



PATRONES DE DIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN RODALES MEZCLADOS DE PINOS

PATTERNS OF DIVERSITY IN THE NATURAL REGENERATION OF MIXED PINE STANDS

J. Cristóbal Leyva-López¹; A. Velázquez-Martínez^{2†}; G. Ángeles-Pérez².

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. MÉXICO. C. P. 71230. Correo-e: jcleyya@prodigy.net.mx

²Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carr. México-Texcoco. Montecillo, MÉXICO. C. P. 56230. ([†]Autor para correspondencia) Correo-e: alejvela@colpos.mx

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la composición, diversidad, similitud florística y valor de importancia de las especies arbóreas, se evaluó la regeneración de tres rodales en donde se aplicó el método de regeneración natural de árboles padre durante el periodo 1989-1995. Dentro de cada rodal, se definieron unidades relativamente homogéneas considerando características como pendiente, exposición, altitud y número de árboles padre; resultando once unidades. Contiguas a éstas se seleccionaron áreas sin intervención. En cada unidad se estableció un sitio circular de 314.16 m² (10 m de radio), el cual se dividió en cuatro sub-parcelas de 78.54 m². Se evaluó la regeneración establecida de especies arbóreas (pinos y latifoliadas), en las áreas con tratamiento y las especies arbóreas en las áreas sin tratamiento. Se determinó la diversidad de especies y la densidad. Se calculó el valor de importancia (IVI). Se determinaron los índices de diversidad e índices de similitud. Los resultados indican que los rodales estudiados presentan una mezcla de especies de pino y latifoliadas, en donde dominan relativamente las primeras. Los índices de diversidad calculados señalan que a medida que pasa el tiempo, después del tratamiento de regeneración, los valores de diversidad y riqueza son menores, aunque éstos no cambian en aquellos rodales sin tratamiento. Al comparar los índices de diversidad de especies entre los rodales tratados, todos son estadísticamente diferentes. Sin embargo, al compararlos con los rodales sin tratamiento, sólo en un rodal y en su adyacente, no son estadísticamente diferentes, los cuales obtuvieron entre sí el valor más alto del índice de similitud. En general, la mezcla de especies en los rodales con tratamiento de regeneración y en las áreas adyacentes, se mantiene con pocos cambios, por lo que se concluye que la aplicación de la corta de regeneración no tuvo efectos negativos sobre la composición y diversidad de especies, mas aún propició un ligero incremento de éstas.

Recibido: 14 de junio, 2010
Aceptado: 11 de octubre, 2010
doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.06.038
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: Regeneración natural, dominancia, diversidad, valor de importancia, similitud.

ABSTRACT

Natural regeneration of three stands harvested with the seed-tree method during the period 1989-1995 was evaluated in order to determine the composition, diversity, floristic similarity and importance value of the tree species. Within each stand, relatively homogenous units were identified taking into account characteristics such as slope, exposure, altitude, and number of seed trees, resulting in eleven units. Adjacent to these units, stands without silvicultural treatment were selected. Inside each unit a 314.16 m² (10 m radius) circular site was established, each of which was subdivided into four 78.54 m² sub-plots. Established regeneration of tree species (pines and hardwoods) was evaluated in the stands under management while in stands without management only the tree species were recorded. Species diversity and density were determined, along with the importance value index. Both diversity and similarity indices were also calculated. The results indicate that the stands under study have a mixture of pine and hardwood species, with the pines being relatively dominant. The diversity indices calculated indicate that as time goes on after the regeneration treatment, diversity and richness values are lower, although they do not change in stands without treatment. Species diversity indices among treated stands are all statistically different. However, in comparison with untreated stands, only one stand and the one adjacent to it are not statistically different, having the highest similarity index between them. In general, the mix of species in the stands with regeneration treatment and in the adjacent areas undergoes few changes. It was therefore concluded that the regeneration treatment had no negative effects on species composition and diversity, even though it did result in a slight increase in both of these conditions.

KEY WORDS: Natural regeneration, dominance, diversity, importance value, similarity.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos silvícolas que se utilizan para controlar la composición de especies, el crecimiento y desarrollo de un bosque en producción, son en esencia, simulaciones de disturbios naturales (Smith *et al.*, 1997; Fujimori, 2001). Una perturbación natural es un evento discreto que modifica la estructura del rodal y/o cambia la disponibilidad de recursos o el medio físico (Oliver y Larson, 1996; Fujimori, 2001) y se considera un componente fundamental en el proceso de regeneración de los rodales forestales (Ricker y Daly, 1998). En este proceso intervienen diversos factores que determinan la composición y estructura final del rodal (Musálem *et al.*, 1991; Nyland, 1996).

La mezcla de especies en la etapa posterior a la incidencia de la perturbación, depende de varios factores, incluyendo el banco de semillas, el tipo, intensidad y época de ocurrencia de la perturbación, y otros factores bióticos y abióticos. Los tres primeros, determinan la mezcla de especies que se presenta después de la colonización, mientras que los dos últimos, determinan cuáles de ellas se establecerán y sobrevivirán (Perry, 1994).

La diversidad de especies se considera un atributo de la composición de la comunidad en términos de su riqueza (Decocq *et al.*, 2004), por lo que su conservación, hoy en día, es parte integral del manejo forestal (Eycott *et al.*, 2006). En este sentido, las especies arbóreas están predestinadas u obligadas a crecer sólo en ciertos sitios o en asociación con ciertas especies particulares. Éstas se encuentran donde sus diásporas están presentes y en donde puedan sobrevivir y competir exitosamente con la vegetación circundante (Oliver y Larson, 1996).

En México, la información relativa a la diversidad de especies que se presenta en un bosque después de una corta de regeneración, es escasa. En el caso particular de los bosques de la Sierra Madre del Sur, en el estado de Oaxaca, éstos se caracterizan por presentar una gran diversidad de especies en diferentes grados de mezclas (Guizar *et al.*, 1998; Arriaga *et al.*, 2000). Estos rodales se han cosechado por muchos años utilizando diferentes métodos silvícolas, principalmente el de Selección y el de Árboles Padre, fundamentalmente con el objetivo de regenerar especies de pino. Sin embargo, después de aplicadas las cortas de regeneración, se establecieron masas mezcladas de pinos y latifoliadas.

Lo anterior reviste importancia, ya que siendo las especies de pino las más importantes desde el punto de vista comercial, aparecen especies que aparentemente no tienen ningún valor. Esto dificulta la aplicación de tratamientos silvícolas, sobre todo cuando se desconoce la composición y dinámica de la comunidad resultante. Esta información es importante cuando se analiza el éxito

INTRODUCTION

Silvicultural treatments used to control the composition of species and the growth and development of a forest in production are, in essence, simulations of natural disturbances (Smith *et al.*, 1997; Fujimori, 2001). A natural disturbance is a discrete event that alters the structure of the stand and/or changes the availability of resources or the physical environment (Oliver and Larson, 1996; Fujimori, 2001) and is considered a fundamental component in the regeneration process of forest stands (Ricker & Daly, 1998). This process involves several factors that determine the composition and final structure of the stand (Musálem *et al.*, 1991; Nyland, 1996).

The mix of species in the aftermath of the disruption incident depends on several factors, including the seed bank, the type, intensity and time of occurrence of the disturbance, and other biotic and abiotic factors. The first three determine the mix of species that occurs after the colonization, while the last two determine which of them will become established and survive (Perry, 1994).

Species diversity is considered an attribute of the composition of the community in terms of its richness (Decocq *et al.*, 2004), so its conservation, today, is an integral part of forest management (Eycott *et al.* 2006). In this sense, tree species are predestined or forced to grow only in certain places or in association with particular species. These are found where their diásporas are present and where they can survive and compete successfully with the surrounding vegetation (Oliver and Larson, 1996).

In Mexico, information on the diversity of species present in a forest after a regeneration cut is scarce. In the particular case of the forests of the Sierra Madre del Sur, in the State of Oaxaca, they are characterized by a great diversity of species in different degrees of mixtures (Guizar *et al.*, 1998; Arriaga *et al.*, 2000). These stands have been harvested for many years using different silvicultural methods, mainly the Selection and Seed-Tree ones, essentially with the aim of regenerating pine species. However, after applying regeneration cuts, mixed stands of pines and hardwoods became established.

This is important because although pine species are the most important from a commercial viewpoint, other species appear that apparently have no value. This complicates the application of silvicultural treatments, especially when the composition and dynamics of the resulting community are unknown. This information is important when analyzing the success or failure of the regeneration cuts applied, in terms of the quantity and quality of natural regeneration, which will lead to determining future forest management alternatives.

The aim of this study is to determine the composition,

o fracaso de las cortas de regeneración aplicadas, en cuanto a cantidad y calidad de la regeneración natural, lo cual conducirá a determinar las futuras alternativas de manejo forestal.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la composición, diversidad, similitud florística y valor de importancia de las especies arbóreas presentes en la regeneración natural en rodales cosechados a través del Método de Árboles Padre, y realizar una comparación con rodales sin tratamiento de corta de regeneración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El área de estudio se localiza en el municipio y distrito de Zimatlán de Álvarez, en el estado de Oaxaca, en bosques pertenecientes a la comunidad de San Pedro el Alto. Esta comunidad tiene una superficie forestal de alrededor de 30,000 ha (UCEFO-UCODEFO Núm. 6, 1990). Geográficamente se ubica entre las coordenadas 16°35'13" y 16°05'18" de latitud norte y 97°00'56" y 97°12'22" de longitud oeste (TIASA, 1995).

La región se encuentra incluida en la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre del Sur. El relieve se caracteriza por presentar laderas con pendientes relativamente pronunciadas y con desniveles marcados en altitud que, aunado a cambios contrastantes de exposición, crea una gran diversidad de microclimas (TIASA, 1995).

Los suelos predominantes son Acrisol húmico, asociado con Cambisol húmico y Litosol, que ocupan el 79.46 % de la superficie (TIASA, 1995).

El clima predominante es el C (w_2) (i) g, que corresponde a templado subhúmedo y ocupa un 76.57 % de la superficie total (TIASA, 1995). La temperatura media anual de la región varía de 12 a 22 °C, presentándose la más baja en los lugares de mayor altitud (menos de 12 °C) (Guízar *et al.*, 1998).

La Sierra Madre del Sur cuenta con una gran diversidad de especies forestales en diferentes tipos de rodales mezclados. De acuerdo con Guízar *et al.* (1998), se reconocen las siguientes asociaciones vegetales en la zona: bosque de coníferas (asociaciones de *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock, asociación *Pinus montezumae* Lamb., asociación *Pinus pringlei* Shaw., asociación *Pinus pseudostrobus* Lindl., asociación *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Shaw., y asociación *Pinus devoniana* Lindl.); bosque de *Quercus* (asociación *Quercus conspersa* Benth-*Abies oaxacana* Martínez, asociación *Quercus magnoliaefolia* Née.- *Pinus lawsonii* Roetzl., asociación *Quercus rugosa* Née - *Pinus montezumae*); y vegetación riparia. Arriaga *et al.* (2000) mencionan que esta área es sobresaliente por la gran diversidad de especies de coníferas y encinos.

diversity, floristic similarity and importance value of tree species present in the natural regeneration in stands harvested using the Seed-Tree Method, and to carry out a comparison with stands without regeneration cut treatment.

MATERIALS AND METHODS

Location of the study area

The study area is located in the municipality and district of Zimatlán de Álvarez, in the State of Oaxaca, in forests belonging to the community of San Pedro el Alto. This community has a forest area of about 30,000 ha (UCEFO-UCODEFO No. 6, 1990). Geographically, it is located between coordinates 16°35'13" and 16°05'18" north latitude and 97°00'56" and 97°12'22" west longitude (TIASA, 1995).

The region is included in the physiographic province known as Sierra Madre del Sur. The relief is characterized by mountainsides with relatively steep slopes and marked unevenness in altitude that, coupled with contrasting changes in exposure, creates a wide variety of microclimates (TIASA, 1995).

The predominant soils are humic Acrisol associated with humic Cambisol and Litosol, occupying 79.46% of the area (TIASA, 1995).

The predominant climate is C (w_2) (i) g, corresponding to temperate subhumid and covering 76.57% of the total area (TIASA, 1995). The mean annual temperature in the region ranges from 12 to 22 °C, with the lowest temperatures occurring at high-altitude locations (less than 12 °C) (Guízar *et al.*, 1998).

The Sierra Madre del Sur has a great diversity of forest species in different types of mixed stands. According to Guízar *et al.* (1998), the following plant associations occur in the area: coniferous forest (*Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock associations, *Pinus montezumae* Lamb. association, *Pinus pringlei* Shaw. association, *Pinus pseudostrobus* Lindl. association, *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Shaw. association, and *Pinus devoniana* Lindl. association); oak forest (*Quercus conspersa* Benth-*Abies oaxacana* Martínez association, *Quercus magnoliaefolia* Née.- *Pinus lawsonii* Roetzl. association, *Quercus rugosa* Née - *Pinus montezumae* association); and riparian vegetation. Arriaga *et al.* (2000) mention that this area stands out for its great diversity of conifer and oak species.

Fieldwork

Three stands where the seed-tree regeneration method was applied during the period 1989-1995 were analyzed (UCEFO-UCODEFO No. 6, 1990) (Table 1).

Trabajo de Campo

Se analizaron tres rodales en donde se aplicó el método de regeneración de árboles padre durante el periodo 1989-1995 (UCEFO-UCODEFO Núm. 6, 1990) (Cuadro 1).

Dentro de cada rodal, se definieron unidades relativamente homogéneas considerando características como pendiente, exposición, altitud y número de árboles padre; resultando once unidades: dos en el rodal 12, cinco en el rodal 13 y cuatro en el rodal 14.

En cada unidad se estableció un sitio de muestreo circular de 314.16 m² de superficie (10 m de radio) (Sachtler, 1975). Los sitios se ubicaron lo más cercano posible del centro de la unidad, con la finalidad de aumentar la probabilidad de que la regeneración establecida proviniera de los árboles padre del sitio y no de áreas adyacentes. Estos sitios fueron divididos en cuatro sub-parcelas de 78.54 m². En cada una de ellas se midió la altura y diámetro de copa de los árboles de pino y latifoliadas mayores de 30 cm de altura, presentes en el estrato de regeneración (considerando este criterio para definir la regeneración establecida).

Adicionalmente, se ubicaron rodales sin tratamiento de corta de regeneración, adyacentes a cada una de las unidades anteriormente mencionadas, con la finalidad de conocer las especies arbóreas presentes antes de la corta. En cada rodal adyacente se estableció un sitio y sus respectivas sub-parcelas de igual forma que en las unidades con tratamiento. Se registraron todos los individuos con Diámetro Normal (DN) ≥ 5 cm y se les determinó su identidad, DN, diámetro de copa y altura total. Estos rodales se identificaron como rodales adyacentes 12,13 y 14.

Within each stand, relatively homogenous units were defined considering characteristics such as slope, aspect, altitude and number of seed trees, resulting in eleven units: two in stand 12, five in stand 13 and four in stand 14.

A circular 314.16 m² sampling site (10 m radius) was established within each unit (Sachtler, 1975). The sites were located as close as possible to the center of the unit, in order to increase the likelihood that the established regeneration came from the seed trees of the site and not adjacent areas. These sites were divided into four 78.54 m² sub-plots. In each, the height and crown diameter of pine and hardwood trees over 3 cm in height present in the regeneration stratum were measured, using this criterion to define the established regeneration.

Additionally, stands where a regeneration cut had not been applied were located adjacent to each of the aforementioned units, in order to know the tree species present before the cut. In each adjacent stand, a site and its respective sub-plots were established in the same manner as in the treatment units. All individual trees with Normal Diameter (ND) ≥ 5 cm were recorded, as was their identity, ND, crown diameter and total height. These stands were identified as adjacent stands 12, 13 and 14.

All species present were determined according to Perry (1991), Martínez (1948), Campos (1993), Cano and Marroquín (1994), Farjón *et al.* (1997), Farjón and Styles (1997), Guizar *et al.* (1998), Pérez (2000), Yáñez (2001) and Rzedowski and Rzedowski (2001).

CUADRO 1. Características de los rodales y de las unidades evaluadas en la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

TABLE 1. Characteristics of the stands and the units assessed in the community of San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

Rodal	Año de Corta	Unidad	Superficie (ha)	Altitud (m)	Árboles Padre (Ind · ha ⁻¹)	Pendiente (%)	Exposición (azimuth)
12	1989	1	1.0	2485	38	30	SE (105)
		2	1.0	2482	53	35	E (90)
		Promedio	2.0	2483.5	45.5	32.5	97.5
13	1990	1	0.38	2798	68	9	E (90)
		2	0.46	2789	21	20	SW (244)
		3	0.67	2779	127	15	SE (177)
		4	0.55	2769	29	6	SE (135)
		5	1.59	2768	19	30	SE (95)
		Promedio	3.65	2780.6	52.8	16	148.2
14	1995	1	2.68	2704	7	50	NE (20)
		2	3.62	2723	11	22	NE (35)
		3	1.74	2740	18	30	SE (92)
		4	2.06	2760	9	35	SE (145)
		Promedio	10.10	2731.75	11.25	34.25	73

Todas las especies presentes fueron determinadas de acuerdo con Perry (1991), Martínez (1948), Campos (1993), Cano y Marroquín (1994), Farjón *et al.* (1997), Farjon y Styles (1997), Guizar *et al.* (1998), Pérez (2000), Yáñez (2001) y Rzedowski y Rzedowski (2001).

Análisis de la Información

La información se analizó a partir de cada parcela de muestreo. Se estimó la densidad y cobertura de copa de la regeneración natural y del arbolado de las áreas adyacentes, que en lo sucesivo, sólo se denominará arbolado, así como el área basal de estos últimos.

Se calculó el Valor de Importancia (IVI) de la regeneración y del arbolado con base en la densidad relativa, cobertura relativa y frecuencia relativa (Matteucci y Colma, 1982; Brower *et al.*, 1998).

Se calcularon los índices de Shannon y Alpha de Fisher, a través de los programas ESTIMATES Versión 7.5.0 (2005), y Divers (1993). Los índices tienen las expresiones siguientes (Brower *et al.*, 1998; Franco *et al.*, 1998; Miranda, 1999; Louman *et al.*, 2001):

1) Índice de diversidad de Shannon

$$H' = -\sum p_i \log p_i \quad 1)$$

donde: *log* - logaritmo base e; *pi* - proporción del número total de individuos de la especie *i*.

2) Índice de diversidad α de Fisher

Supone una relación logarítmica entre la abundancia de las especies, con muchas especies raras (αx especies con 1 individuo) y pocas especies abundantes ($(\alpha x^{16})/16$ especies con 16 individuos). En general: $(\alpha x^N)/N$ especies con N individuos.

Para el cálculo del índice α , se relaciona el número total de especies (S) con el número total de individuos (N) para obtener un factor x.

$$S/N = [(1-x)/x] [-\ln(1-x)] \quad 2)$$

Además, se deriva el índice α , combinando la ecuación anterior con las relaciones entre *s* y α y *x*, y entre N y α :

$$S = \alpha [-\ln(1-x)] \quad y \quad N = \alpha \ln(1 + N/a) \quad 3)$$

Para obtener la ecuación:

$$\alpha = [N(1-x)]/x \quad 4)$$

Para comparar los índices de Shannon se calcularon las varianzas respectivas (Brower *et al.*, 1998):

Information Analysis

The data from each sampling plot were analyzed. The density and crown cover of the natural regeneration and adjacent woodland areas were estimated, as was the basal area of the latter.

The importance value (IV) of the natural regeneration and adjacent woodland was calculated based on specific gravity, relative cover and relative frequency (Matteucci and Colma, 1982; Brower *et al.*, 1998).

The Shannon and Fisher's Alpha indices were calculated using the ESTIMATES Version 7.5.0 (2005) and Divers (1993) programs. The indices have the following expressions (Brower *et al.*, 1998; Franco *et al.*, 1998; Miranda, 1999; Louman *et al.*, 2001):

1) Shannon diversity index

$$H' = -\sum p_i \log p_i \quad 1)$$

where: *log* - logarithm base e; *pi* - proportion of the total number of individuals of species *i*.

2) Fisher's α -diversity index

It assumes a logarithmic relationship between the abundance of species, with many rare species (αx species with 1 individual) and few abundant species ($(\alpha x^{16})/16$ species with 16 individuals). Overall: $(\alpha x^N)/N$ species with N individuals.

To calculate the index α , the total number of species (S) is related with the total number of individuals (N) for a factor x.

$$S/N = [(1-x)/x] [-\ln(1-x)] \quad 2)$$

In addition, the index α is derived by combining the above equation with the relationship between *s* and α and *x*, and between N and α :

$$S = \alpha [-\ln(1-x)] \quad y \quad N = \alpha \ln(1 + N/a) \quad 3)$$

To obtain the equation:

$$\alpha = [N(1-x)]/x \quad 4)$$

1) Para el índice de Shannon

$$S^2 = \frac{\sum n_i (\log n_i)^2 - (\sum n_i \log n_i)^2 / N}{N^2} \quad 5)$$

Con:

$$t = \frac{H_1' - H_2'}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \quad 6)$$

y con los siguientes grados de libertad:

$$gl = \frac{(S^2_{H_1} + S^2_{H_2})^2}{\frac{(S^2_{H_1})}{n_1} + \frac{(S^2_{H_2})}{n_2}} \quad 7)$$

Se calcularon los índices de similitud entre rodales, utilizando los programas *ESTIMATES 7.5* (2005) y *Simil* (1993), los índices calculados fueron:

3) Índice de similitud de Jaccard

$$CC_j = \frac{c}{s_1 + s_2 - c} \text{ o equivalente } CC_j = \frac{c}{S} \quad 8)$$

Donde: s1 y s2 son el número de especies en comunidades 1 y 2, respectivamente, c es el número de especies comunes a ambas comunidades, y S es el número total de especies encontradas en las dos comunidades. El resultado se expresa en porcentaje.

4) Índice de similitud de Sorensen

$$CC_s = \frac{2c}{s_1 + s_2} \quad 9)$$

Donde: las literales tienen el mismo significado que en Jaccard (Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, 1974; Brower et al., 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de especies y densidad

Se registraron siete, nueve y doce taxas (entre especies y variedades) en la regeneración de los rodales 12, 13 y 14, respectivamente (Cuadro 2).

El rodal 12 presentó la mayor densidad de *Pinus douglasiana* Mart. La densidad de esta especie es muy alta con respecto a los rodales 13 y 14. Estos últimos presentaron mayor riqueza de especies (Cuadro 2).

Aun cuando se presenta la dominancia de las especies de pino, las especies de los géneros *Quercus*, *Arbutus* y *Alnus* representan una alta proporción de la regeneración natural de estos sitios.

To compare the Shannon indices, the respective variances were calculated (Brower et al., 1998):

1) For the Shannon index:

$$S^2 = \frac{\sum n_i (\log n_i)^2 - (\sum n_i \log n_i)^2 / N}{N^2} \quad 5)$$

With:

$$t = \frac{H_1' - H_2'}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \quad 6)$$

and with the following degrees of freedom:

$$gl = \frac{(S^2_{H_1} + S^2_{H_2})^2}{\frac{(S^2_{H_1})}{n_1} + \frac{(S^2_{H_2})}{n_2}} \quad 7)$$

The similarity indices between stands were calculated using the *ESTIMATES 7.5* (2005) and *Simile* (1993) programs. The indices calculated were:

3) Jaccard similarity index

$$CC_j = \frac{c}{s_1 + s_2 - c} \text{ o equivalente } CC_j = \frac{c}{S} \quad 8)$$

Where: s1 and s2 are the number of species in communities 1 and 2, respectively, c is the number of species common to both communities, and S is the total number of species found in the two communities. The result is expressed as a percentage.

4) Sorensen Similarity Index

$$CC_s = \frac{2c}{s_1 + s_2} \quad 9)$$

Where: literals have the same meaning as in Jaccard (Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, 1974; Brower et al., 1998).

RESULTS AND DISCUSSION

Species richness and density

Seven, nine and twelve taxa (including species and varieties) were recorded in the regeneration of stands 12, 13 and 14, respectively (Table 2).

Lo anterior, pudiera estar relacionado con la respuesta de las especies al disturbio, que depende de su estrategia de desarrollo con respecto al hábitat, incluyendo la vulnerabilidad de las especies a varios tipos de estrés, el patrón de reproducción y a la competencia interespecífica (Zavala, 2001). Oliver y Larson (1996), establecen que en un ambiente determinado sólo ciertos individuos crecen en un área. Este proceso de limitación de crecimiento de las especies se refiere a un filtro ambiental, o lo que Fujimori (2001) denomina nicho fundamental.

La riqueza de especies del arbolado de los rodales adyacentes (seis, diez y nueve especies, respectivamente) y sus valores de densidad (Cuadro 3), muestran una tendencia similar a los valores encontrados en las áreas de regeneración. En los rodales adyacentes 12 y 14, *P. douglasiana* es la especie dominante, mientras que en el rodal 13 la especie dominante es *P. pseudostrubus*. También existen especies que estando presentes en éstos, no lo están en las áreas de regeneración. Por ejemplo, *P. pringlei* está presente en el rodal adyacente 12 con una

Stand 12 had the highest density of *Pinus douglasiana* Mart. The density of this species is very high in stands 13 and 14. The latter two had higher species richness (Table 2).

Even when pine species are dominant, species of the genera *Quercus*, *Arbutus* and *Alnus* represent a high proportion of the natural regeneration in these sites.

The above could be related to species response to the disturbance, which depends on its development strategy with respect to habitat, including species' vulnerability to various types of stress, the pattern of reproduction and interspecific competition (Zavala, 2001). Oliver and Larson (1996) established that for a given environment only certain individuals can grow in an area. This process of limiting the growth of the species refers to an environmental filter or what Fujimori (2001) called fundamental niche.

Species richness of the woodland in the adjacent stands (six, ten and nine species, respectively) and their

CUADRO 2. Valor de importancia relativo (IVIR) de la regeneración natural en los rodales estudiados en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. (Se contabilizaron individuos con altura > de 30 cm).

TABLE 2. Relative importance value (IVIR) of the natural regeneration in stands studied in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. (Individuals with height > 30 cm were counted).

Espece	Densidad (Ind·ha ⁻¹)	Densidad Relativa (%)	Cobertura Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	IVIR (%)
Rodal 12 (1989)					
<i>Pinus douglasiana</i>	4281.26	74.93	68.69	26.67	56.76
<i>Quercus rugosa</i>	970.84	16.99	21.32	26.67	21.66
<i>Quercus laurina</i>	222.82	3.90	4.51	13.33	7.25
<i>Arbutus</i> sp.	143.24	2.51	3.51	16.67	7.56
<i>Pinus montezumae</i>	31.83	0.56	0.35	6.67	2.53
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	31.83	0.56	1.54	3.33	1.81
<i>Pinus pseudostrubus</i>	31.83	0.56	0.15	6.67	2.46
Total	5713.65				
Rodal 13 (1990)					
<i>Pinus pseudostrubus</i>	1979.88	30.64	48.32	17.48	32.14
<i>Arbutus</i> sp.	1878.02	29.06	12.02	16.50	19.20
<i>Quercus laurina</i>	935.83	14.48	10.24	16.50	13.74
<i>Quercus rugosa</i>	884.90	13.69	8.55	14.56	12.27
<i>Pinus montezumae</i>	261.01	4.04	8.01	10.68	7.58
<i>Pinus tecunumanii</i>	216.45	6.47	6.47	5.83	5.21
<i>Pinus douglasiana</i>	159.15	4.07	4.07	10.68	5.74
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	127.32	2.26	2.26	5.83	3.35
<i>Pinus pseudostrubus</i> var. <i>apulcencis</i>	19.10	0.07	0.07	1.94	0.77
Total	6461.68				
Rodal 14 (1995)					
<i>Pinus douglasiana</i>	779.86	25.52	20.08	14.85	20.15
<i>Pinus teocote</i>	461.55	15.10	15.73	10.89	13.91
<i>Pinus pseudostrubus</i>	445.63	14.58	7.90	12.87	11.78
<i>Alnus</i> sp.	366.06	11.98	25.31	12.87	16.72
<i>Pinus pseudostrubus</i> var. <i>apulcencis</i>	270.56	8.85	8.75	10.89	9.50
<i>Pinus montezumae</i>	254.65	8.33	5.19	8.91	7.48
<i>Arbutus</i> sp.	167.11	5.47	6.37	9.90	7.25
<i>Quercus rugosa</i>	87.54	2.86	1.25	4.95	3.02
<i>Pinus tecunumanii</i>	79.58	2.60	5.93	3.96	4.16
<i>Quercus laurina</i>	63.66	2.08	1.35	4.95	2.80
<i>Pinus lawsonii</i>	39.79	1.30	0.75	2.97	1.67
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	39.79	1.30	1.37	1.98	1.55
Total	3055.77				

CUADRO 3. Valor de importancia relativo (IVIR) del arbolado de los rodales adyacentes estudiados en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. (Se contabilizaron individuos con DAP \geq 5 cm).

TABLE 3. Relative importance value (IVIR) of the woodland in the adjacent stands studied in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. (Individuals with DAP \geq 5 cm were counted).

Especie	Densidad (Ind·ha ⁻¹)	Area Basal (m ² ·ha ⁻¹)	Densidad Relativa (%)	Cobertura Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	IVIR (%)
Rodal adyacente 12						
<i>Pinus douglasiana</i>	1400.56	12.13	84.62	50.22	40.00	58.28
<i>Pinus tecunumannii</i>	95.49	0.96	5.77	3.99	10.00	6.59
<i>Quercus laurina</i>	63.66	1.05	3.85	4.36	20.00	9.40
<i>Pinus montezumae</i>	31.83	0.09	1.92	0.37	10.00	4.10
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	31.83	0.30	1.92	1.25	10.00	4.39
<i>Pinus pringlei</i>	31.83	9.61	1.92	39.80	10.00	17.24
Total	1655.21	24.31				
Rodal adyacente 13						
<i>Pinus pseudostrobus</i>	241.91	16.97	42.70	40.74	31.11	38.18
<i>Quercus laurina</i>	89.13	1.79	15.73	4.30	13.33	11.12
<i>Pinus montezumae</i>	82.76	8.11	14.61	19.47	22.22	18.77
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	57.30	3.16	10.11	7.59	8.89	8.86
<i>Pinus tecunumannii</i>	50.93	2.21	8.99	5.31	8.89	7.73
<i>Pinus douglasiana</i>	19.10	4.22	3.37	10.13	6.67	6.72
<i>Arbutus</i> sp	6.37	3.12	1.12	7.49	2.22	3.61
<i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcencis</i>	6.37	1.35	1.12	3.25	2.22	2.20
<i>Pinus teocote</i>	6.37	0.03	1.12	0.08	2.22	1.14
<i>Quercus rugosa</i>	6.37	0.68	1.12	1.64	2.22	1.66
Total	566.59	41.64				
Rodal adyacente 14						
<i>Pinus douglasiana</i>	278.52	14.35	32.11	26.97	16.07	25.05
<i>Pinus pseudostrobus</i>	175.07	13.93	20.18	26.16	21.43	22.59
<i>Pinus tecunumannii</i>	119.37	8.06	13.76	15.15	19.64	16.18
<i>Quercus rugosa</i>	87.54	1.86	10.09	3.49	7.14	6.91
<i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i>	79.58	4.55	9.17	8.54	8.93	8.88
<i>Arbutus</i> sp	55.70	2.63	6.42	4.94	10.71	7.36
<i>Pinus teocote</i>	39.79	2.85	8.93	5.35	8.93	6.29
<i>Alnus</i> sp	15.92	0.12	1.83	0.23	3.57	1.88
<i>Pinus montezumae</i>	15.92	4.88	1.83	9.17	3.57	4.86
Total	867.39	53.23				

densidad de 32 individuos· ha⁻¹ y un área basal de 9.6 m²·ha⁻¹, lo que indica que se trata de árboles grandes. Sin embargo, no se registró ningún individuo de esta especie en las áreas de regeneración. Lo mismo ocurre con *P. teocote* Schl. Et Cham. en el rodal 13.

En el rodal 14, en las áreas de regeneración se encontró *P. lawsonii* Roehl. y *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, sin embargo, estas especies no estuvieron presentes en su rodal adyacente. Al respecto, Louman *et al.* (2001) señalan que en rodales con alta diversidad, con frecuencia muchas especies tienen la misma función ecológica. La reducción en la población de una especie, puede ser compensada con un aumento en la población de otra con la misma función.

density values (Table 3) show a similar trend to the values found in the regeneration areas. In adjacent stands 12 and 14, *P. douglasiana* is the dominant species, while in stand 13 the dominant species is *P. pseudostrobus*. There are also species present in these stands that are not in the regeneration areas. For example, *P. pringlei* is present in adjacent stand 12 with a density of 32 individuals ha⁻¹ and basal area of 9.6 m² ha⁻¹, indicating that these are large trees. However, there was no individual of this species recorded in the regeneration areas. The same applies to *P. teocote* Schl. Et Cham. in stand 13.

There are also species present in these stands that are not in the regeneration areas. For example, *P. pringlei*

CUADRO 4. Índices de diversidad de especies de la regeneración de los rodales intervenidos y del arbolado de los rodales adyacentes en la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

TABLE 4. Species diversity indices for the regeneration in the treated stands and the woodland in the adjacent stands in the community of San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

Rodal	Índice de Shannon	Alpha de Fisher
Especies de la regeneración		
12 (1989)	0.823 c	0.790
13 (1990)	1.703 b	1.023
14 (1995)	2.140 a	1.586
Especies del arbolado		
Adyacente 12	0.659 c	0.783
Adyacente 13	1.699 b	1.725
Adyacente 14	1.876 a	1.400

Valor de Importancia

En los Cuadros 2 y 3, se presentan el de Valor de Importancia Relativo (IVIR) de las especies registradas en las áreas de regeneración natural y en los rodales adyacentes. El mayor IVIR en cada rodal lo presentan las especies de pino seguido de las latifoliadas. En ambos casos la mayor contribución al valor de importancia está constituida por la densidad y la cobertura. En el rodal 12, la diferencia entre la especie con mayor IVIR es muy marcada en relación al resto de las especies, esta situación no se presenta en los rodales 13 y 14 (Cuadro 2).

En el caso de los rodales adyacentes, en el 12, el IVIR para *P. douglasiana* es mucho mayor que para el resto de las especies, lo que contrasta con los otros rodales, en donde las diferencias en IVIR son menores, a excepción del rodal 14, en donde el IVIR para esta especie es similar al de *P. pseudostrobus*. Resultados similares se obtuvieron con las especies de las áreas de regeneración (Cuadro 2).

Diversidad de especies de las áreas de regeneración y del arbolado adulto

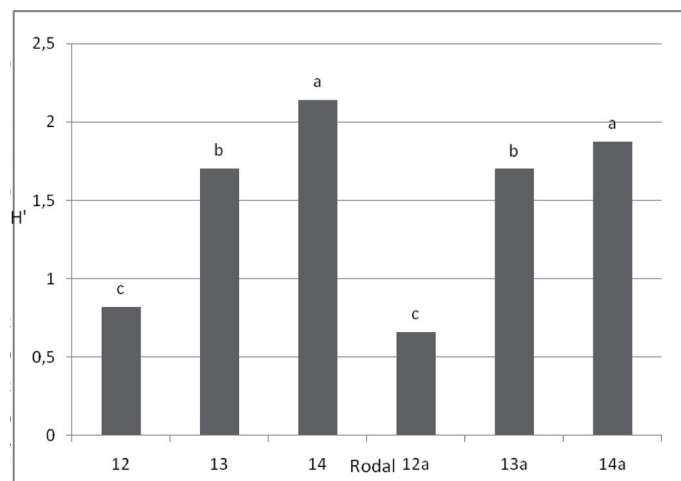


FIGURA 1. Índice de diversidad de Shannon de la regeneración de los rodales intervenidos y del arbolado de los rodales adyacentes en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

FIGURE 1. Shannon diversity index for the regeneration in the treated stands and in the woodland in the adjacent stands in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

is present in adjacent stand 12 with a density of 32 individuals ha⁻¹ and basal area of 9.6 m² ha⁻¹, indicating that these are large trees. However, there was no individual of this species recorded in the regeneration areas. The same applies to *P. teocote* Schl. Et Cham. in stand 13.

In stand 14, *P. lawsonii* Roezl. and *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* were found in the regeneration areas. However, these species were not present in its adjacent stand. In this regard, Louman *et al.* (2002) note that in stands with high diversity, many species often have the same ecological function. The reduction in the population of a species may be offset by an increase in the population of another with the same function.

Importance Value

In Tables 2 and 3, the Relative Importance Value (IVIR) of the species recorded in natural regeneration areas and adjacent stands is presented. The highest IVIR in each stand is presented, with the pine species followed by the hardwoods. In both cases, the greatest contribution to the importance value is provided by density and coverage. In stand 12, the difference between the species with the highest IVIR compared to the rest of the species is very pronounced; this situation does not occur in stands 13 and 14 (Table 2).

As for the adjacent stands, in stand 12 the IVIR for *P. douglasiana* is much greater than for other species, which contrasts with the other stands, where IVIR differences are minor, with the exception of stand 14, wherein the IVIR for this species is similar to that for *P. pseudostrobus*. Similar results were obtained with species in the regeneration areas (Table 2).

Species diversity in the regeneration and adult woodland areas

By observing the diversity index values calculated in the regeneration areas (Table 4 and Figure 1), the Shannon and Fisher's alpha indices show a similar behavior. The diversity presents an inverse relationship with respect to

Al respecto, Louman *et al.* (2001) reportan que en rodales con mayor diversidad, generalmente hay una menor proporción de especies dominantes y, que la permanencia de las especies escasas en el rodal, pueden estar influenciadas por las prácticas silvícolas, ya que su regeneración, generalmente depende de diversos factores que influyen en su nicho ecológico.

En relación a los índices utilizados en este estudio, Stirling y Wilsey (2001) hacen referencia a que el índice de abundancia proporcional de H' o índice de diversidad de Shannon es sensible a la riqueza de especies y a la uniformidad, siendo la mejor medida de su influencia conjunta. Sin embargo, la aplicación de la información-teórica de H' para explicar la diversidad ecológica, es dudosa, de tal manera que puede ser más útil como una medida de incertidumbre para predecir la abundancia de las especies.

Al comparar los valores de t calculados para el índice de Shannon entre las áreas de regeneración y de las adyacentes (Cuadro 5), se encontró que solamente el índice de diversidad del rodal 13 y de su rodal adyacente no son estadísticamente diferentes, y en todas las demás comparaciones los rodales son diferentes en cuanto a diversidad.

La alta diferenciación en especies tanto de la regeneración natural, como de los rodales adyacentes, muestra la complejidad de estos bosques y la necesidad del conocimiento de estas mezclas para definir los tratamientos silvícolas a seguir, ya que la aplicación de cortas de regeneración de ninguna manera asegura la permanencia de especies de interés para el silvicultor y pueden aparecer especies de acuerdo a la mezcla original o de las áreas aledañas.

En relación a la similitud entre rodales (Cuadro 6), los resultados con los índices de Jaccard y Sorensen, indican que los rodales de regeneración 12 y 13, son más similares, en tanto los rodales 13 y 14 son más similares en relación a las especies arbóreas en los rodales adyacentes.

Al comparar las especies de los rodales de regeneración con el arbolado, el rodal 13 con su respectivo adyacente

the year when the cut was applied, with the longer the time after the cut, the lower the index.

In the adjacent stands, the results are similar to those of the regeneration areas, except for the Fisher index in adjacent stand 13, where the value exceeds that of stand 14. In this case, it could be explained by the dominance of certain species that tend to stay while others disappear.

In this regard, Louman *et al.* (2001) report that in stands with greater diversity, there is generally a lower proportion of dominant species. They also state that the continuance of rare species in the stand may be influenced by silvicultural practices, as their regeneration generally depends on diverse factors that influence their ecological niche.

In relation to the indices used in this study, Stirling and Wilsey (2001) point out that the proportional abundance index H' (or Shannon diversity index) is sensitive to species richness and uniformity, making it the best measure of their combined influence. However, the application of information-theoretic H' to explain ecological diversity is questionable, meaning that it may be more useful as a measure of uncertainty to predict the abundance of species.

By comparing the t values calculated for the Shannon index between the regeneration and adjacent areas (Table 5), it was found that only the diversity index for stand 13 and its adjacent stand are not statistically different, while in all the other comparisons the stands differ in diversity.

The high species differentiation in both the natural regeneration and adjacent stands shows the complexity of these forests and the need to know more about these mixes in order to determine the correct silvicultural treatments to follow, since the application of regeneration cuts in no way ensures the survival of species of interest to the forester and species may occur according to the original mix or the surrounding areas.

Regarding the similarity among stands (Table 6), the results obtained with the Jaccard and Sorensen indices indicate that regeneration stands 12 and 13 are more similar, while stands 13 and 14 are more similar in relation to tree species in the adjacent stands.

CUADRO 5. Comparación de Índices de diversidad de Shannon a través de los valores calculados de t ($\alpha=0.01$ y $gl=\infty$) entre especies de las áreas de regeneración de rodales intervenidos y de los árboles de los rodales adyacentes en San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

TABLE 5. Comparison of Shannon diversity indices through calculated values of t ($\alpha=0.01$ and $gl=\infty$) between tree species in regeneration areas and those in adjacent stands in San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

Rodal	Adyacente 12	Adyacente 13	Adyacente 14
12 (1989)	5.126 **	21.349 **	37.473 **
13 (1990)	34.427 **	0.080 ns	6.601 **
14 (1995)	46.888 **	10.806 **	9.563 **

CUADRO 6. Índice de similitud en los rodales de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

TABLE 6. Similarity index in the stands of San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca.

Rodales Comparados	Número total de especies	Especies Comunes	Índice de Jaccard	Índice de Sorensen
Especies de la regeneración vs Especies de la regeneración				
12 vs 13	9	7	0.778	0.875
12 vs 14	12	7	0.583	0.737
13 vs 14	12	9	0.750	0.857
Especies del arbolado vs Especies del arbolado				
Ady 12 vs Ady 13	11	5	0.455	0.625
Ady 12 vs Ady 14	11	4	0.364	0.533
Ady 13 vs Ady 14	11	8	0.727	0.842
Especies de la regeneración vs Especies del arbolado				
12 vs Ady 12	9	4	0.444	0.615
12 vs Ady 13	10	7	0.700	0.824
12 vs ady 14	10	6	0.600	0.750
13 vs Ady 13	10	9	0.900	0.947
13 vs Ady 12	10	5	0.500	0.667
13 vs Ady 14	11	7	0.636	0.778
14 vs Ady 14	12	9	0.750	0.857
14 vs Ady 12	13	5	0.385	0.556
14 vs Ady 13	12	10	0.833	0.909

** = Altamente significativo
 ns = No significativo

presentaron el mayor valor del índice de Jaccard (0.900) y Sorensen (0.947), resultados similares para estos rodales se obtuvieron con el índice de Shannon (Cuadro 5).

Implicaciones para el manejo

Las cortas de regeneración que se han aplicado en esta área, tienen la finalidad de favorecer el establecimiento de especies de pino, sin embargo, los resultados aquí presentados, indican que también se presentan otras especies. Estos resultados muestran que el hecho de dejar solamente especies de pino como árboles padre, no asegura que la regeneración va a estar compuesta únicamente por especies de este género, ya que existen otras especies con diferentes mecanismos de regeneración que pueden superar en número de las especies deseables, por lo que la aplicación de un sistema silvícola apropiado, se hace indispensable.

En general, entre menos compleja es la composición del bosque, menos complejo será su manejo. Esto lleva en ocasiones a plantear la aplicación de tratamientos silvícolas dirigidos a simplificar la composición y estructura del bosque, incluso a niveles que podrían considerarse extremos, con la subsecuente pérdida de la diversidad

When comparing species in the regeneration versus the adjacent stands, stand 13 with its respective adjacent area showed the highest Jaccard (0.900) and Sorensen (0.947) index values; similar results for these stands were obtained with the Shannon index (Table 5).

Management implications

Regeneration cuts applied in this area are intended to promote the establishment of pine species; however, the results presented here indicate that other species are also present. These results show that the act of leaving only pine species as seed trees does not ensure that the regeneration will only be made up of species of this genus, since there are other species with different regeneration mechanisms that may exceed the number of desirable species. Therefore, the application of an appropriate silvicultural system is indispensable.

In general, the less complex the composition of the forest is, the less complex its management will be. This occasionally leads to the implementation of silvicultural treatments designed to simplify the composition and structure of the forest, even to levels that could be consi-

que pueda comprometer su sostenibilidad (Louman *et al.*, 2001).

Por otro lado, se encontró que la mezcla de especies, es una característica común a los bosques maduros de la región en donde se realizó el estudio, por lo que esta situación no es temporal. Lo anterior implica la necesidad de un mejor conocimiento por parte del silvicultor de la dinámica de los rodales, lo que conducirá en última instancia a una silvicultura considerando la mezcla de especies.

La diversidad biológica debe considerarse como un componente esencial de sistemas silvícolas (Louman *et al.*, 2001). Por un lado, la diversidad ofrece oportunidades para utilizar mecanismos naturales para la producción simultánea de diferentes bienes y servicios. Por otro, ofrece mayor estabilidad y seguridad, amortiguando efectos negativos todavía no conocidos que podrían resultar de intervenciones cuando no se tiene suficiente información sobre la dinámica del rodal. La diversidad puede cambiar con los procesos ecológicos clave, tales como competencia, depredación y sucesión; cada uno de los cuales la altera proporcionalmente a través de cambios en uniformidad, sin ningún cambio en riqueza de especies (Stirling y Wilsey, 2001).

Un aspecto importante a considerar es que en esta investigación se trabajó a nivel de rodal, sin embargo, los estudios relacionados con diversidad, pueden realizarse en diferentes escalas. Al respecto, Chandy *et al.* (2006) señalan que cuando se cuantifica la diversidad en diferentes escalas de observación, se ayuda a planificar las medidas de conservación y el manejo de sistemas naturales. Los mismos autores hacen referencia a la importancia de resaltar el enfoque de conservación de la comunidad entera, en lugar de enfatizar en especies únicas dentro de sitios. Este enfoque necesita el entendimiento del fenómeno dependiente de la escala, incluyendo patrones de diversidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las áreas de regeneración y sus adyacentes presentan una mezcla de especies de pinos y latifoliadas, en donde las del género *Pinus* presentan los mayores valores de importancia, sin embargo, las latifoliadas representan una proporción considerable.

2. Los tres rodales con tratamiento de corta de regeneración son estadísticamente diferentes entre sí, respecto al índice de diversidad de Shannon.

3. A pesar de que se detectaron cambios en los patrones de diversidad con la aplicación de la corta de regeneración, la riqueza de especies se mantiene. La alta diversidad y riqueza de especies son características presentes tanto en las áreas de regeneración como en

dered extreme, with the subsequent loss of diversity that might compromise its sustainability (Louman *et al.*, 2001).

On the other hand, it was found that the mix of species is a common characteristic of mature forests in the region where the study was conducted, so this situation is not temporary. This implies the need for better understanding by the forester of the dynamics of the stands, leading ultimately to a forest management system that takes into account the mix of species.

Biological diversity should be seen as an essential component of forest systems (Louman *et al.*, 2001). On the one hand, diversity provides opportunities to use natural mechanisms for the simultaneous production of different goods and services. On the other, it offers greater stability and security, buffering the still-unknown negative effects that could result from interventions as a result of a lack of information on stand dynamics. Diversity can change with key ecological processes such as competition, predation, and succession, each of which alters it proportionally through changes in uniformity, with no change in species richness (Stirling and Wilsey, 2001).

An important aspect to consider is that this research was carried out at the stand level. However, studies related to diversity can be performed at different scales. In this regard, Chandy *et al.* (2006) point out that when diversity is measured on different scales of observation, it helps in the planning of conservation measures and the management of natural systems. The same authors stress the importance of placing the conservation focus on the entire community, instead of emphasizing unique species within sites. This approach requires an understanding of scale-dependent phenomenon, including patterns of diversity.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

1. The regeneration areas and their adjacent stands feature a mix of pine and hardwood species, where the genus *Pinus* has the higher importance values. However, the hardwoods represent a significant proportion.

2. The three stands with regeneration cut treatment are statistically different, in relation to the Shannon diversity index.

3. Although changes were detected in the patterns of diversity with the implementation of the regeneration cut, species richness is maintained. High species diversity and richness are characteristics present in both regeneration areas and their adjacent stands, which implies the need for a deeper understanding of the dynamics of these communities to ensure proper application of silvicultural treatments.

sus rodales adyacentes, lo que implica la necesidad de un conocimiento más profundo acerca de la dinámica de estas comunidades para una correcta aplicación de los tratamientos silvícolas.

LITERATURA CITADA

- ARRIAGA C., L.; ESPINOSA R., J. M.; AGUILAR Z., C.; MARTÍNEZ R., E.; GÓMEZ M., L.; LOAL., E. (Coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 609 p.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; VON ENDE, C. N. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. WBC/McGraw-Hill. USA. 273 p.
- CAMPOS D., J. L. 1993. Claves para la determinación de los pinos mexicanos. Apoyos académicos 22. Universidad Autónoma Chapingo. México. 70 p.
- CANO Y., C. G.; MARROQUÍN DE LA F., J. S. 1994. Taxonomía de plantas superiores. Ed. Trillas. México. 359 p.
- CHANDY, S.; GIBSON, D. J.; ROBERTSON, P. A. 2006. Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forested landscape. *Journal of Applied Ecology*. 43: 792-801.
- DECOCQ, G.; AUBERT M.; DUPONT F.; ALARD D.; SAGUEZ R.; WATTEZ-FRANGER A.; DE FOUCALT B.; DELEIS-DUSOLLIER A.; BARDAT J. 2004. Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understorey response to two silvicultural systems. *Journal of Applied Ecology*. 41: 1065-1079.
- DIVERS. 1993. Programa para el cálculo de los índices de diversidad (Programa informático en línea). Pérez-López, F. J. y Salas-Fernández F. M. Disponible desde Internet en <http://perso.wanadoo.es/jp-1/descargas.htm> 11/02/2006
- ESTIMATES (Statistical estimation of species richness and shared species form samples). 2005. EstimateS 7.5 User's Guide. Copyright by Robert K. Colwell. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, CT 06869-3043, USA. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS7pages/EstS7UsersGuide/EstimateS7UsersGuide> 17/02/2006.
- EYCOTT, A. E.; WATKINSON, A. R.; DOLMAN, P. M. 2006. Ecological patterns of plant diversity in a plantation forest managed by clearfelling. *Journal of Applied Ecology*. 43(6): 1160 – 1171.
- FARJON, A.; STYLES B. T. 1997. Pinus (Pinaceae). Flora Neotropica. Monograph 75. The New York Botanical Garden. Bronx, New York. USA. 291 p.
- FARJON, A.; PÉREZ DE LAROSA J. A.; STYLES B. T. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Garden, Kew-Universidad de Oxford. London. 151 p.
- FRANCO L., J.; DE LA CRUZ A., G.; CRUZ G., A.; ROCHA R., A.; NAVARRETE S., N.; FLORES M., G.; KATO M., E.; SÁNCHEZ C., S.; ABARCAA., L. G.; BEDIA S., C. M. 1998. Manual de ecología. Trillas. México, D. F. 266 p.
- FUJIMORI, T. 2001. Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management. Elsevier Science B. V. Amsterdam, The Netherlands. 398 p.
- GUIZAR N., E.; MIRANDA M., A. G.; HERNÁNDEZ M., O. L.; MARTÍNEZ S., G. 1998. La vegetación de la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán de Álvarez, Oaxaca. Estudio de investigación PROCYMAF. Informe final. Universidad Autónoma Chapingo. México. 75 p.
- LOUMAN, B.; QUIRÓS, D.; NILSSON, M. (Editores). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 263 p.
- MARTÍNEZ, M. 1948. Los pinos mexicanos. Editorial Botas. México, D.F. 361 p.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Washington, D. C. 168 p.
- MIRANDA, R. 1999. Biodiversidad. Factores que la afectan en la biosfera e índices de diversidad. Universidad Autónoma Chapingo. México. 55 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; H. ELLEMBERG. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley. New York. 547.
- MUSÁLEM, M. A.; VELÁZQUEZ M., A.; GONZÁLEZ G., M. 1991. Repoblación natural de Bosques templado-fríos en la región central de México. *Agrociencia Serie Recursos Naturales Renovables*. 1:55-75.
- NYLAND, R.D. 1996. Silviculture. Concepts and applications. The McGraw – Hill Companies, Inc. New York. 633 p.
- OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. 1996. Forest stand dynamics. John Wiley & Sons, Inc. U. S. A. New York. 520 p.
- PÉREZ R., P.M. 2000. Determinación botánica (con énfasis en familias de árboles). Universidad Autónoma Chapingo. México. 307 p.
- PERRY, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Inc. Portland, Oregon. USA. 231 p.
- PERRY, D. A. 1994. Forest ecosystems. The Johns Hopkins University Press. USA. 649 p.
- RICKER, M.; DALY, D. C. 1998. Botánica económica en bosques tropicales. Principios y métodos para su estudio y aprovechamiento. Ed. Diana. México, D. F.. 293 p.
- RZEDOWSKI, G. C.; RZEDOWSKI, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. CONABIO-Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 p.
- SACHTLER, M. 1975. Dendrómetros caseros. *In Actas del curso FAO/Finlandia de entrenamiento en inventarios forestales*. Mérida, Venezuela. pp 355-365.
- STIRLING, G.; WILSEY, B. 2001. Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity. *The American Naturalist*. 158 (3): 286-299.
- SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. New York. 537 p.
- STIMATES (Statistical estimation of species richness and shared species form samples). 2005. EstimateS 7.5 User's Guide. Copyright by Robert K. Colwell. Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, CT 06869-3043, USA. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS7pages/EstS7UsersGuide/EstimateS7UsersGuide> 17/02/2006.
- SIMIL. 1993. SIMIL: Programa para el cálculo de los índices de similitud. (Programa informático en línea). Pérez-López, F.J. y F.M. Salas-Fernandez. Disponible desde internet en <http://perso.wanadoo.es/jp-1/descargas.htm> 11/02/2006.
- TIASA (Técnica Informática Aplicada S. A.). 1995. Programa de manejo forestal para la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán de Álvarez, Oaxaca. México. 229 p.
- UCEFO-UCODEFO. 1990. Estudio de manejo integral forestal para la comunidad de San Pedro el Alto, Distrito de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca. Unión de Comunidades y Ejidos Forestales del Estado de Oaxaca, S.C. Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal Núm. 6. Oaxaca, México. 231 p.
- YAÑEZ E., L. 2001. Apuntes de Dendrología. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 157 p.
- ZAVALA Ch., F. 2001. Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 94 p.