

EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN SOBRE LA REGENERACIÓN NATURAL EN LA SIERRA DE QUILA, JALISCO

FRAGMENTATION EFFECT UPON NATURAL REGENERATION IN SIERRA DE QUILA, JALISCO STATE

Raymundo Villavicencio García¹, Ana Luisa Santiago Pérez¹, José de Jesús Godínez Herrera¹,
José María Chávez Anaya¹ y Sandra Luz Toledo González¹

RESUMEN

Con el objeto de evaluar la composición, abundancia y riqueza de la regeneración natural, en función de diferentes tamaños de fragmentos de bosque abierto y cerrado de pino-encino, se delimitaron parches forestales con el uso de una carta digital de vegetación y de sistemas de información geográfica. En el área protegida Sierra de Quila (141 km²) se establecieron 85 sitios concéntricos de muestreo de 500 y 100 m² para el inventario del arbolado adulto y la regeneración natural. En el bosque abierto se registraron entre siete y 14 especies, según el tamaño del fragmento, con un número promedio de plántulas por hectárea de 855 en superficies de 10 a 50 ha y de 3,065 en mayores a 50 ha; mientras que en el bosque cerrado se identificaron de 14 a 18 taxa y 4,060 renuevos en parcelas de 10 a 50 ha y 1,229 en el superior a 50 ha, en los que se registraron los valores más altos de diversidad. Así, se observa que la riqueza de especies disminuye en ambos tipos y tamaños de fragmentos. Como acción prioritaria en el programa de conservación y manejo del área protegida se sugiere aumentar la conectividad entre los fragmentos, a través de un plan de propagación de taxa nativos y acciones de reforestación u otras obras relativas a la preservación y restauración de la cobertura forestal.

Palabras clave: Composición, diversidad, fragmentación, *Pinus*, *Quercus*, regeneración natural.

ABSTRACT

In order to assess the composition, abundance and richness of natural regeneration in relation to open and closed pine-oak forest in regard to fragments of different sizes of open and closed canopy pine-oak forests, forest patches were defined using a digital vegetation map and a geographic information system. Upon Sierra de Quila protected area (141 km²), 85 concentric sampling plots of 500 and 100 m² were established for the inventory of adult trees and natural regeneration. According to fragment size, in the open forest were found from 7 to 14 species, and 855 as average number of seedlings per hectare in fragments from 10 to 50 ha and 3,065 trees in fragments over the last size; whereas, in closed forest, from 14 to 18 taxa were found and 4,060 young trees in 10 to 50 ha plots and 1,229 fragments in the area over 50 ha, which showed the highest diversity numbers. Richness of species diminishes in both types and fragment sizes. It is suggested to include in the conservation and management program for the protected area, as a priority action, to increase the connectivity between the fragments through propagation programs with native species and reforestation or other activities in regard to the conservation and restoration of forest cover.

Key words: Composition, diversity, fragmentation, *Pinus*, *Quercus*, natural regeneration.

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2010

Fecha de aceptación: 27 de abril de 2012

¹Departamento de Producción Forestal. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara.
Correo-e: vgr02072@cucba.udg.mx

INTRODUCCIÓN

La fragmentación de hábitats es el resultado de la interrupción de una compleja continuidad de procesos ecosistémicos. Las relaciones bióticas y abióticas de las comunidades también podrían ser alteradas en función del tamaño y la forma de los fragmentos, pues al modificarse la distribución espacial de los recursos varía su disponibilidad. El grado de interrelación de los fragmentos determina la viabilidad de las especies en el mediano y largo plazos, ya que sin esta pueden surgir procesos de aislamiento, favorecerse los endogámicos o llegar a la extinción local de algunas de ellas (Dirzo y García, 1992).

Los efectos básicos atribuidos a la fragmentación sobre un ecosistema son la pérdida, la reducción y el aislamiento parcial o total del hábitat para organismos (Bennet, 1998) como los insectos, aves y mamíferos (Dirzo y García, 1992). Además, puede transformar interacciones biológicas interespecíficas como el mutualismo, la depredación y la competencia o afectar las condiciones abióticas de los fragmentos sobre la composición y abundancia de las especies asociadas a ellos (Bustamante y Grez, 1995; Bresciano and Simonetti, 2008). Otros impactos son producidos en los vectores de transferencia de polen y, en consecuencia, de flujo génico, lo que a su vez repercute en el éxito reproductivo de las poblaciones de árboles, en la dispersión de semillas y en la estructura genética de las progenies de las poblaciones remanentes, además de otros efectos ecosistémicos (Bennet, 1998; Herrerías y Benítez, 2007).

La regeneración natural es uno de los principales factores que garantizan la continuidad de los rodales forestales, tanto en el manejo productivo como en las actividades de fomento de los bosques en áreas protegidas (Quesada, 2001; Hernández *et al.*, 2004). Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la composición, abundancia y riqueza de especies a nivel de plántulas y brinzales, en función de diferentes tamaños de fragmentos del bosque de pino-encino y bajo dos condiciones de cobertura de dosel: abierta o continua y cerrada; con ello se generará información básica para fortalecer las estrategias y acciones de manejo y conservación de uno de los principales ecosistemas del área estudiada.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila (APFFSQ) en el estado de Jalisco, localizada a 100 km al suroeste de la ciudad de Guadalajara, entre los 20° 14' y 20° 22' N, 103° 56' y 104° 08' W (SARH, 1993) (Figura 1). La sierra presenta seis tipos de vegetación: el bosque de pino-encino, el bosque de encino, la selva baja caducifolia, el bosque espinoso, el bosque de galería y el bosque mesófilo de montaña (Guerrero y López, 1997). De acuerdo con su abundancia, el estrato arbóreo del bosque de pino-encino está representado por las especies *Pinus lumholtzii* Rob. & Fern., *P. douglasiana* Martínez, *P. oocarpa* Schiede var. *oocarpa*,

INTRODUCTION

Habitat fragmentation is the outcome of the break-up of a complex ecosystem process continuum. Biotic and abiotic relations of communities could also be altered in their size and form of fragments, since, as resource spatial distribution is modified, its availability changes. The degree of fragment interrelation determines species viability in the middle and long term, as without it isolation processes might emerge, endogamy might be favored or even local extinction of some of them could occur (Dirzo and García, 1992).

Basic effects of fragmentation over an ecosystem are loss, reduction and partial or total habitat isolation for organisms (Bennet, 1998) such as insects, birds and mammals (Dirzo y García 1992). It can also transform interspecific biologic interactions such as mutualism, depredation and competence or affect the abiotic conditions of fragments over specie composition and abundance associated to them (Bustamante and Grez, 1995; Bresciano and Simonetti, 2008). Other impacts are produced upon vectors of pollen transference and, consequently, of genic flow, which reflects in the reproductive success of trees, in seed dispersal and in the genetic structure of progenies of the remaining populations, as well as other ecosystemic effects (Bennet, 1998; Herrerías and Benítez, 2007).

Natural regeneration is one of the main factors that assure forest stand continuity, in productive management as in the encouragement of forest in protected areas (Quesada, 2001; Hernández *et al.*, 2004). Therefore, the purpose of this project was to assess composition, abundance and richness of species at a seedling and young tree levels, in terms of different sizes of pine-oak forest fragments and two canopy openings: open and closed or continuous. With this basic information will be obtained to strengthen the strategies as well as management and conservation actions as one of the main ecosystems of the study area.

MATERIALS AND METHODS

The research study was carried out in Sierra de Quila Flora and Fauna Protection Area (APFFSQ), Jalisco State, which is located 100 km southeast of Guadalajara city, between 20° 14' and 20° 22' N, 103° 56' and 104° 08' W (SARH, 1993) (Figure 1). This mountain range has six vegetation types: pine-oak forest, oak forest, low deciduous forest, thorn forest, gallery forest and mist forest (Guerrero and López, 1997). According to their abundance, the tree stratum of the pine oak forest is represented by *Pinus lumholtzii* Rob. & Fern., *P. douglasiana* Martínez, *P. oocarpa* Schiede var. *oocarpa*, *P. devoniana* Lindl. and *P. herrerae* Martínez; the *Quercus* genus, by *Quercus resinosa* Liebm., *Q. coccolobifolia* Trel., *Q. obtusata* Humb. et Bonpl., *Q. castanea* Née, *Q. candicans* Née, *Q. laeta* Liemb., *Q. eduardii* Trel. and *Q. magnoliifolia* Née (Villavicencio, 2004).

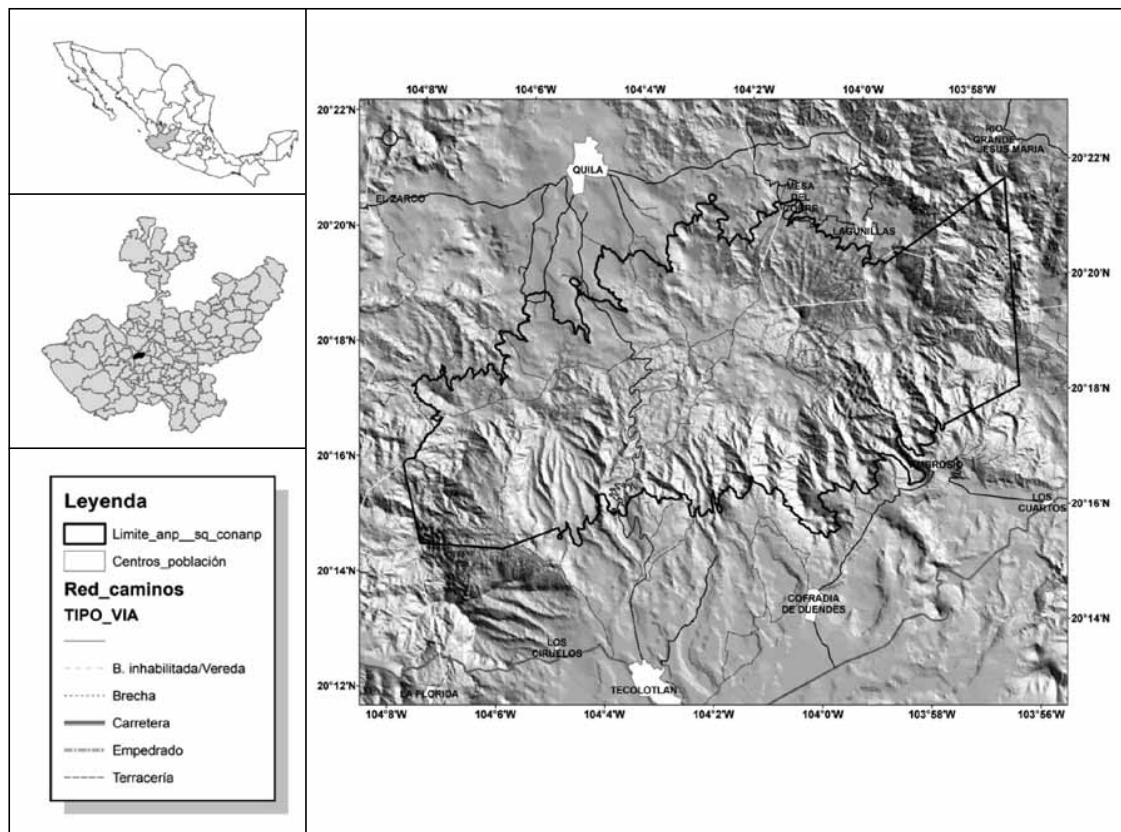


Figura 1. Ubicación del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila en el estado de Jalisco.

Figure 1. Location of the Flora and Fauna Protection Area Sierra de Quila, Jalisco State.

P. devoniana Lindl. y *P. herrerae* Martínez; para el género *Quercus* destacan *Quercus resinosa* Liebm., *Q. coccolobifolia* Trel., *Q. obtusata* Humb. et Bonpl., *Q. castanea* Née, *Q. candicans* Née, *Q. laeta* Liebm., *Q. eduardii* Trel. y *Q. magnoliifolia* Née (Villavicencio, 2004).

En la zona de estudio prevalecen dos tipos de clima: el templado húmedo con lluvias en verano y el cálido húmedo con temporada seca (García, 1988), con una precipitación anual que oscila entre 700 y 1,000 mm (Guerrero y López, 1997). Con base en la clasificación FAO/UNESCO, el área natural posee los siguientes subtipos de suelos Cambisol eútrico, Cambisol húmico, Feozem háplico, Feozem lúvico, Litosol, Luvisol crómico, Regosol eútrico y Vertisol pélico (INEGI, 1972).

Los fragmentos por tamaño y tipo de cobertura se delimitaron a partir de una carta digital de vegetación y uso del suelo que corresponde a la clasificación supervisada de una imagen Landsat 7ETM+ elaborada por Villavicencio (2004). Las clases de cobertura fueron bosque de pino-encino, bosque abierto de pino-encino, bosque de encino-pino, bosque de encino, selva baja caducifolia, pastizal, agricultura y área sin vegetación aparente. El mosaico de elementos o parches forestales se definieron con el uso de la extensión análisis de parches (*Patch Analyst*) para el programa ArcView (Rempel y Carr, 2003). Se identificaron los fragmentos del hábitat de bosque abierto (cobertura de

Two kinds of weather prevail in the study area: humid temperate with summer rains and humid warm with a dry season (García, 1988), with an annual precipitation from 700 to 1,000 mm (Guerrero and López, 1977). Based upon the FAO/UNESCO, the natural area has the following soil subtypes: eutric cambisol, humic cambisol, haplic feozem, luvic feozem, lithosol, chromic luvisol, eutric regosol and pelic vertisol (INEGI, 1972).

Fragments by size and type of cover were delimited from a digital vegetation and land use map from the revised classification of a Landsat 7ETM+ image made by Villavicencio (2004). Cover classes were pine-oak forest, open pine-oak forest, oak-pine forest, oak forest, low deciduous forest, grassland, agriculture and area without apparent vegetation. The mosaic of elements of forest patches were defines by using the patch analysis extention (*Patch Analyst*) for the ArcView program (Rempel and Carr, 2003). Fragments of the pine-oak open forest habitat (canopy cover <10%) were identified and closed or continuous forest habitat (canopy cover >10%) in the APFFSQ were identified, and from the size, patches by cover were determined as 1 to 10 ha, from 10 to 50 ha and over 50 ha.

copa <40%) y bosque cerrado o continuo (cobertura de copa >40%) de pino-encino presentes en el APFFSQ, y a partir del tamaño, se determinaron parches por cobertura: de 1 a 10, de 10 a 50 y mayores a 50 ha.

Por cada tipo y tamaño de fragmento se establecieron círculos concéntricos de 500 m² para el inventario del arbolado adulto y de 100 m² para el registro de la regeneración natural (enero-marzo de 2007). En total se definieron 85 sitios, los cuales se distribuyeron de manera sistemática y equidistante a 200 ó 400 m, según la cobertura forestal y el tamaño del fragmento. De esta manera, se establecieron en el bosque abierto de 1-10, 10-50 y >50 ha: 9, 11 y 20 sitios, respectivamente, y en el cerrado se localizaron 10 (10-50ha) y 35 (>50 ha). La ubicación de las zonas se realizó en gabinete con apoyo de ortofotografías, cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG), una vez en campo, cada coordenada del centro del sitio se encontró con un aparato Navegador-GPS Garmin 60CSx.

En los círculos de 100 m² se midieron todas las plántulas y árboles menores a 7 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); se consideraron tres etapas de desarrollo, excepto árboles maduros. Los datos de registro incluyeron el género botánico,

For each kind and size of fragment 500 m² concentric circles for the adult tree inventory and of 100 m² for natural regeneration (January-March, 2007) were established. A total of 85 sites were defined and systematically ordered in an equidistant way at 200 or 400 m, according to forest cover and size of the fragment. In this way in the open forest were distributed from 1-10, 10-50 and >50 ha, 9, 11 and 20 sites, respectively; and in the closed forest, 10 in the 10-50 ha and 35 in the >50 ha fragments. The location of the zones was made at the office with support of orthophotographies, cartography and Geographic Information Systems (GIS); once in the field, each coordinate of the centre of the site was found with a GPS Garmin 60CSx Navigator.

All the seedlings and trees under 7 cm BHD were measured in the 100 m² circles; three development stages were considered, except for mature trees. Registration data included botanic genus, height category and number of sprouts. In regard to the estimation of diversity, species richness and affinity, equity, and dominance were determined by Shannon, Margalef, Evenness, Simpson and Sørensen indexes, according to Magurran (1988) and Del Río *et al.* (2003) (Table 1). In order to assess diversity-abundance between type and size of fragments, difference tests were applied with the Hutcheson method (Zar, 1999).

Cuadro 1. Índices de diversidad, riqueza y afinidad de especies.
Table 1. Indexes of diversity, species richness, affinity of species.

Índice	Fórmula	Significado
Shannon (H')	$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln(P_i)$	S : número de especies presentes P_i : proporción de las especies $P_i = n_i / N$ n_i : número de individuos de la especie i N : número total de individuos $\ln(x)$: logaritmo natural
Evenness (E)	$E = \frac{H'}{\ln(S)}$	H' : índice de Shannon S : número de especies $\ln(x)$: logaritmo natural
Simpson (D)	$D = \frac{\sum_{i=1}^N (n_i(n_i - 1))}{(N(N - 1))}$	n_i : número de individuos N : número total de individuos
Margalef (D_{mg})	$D_{mg} = (S - 1) / \ln N$	S : número de especies N : número total de individuos $\ln(x)$: logaritmo natural
Sørensen (C_N)	$C_N = 2_{JN} / (aN + bN) \cdot 100$	C_N : coeficiente de afinidad de especies JN : número de especies encontradas en ambas localidades aN : número de especies del fragmento 1 bN : número de especies del fragmento 2

la categoría de altura y el número de renuevos. Respecto a la estimación de la diversidad, riqueza, equidad, dominancia y afinidad de especies se utilizaron los índices de Shannon, Margalef, Evenness, Simpson y Sørensen, de acuerdo a Magurran (1988) y Del Río *et al.* (2003) (Cuadro 1). Por otra parte, en la evaluación de la diversidad-abundancia entre tipo y tamaño de fragmentos se efectuaron pruebas de diferencia con el método de Hutcheson (Zar, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio se delimitaron 293 (7,144 ha) parches o elementos de bosque cerrado de pino-encino y 474 (1,240 ha) de bosque abierto, independientemente de la proporción de los fragmentos. El bosque cerrado constituyó 51% de la cobertura forestal del APFFSQ y presentó de 14 a 18 especies en función al tamaño del fragmento, en tanto que el abierto ocupó 9% y se registraron de siete a 14 taxa.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study 293 (7,144 ha) patches or elements in the pine-oak closed forest and 474 (1,240 ha) in the open forest were established, with no regard on the size of the fragments. Closed forest were 51% of the forest cover of APFFSQ and included a range from 14 to 18 species, in terms of the size of the fragment, while the open forest covered 9% and from 7 to 14 taxa were recorded.

Tables 2 and 3 show the descriptive characteristics of adult trees per species for open and closed forest, according to the size of the fragment. *Quercus resinosa* reached the highest number of individuals and of ecologic importance values in both covers and in every size of fragments, while *Pinus douglasiana* took the second place in both types of forest with fragments over 50 ha. Floristic composition gets lower as the size of the patch does; in this sense, an interval from 10 to 17 species in the open forest, and from 16 to 24 in the closed forest were recorded; on the other hand, tree density by forest type and

Cuadro 2. Datos descriptivos del arbolado adulto por especie del bosque abierto por tamaño de fragmento.
Table 2. Descriptive adult tree data per species of the open forest by fragment size.

Especie / tamaño de fragmento	1-10 ha				10-50 ha				>50 ha			
	N	$\bar{h}$	d_g	G	N	$\bar{h}$	d_g	G	N	$\bar{h}$	d_g	G
<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. et Cham.) Benth.	-	-	-	-	32	4.9	14.6	0.59	2	6.3	11	0.02
<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. & Gal.	6	7.1	18.4	0.23	-	-	-	-	2	7.5	14.7	0.04
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	6	5.1	9	0.04	-	-	-	-	12	4.8	16.3	0.59
<i>Clethra rosei</i> Britton	-	-	-	-	-	-	-	-	2	12.1	29.8	0.14
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	36	6.5	15.3	0.78	2	3.7	8.5	0.01	51	6.9	13.3	0.91
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	134	5.0	12.0	1.99	40	10.9	24.3	2.42	90	7.9	12.7	1.50
<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. et Fern.	100	12.5	15.1	2.08	60	9.5	17.4	1.72	58	8.2	16.9	1.62
<i>Pinus oocarpa</i> var. <i>oocarpa</i> Schiede	44	13.3	20.7	1.85	6	6.6	18.7	0.19	18	9.9	14.5	0.36
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	7.3	0.01
<i>Quercus castanea</i> Née	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6.2	10	0.03
<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	52	9.9	7.9	0.98	34	7.5	15.4	0.79	18	7.6	19.5	0.77
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	-	-	-	-	2	18.6	68.5	0.74	-	-	-	-
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	2	15.9	57.7	0.52	-	-	-	-	12	10.2	18.3	0.49
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	-	-	-	-	16	10.6	24.8	1.06	-	-	-	-
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	-	-	-	-	34	6.3	10.5	0.31	70	8.7	18.7	2.65
<i>Quercus obtusata</i> Humb. et Bonpl.	2	15.0	25.7	0.10	24	14.6	27.4	1.48	11	6.3	11.9	0.14
<i>Quercus resinosa</i> Liebm.	142	7.9	15.1	3.08	130	9.2	15.9	3.29	59	9.0	15.6	1.41
<i>Quercus rugosa</i> Née	-	-	-	-	-	-	-	-	71	6.5	11.9	1.06
<i>Quercus subspathulata</i> Trel.	-	-	-	-	-	-	-	-	18	7.4	10.0	0.14

N = Número de árboles por hectárea; $\bar{h}$ = Altura promedio (m); d_g = Diámetro cuadrático (cm); G = Área basal por hectárea
N = Number of trees per hectare; $\bar{h}$ = average height (m); d_g = quadratic diameter (cm); G = Basal area per hectare

Los cuadros 2 y 3 muestran las características descriptivas del arbolado adulto por especie para el bosque abierto y el cerrado de acuerdo al tamaño de fragmento. *Quercus resinosa* alcanzó el mayor número de individuos y los valores más altos de importancia ecológica en las dos coberturas y en cada tamaño de fragmento; mientras que, *Pinus douglasiana* se colocó en segundo orden en ambos tipos de bosque y con fragmentos

size of the fragment varied; in the open condition, for the 1 to 10 ha and 10 to 50 ha, 524 and 380 trees ha⁻¹ were counted and 499 in that over 50 ha; nevertheless, these communities kept a constant basal area (11.7 to 12.6 m² ha⁻¹). In the closed forest, the number of trees per hectare were 324, with a basal area of 14.9 for the 10-50 ha fragment, and of 650 with a basal area of 24.3 m² ha⁻¹ for that over 50 ha.

Cuadro 3. Datos descriptivos del arbolado adulto por especie del bosque cerrado por tamaño de fragmento
Table 3. Descriptive adult tree data per species of the closed forest by fragment size.

Especie / tamaño de fragmento	10-50 ha				>50 ha			
	N	$\bar{h}$	d_g	G	N	$\bar{h}$	d_g	G
<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. et Cham.) Benth.	-	-	-	-	2	6.4	13.5	0.03
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> (Schlecht.) Furlow	16	15.2	33.2	1.90	2	18.7	33.4	0.25
<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. et Gal.	-	-	-	-	8	7.6	14.6	0.17
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	-	-	-	-	6	6.3	14.2	0.11
<i>Clethra hartwegii</i> Britton	-	-	-	-	2	7.4	18.5	0.08
<i>Clethra rosei</i> Britton	2	8.4	22.2	0.08	7	8.5	15.2	0.14
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	2	23.8	72.8	0.83	49	9.7	16.5	1.29
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	46	6.3	11.1	0.47	122	11.8	21.1	6.09
<i>Pinus herrerae</i> Martínez	-	-	-	-	2	13.7	18.9	0.05
<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. et Fern.	6	12.3	27.7	0.46	67	13.2	21.8	3.33
<i>Pinus oocarpa</i> var. <i>oocarpa</i> Schiede	8	23.7	52.7	1.80	41	17.1	30.9	3.85
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh	4	10.5	26.6	0.29	1	19.5	35.0	0.05
<i>Quercus candicans</i> Née	8	11.4	16.0	0.26	6	8.9	13.8	0.13
<i>Quercus castanea</i> Née	-	-	-	-	11	13.8	25.9	0.77
<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	4	10.5	31.5	0.34	24	7.8	15.4	0.57
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	-	-	-	-	3	15.3	23.0	0.15
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	6	20.9	44.0	0.91	15	9.2	17.9	0.54
<i>Quercus excelsa</i> Liebm.	-	-	-	-	1	17.3	28.1	0.03
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	2	27.8	39.6	0.25	1	15.0	44.0	0.09
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	48	6.0	12.5	0.91	35	10.8	15.2	0.81
<i>Quercus obtusata</i> Humb. et Bonpl.	16	9.1	13.3	0.26	12	11.3	22.7	0.61
<i>Quercus resinosa</i> Liebm.	146	10.4	18.0	5.53	192	8.8	13.8	3.87
<i>Quercus rugosa</i> Née	8	11.0	26.2	0.61	38	8.6	16.9	1.10
<i>Quercus subspathulata</i> Trel.	-	-	-	-	4	8.2	16.0	0.10
<i>Tilia mexicana</i> Schltdl.	2	8.6	9.0	0.01	-	-	-	-

N = Número de árboles por hectárea; $\bar{h}$ = Altura promedio (m); d_g = Diámetro cuadrático (cm); G = Área basal por hectárea
N = Number of trees per hectare; $\bar{h}$ = average height (m); d_g = quadratic diameter (cm); G = Basal area per hectare

mayores a 50 ha. La composición florística disminuye conforme se reduce el tamaño del parche; en ese sentido, se registró un intervalo de 10 a 17 especies en el bosque abierto y de 16 a 24 en el cerrado; por otro lado, la densidad del arbolado por tipo de bosque y tamaño de fragmento fue variable: en el abierto, para los de 1 a 10 y 10 a 50 ha se cuantificaron 524 y 380 árboles ha^{-1} y en el mayor a 50 ha 499; no obstante, estas comunidades mantuvieron un área basal constante (11.7 a $12.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). El número de árboles por hectárea en el bosque cerrado fue de 324 con un área basal de 14.9 para el tamaño de fragmento de 10 a 50 ha y de 650 con un área basal de $24.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para el mayor a 50 ha.

En lo que concierne a la regeneración natural y al número promedio de plántulas de distintos taxa por hectárea, según el tipo y tamaño de fragmento, se obtuvieron los siguientes valores: para el bosque abierto de 1 a 10 ha 1,222 renuevos; de 10 a 50 ha, 855 y mayor a 50 ha, 3 065. En el primer y último tamaño de fragmento, sobresalen las especies del género *Pinus*: 50 y 65%, respectivamente, taxón que se caracteriza por ser heliófilo y tener otras propiedades morfológicas y fisiológicas que favorecen su primacía para la colonización del bosque de dosel abierto. Por el contrario, *Quercus* predominó no solo en el dosel superior del fragmento de bosque abierto de 10 a 50 ha, sino también en el renuevo, con 62%. La densidad de plántulas resultó mayor en el bosque cerrado de 10 a 50 ha con 4,060 plántulas ha^{-1} , donde prevalecieron las especies de *Pinus* con 62%, en comparación con los 1,229 árboles ha^{-1} para la superficie mayor a 50 ha, en la cual destacaron *Quercus* spp. y otras hojosas, que constituyeron 75% de la regeneración natural. La alta densidad de renuevos registrados en el bosque cerrado de 10 a 50 ha, en gran parte se debe a la disminuida cobertura forestal (número de árboles por hectárea), presente en este tamaño de fragmento, con respecto al mayor a 50 ha, lo que explica la existencia de un más claros, que propician el desarrollo del renuevo de las especies (Figura 2).

El Cuadro 4 muestra los valores estadísticos básicos de la abundancia referentes a la regeneración natural, en ellos se observa un porcentaje superior de dispersión (± 30) en el bosque abierto de 10 a 50 ha, respecto al bosque cerrado de igual tamaño de fragmento; sin embargo, en este último, la concentración de los registros alrededor del valor promedio es menor (± 7). La diferencia del promedio de las plántulas entre tamaño de fragmentos por tipo de bosque resultó, en ambos casos, significativo ($p \leq 0.05$).

De acuerdo con los intervalos de densidad entre renuevos para la regeneración natural por distancia (Moreno, 2004), durante el período de estudio, las coberturas de bosque abierto de 1 a 10 y 10 a 50 ha, así como la de bosque cerrado mayor a 50 ha tuvieron una cantidad satisfactoria de plántulas y brinzales, la cual varió entre 1,283 y 2,890 individuos por hectárea. Para las coberturas de bosque abierto mayor a 50 ha y bosque cerrado de 10 a 50 ha la densidad resultó excesiva: 2,891 a 11,547 plántulas ha^{-1} .

In regard to natural regeneration and average number of seedlings of different taxa per hectare, according to the type and size of fragments, the following values were obtained: for the 1 to 10 ha fragments of open forest, 1,222 seedlings; from 10 to 50 ha, 855 and over 50 ha, 3065. In the first and last fragment size, *Pinus* is outstanding with 50 and 65 per cent of species, respectively, which are heliophilus and have some other morphological and physiological properties that favor their prevalence for colonization of the open canopy forest. On the opposite, *Quercus* dominated the upper canopy of the open forest in the 10 to 50 ha fragment, but in terms of new sprouts, 62% were counted. Seedling density was higher in the 10 to 50 ha closed forest with 4,060 seedling ha^{-1} , where *Pinus* species were present with 62%, compared with the 1,229 trees ha^{-1} for the areas over 50 ha in which *Quercus* spp. were outstanding as well other broad-leaves, that make up 75% of natural regeneration. The high density of new sprouts in closed forest from 10 to 50 ha is mainly due to the small forest cover (number of trees per hectare) of this size of fragment, compared to those over 50 ha, which explains the existence of more clearings that favor the development of new trees (Figure 2).

In Table 4 the basic statistic values of abundance referring to natural regeneration, in which a higher dispersal per cent was observed (± 30) in the open forest of 10 to 50 ha, in regard to closed forest of the same size of fragment; however, in the latter, the records that concentrated around the average value are lower (± 7). The difference of the average of seedlings between fragment size per type of forest in both cases was significant ($p 0.05$).

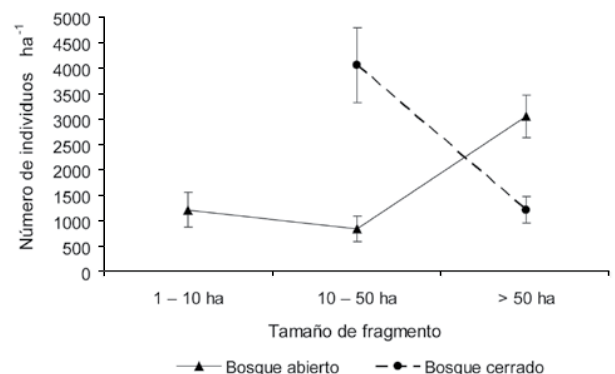


Figura 2. Número de plántulas promedio por hectárea estimado por tipo y tamaño de fragmento.

Figure 2. Number of average seedlings per hectare estimated by fragment type and size.

According to the density intervals among new sprouts for natural regeneration by distance (Moreno, 2004) during the study period, the open forest cover from 1 to 10 and from 10 to 50 ha, as well as those of closed forest over 50 ha had a satisfactory amount of seedlings and saplings, which

La caracterización de la estructura vertical fue catalogada en tres tipos de altura: piso 1 con plántulas de 1 a 50 cm, piso 2 con brinzales de 50 a 100 cm y piso 3 con brinzales mayores

varied from 1,282 to 2,890 per hectare. For open forest covers over 50 ha and closed forest from 10 to 50 ha, density was excessive, from 2,891 to 11,547 seedling ha⁻¹.

Cuadro 4. Estadísticos básicos del inventario de la regeneración natural por tipo y tamaño de fragmento.

Table 4. Basic statistics of the natural regeneration inventory by fragment type and size.

Estadístico	BA	BA	BA	BC	BC
	(1 - 10 ha)	(10 - 50 ha)	(> 50 ha)	(10 - 50 ha)	(>50 ha)
Sumatoria de árboles	110	94	613	406	430
Número de sitios	9	11	20	10	35
Promedio aritmético	12	9	31	41	12
Varianza	12	7	18	54	7
Desviación estándar	±3	±3	±4	±7	±3
Coeficiente de variación	±28.1%	±30.0%	±13.7%	±18.2%	±21.2%
Error estándar	±1.1	±0.8	±0.9	±2.3	±0.4
Error estándar porcentual	±9.4%	±8.1%	±3.2%	±5.7	±3.6%

BA = Bosque abierto; BC = Bosque cerrado

BA = Open forest; BC = Closed forest

a un metro y menores a 7 cm de diámetro normal (1.3 m). En el Cuadro 5 se presenta la distribución porcentual correspondiente a la estructura vertical de la repoblación natural extrapolada a una hectárea. Destaca que más de 50% de la regeneración en las coberturas de bosque cerrado está en la etapa inicial de desarrollo (plántula) y, de manera probable, entre 25 y 30% en un estado de brinza; caso contrario a lo que sucedió, principalmente, en los fragmentos inferiores a 50 ha del bosque abierto. De manera específica, en aquellos de 1 a 10 ha los cuales se conformaron por diferentes especies de pinos (50%), encinos (32%) y otras hojosas (18%), entre ellas sobresale el alto número de brinzales de *Arbutus xalapensis* HBK. La regeneración natural en la superficie de 10 a 50 ha de este mismo bosque estaba integrada por distintos taxa de encinos (68%), en particular por *Quercus resinosa* Liebm., notorio porque alrededor del 70% estaba en la etapa de brinza.

A diferencia del bosque cerrado, el bosque abierto superior a 50 ha y cerrado de 10 a 50 ha concentraron, con más de 60%, su regeneración natural con plántulas de pino no mayor a 50 cm, muchos de ellos en estado de crecimiento inicial; en contraste, con una mayor diversidad de especies, el renuevo en el bosque cerrado mayor a 50 ha se integró con encinos y otras hojosas (75%), entre los que predominaron *Quercus resinosa*, *Clethra rosei* Britton y *Quercus rugosa* Née; así mismo, la regeneración se acentuó en la primera etapa de desarrollo (plántula), como en un estado próximo al latizal bajo.

En la figura 3 se observa el acomodo, por tipo y tamaño de fragmento, de la posición vertical ocupada por la regeneración natural. Ambos tipos de bosque muestran, en sus respectivos

Vertical structure description was classified in three height kinds: Level 1: with seedlings 1 to 50 cm tall; Level 2: with saplings 50 to 100 cm and Level 3: with saplings over 1 m and smaller than 7 cm of DBH (1.30 m). In Table 5 is shown the per cent distribution that refers to vertical structure of natural re-population extrapolated to 1 hectare. It is worth noticing that more than 50% of regeneration in the cover of closed forest are in the initial stage of development (seedling) and probably, between 25 and 30% in the sapling stage; on the opposite to what happened in the fragments under 50 ha of open forest. Specifically, in those from 1 to 10 ha, which were made-up by different pine species (50%), oaks (32%) and other broadleaves (18%), from which *Arbutus xalapensis* HBK. saplings are outstanding. In regard to the 10 to 50 ha areas of this same forest, its natural regeneration was made up by different oak taxa (68%); *Quercus resinosa* Liebm.; in particular, was outstanding as more than 70% was in the sapling stage.

In contrast to the closed forest, the open forest over 50 ha and closed from 10 to 50 ha concentrated their natural regeneration (over 60%) on pine seedlings shorter than 50 cm, many of them in the initial growth stage; compared to a greater diversity of species, the new trees of the closed forest under 50 ha were oaks and other broad-leaves (75%), among which prevailed *Quercus resinosa*, *Clethra rosei* Britton and *Quercus rugosa* Née; also, regeneration was more intense during the first stage of development (seedling), as a near stage to the low pole.

Cuadro 5. Distribución vertical de la regeneración natural por tipo y tamaño de fragmento.

Table 5. Vertical distribution of natural regeneration by fragment type and size.

Fragmento	Piso 1		Piso 2		Piso 3		Total	
	N ha ⁻¹	%	N ha ⁻¹	%	N ha ⁻¹	%	N ha ⁻¹	%
Bosque abierto (1 - 10 ha)	477	39	118	10	627	51	1222	100
Bosque abierto (10 - 50 ha)	264	31	236	28	355	42	855	100
Bosque abierto (> 50 ha)	1460	48	730	24	875	29	3065	100
Bosque cerrado (10 - 50 ha)	2530	62	520	13	1010	25	4060	100
Bosque cerrado (>50 ha)	689	56	166	14	371	30	1226	100

N ha⁻¹ = Número de plántulas por hectáreaN ha⁻¹ = Number of seedlings per hectare

tamaños de fragmentos, la misma dinámica poblacional, es decir, la existencia de un mayor número de individuos en la etapa del establecimiento y crecimiento inicial, una reducción de brinzales de 50 a 100 cm de altura (piso 2) y un incremento de brinzales mayores a un metro de altura (piso 3). La disminución y el aumento en el número de plántulas entre los diferentes pisos de altura se explica, en gran medida, por un efecto negativo de la competencia que, tal como lo señalan Oliver y Larson (citado por González y Bravo, 1999), sucede durante la fase inicial del rodal. De esta forma, los renuevos compiten por su supervivencia con especies herbáceas y arbustivas (competencia interespecífica); así como por el suelo, nutrientes, humedad, luz o sombreado (competencia intraespecífica), entre otros factores ambientales, bióticos y antrópicos que también llegan a limitar su crecimiento.

In figure 3 is observed the arrangement, by fragment type and size, of the vertical position covered by natural regeneration. Both types of forest show, in their correspondent fragment sizes, the same population dynamics, that is, the existence of a broader number of individuals in the establishment stage and initial growth, a sapling reduction from 50 to 100 cm tall (Level 2) and an increment of saplings over 1 m high (Level 3). The reduction and increment in the number of seedlings among the different height levels is explained, greatly, by a negative effect of the competence that, as Oliver and Larson quote (in González and Bravo, 1999), takes place during the initial stage of the stand. In this way, the new plants compete for soil, nutrients, moisture, light or shadow (intraspecific competence), among other environmental factors, biotic and anthropic, that also limit their growth.

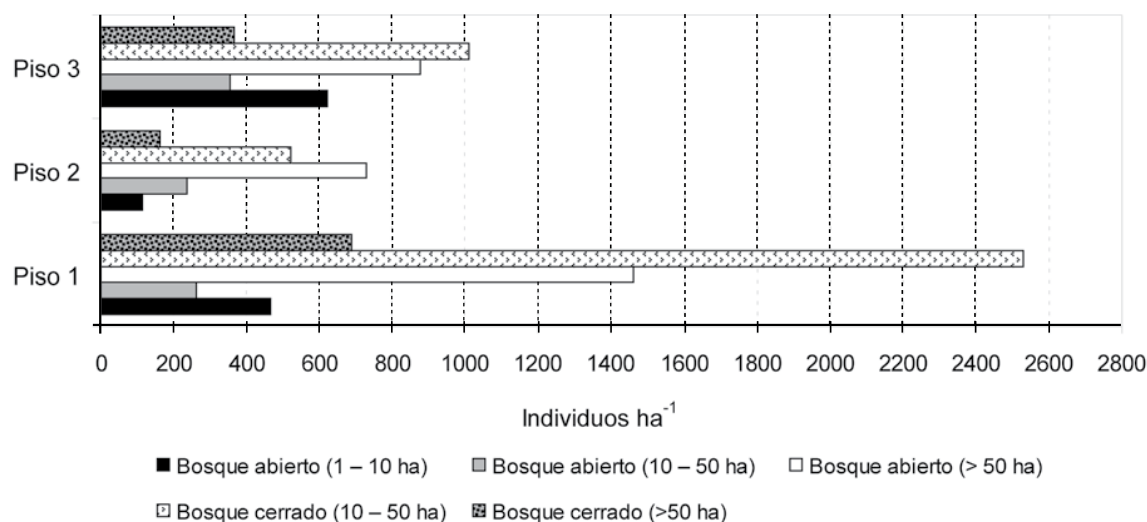


Figura 3. Estructura vertical de la regeneración natural por tipo y tamaño de fragmento.

Figure 3. Vertical structure of natural regeneration by fragment type and size.

Respecto a la riqueza de especies (índice de Margalef), los valores más altos (2.16 y 2.80) se determinaron en la cobertura de bosque cerrado con fragmentos de 10 a 50 y mayor a 50 ha;

The highest values of species richness (Margalef index), 2.16 and 2.80, were determined in the closed forest cover with 10 to 50 ha and over 50 ha fragments; while Shannon index increases

mientras que, el de Shannon se incrementa si hay un número mayor de especies, a la vez que la riqueza específica y equitatividad es más homogénea, como sucedió en el tamaño de mayores a 50 ha en los dos tipos de bosques; en particular, el bosque cerrado tuvo el registro más alto (2.89). No obstante, la dominancia de especies, reflejada con el índice de Simpson, demuestra no ser el más grande en abundancia (7.66), es decir, sugiere que en esta comunidad existe un taxón dominante (Cuadro 6).

Los valores menores en los índices de Shannon (1.95) y de Margalef (1.32) se presentaron en los fragmentos de bosque abierto de 10 a 50 ha, en comparación con el bosque cerrado de igual número de hectáreas, cuya diversidad de especies fue superior y una diferencia significativa ($P = 0.013$), de acuerdo a la prueba de Hucheson. Para ambas coberturas, el reparto de las especies, sin influir el número de las mismas, sugiere una tendencia a ser más homogénea (Índice de uniformidad) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diversidad y riqueza de especies de la regeneración natural por tipo y tamaño de fragmento.
Table 6. Species diversity and richness of natural regeneration by fragment type and size.

Fragmento \ Índice	Número de especies	H'	E	S	M
Bosque abierto (1 - 10 ha)	8	2.08	0.82	3.82	1.49
Bosque abierto (10 - 50 ha)	7	1.95	0.74	3.96	1.32
Bosque abierto (> 50 ha)	14	2.64	0.73	5.19	2.03
Bosque cerrado (10 - 50 ha)	14	2.64	0.75	5.0	2.16
Bosque cerrado (>50 ha)	18	2.89	0.80	7.66	2.80

H' = Índice de Shannon; E = Índice de Evenness (uniformidad); S = Índice de Simpson; M = Índice de Margalef
H' = Shannon index; E = Evenness index (uniformity); S = Simpson index; M = Margalef index

Con base en la abundancia de los taxa, se compararon el bosque abierto y cerrado de 10 a 50 ha, y se obtuvo 38% de afinidad entre ambos, con lo cual se explica la escasa regeneración natural observada en el bosque abierto de la superficie mencionada, contrario a los resultados esperados para las coberturas abiertas en los que se tendría un mayor número de renuevos, brinzales y latizales. Para la similitud de especies en abundancia entre los fragmentos mayores a 50 ha se determinó un valor de Sørensen superior a 80% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de afinidad de especies entre tipo y tamaño de fragmentos.
Table 7. Affinity of species per cent between type and size of fragments.

Tipo de fragmento	BA	BA	BA	BC	BC
	1- 10 ha	10-50 ha	>50ha	10-50ha	>50ha
BA 1-10 ha	x	-	-	-	-
BA 10-50 ha	92	x	-	-	-
BA >50 ha	30	27	x	-	-
BC 10-50 ha	43	38	80	x	-
BC >50 ha	41	36	82	97	x

BA = Bosque abierto; BC = Bosque cerrado
BA = Open forest; BC = Closed forest

if there is a higher number of species, which, at the same time, specific richness and equitativity, is more homogeneous, as it happened in the size over 50 ha in both types of forests; the closed forest, in particular, had the highest records, as it happened in those over 50 ha in both types of forests; closed forest in particular, had the highest record (2.89). Nevertheless, species dominance, revealed by the Simpson index, proves that it is not the highest in abundance (7.66) which suggests that in this community exists a dominant taxon (Table 6).

The lowest values of Shannon index (1.95) and of Margalef index (1.32) were found in the open forest of 10 a 50 ha, which had a higher diversity of species and a significant difference ($P=0.013$), according to Hucheson's test. For both covers the display of species, when the number of them is not influential, suggests a tendency to be more homogeneous (Uniformity index) (Table 6).

Based in the abundance of taxa, the 10 a 50 ha open and closed forests were compared, and a 38% of affinity in both was obtain, which explains the scarce natural regeneration observed in the open forest in contrast to the expected results for the open covers in which there would be a higher number of seedlings, saplings and poles. For the similitude of species in terms of abundance among the fragments > 50 ha, the Sørensen value was calculated over 80% (Table 7).

The number of species of the new plants diminished in regard to the adult tree composition in all the types and fragments: for the open forest of 10 to 50 ha, it was 36% and in closed forest >50 ha it was 25% (Figure 4)

Natural regeneration per tree group (conifers, oaks and other broadleaves) was conformed in the following way: in the open forest from 1 to 10 ha, 50% by *Pinus*, 32% by *Quercus* and 18% by other broadleaves; in terms of abundance, the following species were identified: *Pinus oocarpa* var. *oocarpa*, *P. douglasiana*, *Quercus resinosa* and *Arbutus xalapensis*. The 10 to 50 ha open forest was made-up by 68% of *Quercus* and 32% by *Pinus*; the main species were *Quercus resinosa*, *Pinus douglasiana* and *Quercus magnoliifolia*. Finally, the open forest over 50 ha was formed as follows: 65 by *Pinus*, 27% by *Quercus* and 7% by other broadleaves; *Pinus devoniana* Lindl.,

El número de especies de los renuevos disminuyó respecto a la composición del arbolado adulto en todos los tipos y tamaños de fragmentos: para el bosque abierto de 10 a 50 ha la reducción fue de 36% y en el bosque cerrado mayor a 50 ha fue de 25% (Figura 4).

P. douglasiana, *Quercus resinosa* and *Q. magnoliifolia* were outstanding (Table 8).

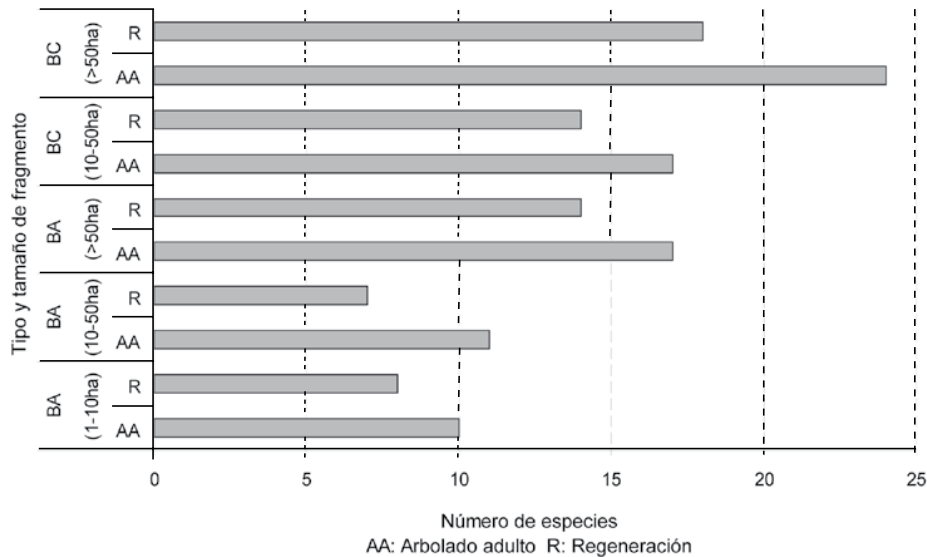


Figura 4. Número de especies por tipo y tamaño de fragmento del arbolado adulto (7 cm de diámetro normal) y su regeneración natural.

Figure 4. Number of species per fragment type and size of adult trees (7 cm DBH) and their natural regeneration.

La regeneración natural por grupo de árboles (coníferas, encinos y otras hojosas) se conformó de la siguiente manera: el bosque abierto de 1 a 10 ha, por 50% del género *Pinus*, 32% de *Quercus* y 18% de otras hojosas; en orden de abundancia se identificaron *Pinus oocarpa* var. *oocarpa*, *P. douglasiana*, *Quercus resinosa* y *Arbutus xalapensis*. El bosque abierto de 10 a 50 ha se integró por 68% de *Quercus* y 32% de *Pinus*; las principales especies fueron *Quercus resinosa*, *Pinus douglasiana* y *Quercus magnoliifolia*. Finalmente, el bosque de dosel abierto mayor a 50 ha lo constituyeron con 65% de *Pinus*, 27% de *Quercus* y 7% de otras hojosas; en él sobresalieron *Pinus devoniana* Lindl., *P. douglasiana*, *Quercus resinosa* y *Q. magnoliifolia* (Cuadro 8).

En las coberturas de bosque cerrado se registraron 62% de *Pinus*, 24% de *Quercus* y 14% de otras hojosas para el tamaño de fragmento de 10 a 50 ha; de acuerdo a su cantidad destacaron *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa* var. *oocarpa*, *Quercus resinosa* y *Clethra rosei*. Para esta misma cobertura en el fragmento mayor a 50 ha se identificó un predominio en el grupo de los encinos (49%), seguido de otras hojosas (26%) y de pinos (25%); por su abundancia resaltaron *Quercus resinosa*, *Pinus douglasiana*, *Clethra rosei* y *Quercus rugosa* (Cuadro 9).

In the closed forests, 62% were *Pinus*, 24% *Quercus* and 14% were different broadleaves for the 10 to 50 ha fragments; in terms of amount, *Pinus douglasiana*, *P. oocarpa* var. *oocarpa*, *Quercus resinosa* and *Clethra rosei* were the most notorious. For this same cover, in the fragment over 50 ha, oaks prevailed (49%), followed by other broadleaves (26%) and pines (25%); *Quercus resinosa*, *Pinus douglasiana*, *Clethra rosei* and *Quercus rugosa* were remarkable for their abundance (Table 9).

During several years, the pine-oak forest has shown biological impacts by the attack of dwarf mistletoe (*Arceuthobium vaginatum* Humb. et Bonsp. ex Willd.) and of barking insects (*Dendroctonus mexicanus* Hopkins) on *Pinus douglasiana*, in particular, which produce structural, functional and successional changes in the wood, with the presence of different genus of tree species and even with overpopulation of shrubs. In addition to the previous arguments, fragmentation might favor the invasion of new taxa, due to microclimatic changes from light availability and variation in temperature, and may be, from the removal and loss of soil, herb competence or other modifying factors, through the biologic interaction with wild life and dispersion insects.

Cuadro 8. Composición, abundancia y relación porcentual del arbolado adulto y regeneración natural para el bosque abierto (BA) por tamaño de fragmento.

Table 8. Composition, abundance and per cent relation of adult trees and natural regeneration for open forest (BC) according to fragment size.

Especie / Tamaño de fragmento	1-10 ha				10-50 ha				>50 ha			
	AA	%	R	%	AA	%	R	%	AA	%	R	%
<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. et Cham.) Benth.	0	0	1	0.9	16	8.4	0	0	2	0.4	0	0
<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. et Gal.	3	1.1	19	17.3	0	0	0	0	2	0.4	0	0
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	3	1.1	0	0	0	0	0	0	12	2.4	16	2.6
<i>Clethra rosei</i> Britton	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4	3	0.5
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	18	6.9	2	1.8	1	0.5	1	1.1	51	10.2	201	32.8
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	67	25.6	25	22.7	20	10.5	22	23.4	90	18.0	144	23.5
<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. et Fern.	50	19.1	2	1.8	30	15.8	2	2.1	58	11.6	19	3.1
<i>Pinus oocarpa</i> Scheide var. <i>oocarpa</i>	22	8.4	26	23.6	3	1.6	5	5.3	18	3.6	37	6.0
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2	21	3.4
<i>Quercus castanea</i> Née	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8	0	0
<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	26	9.9	10	9.1	17	8.9	6	6.4	18	3.6	11	1.8
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	1	0.4	0	0	0	0	0	0	12	2.4	1	0.2
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	0	0	0	0	8	4.2	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	0	0	0	0	17	8.9	15	16.0	70	14.0	68	11.1
<i>Quercus obtusata</i> Humb. et Bonpl.	1	0.4	0	0	12	6.3	0	0	11	2.2	1	0.2
<i>Quercus resinosa</i> Liebm.	71	27.1	25	22.7	65	34.2	43	45.7	59	11.8	64	10.4
<i>Quercus rugosa</i> Née	0	0	0	0	0	0	0	0	71	14.2	23	3.8
<i>Quercus subspathulata</i> Trel.	0	0	0	0	0	0	0	0	18	3.6	0	0
<i>Tilia mexicana</i> Schtdl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.7
Total	262	100	110	100	190	100	94	100	499	100	613	100

AA = Arbolado adulto; R = Regeneración natural

AA = Adult trees; R = Natural regeneration

Durante varios años el bosque de pino-encino ha presentado, en menor o mayor grado, impactos biológicos por ataques de muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* Humb. et Bonpl. ex Wild.) e insecto descortezador (*Dendroctonus mexicanus* Hopkins), en particular sobre *Pinus douglasiana*, los cuales originan un cambio estructural, funcional y sucesional del bosque, con la presencia de otros géneros de especies arbóreas e incluso con sobrepoblación de arbustivas. Aunado a lo anterior, la fragmentación puede facilitar la invasión de nuevos taxa, debido a cambios microclimáticos dados por la disponibilidad de luz y variaciones en la temperatura y, tal vez, por la remoción y pérdida de suelo, la competencia de herbáceas u otros factores de modificación, a través de la interacción biológica con la fauna silvestre e insectos dispersores.

The average number of species per sampling site remained between 1 and 2 in regeneration and 3 in adult trees, for both conditions of open forest under 50 ha (Figure 5). Closed forest from 10 to 50 ha kept in both development stages, 4 species, opposite to what happened in the >50 ha fragment, which, in average, only recorded one taxon.

El número de especies promedio por sitio de muestreo se mantuvo entre uno y dos en la regeneración y de tres en el arbolado adulto, para las dos condiciones de bosque abierto menores a 50 ha (Figura 5). El bosque cerrado de 10 a 50 ha mantuvo en ambos estados de desarrollo un promedio de cuatro especies,

Cuadro 9. Composición, abundancia y relación porcentual del arbolado adulto y regeneración natural para el bosque cerrado (BC) por tamaño de fragmento.

Table 9. Composition, abundance and per cent relation of adult trees and natural regeneration for closed forest (BC) according to fragment size.

Especie / Tamaño de fragmento	10-50 ha				>50 ha			
	AA	%	R	%	AA	%	R	%
<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. et Cham.) Benth.	0	0	6	1.5	3	0.3	13	3.0
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> (Schlecht.) Furlow	8	4.9	3	0.7	4	0.4	0	0
<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. et Gal.	0	0	0	0	14	1.2	5	1.2
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	0	0	0	0	10	0.9	3	0.7
Especie / Tamaño de fragmento	10-50 ha				>50 ha			
	AA	%	R	%	AA	%	R	%
<i>Clethra rosei</i> Britton	1	0.6	42	10.3	12	1.1	0	0
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	1	0.6	17	4.2	86	7.6	14	3.3
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	23	14.2	153	37.7	213	18.7	62	14.4
<i>Pinus herrerae</i> Martínez	0	0	0	0	3	0.3	0	0
<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. et Fern.	3	1.9	14	3.4	117	10.3	12	2.8
<i>Pinus oocarpa</i> Scheide var. <i>oocarpa</i>	4	2.5	68	16.7	72	6.3	20	4.7
<i>Prunus serotina</i> ssp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh	2	1.2	4	1.0	1	0.1	5	1.2
<i>Quercus candicans</i> Née	4	2.5	10	2.5	10	0.9	0	0
<i>Quercus castanea</i> Née	0	0	0	0.0	20	1.8	20	4.7
<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	2	1.2	8	2.0	42	3.7	4	0.9
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	0	0	0	0	6	0.5	17	4.0
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	3	1.9	0	0	27	2.4	1	0.2
<i>Quercus excelsa</i> Liebm.	0	0	0	0	1	0.1	0	0
<i>Quercus gentryi</i> C.H. Mull.	0	0	0	0	0	0	7	1.6
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	1	0.6	0	0	1	0.1	0	0
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	24	14.8	22	5.4	62	5.4	2	0.5
<i>Quercus obtusata</i> Humb. et Bonpl.	8	4.9	4	1.0	21	1.8	21	4.9
<i>Quercus resinosa</i> Liebm.	73	45.1	47	11.6	336	29.5	98	22.8
<i>Quercus rugosa</i> Née	4	2.5	8	2.0	66	5.8	41	9.5
<i>Quercus subspathulata</i> Trel.	0	0	0	0	7	0.6	0	0
<i>Tilia mexicana</i> Schltdl.	1	0.6	0	0	0	0.0	0	0
Total	162	100	406	100	1138	100	430	100

AA = Arbolado adulto; R = Regeneración natural
AA = Adult trees; R = Natural regeneration

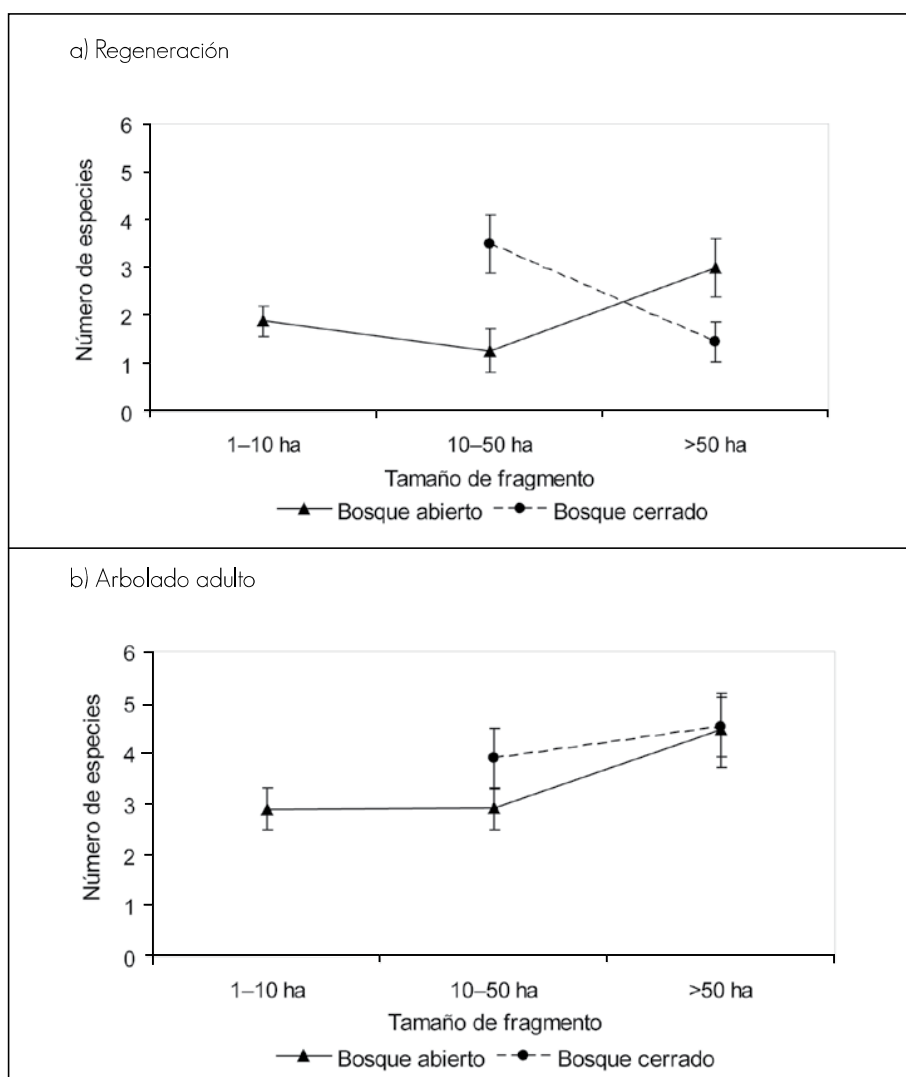


Figura 5. Número de especies promedio de la regeneración natural por tipo y tamaño de fragmento con respecto al arbolado adulto.

Figure 5. Number of average species of natural regeneration by fragment type and size in regard to adult trees.

Durante varios años el bosque de pino-encino ha presentado, en menor o mayor grado, impactos biológicos por ataques de muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* Humb. et Bonpl. ex Wild.) e insecto descortezador (*Dendroctonus mexicanus* Hopkins), en particular sobre *Pinus douglasiana*, los cuales originan un cambio estructural, funcional y sucesional del bosque, con la presencia de otros géneros de especies arbóreas e incluso con sobrepoblación de arbustivas. Aunado a lo anterior, la fragmentación puede facilitar la invasión de nuevos taxa, debido a cambios microclimáticos dados por la disponibilidad de luz y variaciones en la temperatura y, tal vez, por la remoción y pérdida de suelo, la competencia de herbáceas u otros factores de modificación, a través de la interacción biológica con la fauna silvestre e insectos dispersores.

CONCLUSIONS

Open forest cover from 1 to 10 and from 10 to 50 ha, as well as those of closed forest over 50 ha had good values from 1,280 to 2,890 seedlings ha⁻¹; while for open forest over 50 ha and for closed forest from 10 to 50 ha, excessive numbers from 2,891 to 1,1547 seedlings ha⁻¹ have been estimated.

When the process of fragmentation increases, it is related to the reduction of seedling species in terms of richness, that is, when the size of the fragment becomes smaller, it brings a change in species composition, as well.

Priority zones are identified to address actions focused upon the increment of connectivity among fragments. Some of them are propagation and reforestation with native species as well as efforts involved in soil conservation and forest cover restoration.

El número de especies promedio por sitio de muestreo se mantuvo entre uno y dos en la regeneración y de tres en el arbolado adulto, para las dos condiciones de bosque abierto menores a 50 ha (Figura 5). El bosque cerrado de 10 a 50 ha mantuvo en ambos estados de desarrollo un promedio de cuatro especies, al contrario del fragmento mayor a 50 ha, que en promedio registró un solo taxón.

CONCLUSIONES

Las coberturas de bosque abierto de 1 a 10 y 10 a 50 ha, así como la de bosque cerrado mayor a 50 ha registran valores satisfactorios que oscilan entre 1,280 y 2,890 plántulas ha⁻¹; mientras que, para las de bosque abierto mayor a 50 ha y bosque cerrado de 10 a 50 ha se estiman cifras excesivas que varían de 2,891 a 1,1547 plántulas ha⁻¹.

El proceso de fragmentación, al incrementarse se asocia con la disminución de las especies de plántulas en términos de riqueza, es decir, al reducir el tamaño del fragmento, lo que conlleva, también, a un cambio sobre la composición de las especies.

Se identifican zonas prioritarias para dirigir acciones centradas en aumentar la conectividad entre los fragmentos. Algunas medidas son la propagación y reforestación con especies nativas y otras obras referentes a la conservación del suelo y la restauración de las coberturas forestales.

AGRADECIMIENTOS

A SEP-Promep por el apoyo financiero al Proyecto UDG-EXB-364. Al Comité Regional de Protección, Promoción y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila A.C. por las facilidades brindadas en la realización de este estudio. A todos los prestadores de servicio social, tesis y estudiantes voluntarios del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara por su colaboración en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Bennet, A. F. 1998. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 254 p.
- Bresciano, D. y J. A. Simonetti. 2008. Granivoría en fragmentos de bosque psamófilo en Uruguay. *Agrociencia*. 12 (1):1-5.
- Bustamante, R. y A. Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo* 11 (2):58-63.
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: índices de diversidad estructural en masas forestales. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 12 (1):159-176.
- Dirzo, R. and M. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast México. *Conservation Biology*. 6(1):84-90.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 246 p.
- González M., S. C. y F. Bravo. 1999. Regeneración natural, establecimiento y primer desarrollo del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.). *Invest. Agrar. Recur. For.* (1):225-247.
- Guerrero N., J. J. y G. López C. 1997. La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. 91 p.

ACKNOWLEDGEMENTS

To SEP-Promep for the financial support provided to the UDG-EXB-364 Project. To the Comité Regional de Protección, Promoción y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila A.C. for the facilities to carry out this study. To all social service and thesis and voluntary students of Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara for their help in the field work stage.

End of the English version

- Hernández A., E., C. Rodríguez F., A. Gallegos R. y R. Villavicencio G. 2004. Estudio epidémico de la regeneración de *Pinus hartwegii* Lindl. en San Martín Cuautlalpan, Estado de México. *Rev. Cien. For. en Méx.* 29 (96):29-45.
- Herrerías D., Y. y J. Benítez M. 2007. Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.winegob.mx/publicaciones/libros/467/julietah.html> (16 de junio de 2009).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1972. Cartas edafológicas F13D73 Atengo, F13D74 Coacala, F13D83 Tecolotlán. Escala 1:50,000. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. s/p.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, NJ USA. 179 p.
- Moreno G., D. 2004. Uso de matrices para evaluar la regeneración de pino. CRPAC INIFAP. Publicación Técnica Núm. 1. Guadalajara, Jal., México. 18 p.
- Rempel R. S. and A. P. Carr. 2003. Patch analyst extension for ArcView: version 3.0. <http://flash.lakeheadu.ca/rrempe/patch/index.html> (2 de agosto de 2007).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1993. Estudio de la flora y fauna de la zona protectora forestal Sierra de Quila. SARH-SFF. Guadalajara, Jal. México. 69 p.
- Quesada M., R. 2001. Dinámica de la regeneración natural en el bosque intervenido, Región Huetar Norte, Costa Rica. In: Memoria electrónica del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jal., México. s/p.
- Villavicencio G., R. 2004. Kartierung von Vegetationsstrukturen und deren Veränderung in Naturschutzgebieten mit Hilfe von Fernerkundung und terrestrische Inventurverfahren – dargestellt am Beispiel des Schutzgebietes für Flora und Fauna "Sierra de Quila" im Bundesstaat Jalisco im Westen Mexikos. Cuvillier Verlag Göttingen, Niedersachsen, Deutschland. 161 p.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. Prentice Hall. New Jersey, NJ, USA. 663 p.



Dominio público.

“Las reglas de uso específicas varían notablemente de caso a caso. Dada esta gran variación en este tipo de reglas, la sustentabilidad de estos recursos y de las instituciones que los regulan no pueden ser explicada por la presencia y ausencia de ciertas reglas particulares. Parte de la explicación que puede ofrecerse para entender la permanencia en el tiempo de estos sistemas, es el hecho de que las reglas particulares difieren de caso en caso. Al ser distintas, las reglas particulares toman en cuenta los atributos específicos de los sistemas físicos circundantes, las distintas visiones culturales del mundo, y la relaciones económicas y políticas que existen en cada región. Sin reglas diferentes, los propietarios no podrían hacer uso de las ventajas que les otorgan las características positivas de un recurso, ni serían capaces de evitar los errores potenciales que podrían ocurrir en un lugar pero no en otros”.

Elinor Ostrom.