

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Efecto de los Diferentes Grados de Aclareos en la Estructura de un Rodal de
Pinus rudis Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

GARY PÉREZ DE LEÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto de los Diferentes Grados de Aclareos en la Estructura de un Rodal de
Pinus rudis Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

GARY PÉREZ DE LEÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

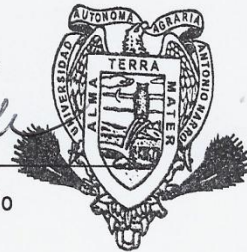
INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría

M.C. José Aniseto Díaz Balderas
Asesor Principal

M.C. Héctor Darío
González López
Coasesor

M.C. José Armando
Nájera Castro
Coasesor



DEPARTAMENTO FORESTAL

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2016

DEDICATORIA

A las personas que me dieron la vida, que me brindaron cariño y su apoyo incondicional por el cual ha sido posible alcanzar este logro.

A MIS PADRES

Rubén Pérez Ortiz

Valeria de León Pérez

A mis hermanos: Ovilio, Ángel, Rubén y Yesenia y en especial a mis hermanos Gido, Limber y Anita quienes durante toda mi vida han sido un ejemplo de superación.

A mis maestros: Por sus enseñanzas y lecciones que gracias a ellos me brindaron y que han hecho de mí un profesionalista.

A mis cuñadas: Virginia y Verónica Alejandra por su cariño y su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por darme la vida y guiarme por un buen camino.

A mi Alma Terra Mater, mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme permitido obtener conocimientos en sus instalaciones.

Al M.C. José Aniceto Díaz Balderas, por brindarme de su valioso apoyo y tiempo en la realización de este trabajo.

Al M.C Héctor Darío González López por su asesoría en este trabajo

Al M.C José Armando Nájera Castro por su asesoría en este trabajo.

Al señor Antonio Cardona y señora María Valero, por su gran amabilidad y confianza al darnos hospedaje durante el trabajo de campo.

A mis compañeros y amigos que me apoyaron en el trabajo de campo para la obtención de datos dasométricos: María del Carmen, María Sánchez, Marino y Carlos.

A mis cada uno de mis compañeros y amigos de generación en especial: Delmar, Marino, Eduardo (chorro), Fernanda, Rosario (Chayo), Juan Carlos, Eliud, Jesús (chuy), Luis Francisco (chiva), Miguel, Caty, Jhonatan (chilango) y Adilene.

A mis amigos: José Luis (chepe), Isaías Amílcar (chayo), Inés, Mayda, Mario (potra), Jorge(coquí), Rosita, Manuel (mani), Noelia, Elda, Dani, Daniel, Edgar (ego), Silvia, Gamaliel, Susana, Jhoni, Deudiel (viborita), Osiel (El dedo) y Seleni.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	4
2.2 Objetivos específicos	4
2.3 Hipótesis	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Descripción de la especie	5
3.2. Aclareos	6
3.3. Estructura.....	7
3.4. Evaluación de la estructura del Rodal.....	8
3.5. Formas de evaluar la estructura.....	9
3.5.1. Índice de uniformidad de Gadow (Wi).....	10
3.5.2. Índice de agregación de Clark & Evans	11
3.5.3. Índice de Eberhardt.....	12
3.5.4. Índice de información direccional media de Corral- Rivas	12
3.5.5. Índice de distancias	13
3.5.6. Coeficiente de homogeneidad (H)	13
3.5.7. Índice de diferenciación diamétrica (TD) y de altura (TH).....	14
3.6. Competencia.....	14
3.7. Tolerancia	15
3.8. Densidad.....	15
3.9. Métodos de manejo de la densidad	16
3.9.1. Índice de densidad del rodal de Reineke	17
3.9.2. Método de la tabla de rendimiento normal	18
3.9.3. Método de competencia de copas	19
3.9.4. Método de la proporción árbol/área	19
3.10. Estudios a fines.....	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1. Descripción del área de estudio	23
4.2. Fisiografía	23

4.3. Hidrología.....	23
4.4. Geología	23
4.5. Tipo de suelo.....	24
4.6. Clima.....	24
4.7. Vegetación	24
4.8. Levantamiento de datos.....	25
4.10. Diseño experimental	27
4.11. Análisis estadístico.....	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1.1. Índice de uniformidad de ángulos de Gadow W_i	31
5.1.2. Índice de agregación de Clark y Evans.....	32
5.1.3. Índice de Eberhardt.....	34
5.1.4. Índice de información direccional de Corral-Rivas	35
5.1.5. Índice de distancias.....	36
5.2.1. Coeficiente de homogeneidad.....	38
5.2.2. Índice de diferenciación diamétrica	41
5.2.3. Índice de diferenciación en altura.....	43
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. LITERATURA CITADA.....	48
Anexos	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos dasométricos evaluados.....	26
Cuadro 2. Índices de diferenciación espacial y dimensional que se utilizaran para evaluar el efecto de las diferentes intensidades de aclareos. ..	28
Cuadro 3. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de agregación de Clark y Evans.	33
Cuadro 4. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de distancias.	37
Cuadro 5. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el coeficiente de homogeneidad.....	39
Cuadro 6. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de diferenciación diamétrica.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los tratamientos en cada una de las parcelas de bloques, I, II, III y IV indican el número de bloque (Díaz, 2002) y T1, T2, T3 Y T4 indican los tratamientos establecidos.	25
Figura 2. Diseño del grupo cuarteto estructural de árboles para la evaluación de la estructura espacial de las masas forestales (Fuldner, 1994; citado por Vargas, 1999).....	26
Figura 3. Índice de uniformidad de ángulos de Gadow $W\bar{i}$ por tratamiento en San José de la Joya, Galeana, N.L.	31
Figura 4. Índice de agregación de Clark y Evans para las diferentes intensidades de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L. ...	33
Figura 5. Índice de Eberhardt para las diferentes intensidades de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.	35
Figura 6. Índice de información direccional de Corral- Rivas para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.....	36
Figura 7. Índice de distancias para los diferentes grados de aclareo en San José de la Joya, Galeana, N.L.	37
Figura 8. Coeficiente de homogeneidad (H) para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.	39
Figura 9. Curva de Lorenz para el coeficiente de homogeneidad (H) para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.	40
Figura 10. Índice de diferenciación en diámetro para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.	42
Figura 11. Índice de diferenciación en altura para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.	43

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para el Índice de uniformidad de ángulos de Gadow.....	56
Anexo 2. Análisis de varianza para el índice de Clark y Evans.....	56
Anexo 3. Análisis de varianza para el índice de Eberhardt.	56
Anexo 4. Análisis de varianza para el índice de Corral-Rivas.	56
Anexo 5. Análisis de varianza para el índice de distancias.	57
Anexo 6. Análisis de varianza para el índice de diferenciación en diámetro. ...	57
Anexo 7. Análisis de varianza para el índice de diferenciación en altura.	57
Anexo 8. Análisis de varianza para el coeficiente de homogeneidad.....	57

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló para evaluar el efecto de los diferentes grados de aclareos en la estructura de un rodal de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. El análisis se realizó comparando cuatro tratamientos aplicados al rodal (T1= Testigo, T2= 20% de remoción, T3= 40% de remoción y T4= 60% de remoción), establecidos bajo un diseño de bloques al azar. Para evaluar la estructura se utilizaron índices de distribución espacial tales como el índice de uniformidad de ángulos de Gadow, índice de Clark y Evans, índice de Eberhardt, índice de información direccional de Corral-Rivas e índice de distancias; así como índices de diferenciación dimensional, entre los que se utilizaron fueron el coeficiente de homogeneidad, el índice de diferenciación en diámetro y en altura, todos basados en la vecindad del arbolado; esto a través de un muestreo denominado “grupo estructural de los cuatro árboles”. En índice de uniformidad de ángulos de Gadow caracterizó a los tratamientos con una distribución aleatoria; de igual manera lo hizo el índice de información direccional de Corral-Rivas. Además, el índice de Clark y Evans reflejó tendencias que van desde distribuciones agrupadas hasta distribuciones regulares, esto al aumentar el grado de remoción. Mientras que el índice de Eberhardt reflejó distribuciones aleatorias y regulares. Mientras tanto para el índice de distancias se obtuvieron valores de 0-2 m pertenecientes a la clase 1. Para el coeficiente de homogeneidad el T1 fue el más heterogéneo, mientras el más homogéneo se vio reflejado en el T3. Para el índice de diferenciación en diámetro se obtuvieron grupos de diferenciación moderada. Para el índice de diferenciación en altura se obtuvieron grupos de diferenciación moderada a escasa. El análisis estructural encontró resultados que indican que las intervenciones silvícolas como los aclareos modifican la distribución espacial y cambian la diferenciación dimensional.

Palabras clave: Estructura, Índice de distribución espacial, Índice de diferenciación dimensional, Grupo estructural de los cuatro árboles

Correo electrónico; Gary Pérez de León, león_148@live.com

ABSTRACT

This work was conducted to evaluate the effect of different degrees of thinning in the structure of a stand of *Pinus rudis* Endl. in San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. The analysis was performed comparing four treatments applied to the stand (T1 = Control, T2 = 20% removal, T3 = 40% removal and T4 = 60% removal), established under a randomized block design. To evaluate the spatial distribution structure such indices are used as the uniformity index angles Gadow, Clark and Evans index, Eberhardt index, the index of directional information of corral-rivas and index of distances; as well as dimensional indices differentiation, among used were the coefficient of homogeneity, index differentiating in diameter and height, all based in the Woodland neighborhood; this through sampling called "structural group of four trees." The uniformity index angles Gadow treatments characterizes a random distribution; just as did the index of directional information of Corral-Rivas. Besides, the index of Clark and Evans reflected trends ranging from clustered distributions to regular distributions, this by increasing the degree of removal. While the index Eberhardt reflected random and regular distributions. Meanwhile distances for the index values of 0-2 m in Class 1. For homogeneity coefficient T1 it was the most heterogeneous, while the more homogeneous was reflected in the T3. For differentiation index diameter moderate differentiation groups were obtained. For index differentiating height moderate to poor differentiation groups were obtained. Structural analysis found results indicating that silvicultural interventions such as thinning modify the spatial distribution and change the dimensional differentiation.

Keywords: Structure, Spatial distribution index, Index dimensional differentiating, Structural group of four trees

I. INTRODUCCIÓN

El patrón de distribución de una población de plantas o animales es una característica fundamental, pero es una característica que es extremadamente difícil de describir con precisión. Las distribuciones mostradas por poblaciones de organismos que viven en su entorno natural incluyen una variedad casi infinita de patrones. Sin embargo, la falta de un adecuado método de descripción ha impedido el desarrollo de cualquier sistema de clasificación de patrones. La situación es aún más complicada, por razones prácticas al utilizar muestras en lugar de poblaciones enteras como fuente de información sobre la distribución, y esto con frecuencia introduce el sesgo y la imprecisión en la estimación de los parámetros de la población (Clark y Evans, 1954).

El arreglo espacial tanto de forma vertical, como horizontal que presentan los árboles en un lugar, en cierto tiempo y que determina la integridad y estabilidad del bosque, constituyen la estructura de la masa forestal (Del Rio *et al.*, 2003; Bolaños *et al.*, 2010).

Para el estudio de la distribución espacial se han desarrollado muchos índices, que se han ido incorporando a los inventarios para caracterizar la biodiversidad. Estos índices se pueden clasificar (teniendo en cuenta el tipo de datos que utilizan para su cálculo o la metodología empleada) como métodos basados en la varianza, que utilizan datos en unidades de muestreo; métodos basados en cálculos de distancias, que requieren de la medida de distancias o ángulos para su estimación (Ledo *et al.*, 2012).

Hay dos maneras de como describir la estructura de las masas forestales (Balanda, 2012). Los niveles de caracterización que se deben considerarse para la evaluación cuantitativa de la estructura son la estructura espacial y de diferenciación dimensional. Para la evaluación de la estructura espacial se incluyen los índices de S. Pielou, de Clark y Evans, el índice de uniformidad de ángulos de Gadow Wi (Aguirre, 2006), el índice de distancias, el índice de Eberhardt (Del rio *et al.*, 2003) y el índice información direccional de Corral-Rivas (Corral *et al.*, 2005). Mientras que para caracterizar la estructura

dimensional el coeficiente de homogeneidad H y los índices diferenciación en diámetro y en altura (Aguirre, 2006).

El conocimiento de la estructura espacial es una base para mejorar la descripción de la condición de los bosques. Una simple técnica de muestreo para la detección de la estructura del bosque es llamado “cuarteto estructural”, para el concepto de “cuarteto estructural” a través del árbol de referencia se necesita la información sobre los tres vecinos más cercanos (Gadow, 2005).

El conocimiento de las características estructurales en los bosques cohortales es fundamental en el desarrollo de los planes de manejo de los recursos forestales (García, 2002).

Los índices para la caracterización estructural permiten describir satisfactoriamente el estrato arbóreo y evaluar la aplicación de tratamientos (Solís, 2006) y mejorar la reproducción de las condiciones del bosque, en un momento dado y su evolución en el tiempo (Aguirre, 2006). Muchas veces estos índices son utilizados con la finalidad de conocer si los aprovechamientos forestales modificaron la diversidad de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional en un ecosistema forestal (Corral *et al.*, 2005).

Así mismo este tipo de muestreo se puede conocer el tipo de bosque de acuerdo a las dimensiones de los individuos a través del índice de diferenciación diamétrica el cual indica acerca de la regularidad de los bosques. A su vez este tipo de muestreo se estima la asociación existente entre especies presente, es decir, la distribución espacial de estas y con quien se les asocia en mayor convivencia, si con si misma o con árboles de diferentes especies (García, 2002).

Las ventajas de aplicar las técnicas de patrones de punto-árbol y árbol-árbol es que describe el patrón espacial diferentes escalas, proporcionando una información muy interesante para el estudio de la estructura del ecosistema. Analizando el patrón espacial de las diferentes especies o de los individuos en un determinado estado de desarrollo se puede inferir sobre los procesos ecológicos que han originado ese patrón (Ledo *et al.*, 2012).

En México algunos trabajos presentan metodologías para la evaluación de la estructura de ecosistemas (Aguirre *et al.*, 1998; Vargas, 1999; Quiñonez, 2000; Corral *et al.*, 2002; Aguirre *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2005); sin embargo, la mayoría de estos estudios han sido realizados en bosques templados y con énfasis principalmente en aspectos metodológicos sin hacer evaluaciones del efecto que causan los aprovechamientos forestales sobre la diversidad estructural. He aquí la importancia de nuestro estudio ya que tiene énfasis en el análisis que nos permita conocer el efecto que tienen los diferentes grados de aclareos sobre la distribución espacial y la estructura dimensional.

II. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de los diferentes grados de aclareos en la estructura de un rodal de *Pinus rudis* Endl. mediante parcelas de experimentación silvícola.

2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la estructura de un rodal de *Pinus rudis* Endl. mediante los índices de distribución espacial: de uniformidad de ángulos de Gadow, de agrupación R de Clark y Evans, de distancias, de Eberhardt e índice de información direccional media de Corral- Rivas.
2. Evaluar la estructura de un rodal de *Pinus rudis* Endl. mediante los índices de diferenciación dimensional: Coeficientes de homogeneidad, Índice de diferenciación diamétrica e Índice de diferenciación de altura.

2.3 Hipótesis

Ho: Ningún índice de diversidad estructural se ve afectado por los diferentes grados de aclareo en un rodal de *Pinus rudis* Endl.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Descripción de la especie

El *Pinus rudis* Endl. es un pino alto, bien formado de 20 a 30 m de altura y de 40 a 70 cm de diámetro, las ramas horizontales inferiores son de forma caída, las ramas superiores son ascendentes formando una copa espesa y redondeada. La corteza es gruesa de color marrón y grisáceo, divididas en placas escamosas por las fisuras horizontales y verticales. En los árboles jóvenes, es rugosa y escamosa aunque no es clara. Las hojas se encuentran generalmente en fascículos de 5, raramente 4 o 6; son gruesas, rígidas y erectas, ligeramente curvadas de 10 a 15 cm de largo, aunque en su mayoría de unos 14 cm, los márgenes gruesamente acerrados. Fascículos con vainas persistentes de 15 a 20 mm de largo, café oscuro. Los conos son largos-ovoides, casi simétricos, ligeramente curvados, en su mayoría erectos de 10 a 15 cm de largo en su mayoría de unos 12 cm, de color marrón oscuro a color casi morado-marrón; puede encontrarse en pareja o en grupos de 3 y 4. Pedúnculos gruesos y cortos (unos 10 mm), que permanecen unidos a las ramitas cuando el cono se cae. Se abren en la madurez durante los meses de invierno y son semi-persistentes. Las semillas son pequeñas, oscuras, de unos 5 mm de largo, con un ala derechas articulada de 13 mm de largo, con 5 o 6 cotiledones (Perry, 1991).

La madera es considerada como dura, resinosa, de color amarillo; los árboles se cortan junto con especies de pino asociados, *P. ayacahuite* var. *Brachyptera*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, y es vendido para madera de aserrío y maderas para construcción (Perry, 1991).

El *Pinus rudis* Endl. crece entre los 2900 hasta los 4000 msnm, y su distribución en México abarca los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Jalisco, Nayarit, Michoacán, México, D.F., Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Además, se distribuye en países como Guatemala, Honduras y el Salvador (Narave *et al.*, 1997).

3.2. Aclareos

El manejo de la densidad por medio del aclareo es un factor importante para determinar la productividad de un sitio forestal. Además, mediante aclareos se distribuye la capacidad productiva del sitio entre los individuos que quedan en pie, los cuales tienen una mayor disponibilidad en radiación fotosintética activa y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo (Rodríguez, 2010).

La técnica de los aclareos por lo general se realiza en el arbolado joven, con el propósito de mejorar la composición y estructura de las masas arbóreas y distribuir el incremento en los mejores árboles (Mas, 2009).

Los efectos del aclareo son múltiples, por lo que puede influir en el establecimiento de la especie, y la tasa de crecimiento, al modificar las condiciones del sitio, el suelo y los factores fisiológicos (Rodríguez, 2010). Rodríguez *et al.* (2011) mencionan que los aclareos también influyeron en la cantidad de biomasa de madera con corteza en el fuste por árbol.

Por otra parte, Vincent (1975) menciona que al regular la espesura a través del espaciamiento inicial y aclareos permite el manipuleo de diversos factores, especialmente la competencia, en beneficio de la producción.

Las intensidades de los aclareos se pueden expresar como un porcentaje del área basal (AB) que se cortan en el rodal durante el aclareo identificado por especies y por calidad de sitio (Groothusen *et al.*, 2000).

Existen cinco tipos clásicos de aclareos: bajo, alto (copas), de selección, mecánico y libre. El aclareo por lo bajo, el objetivo fundamental es la liberación de los árboles dominantes y codominantes al eliminar las clases inferiores de copas, esta puede ser severa hasta intensa dependiendo del objetivo (Daniel *et al.*, 1982).

El aclareo por lo alto consiste en la extracción de los árboles del dosel superior, con el objetivo de incrementar el desarrollo del vuelo residual. Básicamente consiste tanto dosel dominante como el dominado se desarrollen rápidamente (Morales, 2003).

El aclareo de selección consiste en la remoción de árboles dominantes para estimular el crecimiento de árboles de clases de copas inferiores (Espinoza *et al.*, 2000).

El aclareo mecánico consiste en eliminar a los árboles sin tomar en cuenta la clase de copa, la calidad o el carácter general de estos (Daniel *et al.*, 1982). Esta técnica se puede utilizar para tratar rodales jóvenes (brinzal y al inicio de monte bravo) que no han sido tratados previamente y que tienen una densidad fuerte (Morales, 2003).

El aclareo libre consiste en eliminar los árboles de acuerdo a la opinión del técnico en cuanto a que es mejor para el desarrollo del rodal. Pueden ser seleccionados árboles de cualquier clase o tamaño, teniendo en mente la producción comercial futura. Este método se utiliza generalmente en bosques de tipo regular (Morales, 2003).

3.3. Estructura

La estructura de un bosque se puede definir de forma simple como el “semblante del bosque” generalmente se expresa a través de los diferentes pisos que presenta, las edades y el tamaño de los individuos que lo componen (González, 2011). Se refiere a la distribución de las clases por su edad y/o diámetro, y por sus copas. El bosque puede tener una estructura de edad uniforme o no uniforme. Los bosques de edad uniforme se integran con rodales en los que todos los árboles tienen, de modo aproximado, la misma edad, aunque los distintos rodales pueden ser edades diferentes (Daniel *et al.*, 1982).

Las características estructurales de un bosque son un aspecto muy importante para conocer su dinámica y especialmente para definir su estructura y composición, lo que permitirá señalar un plan de manejo dependiendo de los resultados (Alvis, 2009).

La estructura es un buen indicador de la biodiversidad del sistema y es fácilmente modificable a través de la silvicultura, por lo que su adecuado conocimiento es indispensable para garantizar una gestión sostenible (Del Rio *et al.*, 2003). El aumento de la heterogeneidad de la estructura horizontal y vertical está vinculado a un mayor número de especies y con una mayor estabilidad ecológica (Pommerening, 2002). Las condiciones forestales

deberán abarcar por lo menos los siguientes aspectos del análisis estructural: estructura horizontal, estructura vertical, regeneración natural (Acosta *et al.*, 2006).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresen la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema (Alvis, 2009). Es una forma de describir el estado sucesional en que se encuentra cada especie. De este análisis surge una aproximación sobre cuáles son las especies más promisorias para conformar la estructura forestal en términos dinámicos (Acosta *et al.*, 2006).

3.4. Evaluación de la estructura del Rodal

La estructura espacial de una masa forestal es una característica que debe considerarse para una correcta planificación de los recursos naturales. Aunque habitualmente se suele asociar con la distribución de frecuencias del número de árboles por especie y tamaño, en muchos casos el uso exclusivo de estas distribuciones no es suficiente para describir la estructura espacial de una masa (García, 2002).

La aplicación de diversos índices cuantitativos que caractericen la estructura dimensional del estrato arbóreo es una de las alternativas para contar con información confiable sobre la condición presente de los ecosistemas forestales, así como llevar un monitoreo en el tiempo sobre la dinámica de los mismos, y que pueda integrarse además en la elaboración de los planes de manejo que garanticen la sustentabilidad de los recursos bajo manejo (Quiñones, 2000).

Para determinar con objetividad el nivel de ocupación del espacio es necesario establecer mediciones y construir índices. Casi todos ellos se relacionan con la cantidad de árboles, su tamaño y la distribución espacial que éstos tengan (Corvalán, 2006). Las distribuciones espaciales de organismos, factores bióticos e interacciones ecológicas juegan un papel fundamental en el mantenimiento de la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas,

por lo que su estudio y análisis constituye una parte fundamental de la ecología (Maestre *et al.*, 2008).

Desde hace algún tiempo, los índices que cuantifican la estructura espacial se han integrado en la investigación forestal y se utilizan para proporcionar una medida de la biodiversidad. También pueden ser usados para medir las diferencias entre los bosques en el tiempo y el espacio, para generar estructuras forestales, para analizar las diferencias entre observados y esperados y caracterizar las modificaciones de la estructura del bosque (Pommerening, 2002).

3.5. Formas de evaluar la estructura

La estructura del estrato arbóreo se evalúa mediante los índices de distribución espacial y de diferenciación dimensional.

Los índices de distribución espacial toman en cuenta la posición de cada uno de los individuos en el rodal, en estos índices las variables que se utilizan son: la distancia entre cada árbol y su vecino más cercano, la distancia entre puntos aleatorios y el árbol más cercano y la densidad del rodal; entre estos índices se encuentran los Índices de Eberhardt, Clark y Evans y el de uniformidad de ángulos de Gadow, entre otros (Del Río *et al.*, 2003; Yajaira *et al.*, 2008) como el índice de información direccional media de Corral-Rivas y distribución espacial. Estos índices describen la estructura del rodal considerando la correlación espacial entre vecinos y permite determinar si existe o no algún patrón de agregación de individuos sobre un área bajo estudio e igualmente, es posible estimar aproximadamente el ámbito o extensión en el cual estos individuos pueden estar espacialmente correlacionados entre sí, y, por tanto, agregados (Solís, 2006).

Se considera que las masas arboladas pueden responder a alguno de los siguientes tipos de distribución espacial: aleatoria, regular y agregado (Condes y Martínez, 1998).

Distribución aleatoria: en esta distribución los árboles están distribuidos al azar en todo el espacio disponible. No existe ningún tipo de interacción entre los mismos (Condes y Martínez, 1998). Para que la probabilidad de encontrar

un individuo sea la misma en todos los puntos del espacio, es necesario que todos estos espacios ofrezcan las mismas condiciones, asimismo, la presencia de un individuo no debe afectar de ninguna manera la presencia del otro, es decir, los individuos no deben presentar ningún tipo de atracción o segregación (Corvalán y Hernández, 2006).

Distribución regular: este tipo de distribución es aquella en la que los árboles tienen tendencia a mantener entre si una distancia más o menos constante (Condes y Martínez, 1998). En las distribuciones uniformes regulares se debe esperar interacciones negativas entre los miembros de la población (Márquez, 2000; citado por Corvalán y Hernández, 2006).

Distribución agregada: como consecuencia de la interacción entre los árboles que componen una masa forestal, o bien como consecuencia de la falta de homogeneidad del terreno, aparecen grupos de árboles alternándose con espacios abiertos (Condes y Martínez, 1998). Existen muchas causas posibles para la formación de un patrón agregado, tales como rebrote vegetativo de plantas luego de la cosecha de los árboles o cuando se producen espacios de luz lo cual favorece la instalación de regeneración natural (Barasorda, 1977; Corvalán y Hernández, 2006).

Por otra parte, los índices de diferenciación dimensional definen la estructura arbórea de un ecosistema forestal, el cual consiste en analizar la variación existente entre los tamaños de los árboles que constituyen la masa, entre estos destaca el coeficiente de homogeneidad y el índice de diferenciación diamétrica y de altura (Solís, 2006).

3.5.1. Índice de uniformidad de Gadow (W_i)

El índice de uniformidad de Gadow (Gadow *et al.*, 1998) se basa en la medición de los ángulos entre vecinos al árbol de referencia i y su comparación con un ángulo estándar α ; de tal manera que se consideran cuatro vecinos al árbol de referencia. W_i puede tomar valores de 0 hasta 1, donde un valor cercano a 0 representa condiciones de regularidad y los valores cercanos a 0,5 muestran tendencias a la aleatoriedad y aquellos próximos a 1 presentan condiciones de agrupamiento, se obtiene mediante:

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^4 v_j$$

Donde:

W_i = Índice de uniformidad de ángulos de Gadow

v_j = variable binaria discreta que asume el valor de 1 si el j -ésimo ángulo entre dos árboles vecinos es menor o igual al ángulo estándar α , y 0 en caso contrario.

n = es el número de árboles vecinos considerados

$\alpha = 360/n$

3.5.2. Índice de agregación de Clark & Evans

El índice de Clark & Evans (CE) (Clark & Evans, 1954), se basa en las relaciones de distancia entre árboles vecinos. Los árboles N de una superficie A , se obtienen las distancias $r_i = 1 \dots N$ a su vecino más próximo. La distancia media observada ($\bar{r}_{\text{observada}}$) se relaciona con la distancia media esperada para la distribución aleatoria del arbolado ($\bar{r}_{\text{esperada}}$). Normalmente los valores de este índice se interpretan de la siguiente manera. Si $CE > 1$ las distribuciones de los árboles tienen una tendencia a la regularidad; si $CE = 1$ la distribución de los árboles es aleatoria y $CE < 1$ Si los árboles tienden a agruparse y se obtiene mediante:

$$CE = \frac{\bar{r}_{\text{observada}}}{\bar{r}_{\text{esperada}}}$$

$$\bar{r}_{\text{esperada}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{N}{A}}}$$

Donde:

CE = Índice de agregación de la parcela i

N = número de observaciones

A = superficie en m^2

3.5.3. Índice de Eberhardt

Utiliza el cociente de la media aritmética de las distancias al cuadrado $\overline{d_i^2}$ y el cuadrado de la media distancia \overline{d}^2 de las distancias al vecino más cercano d_i . Si el índice es igual a 1,27 el patrón de distribución es aleatorio, si es igual o mayor a 1,31 el patrón se definirá como agregado y si se encuentra en el intervalo 1,13 a 1,18 se declara un patrón de distribución regular o uniforme (Eberhardt, 1967).

$$I = \frac{\overline{d_i^2}}{\overline{d}^2} = (c.v.)^2 + 1$$

3.5.4. Índice de información direccional media de Corral- Rivas

El índice de información direccional de Corral-Rivas (R_i) (Corral *et al.*, 2006; Solís *et al.*, 2006) es una nueva variable desarrollada para el análisis espacial de los árboles dentro de una determinada área. A diferencia del índice de uniformidad W_i de Gadow, R_i utiliza de manera distinta la información direccional dada por un árbol de referencia i y su n vecinos más cercanos. Esta nueva variable se encuentra mejor relacionada con las ideas de la estadística direccional que W_i y por lo tanto requiere que la medición de los ángulos sea más precisa, sin embargo, al igual que W_i , no requiere de las distancias entre los árboles. Como en W_i , valores cercanos a 0 representa condiciones de regularidad y los valores cercanos a 0.5 distribución aleatoria y aquellos cercanos a 1 representan distribuciones agrupadas. El valor exacto de \overline{R} para un rodal con distribución de árboles al azar es 1,8.

$$R_i = \sqrt{1 + \left(\sum_{j=2}^n \cos(a_{ij}) \right)^2 + \left(\sum_{j=2}^n \sin(a_{ij}) \right)^2}$$

Donde:

a_{ij} = son los ángulos iniciando en el árbol de referencia i y apuntando al j -ésimo vecino en el sentido de las manecillas del reloj.

3.5.5. Índice de distancias

Este índice caracteriza la distribución individual de los árboles en un bosque en base a la distancia del árbol de referencia i a su vecino más cercano (Pommerening, 2002).

$$D_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

Donde:

D_i = índice de distancias

d_{ij} = distancia del árbol i -ésimo a su vecino j -ésimo

3.5.6. Coeficiente de homogeneidad (H)

El cual se define por la relación porcentual entre números de árboles y volumen por categorías diamétricas. En un rodal totalmente homogéneo todos los árboles tienen el mismo volumen; en un rodal heterogéneo un alto porcentaje de árboles representa una proporción pequeña de volumen, mientras que pocos individuos contribuyen con la mayor proporción volumétrica (De Camino 1976; Quiñonez, 2000).

El coeficiente de homogeneidad H se determina mediante:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} SN\%}{\sum_{i=1}^{n-1} SN\% - SV\%}$$

Donde:

H = coeficiente de homogeneidad

$SN\%$ = suma de los porcentajes de un número de árboles hasta la categoría diamétrica i .

$SV\%$ = suma de los porcentajes de volumen hasta la categoría diamétrica i

3.5.7. Índice de diferenciación diamétrica (TD) y de altura (TH)

Los índices de diferenciación diamétricas y de altura (Gadow, 1993; Funder, 1995, Corral-Rivas, 2005), fueron obtenidos igual que otros índices de las relaciones de vecindad de árboles.

Índice de diferenciación diamétricas

$$TD(i) = \frac{1}{N} \sum_N \frac{1}{N} \sum_n \left(1 - \frac{d \text{ min}}{d \text{ max}} \right)$$

Donde:

TD (i)= diferenciación diamétrica de la parcela *i*

n= número de vecinos considerados

N=número de árboles medidos

dmin, dmax=diámetros menores y mayores entre *i* y cada uno de sus *n* vecinos

Índice diferenciación de altura

$$TH(i) = \frac{1}{N} \sum_N \frac{1}{N} \sum_n \left(1 - \frac{h \text{ min}}{h \text{ max}} \right)$$

TH (i)= diferenciación en altura de la parcela *i*

n= número de vecinos considerados

N=número de árboles medidos

hmin, hmax=alturas menores y mayores entre *i* y cada uno de sus *n* vecinos

3.6. Competencia

La competencia sucede cuando diferentes organismos explotan un recurso común que escasea. Si los organismos pertenecen a la misma especie hablamos de la competencia intraespecífica; si es de dos especies diferentes la competencia es interespecífica. A través de la competencia, la especie más eficiente en el uso de los recursos terminaría reemplazando a llevando a la extinción a la menos eficiente (Malacalza, 2002)

En la aplicación del manejo forestal es indispensable realizar una predicción del crecimiento y rendimiento del bosque para definir su comportamiento a través del tiempo. Por ello, la mejor alternativa es modelar el crecimiento y rendimiento empleando modelos de árboles individuales que pueden ser dependientes o independientes de la distancia, para medir la competencia que ejercen los árboles vecinos más próximos (Valles *et al.*, 2006)

El crecimiento de los árboles es el resultado de su tendencia al crecimiento ilimitado y de las restricciones impuestas por el medio. Si bien se trata de factores cuyo análisis es complejo, se acepta que la interacción espacial con los árboles cercanos (dominada competencia) tiene el mayor peso en el proceso (Álvarez *et al.*, 2004).

3.7. Tolerancia

Tolerancia es el término de ingeniería forestal que expresa la relativa capacidad de un árbol para competir bajo condiciones escasas iluminación y elevada competencia radicular. Los árboles tolerantes se reproducen y forman doseles por debajo de las copas de árboles menos tolerantes e incluso debajo de su propia sombra. Los árboles intolerantes se reproducen con éxito solo cuando se encuentran en lo abierto o el dosel de copas es muy ralo (Daniel *et al.*, 1982).

Por otra parte, Donoso (1989) considera que la tolerancia a la sombra es una característica determinante en lo que se refiere a la capacidad de las especies para germinar, crecer, competir y establecerse definitivamente en un hábitat

La estructura de las comunidades en equilibrio se caracteriza por la multietaneidad y la dominancia en términos de la densidad y frecuencia de especies tolerantes, y en términos de área basal y altura de árboles intolerantes emergentes (Donoso, 1989).

3.8. Densidad

La densidad es un indicador confiable del grado de ocupación del arbolado de un lugar y tiempo específicos, pocas variables que representan, de

manera sencilla y objetiva la estructura de áreas forestales (Hernández *et al.*, 2012)

La densidad de un rodal es el segundo factor de importancia, después de la calidad de sitio, para la determinación de la productividad de un sitio forestal; esto es muy importante, la densidad del rodal es el principal factor que el silvicultor puede manejar durante su desarrollo (Daniel *et al.*, 1982).

La densidad de un rodal puede ser determinada por diferentes factores: Número de árboles por hectárea, área basal por unidad de superficie e índice de densidad del rodal. El número de árboles y el área basal por unidad de superficie son las variables más usadas para cuantificar la densidad de una masa forestal cuando el objetivo es predecir su crecimiento y su producción de madera (González, 2011)

En relación a la cantidad de árboles, un indicador objetivo de la densidad es el número de árboles existentes en un área. En cuanto a ese número indica en forma absoluta la presencia de individuos, de nada sirve si no está definido con relación a su tamaño y/o edad, ya que puede ocurrir que baste solo un ejemplar de gran tamaño que ocupe más intensivamente el espacio de unos cuantos. En relación con el tamaño de los árboles debe especificarse el componente del rodal que se trate. Los componentes básicos de la ocupación del espacio del árbol y del rodal sobre el fuste, la copa y sus raíces (Corvalan *et al.*, 2006). En cuanto al área basal se refiere a la suma de las secciones normales (a 1.30m sobre el nivel del suelo) de todos los árboles de la masa. Generalmente se refiere a la unidad de superficie (m²/ha) (González, 2011).

3.9. Métodos de manejo de la densidad

En el aprovechamiento de los recursos forestales, generalmente los productos maderables es la de mayor importancia y depende de la calidad de sitio, es decir, la productividad de un área dada (Rodríguez *et al.*, 2009).

Las guías de densidad son una herramienta importante para aprovechar plenamente la capacidad productiva del sitio y mejorar la calidad de productos (Rodríguez *et al.*, 2009).

La guía de densidad es un diagrama en el que se representa la densidad y el grado de densidad, de rodales de determinado diámetro cuadrático, para un amplio rango de densidades de población (Rodríguez *et al.*, 2009).

Daniel *et al.* (1982) presentan una clasificación de los métodos para evaluar la densidad de un rodal, los cuales son: método ocular, tabla de rendimiento normal, índice de densidad de Reineke, tabla de rendimiento de Bruce, factor de competencia de copas, porcentaje de alturas, método de D más, de las D veces, espacio y crecimiento, relación árbol/área e incremento en volumen de Stage.

En México los métodos que han logrado una mayor aplicación en especies de coníferas y que por lo mismo presentan mayor difusión (Monroy, 1997; Quiñonez, 2000):

- Índice de densidad de Reineke
- Tabla de rendimiento normal
- Factor de competencia de copas
- Relación árbol- área

3.9.1. Índice de densidad del rodal de Reineke

El índice de densidad del rodal más conocido es el propuesto por Reineke en 1933, quien empleó la relación entre números de árboles por acre y el diámetro cuadrático promedio. Esta relación funcional se expresa por la ecuación:

$$N = \beta_0 * (d_c)^{\beta_1}$$

En la forma logarítmica:

$$\log = \log(\beta_0) + \beta_1 \log(d_c)$$

Donde:

N=número de árboles por unidad de área

d_c= diámetro cuadrático medio

Log= logaritmos naturales o comunes

β_i = parámetros

Mediante la ecuación anterior se obtiene la línea de referencia que puede representar el comportamiento de la densidad máxima posible o promedio de un conjunto de valores muestrales (Quiñones, 2000).

El índice de densidad de los rodales de Reineke (IDR) puede ser la mejor herramienta, cuanto en manejo intensivo del rodal requiere de un método refinado, para regular la densidad y ajustarla a metas previamente establecidas (Daniel *et al.*, 1982). Reineke descubrió que cualquier rodal puro, bien poblado y de edad uniforme, que presente un diámetro promedio del rodal (en donde el diámetro promedio (DP) es el diámetro a la altura del pecho de un árbol con el área basal promedio) tiene aproximadamente el mismo número de árboles por unidad de superficie que en cualquier otro rodal puro, bien poblado y de edad uniforme de la misma especie y que tenga el mismo diámetro promedio del rodal (Reineke, 1933; citado por Daniel *et al.*, 1982).

El índice de Densidad del Rodal (IDR) expresa en forma matemática la relación existente entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal. Esta relación ha sido desde 1933 para evaluar el estado de competencia de los árboles y como criterio para la toma de decisiones sobre necesidades de aclareo en plantaciones forestales y rodales naturales (Arias, 2004)

3.9.2. Método de la tabla de rendimiento normal

La tabla de rendimiento normal ha sido la base más comúnmente utilizada para medir la densidad de los árboles. En el estudio de la calidad de sitio se remarcó que la tabla de rendimiento normal de un valor promedio de muchas características de rodales completamente poblados, de edad uniforme y puros de la misma edad y calidad de sitio. La densidad de un rodal, según este método, se expresa como la relación entre su área basal, el número de árboles o el volumen con los valores de la tabla de rendimiento normal para la misma edad e índice de sitio. El área basal es el criterio más usado, ya que es el más fácil de determinar en el campo (Daniel *et al.*, 1982).

3.9.3. Método de competencia de copas

Se basa en el principio biológico de la gran correlación que existe entre la anchura de la copa de un árbol que creció libre y su diámetro (Daniel *et al.*, 1982). De otra manera, es la proyección horizontal del área de copa de los árboles de un diámetro determinado, con relación al área máxima de copa para árboles del mismo diámetro que presentaron un desarrollo libre de competencia. Este índice es apropiado para rodales coetáneos e incoetáneos (Krajicek *et al.*, 1961; Quiñonez, 2000).

El método de competencia entre las copas se diseñó para aportar información acerca de la máxima cantidad de espacio disponible que puede utilizar un árbol y acerca del mínimo necesario para que el árbol pueda sostener su sitio dentro del rodal (Krajicek *et al.*, 1961; Daniel *et al.*, 1982).

La relación funcional entre el diámetro de copa, DC, y el diámetro normal, DN, de árboles que han crecido sin interferencia, se asume de la forma:

$$dc = \beta_0 + \beta_1^d$$

Si “dc” se expresa en metros, el área de copa (AC) en metros cuadrados estará dada por:

$$ac = (\pi/4)(dc)^2$$

Por lo tanto, el área máxima de copa (AMC), es decir, el área de copa de un árbol aislado de diámetro D, expresado como porcentaje de la unidad del área utilizada comúnmente es:

$$amc = \left(\frac{\pi}{4}\right) [(\beta_0 + \beta_1^d)]^2 / 10$$

3.9.4. Método de la proporción árbol/área

El método de la proporción área/árbol distribuye la superficie del suelo ocupada por la copa de un árbol individual dentro de un rodal normal de acuerdo con su diámetro del tronco. La superficie para cada diámetro del tronco se calculó mediante una ecuación cuadrática ajustada por mínimos cuadrados a los datos de una serie de rodales normalmente poblados (Chisman y Shumacher, 1940; citado por Daniel *et al.*, 1982).

Este índice debe ser construido con árboles pertenecientes a rodales con densidad completa. Este índice es independiente de la edad y del sitio y puede ser utilizado para todo tipo de estructuras (Corvalan, 2006).

3.10. Estudios a fines

En un estudio realizado por Juárez *et al.* (2014) donde se analizó la estructura (espacial y dimensional) de una comunidad forestal en la Sierra San Carlos, Tamaulipas, México, mediante una parcela de 2.25 ha, dividiéndose en sub-parcelas de diferentes tamaños; a las cuales se les estimaron índices espaciales y estructurales (índice de distancias, índice de diferenciación de diámetros TD y de altura TH). El índice de diferenciación de diámetros (TD) no arrojó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las clasificaciones sin importar cuál es el árbol central (media=0.30) y cuando el árbol central es del género encino (media=0.30). Estas estructuras son estadísticamente diferentes a la estructura reportada cuando el árbol central es un pino y su vecino más cercano es un pino (media=0.20).

Además, en un estudio realizado por Vargas (1999) realizó una caracterización de la productividad de la estructura de *Pinus hartwegii* Lindl. en tres gradientes altitudinales en el Cerro Potosí, Galeana, Nuevo León. El análisis estructural fue caracterizada a través de los índices de diferenciación diamétrica y de altura, donde los valores de diferenciación diamétrica no mostraron diferencias notables ya que se presentaron con mayor frecuencia la clase 2 y 3, además los valores de diferenciación en altura las clases que más se presentaron fueron solamente 1,2 y 3.

Por otra parte, Solís *et al.* (2006) desarrollaron un trabajo para evaluar el efecto de dos tratamientos silvícolas sobre la composición y estructura de ecosistemas forestales en la Sierra de la Candela, Tepehuanes, Durango. Se comparó dos parcelas de observación, una con aclareos y otra con tratamientos de selección. En el análisis se utilizaron varios índices basados en la relación de vecindad del arbolado, a través del muestreo denominado "grupo estructural de cinco árboles". La distribución espacial de los árboles de ambas parcelas presenta un esquema de agregados. Los resultados de la

diferenciación dimensional no presentaron evidencias significativas que indiquen un efecto en la estructura dimensional de las parcelas estudiadas.

Corral *et al.* (2005) en un estudio analizó el efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. La evaluación fue realizada a través de la comparación estructural de dos parcelas de observación con diferente historial de manejo, mediante el uso de varios índices derivados de las relaciones de vecindad entre los árboles que constituyen un ecosistema. La base para la determinación de tales índices la constituyó el método de muestreo referido aquí como “muestreo estructural de los cinco árboles”. Los valores del índice de distancias de la P1 presentaron un rango de 0,59 a 7,5 m con un valor medio $Di_1 = 2,53$ m; mientras que en la P2 los valores fluctuaron de 0,42 a 5,47 m con $Di_2 = 2,20$ m. Estos promedios comparados a través de la prueba de t fueron significativamente diferentes ($t = 5,25$; $p > 0,0001$).

Aguirre *et al.* (2003) en un estudio, analizaron la estructura espacial y diversidad de bosques en el Estado de Durango, México. Donde el objetivo fue desarrollar una descripción cuantitativa de la estructura espacial de los sitios. Para la descripción de la estructura del estrato arbóreo de las parcelas se empleó el índice de uniformidad de ángulos de Gadow para evaluar la regularidad de las disposiciones los árboles. Los valores medios obtenidos fueron 0.54 para Chicimicoco, 0.52 para Fabián y 0.51 en Coa. Las tres parcelas se caracterizaron con una distribución aleatoria.

Por otra parte, Quiñonez (2000) en un estudio, caracterizaron la estructura de rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el sur de Nuevo León, México. Para la caracterizar la estructura emplearon el índice de Clark y Evans y el de uniformidad de ángulos de Gadow W_i . Donde el índice de Clark y Evans caracterizó a los rodales con distribuciones agrupadas y aleatorias de igual manera lo caracterizo el índice de uniformidad de ángulos de Gadow W_i .

Yajaira *et al.* (2008) desarrollaron un trabajo para analizar la estructura horizontal y vertical de *Pachira quintana* (Jacq.) W.S Alverson, (Bombacaceae) en el bosque universitario “El caimital”, Barinas, Venezuela. Donde el patrón espacial se determinó mediante los índices de Cox, Eberardt y Clark y Evans.

El resultado caracterizo al bosque con una distribución agregada con el índice de Eberhardt y Clark y Evans.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León en el área experimental Rancho San José de la Joya, dicha área se encuentra entre las coordenadas 24° 53' 20.6" y 24° 53' 21.9" de latitud norte y 100° 15' 02.9" y 100° 15' 08.7" de longitud oeste, con una altitud de 2800 a los 3700 msnm (INEGI, 2016).

El área seleccionada se encontraba bajo el régimen de manejo del método de desarrollo silvícola, donde la densidad de árboles padres es escasa debido a que varios árboles fueron cortados por presentar infecciones de muérdago enano (*Arceuthobium sp*) (Díaz, 2002).

Se han aplicado en 1995 un preaclareo y en el año 2011 un primer aclareo, bajo el criterio por lo bajo y diferentes intensidades de corta (0, 20, 40 y 60 % de remoción), esto bajo el diseño de bloques a azar, con cuatro repeticiones por tratamientos.

4.2. Fisiografía

El predio se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (V), subprovincia Gran Sierra Plegada (INEGI, 2012). Los sistemas de topoformas que predomina son los denominados Sierra Pliege-Flexionada (IX4S3) Cerro el Potosí, presentando una variación altitudinal de 2000 a 3700 msnm (INEGI, 2009).

4.3. Hidrología

Se encuentra en la región hidrográfica Bravo Conchos (RH24), cuenca hidrográfica R. Bravo-San Juan (RH24B) y en la subcuenca R. Pilon (RH24Bh) (INEGI, 2010).

4.4. Geología

El tipo de roca que predomina en esta área es Caliza de origen sedimentario perteneciente a la era del mesozoico, con espesor de la capa es gruesa y permeabilidad baja (INEGI, 2002).

4.5. Tipo de suelo

Litosol: del griego Lithos, piedra; literalmente: suelo de piedra. Esta unidad de suelo se distribuye en altitudes que van desde los 700 hasta los 2,800 m.s.n.m. El relieve en el que se encuentra es quebrado a escarpado. La unidad fisiográfica en la que principalmente se distribuye es la Sierra Madre Oriental. Se encuentra asociado a suelos como rendzina, regosoles calcáricos, feozems cálcicos y castañozems cálcicos. Suelos de características muy variables, dependientes de los materiales que lo constituyen. Para la zona de estudio se pueden hacer las siguientes acotaciones: son suelos someros. Los suelos de este tipo presentan textura media. Las pendientes en las que se localizan oscilan entre los 12 y 65 %. Son suelos que pueden ser moderadamente susceptibles a la erosión o muy altamente susceptibles a ésta (INIFAP-CONABIO, 1995).

Xerosol haplico: del griego Xeros, seco; literalmente suelo seco, se localizan en terrenos con relieve que va de ondulado a plano, aunque se le puede encontrar sobre terrenos quebrados. Estos se asocian con las unidades castañozem, feozem cálcico, regosol, fluvisol, vertisoles y redzina. Se caracterizan por una capa superficial clara muy pobre en humus. Suelos de profundidad media y textura media. Se presentan en rangos de pendientes entre 2 y 15% por lo general. Presentan fases petrocálcica, lítica, gravosa y pedregosa. Son suelos de baja susceptibilidad a la erosión, sólo cuando se presentan sobre una capa limitante. Asimismo, en fase lítica puede ser una limitante para el riego (INIFAP-CONABIO, 1995).

4.6. Clima

El clima que predomina en el área de estudio es C(w)x' templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 10°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente de 22°C (CONABIO, 1998).

4.7. Vegetación

El tipo de vegetación corresponde al bosque de pino asociado con chaparral, además se encuentran pastizal inducido asociado con bosque de pino. También se encuentra agricultura de temporal (INEGI, 2013). La especie

dominante es *Pinus rudis* Endl., con presencia de *Pinus ayacahuite* Shaw. Las especies arbóreas que se desarrollan en el área son *Pinus rudis* Endl., *Pinus ayacahuite* Ehren., *Pinus culminicola* Andresen & Beaman, *Pinus hartwegii* Lindl., *Abies religiosa* (Kunth) Schldl. & Cham. y *Populus tremuloides* Michx (Díaz, 2002).

4.8. Levantamiento de datos

En la actualidad la unidad experimental cuenta cuatro bloques divididos con 16 unidades experimentales. Cada unidad experimental posee 25 m por lado, con una superficie de 625 m². De esta superficie se dejó 5 m margen para eliminar el efecto de orilla en las evaluaciones. Se reubicaron todas las parcelas establecidas en el año 1995 con ayuda de estacas (Figura 1).

Para el levantamiento de los datos dasométricos se utilizó el muestreo denominado grupo estructural de los cuatro árboles (Fuldner, 1994; citado por Vargas, 1999), en los que se ubica un árbol cero y sus tres vecinos más próximos, aunque puede considerarse el árbol cero *i* y un número de *n* vecinos. Se ubicaron tres arboles *i* en cada unidad experimental y sus respectivos vecinos más cercanos (Figura 2).

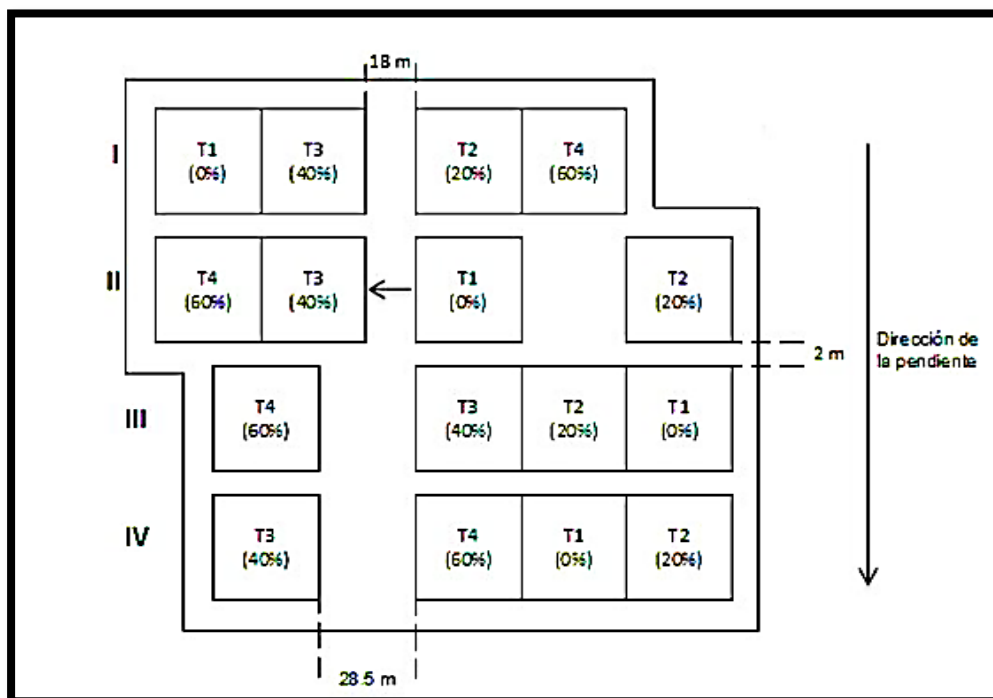


Figura 1. Distribución de los tratamientos en cada una de las parcelas de bloques, I, II, III y IV indican el número de bloque (Díaz, 2002) y T1, T2, T3 Y T4 indican los tratamientos establecidos.

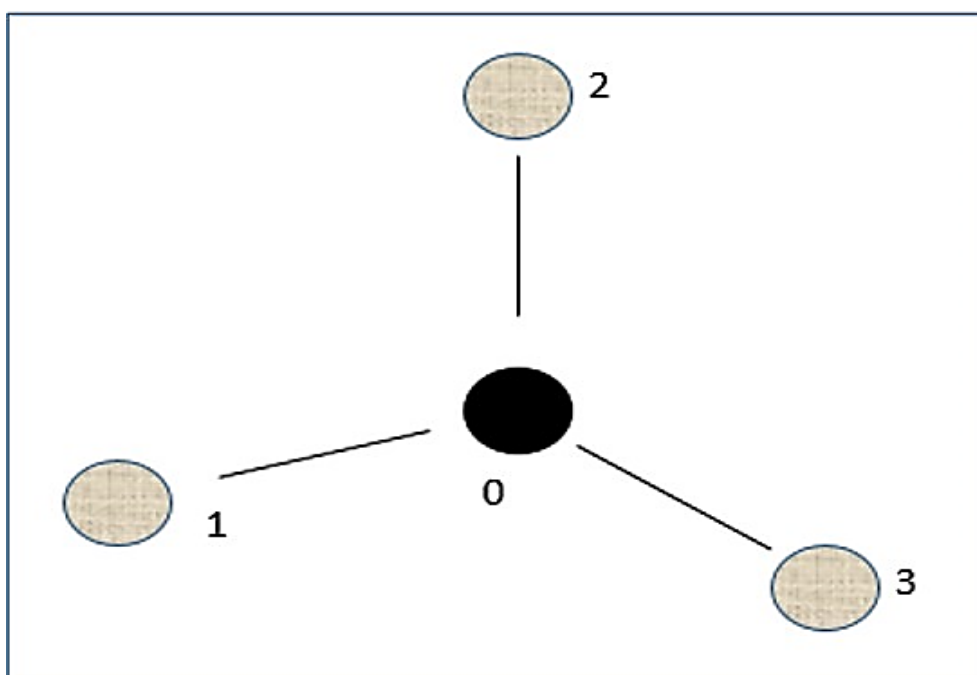


Figura 2. Diseño del grupo cuarteto estructural de árboles para la evaluación de la estructura espacial de las masas forestales (Fuldner, 1994; citado por Vargas, 1999).

4.9. Datos dasométricos evaluados

Las variables dasométricas evaluadas, se muestran a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables dasométricas evaluadas.

Variable	Unidad de medida	Equipo de medición
Distancia al vecino más cercano	m	Flexómetro
Ángulos de separación de los vecinos más cercanos a partir de un árbol i	°	Brújula
Diámetro a la altura del pecho	cm	Cinta diamétrica
Diámetro a la base	cm	Cinta diamétrica
Altura total	m	Regla telemétrica
Altura del fuste limpio	m	Regla telemétrica
Grosor de corteza	mm	Medidor de corteza
Diámetro de copa mayor y menor	m	Flexómetro

Además, se calculó el volumen individual para cada tratamiento, empleando el modelo de Schumacher ajustado por Santiago (2013):

$$v = (0.000070) * (dn^{1.788263}) * (ht^{1.063537})$$

Donde:

V=volumen

dn=diámetro normal

ht=altura total

4.10. Diseño experimental

El área experimental se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, se aplicaron cuatro tratamientos distribuidos en forma aleatoria dentro de los bloques. El factor de bloqueo fue el gradiente de variación de la pendiente.

El modelo experimental se muestra a continuación (Montgomery, 2004):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} =Observación del j -ésimo bloque bajo el tratamiento i -ésimo, $i=1,2,\dots,t$

μ =media poblacional

τ_i =efectos de tratamientos

β_j =efectos de bloques

ε_{ij} =error experimental

4.11. Análisis estadístico

Para el análisis de los índices de diversidad de estructura en cada uno de los tratamientos (Cuadro 2), se realizó un análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia de 0.05 ($\alpha=0.05$), lo anterior para detectar diferencias

significativas entre tratamientos. Dichos análisis se realizaron en el programa STATISTICA 7.

En caso de que se presenten diferencias significativas en algún índice dentro de los diferentes tratamientos, se aplicara un análisis de comparación de media a través de una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Cuadro 2. Índices de diferenciación espacial y dimensional que se utilizaran para evaluar el efecto de las diferentes intensidades de aclareos.

Índice	Formula	Donde:
Índices de distribución espacial		
Índice de uniformidad de Gadow	$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^4 v_j$	v_j = variable binaria discreta que asume el valor de 1 si el j -ésimo ángulo entre dos árboles vecinos es menor o igual al ángulo estándar α , y 0 en caso contrario. n =es el número de árboles vecinos considerados
Índice de agregación de Clark & Evans	$CE = \frac{\bar{r} \text{ observada}}{\bar{r} \text{ esperada}}$ $\bar{r} \text{ esperada} = \frac{1}{\sqrt{\frac{N}{A}}}$	CE=Índice de agregación de la parcela i N =número de observaciones A =superficie en m^2
Índice de Eberhardt 1967	$I = \frac{\overline{d_i^2}}{d^2}$	$\overline{d_i^2}$ =Distancias al cuadrado $\overline{d_i^2}$ =el cuadrado de la media distancia de las distancias al

Índice de información direccional media de Corral- Rivas

$$R_i = \sqrt{1 + \left(\sum_{j=2}^n \cos(a_{ij}) \right)^2 + \left(\sum_{j=2}^n \sin(a_{ij}) \right)^2}$$

vecino más cercano d_i

Donde:

a_{ij} = son los ángulos iniciando en el árbol de referencia i y apuntando al j -ésimo vecino en el sentido de las manecillas del reloj

Índice de distancia

$$D_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n d_{ij}$$

d_{ij} = distancia del árbol i -ésimo a su vecino J -ésimo

Índices de diferenciación dimensional

Coefficientes de homogeneidad (H) De camino (1976)

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} SN\%}{\sum_{i=1}^{n-1} SN\% - SV\%}$$

SN%=suma de los porcentajes de un número de árboles hasta la categoría diamétricas i .

SV%=suma de los porcentajes de volumen hasta la categoría diamétricas i

Índice de diferenciación diamétricas (TD)

$$TD(i) = \frac{1}{N} \sum_N \frac{1}{N} \sum_n \left(1 - \frac{d \text{ min}}{d \text{ max}} \right)$$

TD(i)=diferenciación diamétrica de la parcela i

n = número de vecinos considerados
 N =número de árboles medidos
 d_{min}, d_{max} =diámetros menores y mayores

Índice de
diferenciación
en altura (TH)

$$TH(i) = \frac{1}{N} \sum_N \frac{1}{n} \sum_n \left(1 - \frac{h_{\min}}{h_{\max}} \right)$$

entre i y cada uno de
sus n vecinos

Índice diferenciación
de altura

TH (i)=

diferenciación

diamétrica de la
parcela i

n = número de
vecinos considerados

N =número de árboles
medidos h_{\min} ,

h_{\max} =alturas

menores y mayores

entre i y cada uno de

sus n vecinos

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Índices de distribución espacial

5.1.1. Índice de uniformidad de ángulos de Gadow \bar{W}_i

El análisis de varianza (ANVA) ($\alpha=0.05$) no mostró diferencias significativas ($Pr>F=0.732766$; Anexo 1), ya que los valores medios obtenidos fueron $\bar{W}_1=0.416667$, $\bar{W}_2=0.333333$, $\bar{W}_3=0.388889$ y $\bar{W}_4=0.454545$ para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente (Figura 3), por lo que se puede asumir teniendo en cuenta la constelación de Gadow (1998) que afecta a cuatro vecinos, los tratamientos T1 (Testigo), T2 (20% de remoción) T3 (40% de remoción) y T4 (60% de remoción) poseen una distribución al azar.

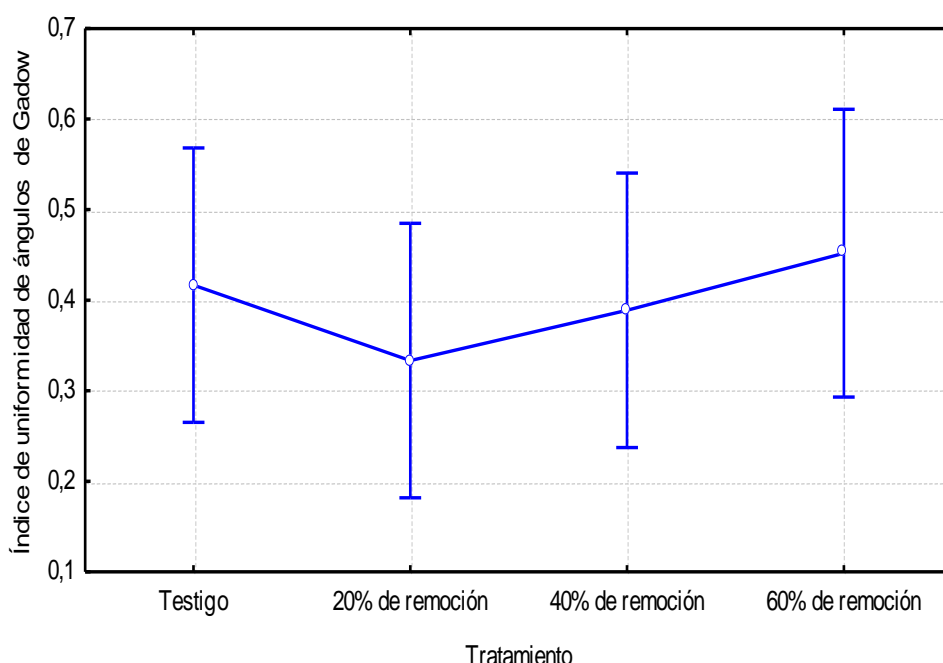


Figura 3. Índice de uniformidad de ángulos de Gadow \bar{W}_i por tratamiento en San José de la Joya, Galena, N.L.

Los resultados encontrados coinciden en algunos aspectos reportados por Solís (2006) donde evaluaron el efecto de dos tratamientos silvícolas sobre la composición y estructura de ecosistemas forestales en la Sierra de la Candela, Tepehuenes, Durango. Las parcelas que se evaluaron fueron dos, una fue manejada a través del Método de Desarrollo Silvícola mediante el tratamiento de aclareos (P1) y otra con Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares mediante el tratamiento de cortas selectivas (P2), donde obtuvieron resultados estadísticamente iguales ($W_i=0.57$), aunque la estimación de las

medias que obtuvieron fueron similares en las dos parcelas, la P2 presentó un 13% más de grupos estructurales con una distribución al azar del arbolado. De igual forma este trabajo coincide con lo reportado por Quiñonez (2000) en la comparación de cinco rodales de *P. pseudostrobus* en la Sierra Madre Oriental del sur de Nuevo León, donde los cinco rodales presentaron condiciones de aleatoriedad con tendencia a la formación en grupos ($\bar{W}_i=0.54, 0.59$ Y 0.58).

Las tendencias encontradas en el presente trabajo, pueden deberse a lo que Aguirre *et al.*, (2003) y Corral *et al.*, (2005) mencionan, ya que las distribuciones al azar son más comunes en las áreas sin manejo intensivo, mientras que las distribuciones regulares son más frecuentes en tratamientos como en los aclareos, ya que su objetivo es que los árboles residuales incrementan su tamaño al disminuir la competencia, proporcionándoles un mismo espacio de crecimiento (Cano, 1988; Moeur, 1993; Smith, 1996; Solís, 2006).

Las poblaciones con distribuciones aleatorias suelen ser muy raras ya que la mayoría de ellas muestran una tendencia a la agrupación (Coronado, 2015). La tendencia a la agrupación puede haberse sucedido a la constante competencia que aún existe entre los árboles, ya que es un rodal completamente joven. Wehenkel (2015) menciona que la tendencia a la agrupación puede suceder debido a que los espacios abiertos pueden ser poblados. Por otro lado, las distribuciones agrupadas pueden ser causadas principalmente por el ataque de insectos, las enfermedades o la acción del viento.

5.1.2. Índice de agregación de Clark y Evans

De acuerdo al ANVA ($\alpha=0.05$) para el índice de Clark y Evans, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($Pr>F=0.006536$; Anexo 2), por lo que el análisis de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), mostró dos grupos de medias (Cuadro 3), donde el primer grupo está formado por los tratamientos T2, T1 Y T3, por lo tanto el tratamiento T1 Y T2 tienen una distribución agrupada, mientras que T3 presentó una distribución agrupada pero con una tendencia a la aleatoriedad; por otra parte el segundo grupo está

formado por T3 y T4, siendo T4 el tratamiento con una distribución regular (Figura 4). Entre el T1 y T4 se encuentran las diferencias en la prueba Tukey.

Cuadro 3. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de agregación de Clark y Evans.

(T)Tratamiento	Media	Agrupación Tukey**
(T2)20% de remoción	0.795589	a
(T1)Testigo	0.804826	a
(T3)40% de remoción	0.960903	ab
(T4)60% de remoción	1.207239	b

**Agrupación Tukey, letras iguales representan los índices estadísticamente similares.

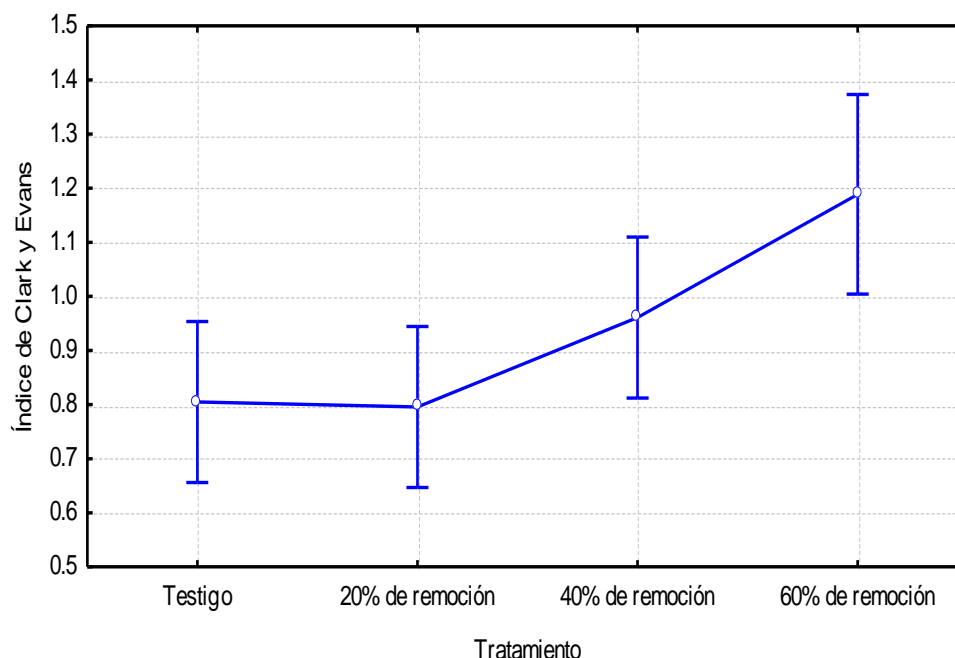


Figura 4. Índice de agregación de Clark y Evans para las diferentes intensidades de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Las diferencias entre tratamientos encontrados coinciden con lo encontrado por Quiñonez (2000) en la comparación de cinco rodales de *P. pseudostrobus* en la Sierra Madre Oriental del sur de N.L., donde los valores promedios obtenidos para el índice de Clark y Evans para dos de los cinco rodales fueron valores con distribución agrupada con tendencia a la aleatoriedad (1=0.86, 2=0.79 y 5=0.84) (valores cercanos a 1), en el presente trabajo coinciden con los valores obtenidos en el T1, T2, Y T3.

De igual manera los valores de los índices obtenidos en el T1, T2 Y T3 coinciden con los resultados obtenidos por Corral *et al.*, (2005) al analizar el efecto de los aprovechamientos forestales sobre la diversidad de especies, la estructura espacial y dimensional en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. Los valores obtenidos 0.92 para predio sin antecedentes de aprovechamiento (P1) y 0.88 para predio con antecedentes de aprovechamiento de hace 15 años (P2) donde en ambas parcelas hay tendencia a la formación en grupos; aunque en la P1 la distribución fue más ligeramente aleatoria mientras que P2 la tendencia de los individuos fue agrupada. Los valores muchas veces representan el promedio por rodal, sin embargo, algunos sitios de muestreo pueden variar la distribución o las tendencias de dichas distribuciones (Gleichmar y Geroid, 1998; citado por Quiñonez, 2000).

Una población tiende muchas veces a ser regular cuando los individuos maximizan la distancia entre sus vecinos y además cuando existe una fuerte competencia entre los individuos o cuando alguna condición o recurso obliga a una separación regular entre ellos (Morlans, 2004), en este caso se puede observar que mientras más severo sea el aclareo la tendencia aumenta hacia la regularidad, esto puede deberse ya que a mayor severidad de remoción se deja mejor distribuido los individuos. Kint *et al.* (2000) mencionan que el índice de Clark y Evans es uno de los índices que mejor caracteriza los bosques templados.

5.1.3. Índice de Eberhardt

De acuerdo al ANVA ($\alpha=0.05$) para el índice de Eberhardt no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr>F=0.419205$; Anexo 3), en los cuales los valores medios obtenidos fueron T1= 1.273999, T2=1.225006, T3 1.201612 y T4=1.165433 (Figura 5), por lo que de acuerdo a Eberhard (1967), el tratamiento T1 pertenece a una distribución aleatoria, mientras que el tratamiento T2 y T3 mantienen una tendencia a la regularidad de acuerdo al aumento del grado de remoción, y por último el T4 mantiene una distribución regular.

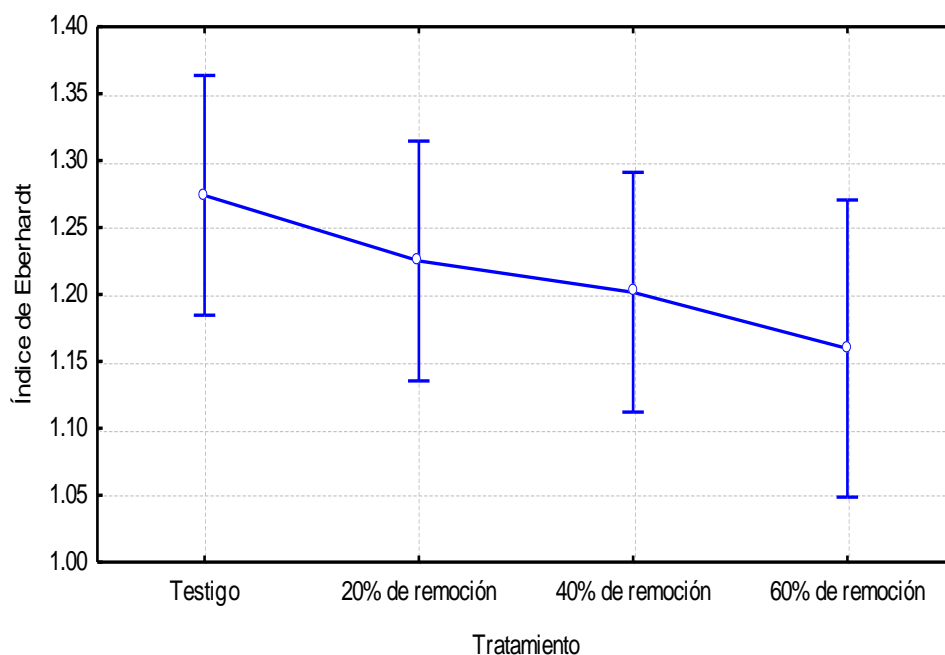


Figura 5. Índice de Eberhardt para las diferentes intensidades de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Los resultados obtenidos difieren con lo encontrado por Yajaira *et al.* (2008) al analizar la distribución espacial y estructura diamétrica de *Pachira quintana* (JACQ) W.S. Alverson. en donde el valor que obtuvieron para el índice de Heberhardt fue de 1.708 con un patrón de distribución de agregados.

De igual forma las tendencias coinciden con en el índice de Clark y Evans mientras más severo sea el aclareo la tendencia aumenta hacia la regularidad.

5.1.4. Índice de información direccional de Corral-Rivas

El ANVA ($\alpha=0.05$) para el índice de Corral-Rivas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr>F=0.891235$; Anexo 4) el valor promedio más alto fue el del T4 con un valor de 2.023710 seguido por el T1 con un valor de 1.986639, el T2 con un valor de 1.934770 y por ultimo al T3 con un valor promedio de 1.824104 (Figura 6), por lo que la mayoría tratamientos presentan una distribución aleatoria ya que los valores de las medias caen en el rango establecidos por Corral *et al.*(2006) para distribuciones aleatorias (1.6-2.03). Con excepción del T4 donde su valor indica una tendencia a agruparse.

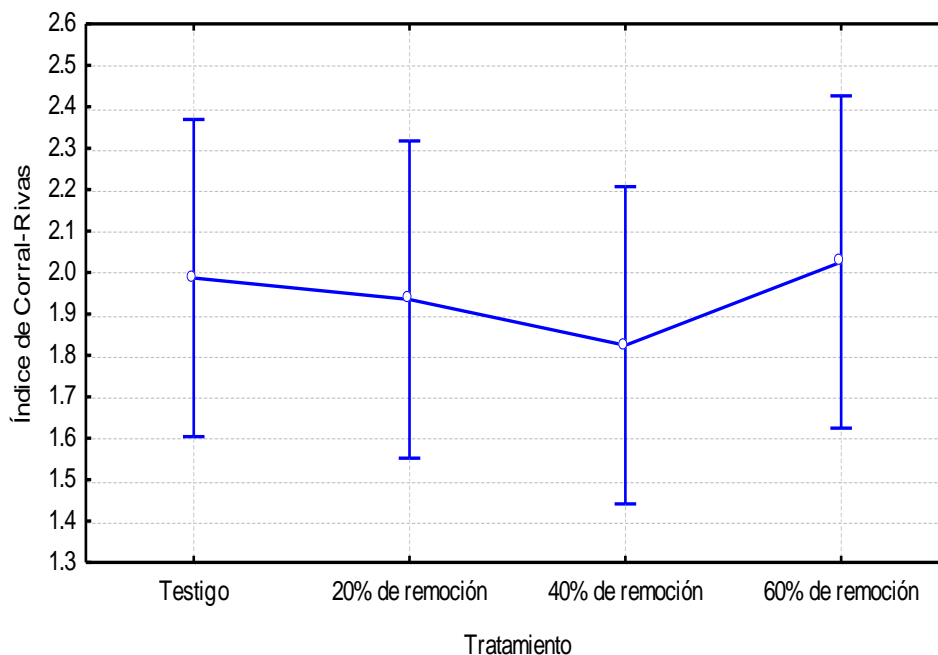


Figura 6. Índice de información direccional de Corral- Rivas para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galena, N.L.

Los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por Reyes (2010) donde analizó la estructura espacial y su relación con las características de suelo en cinco sitios diferentes, el cual, los valores estimados para el índice de información direccional de Corral-Rivas variaron entre (1.723 y 2.069) por lo que se representan una distribución aleatoria del arbolado con una tendencia hacia la formación de grupos. Sin embargo, como señala Solís (2006), la distribución de agregados o en grupos puede ser muy común, debido a que se encuentran en una etapa de competencia con su vecino más cercano. Cabe mencionar también que los resultados obtenidos poseen la misma tendencia con el índice de uniformidad de ángulos de Gadow, ya que pudo haber sucedido debido a que estos dos índices se obtienen en base al ángulo de separación entre los vecinos más cercanos.

5.1.5. Índice de distancias

Para el índice de distancia el ANVA ($\alpha=0.05$) presentó diferencias altamente significativas ($Pr>F=0.006536$; Anexo 5), por lo que de acuerdo a la

comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), se mostraron dos grupos de medias (Cuadro 4), donde el primero grupo está formado por el T1, T2 y T3 y el segundo grupo está formado por T3 y T4. De acuerdo a Pommerening (2002) los diferentes tratamientos se distribuyen en la clase 1: $0 < DI \leq 2$ m, el cual se puede decir que, en cuanto aumenta el grado de remoción aumenta las distancias (Figura 7).

Cuadro 4. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de distancias.

(T) Tratamiento	Media	Agrupación Tukey**
(T2) 20% de remoción	1.148333 m	a
(T1) Testigo	1.161667 m	a
(T3) 40% de remoción	1.386944 m	ab
(T4) 60% de remoción	1.742500 m	b

**Agrupación Tukey, letras iguales representan los índices estadísticamente similares.

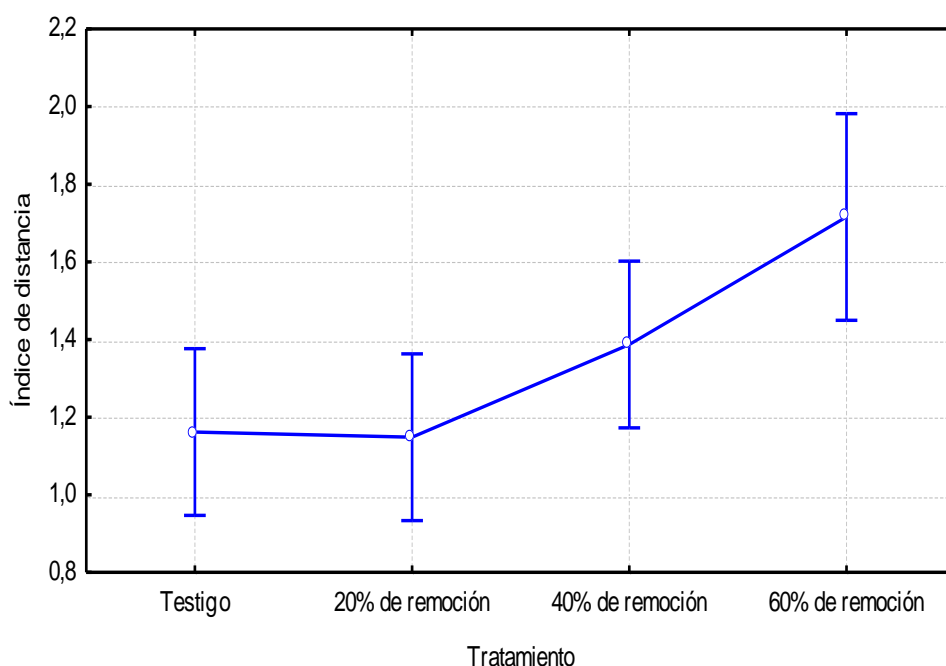


Figura 7. Índice de distancias para los diferentes grados de aclareo en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Los resultados difieren en algunos aspectos con lo reportado por Corral *et al.* (2005) al analizar el efecto de los aprovechamientos forestales sobre la diversidad de especies, la estructura espacial y dimensional. Los valores medios para P1 (Predio sin antecedentes de aprovechamiento) de 2.53 m y

para P2 (predio con antecedentes de aprovechamiento de hace 15 años) de 2.20 el cual fueron estadísticamente diferentes, con una estructura más agregada en el P2, tomando como referencia la distancia entre un árbol i y sus cuatro vecinos más cercanos. Esto puede suceder probablemente a los espacios abiertos por cortas selectivas que puede ser colonizado por otras especies.

Por otra parte, este trabajo también difiere con lo reportado por Quiñonez (2000) ya que obtuvo valores de 2.05 a 2.79 m al realizar una caracterización silvícola y estructural del *P. pseudostrobus* del estado de Nuevo León.

Es evidente que mientras más severo sea el aclareo las distancias entre los individuos es mayor, por lo que en este índice (de distancias), las distribuciones poseen el mismo comportamiento, con respecto a lo encontrado en el índice de Eberhardt y el de Clark y Evans en el presente trabajo.

5.2. Índices de diferenciación dimensional

5.2.1. Coeficiente de homogeneidad

El ANVA ($\alpha=0.05$) para el coeficiente de homogeneidad, presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr>F=0.025423$; Anexo 8); por el cual el análisis de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) mostró dos grupos de medias, el cual el primer grupo está formado por T1, T2 y T4 y el segundo lo conforman el T4 y T3 (Cuadro 5), por lo que se puede asumir que los valores poseen una tendencia a la homogeneidad en el primer grupo, ya que dichos valores aumentan dependiendo al grado de remoción (Figura 8). Como se puede apreciar en la curva de Lorenz (Figura 9) el T3 está más cerca la línea de máxima homogeneidad lo que significa que posee una distribución más homogénea en comparación de los demás tratamientos.

Cuadro 5. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el coeficiente de homogeneidad.

(T) Tratamiento	Media	Agrupación Tukey
(T1) Testigo	2.955490	a
(T2) 20% de remoción	3.444276	ab
(T4) 60% de remoción	4.214461	ab
(T3) 40% de remoción	4.654257	b

**Agrupación Tukey, letras iguales representan los coeficientes estadísticamente similares.

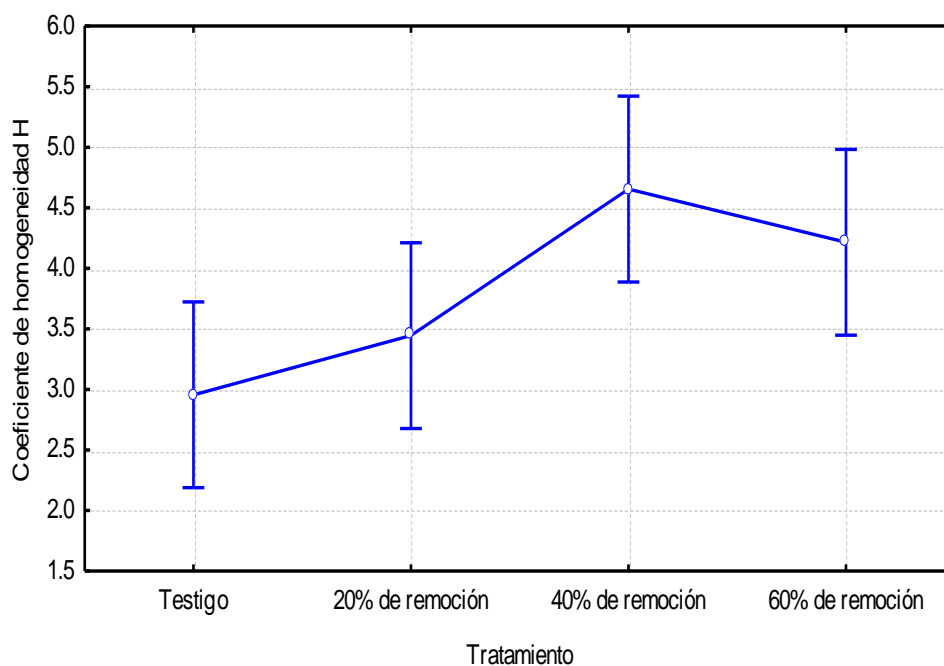


Figura 8. Coeficiente de homogeneidad (H) para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

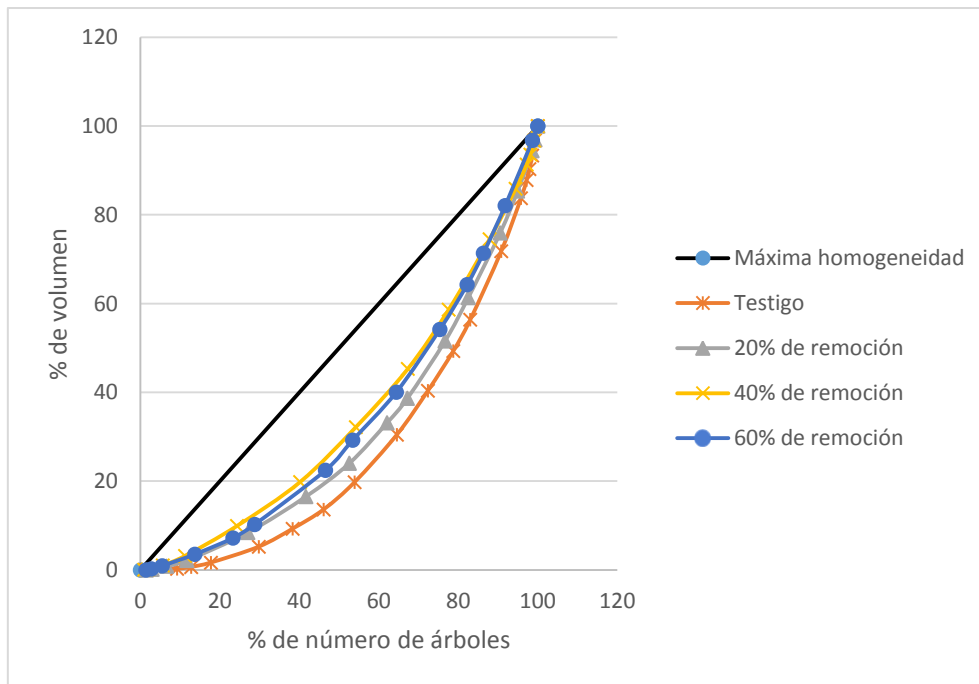


Figura 9. Curva de Lorenz para el coeficiente de homogeneidad (H) para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Los valores obtenidos difieren con lo encontrado por Solís (2006) donde evaluaron el efecto de dos tratamientos silvícolas sobre la composición y estructura de ecosistemas forestales en la Sierra de la Candela, Tepehuenes, Durango. Las parcelas que se evaluaron fueron dos, una fue manejada a través del Método de Desarrollo Silvícola mediante el tratamiento de aclareos (P1) y otra con Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares mediante el tratamiento de cortas selectivas (P2). Los valores del coeficiente de homogeneidad que obtuvieron fueron 31.91 en P1 y 17,04 en P2, el cual se presentó mayor homogeneidad en área basal en la P1.

Por otra parte, este trabajo coincide con Quiñonez (2000) el cual obtuvo valores similares al evaluar cinco rodales de *P. pseudostrobus* en la Sierra Madre Oriental del sur de Nuevo León, el coeficiente más alto obtenido fue 5.30 mientras que el menor fue 2.83.

De Camino (1976) menciona que mientras más alto sea el valor del coeficiente de homogeneidad, más homogéneo será el bosque. Para este trabajo el T3 posee dicha distribución; lo anterior coincide con lo reportado por Solís (2006), ya que menciona que los tratamientos como los aclareos propicia una mayor homogeneidad en los diámetros de los individuos. El raleo por lo

bajo, aumenta la homogeneidad de los rodales. Los bosques sometidos a este tipo de raleos durante largos tiempo muestran coeficientes entre 4.0 Y 10.0 (De Camino, 1976), en el presente trabajo el T3 y T4 muestran valores que recaen en ese rango.

Las clases diamétricas que presentan mayor heterogeneidad en el T1 se encuentran en las clases 8,9 y 10, y para el T4 en la clase 9, el cual son las clases más alejadas de la máxima homogeneidad, estas clases pertenecen a la categoría diamétrica de 10 principalmente.

5.2.2. Índice de diferenciación diamétrica

De acuerdo al ANOVA ($\alpha=0.05$) para el índice de diferenciación diamétrica mostró diferencias altamente significativas ($Pr>F=0.005246$; Anexo 6), por lo que la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) se mostró dos grupos de medias (Cuadro 6). El primer grupo está formado por el T3, T4 y T2 y el segundo grupo está formado por el T2 y T1, sin embargo, todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo de diferenciación dimensional moderado (0.2-0,4) (Figura 10), lo que significa que los diámetros normales de los árboles menores son 20% más pequeños que los árboles con mayor diámetro.

Cuadro 6. Comparación de medias a través de Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el índice de diferenciación diamétrica.

(T)Tratamiento	Media	Agrupación Tukey
(T3) 40% de remoción	0.234583	A
(T4) 60% de remoción	0.244627	A
(T2) 20% de remoción	0.289045	ab
(T1) Testigo	0.382322	b

**Agrupación Tukey, letras iguales representan los índices estadísticamente similares.

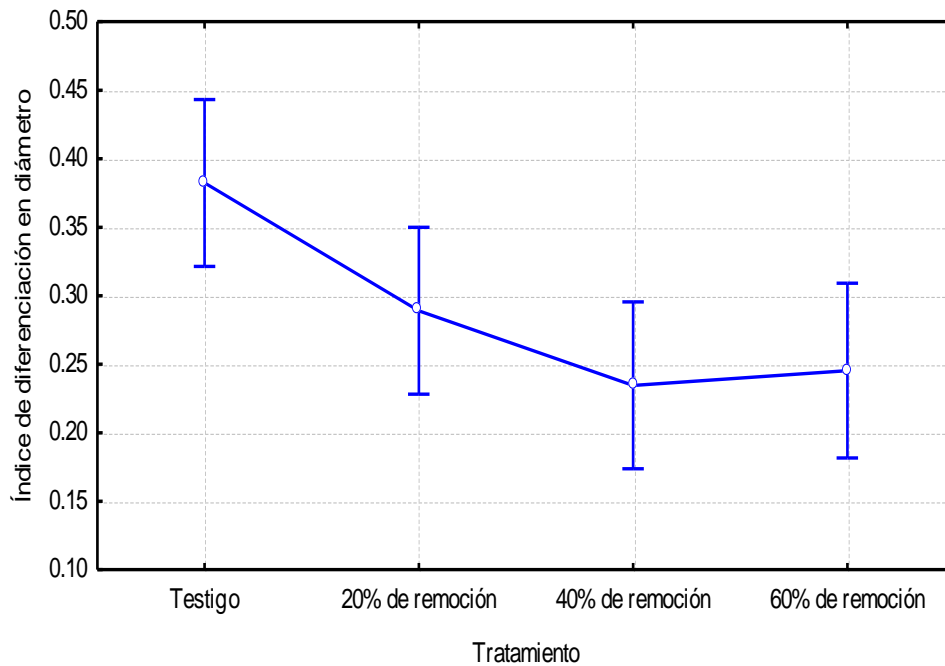


Figura 10. Índice de diferenciación en diámetro para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Los diferentes resultados coinciden con Quiñonez (2000) en la comparación de 5 rodales de *P. pseudostrobus* en la Sierra Madre Oriental del sur de N.L, donde los valores encontrados fueron en mayor proporción en las clases 1 y 2 con 41%, con diferencias de 10 a 20% de diferenciación diamétrica entre arboles vecinos. A medida que la estructura diamétrica son más regulares y con mayor varianza tienen o poseen índices de diferenciación más bajos. Por otro lado, cuando los rodales son más irregulares con valores de diferenciación diamétrica incrementándose notoriamente.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Juárez (2003) ya que encontraron en los bosques mixtos de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas promedios que se encuentran dentro de la categoría moderada, es decir, el promedio se encontró entre valores de 0.248 hasta 0.352, lo cual indicaron que existe variación entre los diámetros de los árboles con sus vecinos más cercanos.

Se puede apreciar en el presente trabajo que en el tratamiento sin remoción (Testigo) existe mayor diferenciación diamétrica y va disminuyendo conforme aumenta el grado de remoción.

5.2.3. Índice de diferenciación en altura

Para el índice de diferenciación en altura el ANOVA ($\alpha=0.05$) no presentó diferencias significativas ($Pr>F=0.440451$; Anexo 7), ya que los valores medios obtenidos fueron $T1=0.243972$, $T2=0.160767$, $T3=0.154467$ y $T4=0.171397$ (Figura 11), los T2, T3 y T4 clasifican con un grado de diferenciación escasa (0-0.2) y T1 con un grado de diferenciación moderado (0.2-0.4).

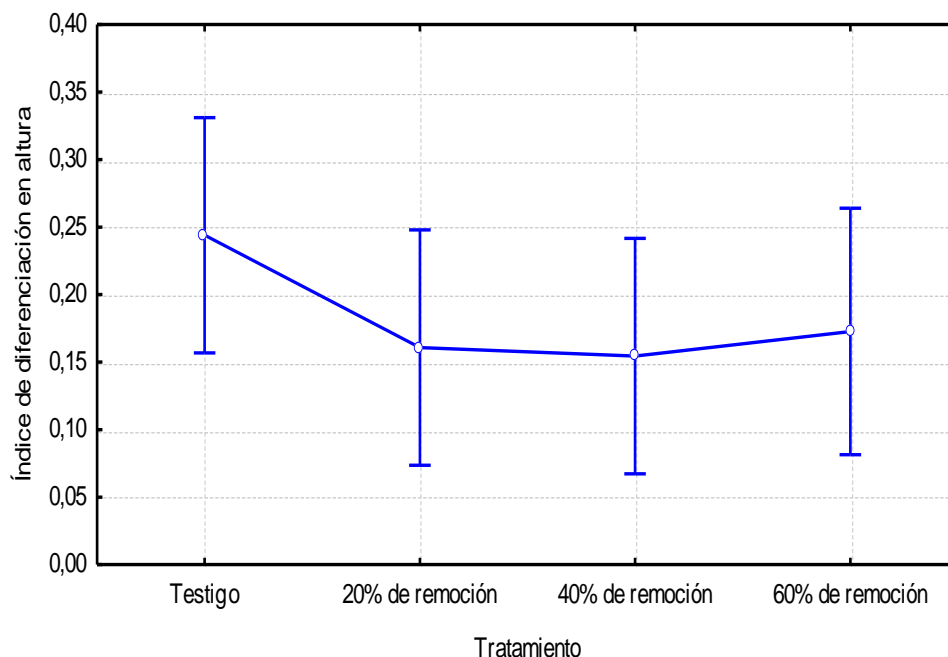


Figura 11. Índice de diferenciación en altura para los diferentes grados de aclareos en San José de la Joya, Galeana, N.L.

Los resultados coinciden con encontrado por Juárez (2003) en los bosques mixtos de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. Los valores que encontró fueron de 0.27 a 0.054 el cual representa una diferenciación en altura muy débil. De igual forma estos resultados coinciden con lo reportado por Quiñonez (2000), ya que encontraron rodales homogéneos en altura con una diferenciación en altura de 0.28 concentradas en las clases 1 y 2. Esto se pudo ser debido a que son rodales de la misma especie y además en constante crecimiento en lo cual están en constante competencia.

Estos resultados pueden ser debidos por el mayor espaciamiento que fue propiciado por los aclareos, lo que permitió que no compitieran por luz, y a lo señalado por Hawley y Smith (1972), ya que mencionan que la altura no

necesariamente responde a los cambios de densidad. Por otra parte, Daniel *et al.* (1982) mencionan que la altura solo se ve afectada tanto en rodales muy abiertos como por rodales muy densos.

VI. CONCLUSIONES

La hipótesis nula que se planteó para este trabajo, se rechaza, ya que los índices de Clark y Evans, índice de distancias, coeficiente de homogeneidad, índice de diferenciación diamétrica, ofrecen resultados con diferencias significativas entre los tratamientos.

Con respecto a los índices de distribución espacial, los tratamientos establecidos poseen una distribución aleatoria, pero con una tendencia a agruparse con respecto al índice de uniformidad de ángulos de Gadow, de igual manera los resultados obtenidos con el índice de información direccional de Corral-Rivas.

Con el índice de Clark y Evans describió para el T1 (testigo) y T2 (20% de remoción) una distribución agrupada, mientras para T3 (40% de remoción) con una tendencia a la aleatoriedad y para T4 (60% de remoción) una distribución regular. Por otra parte, el índice de Eberhardt caracterizó al T1 (testigo) con una distribución aleatoria y al T2 (20% de remoción) y T3 (40% de remoción) con una tendencia a la regularidad, pero T4 (60% de remoción) con una distribución regular.

Para el índice de distancia todos los tratamientos se encuentran en la clase uno (0-2m) con valores que se asemejan a la misma tendencia del índice de Clark y Evans.

Los índices de diferenciación dimensional como el coeficiente de homogeneidad permitieron realizar comparaciones entre los tratamientos. De esta manera caracterizó al T1 (testigo) como el más heterogéneo con una media de 2.95 y el T3 (40% de remoción) el más homogéneo con una media de 4.21 de igual reflejada en la curva de Lorenz. Las clases más heterogéneas con respecto al T1 (testigo) se encuentran en la clase ocho hasta diez.

Para el índice de diferenciación diamétrica todos los tratamientos pertenecen al grupo de diferenciación moderada, ya que por lo menos 1 árbol es más pequeño que sus vecinos más cercanos. Además, para índice de diferenciación en altura el T2 (20% de remoción), T3 (40 % de remoción) y T4 (60% de remoción) pertenecen a un grado de diferenciación escasa y T1 (testigo) con un grado de diferenciación moderada.

La aplicación de los diferentes índices tanto el de distribución espacial como el de diferenciación dimensional permite representar las tendencias de un bosque después de una intervención silvícola. Además, puede ser una herramienta para monitorear en tiempo y espacio las condiciones de un bosque. De igual manera para obtener información como base para el manejo sustentable de los recursos forestales.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar técnicas más sofisticadas para el análisis espacial del arbolado como la función $K(r)$ de Ripley para comparar las distribuciones acumuladas de las distancias entre todos los árboles de un área determinada.

Para el índice de uniformidad de algunos de Gadow y de información direccional de Corral-Rivas es importante medir los ángulos de cuatro vecinos a partir del árbol i para mejorar la interpretación de las escalas.

Para la caracterización de los tratamientos con el coeficiente de homogeneidad H es necesario medir los diámetros de todos los árboles en el cuadrante y además clasificarlos por categorías diamétricas.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta V., H. P. Araujo A. y M. Iturre C. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Chile. 35p
- Aguirre C., O. A. 2006. Assessment and Monitoring of Forest Ecosystem Structure. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N.L. México.
- Aguirre C., O. A., Hui G., Gadow V.K., Jiménez P.J. 2003. Analisis estructural de los bosques naturales en Durango, México. World Forestry Congress. Quebec City, Canadá.
- Álvarez T., M. F., R. Márquez G., A. Fernández M. y F. Castedo V. 2004. Influencia de la competencia en el crecimiento en sección de *Pinus radiata* D. Don en el Bierzo (León). Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pp 129-133.
- Alvis G., J. F. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación TULL. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. 8p.
- Arias A., D. 2004. Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* Lf en el trópico. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 1(1), 9-15.
- Barasorda, M. 1977. Estudio de distribución horizontal y densidad en bosque de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.
- Balanda, M. 2012. Spatio-temporal structure of natural forest: A structural index approach. *Beskydy*, 5 (2): 163-172.
- Bolaños C., J. F., G. Treviño E. J., C. Aguirre O. A., P. Jiménez J y M. Velázquez A. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Campo

Experimental Valles Centrales. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur.

- Cano C., J. 1988. El Sistema de manejo regular en los bosques de México. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Subdirección de Extensión y Servicio. P. 27-29.
- Clark P., J. y Evans F.C. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationship in population. *Ecology* 35. Pp 445-453.
- CONABIO. 1998. Conjunto de datos vectoriales de clima, escala 1:1000000.
- Corral R., J. O. Aguirre, J. Jiménez y S. Corral. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigaciones Agrarias. Sistemas de Recursos Forestales* 14(2):217-228.
- Corral R., J. D. Stoyan, A. Pommerening y K. V. Gadow. 2006. An analysis of two directional indices for characterizing the spatial distribution of forest trees. *Can. J. For. Res.* En preparación.
- Corvalan V., P. y J. Hernández P. 2006. Densidad del rodal. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 59.
- Condes S. y Martínez-Millan J. 1998. Comparación entre los índices de distribución espacial de árboles más usados en el ámbito forestal. *Investigación Agraria. Sistema de Recursos Forestales.* Madrid España. Pp 173-87.
- Daniel T., W. Helms J. A y Baker F. S. 1982. Principios de Silvicultura. Primera edición en español. Ed. McGraw-Hill. Mexico. 490p.
- De Camino R. 1976. Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. *Allgemeine und Forst- Jagdzeitung* 147 (2/3): 54-58.
- Del Rio M., F. Montes y Montero G. 2003. Revisión: Índice de diversidad estructural en masas forestales. CIFOR-INIA. Invest. Agar.: Recursos Forestales. Madrid, España. 18p

- Díaz B., J. A. 2002. Aclareos en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. En san José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 43p
- Donoso Z., C. 1989. Antecedentes básicos para la agricultura del tipo forestal siempreverde. Instituto de silvicultura, Universidad Austral de Chile Valdivia, Chile. Pp 37-5.
- Eberhardt L., L. 1967. Some developments in "distance sampling". *Biometrics* 23:207-216.
- Espinoza B., M. F. Muñoz S., J. Pedro E. M. Muñoz R. Rosales U. M. 2000. Silvicultura aplicada I. Universidad de concepción. Facultad de ciencias forestales. Concepción, Chile. 129p.
- Flores D., Y. A., Tagle M. A. G., Pérez J. J., Calderón O. A., y Treviño, E. 2012. Evaluación de la Diversidad Estructural Post-Incendio Usando Parámetros de Vecindad en la Sierra Madre Oriental, México1.
- Gadow K., V. 1993. Zur bestandesbeschreibung in der forsteinrichtung. *Forst und Holz* 21:601-606.
- Gadow K., V. y Hui G. 1998. Modelling Forest Development. Faculty of Sciences and Woodland Ecology. Göttingen, Germany.
- Gadow V., K. 2005. Analyse und Entwurf der Waldentwicklung. Universitätsdrucke Göttingen. 355-118.
- García G., D. A. 2002. Distribución espacial de bosques mixtos en la Sierra Madre Oriental, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 104p.
- González T., M. A. 2011. Silvicultura (conceptos y aplicaciones). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 4p.
- Grothausen C., y Alvarado C. 2000. Las parcelas de muestreo permanente: bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de

- pino en Honduras. Administración Forestal del Estado. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 88p.
- Hawley R., C. y D. M. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Jaime Terradas (Traductor). Ed. Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hernández R., J. J. García M., J., J. Muñoz F.H., X. García C., T. Soenz R., C. Flores L. y A. Hernández R. 2012. Guía de densidad para el manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* schlecht. et. Cham. En Hidalgo. Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- INEGI. 2002. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Galeana, Nuevo León. Clave geoestadística 19017.
- INEGI. 2010. Red hidrográfica escala 1:50,000 edición 2.o. región hidrográfica Bravo- Conchos.
- INEGI. 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación serie V (Capa unión), escala: 1:250000
- INEGI. 2016. Conjunto de Datos Vectoriales Topográficos. G14C56 Galeana. Escala 1:50 000. Serie III.
- INIFAP-CONABIO. 1995. Carta edafológica, escala 1:25000
- Juárez S., M. 2003. Ecología y análisis estructural de los bosques mixtos de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Mexico.151p.
- Juárez S., M. A. Domínguez-C, P., J. Návar C. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. Forestal Veracruzana, 16(1), 25-34.

- Kint V., Lust N., Ferris R., y Olsthoorn, A. F. M. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. *Forest Systems*, 9(S1), 147-163.
- Krajicek J., S. K. A. Y Gingrich S.F. 1961. Crow-A measure of density. *For Sci.* 7 35-42.
- Coronado E. 2015. Ecología de poblaciones. *Biología XI nivel*.
- Ledo A., Condés S., Montes F. (2012). Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. *Revista Peruana de Biología*, 19(1), 113-124.
- Maestre T., F. Escudero A. Bonet A. 2008. Introducción al análisis espacial de datos de ecología y ciencias ambientales: Métodos y aplicaciones. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España.
- Malacalza L. 2002. *Ecología general*. 2da edición virtual. 170p.
- Mas P., J. 2009. Aclareos y podas silvícolas en bosques naturales y plantaciones forestales. Guía técnica para el manejo forestal sustentable No. 1. Comisión Forestal del Estado de Michoacán, México. 29p.
- Moeur M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. *For. Sci.* 39(4):756–775.
- Montgomery C., D. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Segunda edición. LIMUSA México. 685 p.
- Morlans M.C. 2004. *Introducción a la ecología de poblaciones*. Ed. Científica Universitaria. Universidad Nacional de Catamarca.
- Monroy R., C. R. 1997. Evaluación de crecimiento y productividad de *Pinus patula* SCCHL. Et Cham., en la región de Huayacocotla, Veracruz, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares Nuevo León. 92p.
- Morales M., L. 2003. Evaluación económica de alternativas de manejo en renovables del tipo forestal Roble-Rauli-Coigue. Facultad de

Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
13p.

Narave F., H. y Taylor K. 1997. Flora de Veracruz. Instituto nacional de ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México y La Universidad de California, Riverside.

Perry J., P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Agricultural Sciences Program. Timber press. Portland, Oregon. U.S.A. 231Pp.

Pommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest Forestry 75(3): 305-324.

Quiñonez B., M. A. 2000. Caracterización silvícola y estructural de rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en el sur de Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 93 p.

Reyes M., R. Y. 2010. Estructura espacial y relaciones entre características del suelo y variables dasométricas en ecosistemas forestales del sur de Nuevo León. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. México. 74p.

Rodríguez O., G. 2010. Efectos de aclareos en el crecimiento de una plantación de *pinus patula* Schl. Et Cham. En Ixtlan, Oaxaca. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 149p.

Rodríguez L., R. R. Razo Z., D. Díaz H. Y J. Meza R. 2009. Guía de densidad para *Pinus montezumae* en un área natural en el estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Área Académica de Ingeniería Forestal Rancho Universitario. Tulancingo del bravo, Hidalgo, México. 19p.

Rodríguez O., G. Aldrete A., González H. V. A., Los Santos P, D., Héctor, M., Gómez G. A., y Fierros G. A. M. (2011). ¿ Afectan los aclareos la acumulación de biomasa aérea en una plantación de *Pinus patula*? Agrocienza, 45(6), 719-732.

- Santiago G. E. 2013. Elaboracion de una tabla de volumen para la Especie de *Pinus rudis* Endl. en el rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México. 45pp.
- Smith D., M. B.C. Larson M.J. Kelty y P.M.S. Ashton. 1996. The practice of silviculture. Applied forest ecology. 9a. ed. John Wiley & Sons, Nueva York, EUA. 537 p.
- Solís M. R., A. Aguirre C. O., J. Treviño G. E., J. Jiménez P., Jurado Y.E. Y J. Corral R. 2006. Efectos de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. Maderas y bosques 12. 49-64.
- Vargas L. B. 1999. Caracterización de la productividad y estructura de *Pinus hartwegii* Lindl. en tres gradientes altitudinales en el Cerro Potosí, Galeana, Nuevo León. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL.mexico.114p.
- Valles-Gándara A., G. y C. Valadez-Castro R. 2006. Evaluación de índices de competencia independientes de la distancia para predecir el crecimiento de Bosques Mezclados en San Dimas, Durango. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. pp. 39-44.
- Vicent L., w. 1975. Orientación de la investigación sobre manejo de plantaciones forestales con referencia especial a calidad de sitio y régimen de espesura. Centro de Estudios Forestales de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.
- Wehenkel C, Brazão P. J. M., Carrillo P. A., MartínezG. J. H., Crecente C. F. (2015). Spatial Distribution Patterns in the Very Rare and Species-Rich *Picea chihuahuana* Tree Community (Mexico).
- Yajaira M., A. Valera L., Mora A., Garay V., Jerez M. Plonczak M., Ramírez N., y Hernández D. 2008. Estructura horizontal y vertical de *Pachira quinata* (jacq.) w.s. Alverson, (bombacaceae) en el

bosque universitario “el caimital”, Barinas, Venezuela. Grupo de Investigación Genética y Silvicultura (GenSil), Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. 74p.

Anexos

Anexos 1. Análisis de varianza para el Índice de uniformidad de ángulos de Gadow.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.018826	0.006275	0.0930	0.963476
Tratamiento	3	0.087008	0.029003	0.4298	0.732766
Error	40	2.699187	0.067480		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 2. Análisis de varianza para el índice de Clark y Evans.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.21544	0.07181	1.1087	0.357889
Tratamiento	3	0.92755	0.30918	4.7735	0.006536
Error	37	2.39652	0.06477		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 3. Análisis de varianza para el índice de Eberhardt.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.03591	0.01197	0.511	0.677290
Tratamiento	3	0.06789	0.02263	0.966	0.419205
Error	37	0.86705	0.02343		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 4. Análisis de varianza para el índice de Corral-Rivas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F	
Bloque		3	1.2083	0.4028	0.9352	0.432636
Tratamiento		3	0.2669	0.0890	0.2066	0.891235
Error		40	17.2270	0.4307		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 5. Análisis de varianza para el índice de distancias.

FV	G L	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.44883	0.14961	1.1087	0.357889
Tratamiento	3	1.93239	0.64413	4.7735	0.006536
Error	37	4.99275	0.13494		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 6. Análisis de varianza para el índice de diferenciación en diámetro.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.087344	0.029115	2.6762	0.060026
Tratamiento	3	0.160878	0.053626	4.9293	0.005246
Error	40	0.435158	0.010879		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 7. Análisis de varianza para el índice de diferenciación en altura.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.012449	0.004150	0.18606	0.905258
Tratamiento	3	0.061483	0.020494	0.91891	0.440451
Error	40	0.892109	0.022303		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

Anexos 8. Análisis de varianza para el coeficiente de homogeneidad.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.9241	0.3080	0.6700	0.591536
Tratamiento	3	6.9604	2.3201	5.0465	0.025423
Error	9	4.1377	0.4597		

FV=Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC=Suma de cuadrados; CM=cuadras medios; F= F calculada; Pr>F=probabilidad de F calculada.

