	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	7	23.16	66.74	193.45	35	80	30.77	132.51	44.17
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	5	7.62	21.96	138.18	25	80	30.77	77.73	25.91
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	6	3.76	10.84	165.82	30	80	30.77	71.61	23.87
	<i>Quercus rugosa</i> Née	2	0.16	0.46	55.27	10	20	7.69	18.15	6.05
	Total	20	34.7	100	552.72	100	260	100	300	100
6	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	14	19.89	80.81	582.53	70	100	45.45	196.27	65.42
	<i>Arbutus madrensis</i> S. González	2	0.54	2.18	83.22	10	40	18.18	30.36	10.12
	<i>Quercus rugosa</i> Née	1	2.94	11.95	41.61	5	20	9.09	26.04	8.68
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	1	0.84	3.4	41.61	5	20	9.09	17.49	5.83
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	0.39	1.607	41.61	5	20	9.09	15.69	5.23
	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	1	0.01	0.05	41.61	5	20	9.09	14.14	4.71
Total	20	24.61	100	832.18	100	220	100	300	100	

Continúa Cuadro 1..

Continúa Cuadro 1..

Sitio	Especie	# ind.	Dominancia		Densidad		Frecuencia		IVI	
			Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
7	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	7	22	57.87	445	35	80	33.33	126.21	42.07
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	7	13.22	34.77	445	35	80	33.33	103.1	34.37
	<i>Quercus rugosa</i> Née	4	2.23	5.88	254.28	20	40	16.66	42.42	14.14
	<i>Arbutus madrensis</i> S. González	1	0.4	1.04	63.57	5	20	8.33	14.38	4.79
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	1	0.16	0.43	63.57	5	20	8.33	13.76	4.59
	Total	20	38.01	100	1271.42	100	240	100	300	100
8	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	8	19.72	33.61	459.79	40	60	25	98.61	32.87
	<i>Quercus rugosa</i> Née	2	25.41	43.32	114.95	10	40	16.67	69.98	23.33
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	4	9.78	16.68	229.9	20	40	16.67	53.34	17.78
	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	3	3.53	6.02	172.42	15	40	16.67	37.68	12.56
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	2	0.05	0.1	114.95	10	40	16.667	26.76	8.92
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	1	0.16	0.28	57.47	5	20	8.33	13.61	4.54
	Total	20	58.66	100	1149.48	100	240	100	300	100

# ind = Número de individuos; IVI = Índice de Valor de Importancia.

Table 1. Structural measures of the tree species by site.

Site	Species	# ind.	Dominance		Density		Frequency		IVI	
			Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative
Stand 1										
1	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	13	4.97	60.77	216.92	65	80	40	165.77	55.26
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	3	0.28	3.46	500.6	15	40	20	38.46	12.82
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	1.67	20.37	16.69	5	20	10	35.37	11.79
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.63	7.73	16.69	5	20	10	22.73	7.58
	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	1	0.61	7.51	16.69	5	20	10	22.51	7.50
	<i>Juniperus durangensis</i> Martínez	1	0.01	0.16	16.69	5	20	10	15.16	5.05
	Total	20	8.18	100	333.73	100	200	100	300	100
2	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	16	16.58	59.37	518.63	80	100	55.56	194.92	64.97
	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	1	9.79	35.05	32.41	5	20	11.11	51.16	17.05
	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schlttdl. & Cham.	1	1.02	3.65	32.41	5	20	11.11	19.76	6.59
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	0.50	1.79	32.41	5	20	11.11	17.90	5.97
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.04	0.15	32.41	5	20	11.11	16.26	5.42
	Total	20	27.92	100	648.28	100	180	100	300	100
3	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	8	14.74	35.89	350.34	40	80	36.36	112.26	37.42
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	6	19.33	47.04	262.75	30	60	27.27	104.32	34.77
	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	5	6.98	16.99	218.96	25	60	27.27	69.26	23.09

Continue Table 1..



Continue Table 1...

Site	Species	# ind.	Dominance		Density		Frequency		IVI	
			Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative	Absolute	Relative
	<i>Juniperus blancoi</i> Martínez	1	0.03	0.08	43.79	5	20	9.09	14.17	4.72
	Total	20	41.08	100	875.84	100	220	100	300	100
4	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	10	9.64	38.13	200.8	50	100	45.45	133.59	44.53
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	7	10.73	42.45	140.56	35	60	27.27	104.72	34.91
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	2	1.28	5.05	40.16	10	40	18.18	33.23	11.08
	<i>Quercus rugosa</i> Née	1	3.63	14.37	20.08	5	20	9.09	28.46	9.49
	Total	20	25.29	100	401.6	100	220	100	300	100
	Stand 2									
5	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	7	23.16	66.74	193.45	35	80	30.77	132.51	44.17
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	5	7.62	21.96	138.18	25	80	30.77	77.73	25.91
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	6	3.76	10.84	165.82	30	80	30.77	71.61	23.87
	<i>Quercus rugosa</i> Née	2	0.16	0.46	55.27	10	20	7.69	18.15	6.05
	Total	20	34.7	100	552.72	100	260	100	300	100
6	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	14	19.89	80.81	582.53	70	100	45.45	196.27	65.42
	<i>Arbutus madrensis</i> S. González	2	0.54	2.18	83.22	10	40	18.18	30.36	10.12
	<i>Quercus rugosa</i> Née	1	2.94	11.95	41.61	5	20	9.09	26.04	8.68
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	1	0.84	3.4	41.61	5	20	9.09	17.49	5.83
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	1	0.39	1.607	41.61	5	20	9.09	15.69	5.23
	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	1	0.01	0.05	41.61	5	20	9.09	14.14	4.71
	Total	20	24.61	100	832.18	100	220	100	300	100
7	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	7	22	57.87	445	35	80	33.33	126.21	42.07
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	7	13.22	34.77	445	35	80	33.33	103.1	34.37
	<i>Quercus rugosa</i> Née	4	2.23	5.88	254.28	20	40	16.66	42.42	14.14
	<i>Arbutus madrensis</i> S. González	1	0.4	1.04	63.57	5	20	8.33	14.38	4.79
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	1	0.16	0.43	63.57	5	20	8.33	13.76	4.59
	Total	20	38.01	100	1271.42	100	240	100	300	100
8	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	8	19.72	33.61	459.79	40	60	25	98.61	32.87
	<i>Quercus rugosa</i> Née	2	25.41	43.32	114.95	10	40	16.67	69.98	23.33
	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	4	9.78	16.68	229.9	20	40	16.67	53.34	17.78
	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	3	3.53	6.02	172.42	15	40	16.67	37.68	12.56
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	2	0.05	0.1	114.95	10	40	16.667	26.76	8.92
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	1	0.16	0.28	57.47	5	20	8.33	13.61	4.54
	Total	20	58.66	100	1149.48	100	240	100	300	100

# ind = Number of individuals; IVI = Importance Value Index.

En el rodal 1, la vegetación está dominada por *Pinus cooperi* C. E. Blanco acompañado de *Quercus sideroxyla* Bonpl y táscales (*Juniperus blancoi* Martínez, *J. deppeana* Steud. y *J. durangensis* Martínez) (Cuadro 1).

El valor relativo del IVI evidencia cómo la composición de la mayoría de los sitios del rodal 1 está en función del número

In stand 1, the vegetation is dominated by *Pinus cooperi* C.E. Blanco; other tree species are *Quercus sideroxyla* Bonpl and junipers (*Juniperus blancoi* Martínez, *J. deppeana* Steud. and *J. durangensis* Martínez) (Table 1).

The relative value of the IVI evidences the composition of most sites of stand 1 in terms of the number of sampled trees



de árboles muestreados, y del área que cubren, respecto al área basal; *P. cooperi* es el elemento florístico dominante. Además, se registró la población más grande conocida a la fecha para *Juniperus blancoi* Martínez var. *blancoi*, dentro de la SMO, *taxon* que crece de 1 a 6 m localmente y son dominantes en el sotobosque de *P. cooperi*. *Juniperus blancoi* Martínez es una conífera de distribución restringida (Adams *et al.*, 2006; Mastretta *et al.*, 2011), de manera que su presencia en Coscomate incrementa el valor biológico de la región.

En el rodal 2, la especie con mayor valor de importancia es *Pinus durangensis*, aunque también destacan madroños (*Arbutus madrensis*, S. González), capulín (*Prunus serotina* Ehrh.) y encinos (*Quercus crassifolia* Bonpl., *Q. rugosa* Née, *Q. sideroxyla* Bonpl.); son estos últimos, los que a nivel de género dominan en los sitios, excepto en el 6 (Cuadro 1).

La existencia de *Pinus herrerae* Martínez en el rodal 2 indica condiciones de clima más cálido y húmedo, característico de la zona Madreño-Tropical de la Sierra (González *et al.*, 2012, 2013), el cual llega a Coscomate a través de las cañadas hacia el Occidente, lo que explica la diversidad más alta en este rodal.

El IVI calculado señala que, en ambos rodales, la dominancia corresponde a *Pinus* spp., seguido de *Quercus* en menor proporción; no obstante, las dominancias genéricas hacen que en un mismo rodal se encuentren bosques de pino-encino o encino-pino, lo que concuerda con lo documentado en el Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango (Semarnat, 2007) para los bosques templados de la zona.

El estudio comparativo entre rodales contiguos permitió detectar variaciones estructurales y de composición que ocurren dentro de un mismo ecosistema. Aunque en términos generales, una misma especie de coníferas o de *Quercus* puede desarrollarse en diversos grados de pendiente (Martínez *et al.*, 2013), otros *taxa* tienen preferencias por topografías particulares. *Pinus cooperi* se distribuye, sobre todo, en valles intermontanos, bajos y laderas bajas con pendiente poco pronunciada, y tiende a ser dominante, situación que prevalece en el rodal 1, donde es dominante en los alrededores de praderas y de terrazas fluviales.

Por otra parte, la ocurrencia de asociaciones de varias especies, como las observadas en el rodal 2, está relacionada con la cantidad superior de microhábitats que hay en las pendientes más pronunciadas.

La consociación de *Pinus cooperi* y la asociación de *Pinus durangensis* con otras especies de *Pinus* y *Quercus*, se cuentan entre las más representativas de la vegetación de la SMO en Durango, similares a las registradas por Márquez y González (1998), Márquez *et al.* (1999) y González *et al.* (2007, 2012).

and of the surface area they cover in relation to the baseline area; *P. cooperi* is the dominant floristic element. Besides, the largest population of *Juniperus blancoi* Martínez var. *blancoi* hitherto known to exist within the WSM was registered in this stand. This *taxon* grows locally to a height of 1 to 6 m and is dominant in the undergrowth of *P. cooperi*, *Juniperus blancoi* is a conifer with restricted distribution (Adams *et al.*, 2006; Mastretta *et al.*, 2011), and therefore its presence in Coscomate increases the biological value of the region.

In stand 2, the species with the highest importance value is *Pinus durangensis*, although the presence of *arbutus* (*Arbutus madrensis* S. González), wild black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) and various oak species (*Quercus crassifolia* Bonpl., *Q. rugosa* Née, *Q. sideroxyla* Bonpl.) is also prominent; at genus level, *Quercus* species are predominant in the sites, with the exception of Site 6 (Table 1).

The existence of *Pinus herrerae* Martínez in stand 2 is indicative of a warmer and more humid climate that is characteristic of the tropical Madreño zone of the Sierra (González *et al.*, 2012, 2013), which extends westward across the ravines to Coscomate, thereby accounting for the higher diversity in this stand.

The calculated IVI indicates that the dominant species in both stands is *Pinus* spp., followed by *Quercus* in a lower proportion; however, due to generic dominances, pine-oak or oak-pine forests are located in the same stand, as documented in the Ecological Zoning of the State of Durango (Semarnat, 2007) for the temperate forests of the area.

The comparative study between adjoining stands allowed detection of variations in structure and composition occurring within the same ecosystem. Although in general a particular species of conifers or of *Quercus* can develop in various degrees of slope (Martínez *et al.*, 2013), other *taxa* have preferences for certain topofoms. *Pinus cooperi* is especially distributed in intermountain valleys, lowlands and low slopes with a mild inclination and tends to be dominant; this situation prevails in stand 1, where it is dominant around meadows and fluvial terraces.

On the other hand, the occurrence of associations of several species, as in stand 2, is related to the larger number of microhabitats to be found in steeper slopes.

The consociation of *Pinus cooperi* and the association of *Pinus durangensis* with other *Pinus* and *Quercus* *taxa* are among the most representative vegetal compositions of the WSM in Durango and are similar to those recorded by Márquez and González (1998), Márquez *et al.* (1999), and González *et al.* (2007, 2012).



Las distribuciones diamétricas indican masas irregulares en el bosque de Coscomate, pues se presentan tanto tendencias de J invertida, como curvas en el ápice de los diámetros medios (Figura 3). No obstante, la prueba de bondad de ajuste evidenció que siete de los ocho sitios se ajustan a la función *Weibull* (Cuadro 2), lo que muestra una fuerte asociación entre las distribuciones diamétricas observadas y las esperadas, por lo que resulta factible fijar objetivos a futuro respecto a la salud del bosque.

Diametric distributions indicate irregular masses in the forest of *Coscomate*, where there are both "inverted J" tendencies and curves in the mean apical diameters (Figure 3). However, the goodness-of-fit test showed that seven out of the eight sites adjust to the *Weibull* function (Table 2); this indicates a strong association between the observed and the expected diametric distributions, which allows setting goals for the future in regard to the health of the forest.

Cuadro 2. Prueba de bondad de ajuste para la función *Weibull* en los sitios de muestreo.

Sitio	Diámetro		Forma	Escala	Chi-cuadrada	P
	Intervalo	Promedio				
1	3 - 36	15.00	1.5957	16.5831	1.3417	0.7193
2	3 - 62	18.55	1.3341	20.2401	12.8250	0.0050
3	3 - 67	18.80	1.3035	20.5006	3.6167	0.3059
4	5 - 52	25.15	2.0462	28.4459	3.6666	0.9470
5	3 - 51	24.00	1.5644	26.6288	7.1917	0.0660
6	2 - 47	16.55	1.7263	18.7264	2.6417	0.4502
7	5 - 37	17.00	1.8204	19.0500	3.2917	0.3488
8	2 - 75	18.85	1.0989	19.5404	6.3250	0.0968

\* Si el valor de P es igual o mayor a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los datos se ajustan a una distribución *Weibull* con 95 % de confianza.

Table 2. Goodness-of-fit test for the *Weibull* function in the sampling sites.

SitE	Diameter		Shape	Scale	Chi-square	P
	Interval	Average				
1	3 - 36	15.00	1.5957	16.5831	1.3417	0.7193
2	3 - 62	18.55	1.3341	20.2401	12.8250	0.0050
3	3 - 67	18.80	1.3035	20.5006	3.6167	0.3059
4	5 - 52	25.15	2.0462	28.4459	3.6666	0.9470
5	3 - 51	24.00	1.5644	26.6288	7.1917	0.0660
6	2 - 47	16.55	1.7263	18.7264	2.6417	0.4502
7	5 - 37	17.00	1.8204	19.0500	3.2917	0.3488
8	2 - 75	18.85	1.0989	19.5404	6.3250	0.0968

\* If the value of P is equal to or above 0.05, the idea that the data adjust to a *Weibull* distribution with a 95 % confidence interval cannot be ruled out.

Las distribuciones irregulares son propias de un bosque joven, cuya dominancia es de árboles con un diámetro < 10 cm, y un diámetro promedio de 19.24 cm, valores muy parecidas a los citados por Nívar y González (2009) para Durango, y por Nívar (2010) para Nuevo León.

Irregular distributions are particular to young forests, where trees with a diameter < 10 cm and an a mean diameter of 19.24 cm are predominant; these values are very similar to those cited by Nívar and González (2009) for *Durango*, and by Nívar (2010) for *Nuevo León*.

Si bien, existen individuos con diámetros mayores a 40 cm se observa que en la estructura de los sitios hay un decremento en la densidad conforme aumenta la talla diamétrica, lo que refleja un flujo adecuado de regeneración con una reserva

Although individuals with diameters above 40 cm are present, the structure of the sites shows a decrease in tree density as the diameter size increases, which reflects an adequate regeneration flow with a reserve of young individuals that will

de individuos jóvenes, que en un futuro podrán reemplazar a los de mayor diámetro que vayan desapareciendo, de modo que se garantice la supervivencia del ecosistema.

be able to replace those individuals with a larger diameter that may disappear in the future, thus ensuring the survival of the ecosystem.

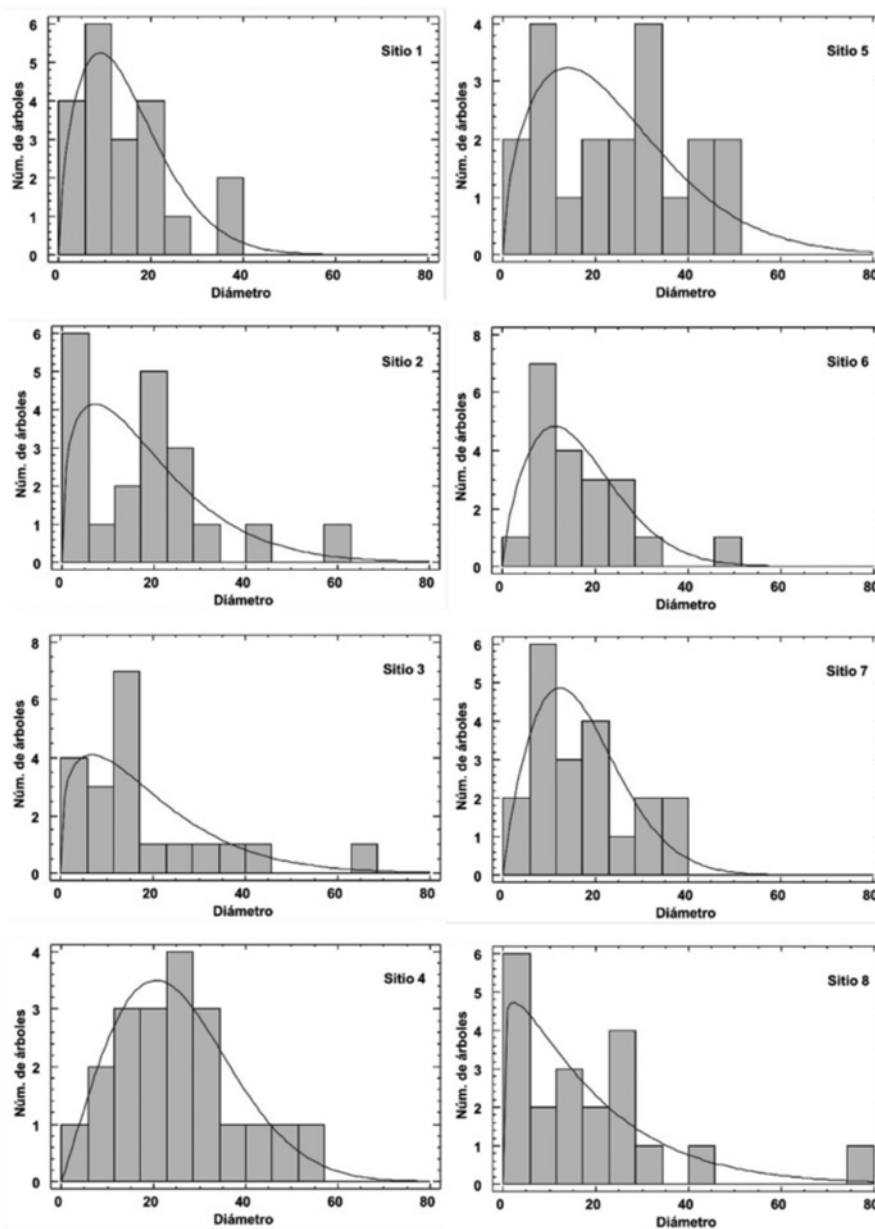


Figura 3. Histograma de distribuciones diamétricas por sitio.  
Figure 3. Diametric distribution histogram by site.

Los resultados mostraron un alto valor de diversidad en los dos rodales estudiados, aunque mayor en el rodal 2. El índice de diversidad de *Shannon-Wiener* ( $H' = 0.77$  a  $1.58$ ) (Cuadro 3) es inferior al citado por *González et al.* (1993) para la Reserva La Michilía ( $0.98$  a  $2.26$ ) pero es superior a las cifras que consignan *Návar y González* (2009) para el rodal Cielito Azul, en San Dimas ( $0.53$  a  $1.33$ ), aunque el índice más bajo en Cielito Azul se determinó en sitios con 100 % de aprovechamiento.

The results showed a high diversity value in the two studied stands, although this value is higher in stand 2. The Shannon-Wiener diversity index ( $H' = 0.77$  to  $1.58$ ) (Table 3) is lower than that cited by *González et al.* (1993) for the *La Michilía* Reserve ( $0.98$  to  $2.26$ ), but higher than the figures recorded by *Návar and González* (2009) for the *Cielito Azul* stand in *San Dimas* ( $0.53$  to  $1.33$ ); however, the lower index in *Cielito Azul* was determined in sites with 100 % exploitation.

La mayor diversidad del rodal 2 se relaciona con variables climáticas asociadas a una cañada con exposición hacia el occidente que forma parte de esta localidad, en la que las temperaturas son menos extremas y se recibe una mayor humedad proveniente del Pacífico.

The larger diversity of stand 2 is related to climatic variables associated to a ravine with westward exposure that is part of this locality and where temperatures are less extreme, with a higher level of humidity coming from the Pacific Ocean.

Cuadro 3. Valor de índice de diversidad de Shannon en cada sitio.

Sitio	Índice de Shannon (H')
1	1.16
2	0.77
3	1.22
4	1.09
5	1.3
6	1.07
7	1.35
8	1.58

Although the specific wealth of Site 1, located in stand 1, is similar to that of Sites 6 and 8 in stand 2 (six species in each), diversity differs between these sites, being low in Sites 1 and 6 because of the marked predominance of *Pinus cooperi* (Site 1) and *P. duranguensis* (Site 6), unlike in Site 8, where three species are observed to share similar structural characteristics.

Table 3. Value of Shannon's diversity index in each site.

SitiE	Shannon's Index (H')
1	1.16
2	0.77
3	1.22
4	1.09
5	1.3
6	1.07
7	1.35
8	1.58

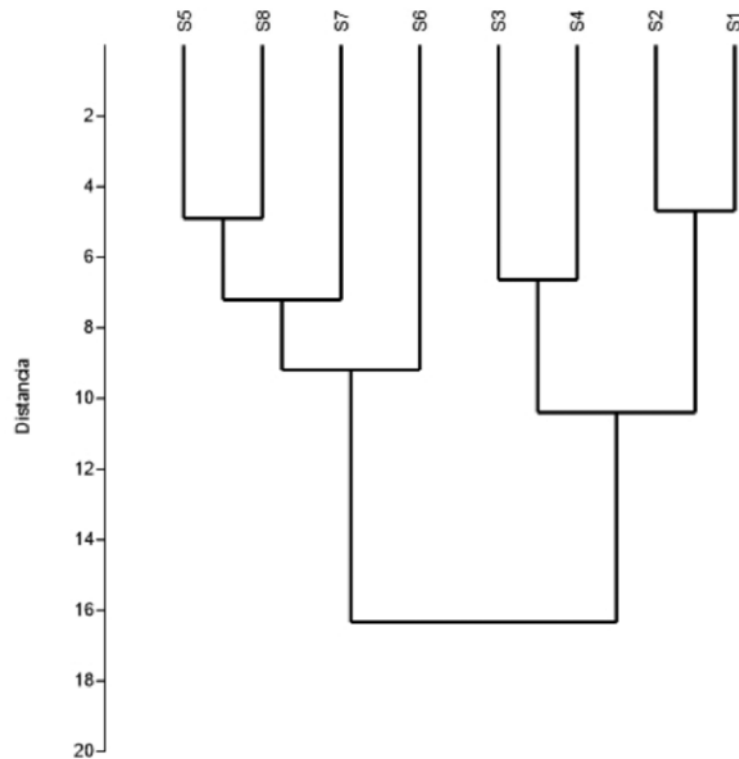


Figura 4. Dendrograma de similitud florística.

Figure 4. Floristic similarity dendrogram.

A pesar de que la riqueza específica del sitio 1, correspondiente al rodal 1, es similar a la de los sitios 6 y 8, rodal 2 (seis especies en cada uno), la diversidad entre estos sitios difiere, es baja en los sitios 1 y 6 a causa de la marcada dominancia de *Pinus cooperi* (sitio 1) y *P. durangensis* (sitio 6); a diferencia de lo observado en el sitio 8 en donde tres especies comparten características estructurales similares.

El dendrograma resultante de la matriz de similitudes (distancia euclidiana) (Figura 4) agrupa los sitios en dos conjuntos diferenciados que corresponden a los rodales estudiados. Los sitios más similares fueron el 1 y 2 (rodal 1); y el 5 y 8 (rodal 2). Las agrupaciones están influidas por el número de individuos de los taxa con mayor valor de importancia entre los pares de sitios.

## Conclusiones

La diversidad y estructura de los bosques comparados en la comunidad Coscomate revelan que en rodales contiguos y en condiciones similares de altitud existe una marcada diferencia en composición y estructura, lo cual es un ejemplo de la complejidad ecológica que alberga la Sierra Madre Occidental. Los valores de diversidad en comparación con otras regiones de la SMO y la diferencia estructural entre los sitios confirman la riqueza biológica de la región.

Contar con la función de distribución diamétrica permite a los manejadores del bosque fijar objetivos en función de la estructura de los sitios, y con base en esto hacer remociones sin perjudicar la estabilidad del ecosistema.

La información generada puede formar parte de las herramientas de gestión para los poseedores de este bosque, ayudando a optimizar su manejo y preservar la riqueza biológica que ahí existe.

## Agradecimientos

Se agradece la orientación prestada por el personal del Centro Ecológico Coscomate durante la realización del estudio, así como al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo para llevarlo a cabo. A J. G. González Gallegos y dos revisores anónimos por sus aportaciones en la mejora del documento.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución por autor

David Alfredo Delgado Zamora: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración de manuscrito; Sergio Alonso Heynes Silerio: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración del manuscrito; María Daniela Mares Quiñones: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración de manuscrito; Norma Leticia Piedra Leandro: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración del manuscrito; Flor Isela Retana Rentería: trabajo de campo, análisis de diversidad,

The dendrogram resulting from the similarity matrix (Euclidean distance) (Figure 4) groups the sites in two differentiated sets corresponding to the studied stands. The greatest similarity was found to occur between sites 1 and 2 (stand 1) and between sites 5 and 8 (stand 2). The groupings are influenced by the number of individuals of the taxa with the highest important value index in the pairs of sites.

## Conclusions

The diversity and structure of the compared forests in the Coscomate community reveal a marked difference in the vegetal composition and structure of two adjoining stands under similar conditions of altitude -an example of the ecological complexity found in the Western Sierra Madre. The diversity values compared to those of other regions of the WSM and the structural difference between the sites confirm the biological wealth of the region.

Knowledge of the diametric distribution function allows the forest managers to set goals in terms of the structure of the sites and, based on this, to effect removals without damaging the stability of the ecosystem.

The information generated in this study can become part of the management tools of the holders of this forest and contribute to optimize its management, as well as to the preservation of the biological wealth existing in it.

## Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to the staff of the Coscomate ecotouristic center for their guidance during the course of this study, to the Instituto Politécnico Nacional for the support provided, and to J. G. González Gallegos and to two anonymous reviewers for their contributions for the improvement of the document.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Contribution by author

David Alfredo Delgado Zamora: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; Sergio Alonso Heynes Silerio: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; María Daniela Mares Quiñones: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; Norma Leticia Piedra Leandro: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; Flor Isela Retana Rentería: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; Karina Rodríguez Corral: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the manuscript; Ali Ituriel Villanueva Hernández: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and writing of the



cálculo del valor de importancia y elaboración del manuscrito; Karina Rodríguez Corral: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración del manuscrito; Ali Iturriel Villanueva Hernández: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y elaboración del manuscrito; María del Socorro González Elizondo: trabajo de campo, elaboración del manuscrito y corrección de revisiones; Lizeth Ruacho González: trabajo de campo, análisis de diversidad, cálculo del valor de importancia y de las distribuciones diamétricas, elaboración del manuscrito y corrección de revisiones.

manuscrito; María del Socorro González Elizondo: field work, writing and correcting of the manuscript from its review; Lizeth Ruacho González: field work, analysis of diversity, calculation of importance value and of the diametric distributions, writing and correcting of the manuscript from its review.

*End of the English version*



## Referencias

- Adams, R. P., M. S. González E., M. González E. and E. Slinkman. 2006. DNA fingerprinting and terpenoid analysis of *Juniperus blancoi* var. *huehuentensis* (Cupressaceae), a new subalpine variety from Durango, Mexico. *Biochemical Systematics and Ecology* 34: 205-211.
- Cao, Q. V. 2004. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science* 50: 682-685
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Soberón J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad. Vol. 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México*. pp. 87-108. [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNat/Mex/Vol%201/103\\_Losecosistemast.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNat/Mex/Vol%201/103_Losecosistemast.pdf) (18 de marzo de 2014).
- Cowell, R. K. 2006. EstimateS v. 8.2.0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. <http://www.purl.oclc.org/estimates> (22 de abril de 2014).
- Corral R., S., J. G. Álvarez G., J. J. Corral R. and C. A. López S. 2015. Characterization of diameter structures of natural forests of northwest of Durango, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21 (2): 221-236.
- Cottam, G. and J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37 (3): 451-160.
- González E., M. S., M. González E. y A. Cortés O. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, Mex. *Acta Botánica Mexicana* 22: 1-104.
- González E., M. S., M. González E. y M. A. Márquez L. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés Editores-Instituto Politécnico Nacional. México, D. F., México. 219 p.
- González E., M. S., M. González E., J. A. Tena F., L. Ruacho G. e I. L. López E. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403.
- González E., M. S., M. González E., L. Ruacho G., I. L. López E., F. I. Retana R. and J. A. Tena F. 2013. Ecosystems and diversity of the Sierra Madre Occidental. In: Gottfried G. J., P. F. Ffolliott, B. S. Gebow and L. G. Eskew (eds). *Merging science and management in a rapidly changing world: biodiversity and management of the Madrean Archipelago III*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Fort Collins, CO, USA. pp. 204-211.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (27 de junio de 2014).
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton, NJ, USA. 179 p.
- Márquez L., M. A. y M. S. González E. 1998. Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino en Durango, México. *Agrociencia* 32 (4): 413-419.
- Márquez L., M. A., M. S. González E. y R. Álvarez Z. 1999. Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, México. *Madera y Bosques* 5 (2): 67-78.
- Martínez A., P., C. Wehenkel, J. C. Hernández D., M. González E., J. J. Corral R. and A. Pinedo A. 2013. Effect of climate and physiography on the density of tree and shrub species in Northwest Mexico. *Polish Journal of Ecology* 61 (2): 295-307.
- Mastretta Y., A., A. Wegier, A. Vázquez L. and D. Piñeiro. 2011. Distinctiveness, rarity and conservation in a subtropical highland conifer. *Conservation Genetics*. DOI: 10.1007/s10592-011-0277-y.
- Mitchell, K. 2007. *Quantitative analysis by the point-centered quarter method*. Hobart and William Smith Colleges. Geneva, NY, USA. 56 p. <http://arxiv.org/pdf/1010.3303.pdf> (15 de agosto de 2013).
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T -SEA. Vol. 1. Zaragoza, España*. 84 p.
- Návar C., J. J. 2010. Los bosques templados del estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales. *Madera y Bosques* 16: 51-69.
- Návar C., J. J. y M. S. González E. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27: 71-87.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., México*. [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf) (20 de abril de 2014).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2007. *Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango. Gobierno del Estado de Durango-Semarnat. Durango, Dgo., México*. 194 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. *Bosques*. <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/galeria/Documents/seccion/ecosistemas/Bosque/bosque.html> (22 de abril de 2014).
- Uribe, G. A. 1984. Comportamiento de las distribuciones diamétricas de frecuencias de bosques disetáneos. Seminario forestal, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 90 p.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Wehenkel, C., J. J. Corral R. and K. von Gadow. 2014. Quantifying differences between ecosystems with particular reference to selection forests in Durango/Mexico. *Forest Ecology and Management* 316: 117-124.
- Wright, S. J., H. C. Muller L., R. Condit and S. P. Hubbell. 2003. Gap-dependent recruitment, realized vital rates and size distributions of tropical trees. *Ecology* 84 (12): 3174-3178.