

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



"EVALUACION DEL EFECTO DE PRATICAS SILVICOLAS
EN LA ESTRUCTURA DE ECOSISTEMAS FORESTALES
EN EL SUR DE NUEVO LEON, MEXICO"

TESIS DE MAESTRIA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTAN:

ING. EDGAR TORRES MARTINEZ

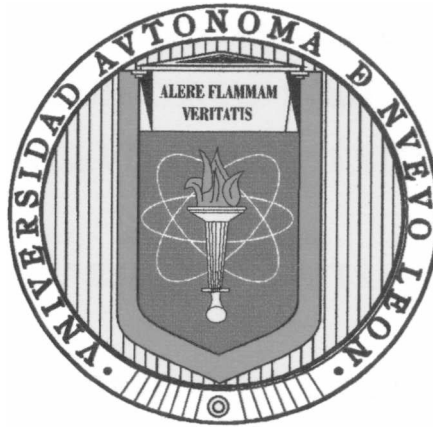
LINARES, NUEVO LEON

MAYO DE 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**‘EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRACTICAS SILVÍCOLAS EN LA
ESTRUCTURA DE ECOSISTEMAS FORESTALES EN EL SUR DE
NUEVO LEÓN, MÉXICO”**

TESIS DE MAESTRÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA

ING. EDGAR TORRES MARTÍNEZ

LINARES, NUEVO LEÓN

MAYO DE 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRACTICAS SILVÍCOLAS EN LA
ESTRUCTURA DE ECOSISTEMAS FORESTALES EN EL SUR DE
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TESIS DE MAESTRÍA

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA

ING. EDGAR TORRES MARTÍNEZ

COMITÉ DE TESIS



DR. OSCAR ALBERTO AGUIRRE CALDERÓN

Presidente



DR. JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ

Secretario



PH. D. JOSÉ DE JESÚS NÁVAR CHÁIDEZ

Vocal

LINARES, NUEVO LEÓN

MAYO DE 2001

DEDICATORIA

A DIOS.

Por darme la oportunidad de existir

A MI MADRE

*Ma. del Carmen por su fé, por estar siempre conmigo, quien
me alienta a seguir adelante.*

A ANTO

A mi compañera por ser Mi gran apoyo.

A EDGAR ARIEL

*Mi hijo, para que como ejemplo de lo que se quiere se
puede lograr.*

A MIS HERMANOS

*Salvador, Francisco Eduardo y César Ariel
Por su apoyo*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León por darme la oportunidad de realizar los estudios de maestría.

Al Dr. Oscar Aguirre Calderón por su invaluable amistad, por la dirección del trabajo de tesis, sus valiosas sugerencias para el escrito final y apoyo recibido, gracias.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por su participación en el comité de tesis y por el apoyo recibido con sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión final de la tesis.

Al Dr. José de Jesús Nívar Cháidez Por su atenta colaboración, por las importantes contribuciones y sugerencias que hicieron posible la realización de este trabajo, y sobre todo por su entrañable amistad.

Al M.C. Marco Antonio Quiñónez Bayona por su gran apoyo y disposición brindada incondicionalmente para el desarrollo de este trabajo.

INDICE

	Página
Lista de figuras	i
Lista de cuadros	iv
Resumen	vii
Abstract	Ix
1 -INTRODUCCION	1
1.1.- Objetivos	3
1.1.1.- Objetivo general	3
1.1.2.- Objetivos específicos	3
2.-ANTECEDENTES	5
2.1.- Parámetros dasométricos	5
	6
2.2.- Estructura de ecosistemas forestales	
2.2.1. - Análisis estructural de ecosistemas forestales	6
2.2.2. - Caracterización de la estructura en ecosistemas forestales.	9
2.2.3. - Descripción cuantitativa de la estructura de los ecosistemas	12
2.2.3.1. - Estructura horizontal	12
2.2.3.1.1. - índice de Distancias D	12
2.2.3.1.2. - índice de Agregación R	12
2.2.3.1.3. - índice de ángulos W	13
2.2.3.2. - Estructura Dimensional	14
2.2.3.2.1. - Coeficiente de Homogeneidad (H)	14
2.2.3.2.2. - índice de Diferenciación Diamétrica TD	15
2.2.3.2.3. - índice de Diferenciación en Altura TH	17
2.2.3.2.4. - Procedimiento de inventarios para la obtención de índices 18 estructurales	
2.2.4. - Funciones de distribución	20

a	
2.3.- Tratamientos Silvícolas	20
2.3.1. -Aclareos	20
2.3.1.1. - Tipos de aclareo	21
2.3.1.1.1Aclareo selectivo	21
2.3.1.1.2. - Aclareo por lo bajo	22
2.3.1.1.3. -Aclareo por lo alto	24
 3.- MATERIALES Y MÉTODOS	 25
 3.1. - Descripción del área de estudio	 26
3.1.1. - Localización	26
3.1.2. - Colindancias y Superficies	26
3.1.2.1. - Colindancias	26
3.1.2.2. -Superficies	27
3.1.3. -Clima	28
3.1.4. -Edafología	28
3.1.5. - Fisiografía y Orografía	28
3.1.6. - Topografía	29
3.1.7. -Vegetación	29
 3.2. - Descripción de la especie de <i>Pinuspseudostrobus Lindl</i>	 29
3.2.1. - Sistemática	29
3.2.2. - Taxonomía	30
3.2.3. - Distribución y hábitat	30
 3.3. - Obtención de los datos	 31
3.3.1. - Sitios de 10 000 m ²	31
3.3.2. - Grupos estructurales de cuatro árboles	32
 3.4. - Análisis Estructural	 32
3.4.1.- Estructura Horizontal	32
3.4.1.1. - índice de distancias <i>D</i>	33
3.4.1.2. - índice de ángulos <i>W</i>	33

3.4.1.3 índice de Agregación R	35
3.4.2.- Estructura diamétrica	36
3.4.2.1. - Estimación y predicción de parámetros de la distribución Weibull en 36 rodas irregulares	
3.4.2.1.1.- La función Weibull	36
3.4.2.2. - Coeficiente de Homogeneidad H	38
3.4.2.3. - índice de Diferenciación Diamétrica TD	39
3.4.2.4. - índice de Diferenciación en Altura TH	40
3.4.2.5. - Cálculo de volumen	41
3.4.2.6. - Tratamientos silvícolas	42
3.4.2.6.1. - Aclareo selectivo	42
3.4.2.6.2. - Aclareo por lo bajo	42
3.4.2. Ó.3.- Aclareo por lo alto	42
4. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. - Atributos dasométricos de los rodas	44
4.1.1. - Estructura diamétrica	45
4.1.2. - La función Weibull	50
4.2. - Análisis estructural	54
4.2.1. - Estructura horizontal	54
4.2.1.1. - índice de distancias D	54
4.2.1.2. - índice de ángulos W	63
4.2.1.3. - índice de Agregación R	72
4.2.2. - Estructura Dimensional	76
4.2.2.1. - Coeficiente de Homogeneidad H	76
4.2.2.2. - índice de diferenciación diamétrica TD	80
4.2.2.3. - índice de diferenciación en alturas TH	94
5. -Conclusiones	106
6. - Literatura citada	109

LISTA DE FIGURAS

Figura	pagina
1. Tipos de distribución espacial	10
2. Valores del Índice de ángulos	13
3. Ejemplo de índice de diferenciación en diámetro y alturas	16
4. Grupos estructurales de cuatro árboles	17
5. Diagrama de las clases de dominancia de copa	23
6. Localización del área de estudio	27
7. Distribución de <i>Pinus pseudostrobus</i>	31
8. Distribución diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	45
9. Distribución diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	46
10. Distribución diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	47
11. Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	48
12. Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	48
13. Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	49
14. Histogramas de frecuencias diamétricas y ajuste de la distribución probabilística Weibull ajustadas por tratamiento silvícola para el rodal 1.	51
15. Histogramas de frecuencias diamétricas y ajuste de la distribución probabilística weibull ajustadas por tratamiento silvícola para el Rodal 2.	53
16. índice de distancias entre árboles del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	55
17. índice de distancias entre árboles del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	56
18. índice de distancias entre árboles del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	57
19. índice de distancias entre árboles del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	59
20. índice de distancias entre árboles del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	60

21. índice de distancias entre arboles del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	61
22. índice de Ángulos del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	64
23. índice de Ángulos del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	65
24. índice de Ángulos del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	66
25. índice de Ángulos del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	68
26. índice de Ángulos del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	69
27. índice de Ángulos del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	70
28. índice de agregación R para el rodal 1 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León	73
29. índice de agregación R para el rodal 1 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León	74
30. índice de Agregación R para 3 sitios con diferente estructura espacial.	75
31. Coeficiente de homogeneidad H para área basal en el rodal 1 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México	76
32. Coeficiente de homogeneidad H para área basal en el rodal 2 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México	77
33. Coeficiente de homogeneidad H para volumen en el rodal 1 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México	78
35. índice de diferenciación diamétrica del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.	81
36. índice de diferenciación diamétrica del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.	82
37. índice de diferenciación diamétrica del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.	83

38. índice de diferenciación diamétrica del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo 85 selectivo.
39. índice de diferenciación diamétrica del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por 86 lo bajo.
40. índice de diferenciación diamétrica del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por 87 lo alto.
41. Distribución y comparación de los grupos de diferenciación diamétrica para 91 cuatro condiciones silvícolas en dos rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.
42. Comportamiento de los valores de Alfa y Beta contra los valores de *TD*. 93
43. índice de diferenciación en altura del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo 95 selectivo.
44. índice de diferenciación en altura del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo 96 bajo.
45. índice de diferenciación en altura del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo 97 alto.
46. índice de diferenciación en altura del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo 99 selectivo.
47. índice de diferenciación en altura del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo 100 bajo.
48. índice de diferenciación en altura del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo 101 aho.
49. Distribución y comparación de los grupos de diferenciación en altura para cuatro 104 condiciones silvícolas en dos rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Cuadro	Página
1. Valores de W para grupos estructurales de cinco árboles.	34
2. Valores de TD y TH en grupos.	41
3. Atributos dasométricos del rodal 1 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la 44 Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
4. Atributos dasométricos del rodal 2 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la 44 Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
5. Índice de distancias promedio entre árboles para los rodales 1 y 2 de un bosque de 54 <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
6. Análisis de Varianza del índice de distancias para el Rodal 1, en donde los 57 niveles de la fuente de variación fueron: condición original, aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto	
I. Prueba de comparación de los valores para el índice de distancias del Rodal 1, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	58
8. Análisis de Varianza del índice de distancias para el Rodal 2.	61
9. Prueba de comparación de los valores para el índice de distancias del Rodal 2, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	62
10. Índice de Ángulos para los rodales 1 y 2 de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de 63 la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México	
II. Análisis de Varianza del índice de ángulos para el Rodal 1	66
12. Prueba de comparación de los valores para el índice de ángulos del Rodal 1, para 67 diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
13. Análisis de Varianza del índice de ángulos para el rodal 2	70

14. Prueba de comparación de los valores para el índice de ángulos del Rodal 2, para 71 diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
15. Índice de agregación para rodales de un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la 72 Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León	
16. Índice de diferenciación diamétrica por rodal y tratamiento	80
17. Análisis de Varianza para el índice de diferenciación diamétrica para el rodal 1	83
18. Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus</i> <i>pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	84
19. Análisis de Varianza para el índice de diferenciación diamétrica para el rodal 2	88
20. Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación diamétrica del Rodal 2, para diferentes tratamientos silvícolas en ion bosque de <i>Pinus</i> <i>pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	88
21. Distribución y comparación del índice de diferenciación diamétrica del rodal 1 y 2 en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	89
22. Valores de los parámetros alfa y beta de la distribución Weibull e índice de 92 diferenciación diamétrica (<i>TD</i>).	
23. índice de diferenciación en alturas por rodal y tratamiento	94
24. Análisis de Varianza para el índice de diferenciación en alturas para el rodal 1	98
25. Prueba de comparación de los valores para el índice en altura del Rodal 1, para 98 diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.	
26. Análisis de Varianza para el índice de diferenciación en alturas para el rodal 2	101

- 11 Prueba de comparación de los valores para el índice en altura del Rodal 2, para 102
diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la
Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.
28. Distribución y comparación de los grupos de diferenciación en altura para cuatro 105
condiciones silvícolas en dos Rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre
Oriental del Estado de Nuevo León, México.

RESUMEN

La evaluación del efecto de las prácticas silvícolas en la estructura de ecosistemas testales es parte fundamental del proceso de manejo sustentable de los recursos naturales, por lo que el objetivo principal de el presente estudio fue el de establecer un procedimientos de evaluación como alternativa para la evaluación y monitoreo de la diversidad de los ecosistemas forestales sobre bases cuantitativas, mediante la aplicación del procedimiento en un esquema integral de inventario forestal permite una mejor descripción y reproducción de los ecosistemas así como indicadores de sustentabilidad en el manejo de los ecosistemas forestales. La investigación se desarrollo en el sur del Estado de levo León, México. La información dasométrica se obtuvo a través de dos sitios cuadrados de 10,000 m², En donde se le aplicaron tratamientos silvícolas consistentes en aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto a través de la simulación de remoción del arbolado, se levantaron 64 sitios distribuidos bajo el procedimiento denominado grupos estructurales de cuatro árboles. Se efectúo un análisis de la estructura dimensional a través de la estructura diamétrica para los Rodales 1 y 2 antes y posterior a la aplicación de los tratamientos silvícolas consistente en aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, y a través de la función Weibull se estimaron los parámetros de la distribución ajustando dicha distribución a las frecuencias para modelar las categorías damétricas de *Pinus pseudostrobus*, de acuerdo a la prueba de X^2 . Los coeficientes de homogeneidad (H), calculados para área basal y volumen siendo el aclareo por lo bajo para los Rodales 1 y 2 el más homogéneo debido a que la curva de Lorenz se encuentran más arcanas a la recta de referencia ($H = 5.401, 7.460$) para área basal y ($H = 4.75, 7.02$) para volumen, respectivamente. El índice de diferenciación diamétrica(7D) promedio para el Rodal 1 muestra valores de 0.388, 0.383, 0.253 y 0.322 para el rodal antes de la intervención, posterior al aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto vamente, siendo el aclareo por lo bajo el que estadísticamente presenta diferencias ivas ($p = 0.05$), con relación a la condición original, de manera semejante el Rodal 2 presenta los valores 0.361, 0.314, 0.203 y 0.347 para el rodal sin tratamiento, el selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto respectivamente, siendo el

aclareo por lo bajo el tratamiento que presento diferencias significativas ($p = 0.05$), con relación al rodal sin tratamiento, indicando en ambos rodales una mayor homogeneidad posterior al aclareo por lo bajo. Los índices promedio de diferenciación en altura (77/) para el Rodal 1 fueron 0.363, 0.386, 0.211 y 0.325 para el rodal sin tratamiento, el aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto respectivamente, siendo el aclareo por lo bajo el tratamiento que presento diferencias significativas ($p = 0.05$), en el Rodal 2 los Mices promedio fueron 0.216, 0.227, 0.128 y 0.206 para el rodal sin tratamiento, el aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto respectivamente, siendo el aclareo por lo bajo el tratamiento que presento diferencias significativas ($p = 0.05$).

Para la caracterización y evaluación de la estructura espacial se emplearon los índices de distancia (D), de ángulos (W) y de agregación (R). Las distancias promedio entre árboles para el Rodal 1 mostraron valores de 3.8 m, 4.6, 5.0 m y 4.1 m, y para el Rodal 2, 3.4 m, (5,4.2, 3.5 para el rodal sin tratamiento, aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto respectivamente; los Rodales 1 y 2 presentaron una distribución de los árboles con una tendencia a la conformación en grupos antes y después de la aplicación de tratamientos silvícolas (0.625 a 0.695), lo cual se confirma mediante el índice de agregación ($R < 0.79$; $R > 0.7$).

SUMMARY

The evaluation of the effect of you practice them silvicultural in the structure of forest ecosystems it is fundamental part of the process of sustainable management of the natural resources, for what the main objective of the present study was the one of establishing an evaluation procedures like alternative for the evaluation and monitoreo of the diversity of the forest ecosystems on quantitative bases, by means of the application of the procedure in an integral outline of forest inventory allows a better description and reproduction of the ecosystems as well as sustentabilidad indicators in the handling of the forest ecosystems. The study was carried in the south of the State of New León, México. The information dasometric was obtained through two square stands of 10,000 m² where were applied silvicultural treatments consisten! in selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing through the removal simulation of trees, 64 stands distributed under the procedure denominated structural groups of four treess. Stand an analysis of the dimensional structure through the structure diamettric for the Rodales 1 and 2 before and latertothe application of the treatments consistent silvícolas in selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing, and through the function Weibull was considered the parameters of the distribution adjusting this distribution to the ffequencies to model the categories diamétricas of *Pinus pseudostrobus*, according to the test of X^2 . The coefficients of homogeneity (H), calculated for basal area and volume being the clear cut for the low thing for the Rodales 1 and 2 the most homogeneous because the curve of Lorenz is nearer to the reference straight line ($H = 5.401, 7.460$) for basal area and ($H = 4.75, 7.02$) for volume, respectively. The average indice of diferenciación diametric (ID) for the Rodal 1 sample valúes 0.388, 0.383, 0.253 and 0.322 for the rodal before the intervention, later to the selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing respectively, being the clear cut for the low thing the one that statistically presents significant differences ($p = 0.05$), with relationship to the original condition, in a similar way the one Rodal 2 present the valúes 0.361, 0.314, 0.203 and 0.347 for the rodal without treatment, the selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing respectively, being the aclareo for the low thing the treatment that present significant differences ($p = 0.05$), with relationship to the rodal without treatment,

indicating in both rodales a bigger later homogeneity to the clear cut for the low thing. The average indice diferenciación in height (77°) for the Rodal 1 were 0.363, 0.386, 0.211 and 0.325 for the rodal without treatment, the selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing respectively, being the aclareo for the low thing the treatment that present significant differences ($p = 0.05$), in the Rodal 2 the indexes average were 0.216, 0.227, 0.128 and 0.206 for the rodal without treatment, the selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing respectively, being the aclareo for the low thing the treatment that present significant differences ($p = 0.05$).

For the characterization and evaluation of the spatial structure the distance indices (Z), of angles (fV) and aggregation (R) were used. The distances average among you hoist for the Rodal 1 they showed values of 3.8 m, 4.6, 5.0 m and 4.1 m, and for the Rodal 2, 3.4 m, 4.5, 4.2, 3.5 for the rodal without treatment, selective clear cut, clear cut for the low thing and clear cut for the high thing respectively; the Rodales 1 and 2 presented a distribution of the trees with a tendency to the conformation in groups before and after the application of treatments silvícolas (0.625 at 0.695), that which you confirms by means of the aggregation Index ($R < 0.79$; $R > 0.7$).

1.- INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos principales para iniciar el proceso de ordenación de un bosque es la caracterización su estado o condición silvícola. El conocimiento de dicha condición nos permite definir los niveles de producción que es posible esperar del bosque; esto es, establecer las estrategias a seguir durante la ordenación deseada.

Al momento del análisis sobre la condición silvícola para determinar el método de ordenación a emplear, se deben considerar factores como son el económico, social, cultural y de conservación y restauración de los ecosistemas y en particular establecer un sistema silvícola considerando aspectos físico-biológicos y socioeconómicos que permitan el manejo sostenible del recurso con la premisa de conservar los ecosistemas saludables y productivos y utilizar los beneficios para mejorar la economía y el nivel social de los permisionarios e industriales forestales.

Entre las características del bosque, destacan aquellas que dan idea sobre el grado y la forma de ocupación del espacio disponible para el crecimiento de la masa forestal, la capacidad productiva de los sitios, las capacidades productivas de las masas, así como su estructura.

Por lo anterior se hace necesario el conocimiento de las características de la masa forestal a través de sus existencias reales, para poder determinar la posibilidad a aprovechar y la estructura de los ecosistemas forestales, ya que el conocimiento de la misma es fundamental para prescribir las intervenciones de manejo y más importante aún para determinar el rendimiento de los bosques por tipo de producto. Está superada la época en que bastaba con la determinación de un volumen total para evaluar un bosque. Hoy, la diversidad de productos y servicios factibles de obtener obliga al técnico forestal a valuar las alternativas de manejo con información detallada en cuanto a productos y combinaciones de productos (Prodan *et al.*, 1998). Lo anterior aunado a una clara definición de políticas y estrategias para implementar proyectos productivos y socioeconómicos en una determinada región.

El empleo adecuado de herramientas silvícolas de manejo aunadas a las técnicas de predicción que desarrollan los modelos de crecimiento del bosque, así como los índices de caracterización cuantitativa de la estructura de los ecosistemas forestales, permitirá generar información necesaria para el análisis de alternativas de usos, intervenciones al bosque, intensidades en su aplicación, periodicidad, etc.

Una de las tareas del manejo forestal es la búsqueda de nuevos métodos de inventario y planeación de los ecosistemas forestales, bajo la perspectiva de uso múltiple del recurso y particularmente en una época en que se generan múltiples discusiones sobre el fomento, la conservación y la biodiversidad a la par de un incremento en la demanda de productos forestales. De particular importancia es la generación de esquemas de gestión de los recursos forestales en ecosistemas multicohortales que representen los escenarios deseables a futuro (Aguirre, 1998) y que finalmente el manejador forestal a través de la consideración de índices que caractericen cuantitativamente la estructura y a partir de estos indicadores de sostenibilidad que puedan integrarse a los programas de manejo forestal determinará el qué, dónde y cuándo del aprovechamiento de los recursos forestales. Las decisiones de regulación que indiquen qué especies y qué tanto de ellas debe ser aprovechado, el lugar de las áreas de corta con rodales específicos designados para el aprovechamiento en el Plan de Manejo Forestal; asimismo el cuándo se aprovechará conforme a una calendarización de las cortas o Plan de Cortas que garanticen la sostenibilidad del recurso.

En el presente trabajo se pretende evaluar los efectos de las prácticas silvícolas (aclareos) sobre la estructura de los ecosistemas forestales en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en el sur del estado de Nuevo León.

II. OBJETIVOS:**1.1.1 Objetivo General:**

Contribuir al manejo sustentable de los recursos naturales a través de la generación de una metodología que permitan la evaluación cuantitativa del efecto de las prácticas silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales

1.1.2 Objetivos específicos:

- a) Generar un sistema de evaluación de las prácticas silvícolas bajo manejo sustentable de los recursos naturales.
- b) Probar los diferentes índices que caractericen la estructura de ecosistemas forestales
- c) Efectuar un análisis cuantitativo de los efectos de las prácticas silvícolas en la estructura de los ecosistemas forestales
- d) Desarrollar un sistema basado en índices para la prescripción de los tratamientos silvícolas para el desarrollo de los programas de manejo forestal en el municipio de Galeana, N.L.
- e) Estimar los parámetros de la función Weibull y probar la bondad de ajuste en la distribución diamétrica de los rodales
- í) Caracterizar los ecosistemas forestales por su condición estructural mediante índices cuantitativos.

=s

Estructura horizontal:

índice de Distancia entre Árboles D

índice de Agregación R

índice de Angulos W

Estructura Dimensional:

índice de Diferenciación Diamétrica TD

índice de Diferenciación en Alturas TH

Coeficiente de Homogeneidad H

2. ANTECEDENTES

2.1 Parámetros Dasométricos

El objetivo principal de la dasometría es describir la población en un bosque, en términos del valor total de algún atributo de todos los árboles (área basal, volumen). Dado que las poblaciones forestales son por lo general muy extensas y de difícil acceso, la descripción se basa en una muestra de esa población, seleccionando árboles, de modo que representen a toda la población. Por razones prácticas, los árboles no se seleccionan individualmente, sino en grupos, llamados unidades muestrales (Prodan *et al.*, 1998).

El objeto fundamental de la dendrometría es la medición, cálculo o estimación de las dimensiones de árboles y bosques. Naturalmente, para facilitar las mediciones de bosques, es necesario medir sus partes estructurales; esto es, realizar mediciones en árboles (Quiñones, 2000).

La medición de las dimensiones de los árboles a su vez debe considerar a cada dimensión por separado, para finalmente, de la complementación de esas dimensiones, conocer el volumen de madera que cada árbol contiene. Por otra parte, no siempre es el volumen la dimensión de interés, sino que pueden serlo otras variables como la altura total, altura parcial, el área basal, etc. (Romahn *et al.*, 1987).

La representación de la estructura de un rodal lograda mediante la distribución diamétrica puede evaluarse de acuerdo con diversos procedimientos. Sin embargo, para cálculos, conclusiones y comparaciones, no siempre es factible operar con la distribución diamétrica, sino calcular valores medios por rodal. La media aritmética caracteriza la distribución diamétrica del rodal. Esta es importante para las distribuciones irregulares, puesto que representan el punto en la ordenada donde se encuentra el centro de gravedad de la distribución.

El área basal del rodal, G , es un elemento muy importante para la caracterización del mismo, para definir su grado de densidad y volumen. Entre el área basal y el volumen, y entre el crecimiento en área basal y el volumen, existe un marcado paralelismo.

Las alturas absolutas son principalmente dependientes de la especie, la calidad de sitio, edad y el manejo de rodal. Por el contrario, las alturas relativas dentro del rodal son dependientes del diámetro, de la posición sociológica del árbol dentro del rodal y de otros factores que no pueden ser registrados directamente en forma cuantitativa (Quiñones, 2000).

En general, las alturas aumentan con el diámetro dentro de un rodal. Pero excepcionalmente árboles o grupos de árboles con diámetros grandes presentan alturas más bajas que árboles con diámetros menores, debido a condiciones de desarrollo distintas (Quiñones, 2000).

Para la caracterización de un rodal y cálculo del volumen es útil la determinación de alturas medias del rodal. La deducción de la altura media del rodal se basa en la siguiente relación: la altura media del rodal H , multiplicada por el área basal del rodal, G y por el factor de forma del rodal, F , proporciona el volumen del rodal (Prodan *et al.* 1998).

2.2 Estructura de ecosistemas forestales

2.2.1 Análisis estructural de ecosistemas forestales

La estructura de un rodal se refiere básicamente 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 de edades diferentes (Daniel *et al.*, 1982).

En forma estricta, por estructura de una masa forestal se entiende la forma o patrón característico de la ubicación ó distribución espacial que tienen los arboles en un tiempo determinado. Al referirse propiamente a la estructura de un rodal se hace alusión a la articulación de las partes (árboles) que conforman un sistema estable (rodal), que varía a través del tiempo debido a causas intrínsecas a él; es decir, a la ubicación espacial (vertical y horizontal) que en un momento dado tienen los árboles que constituyen el rodal de interés (Rivero y Zepeda, 1990).

La estructura de un ecosistema forestal se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre *et al.*, 1997). En este contexto destacan principalmente la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional de los ecosistemas forestales (Thomasius y Schmidt, 1996).

La estructura como el ordenamiento específico de elementos dentro de un sistema, aplicándolo a la estructura arbórea, es definida como la distribución de las características individuales dentro de un área forestal, acotando que la diversidad de especies, la distribución espacial y la diferenciación dimensional permiten definir los atributos estructurales de una comunidad vegetal (Jiménez *et al.*, 1999).

El contar con información cuantitativa referida en el tiempo y el espacio, respecto a la estructura de los ecosistemas forestales, es condición básica para el anáflsis de este atributo desde el punto de vista dinámico. La descripción tradicional de tales ecosistemas comprende normalmente junto a variables medibles como el área basal, diámetro y alturas una serie de variables categóricas que describen de manera cualitativa la estructura de los mismos mediante conceptos subjetivos dependientes de la persona que realiza el anáflsis y que, por lo tanto no son reproducibles (Gadow 1993). Los cambios en la estructura de los ecosistemas por sucesión natural o influencias antropogenicas pueden de esta manera suponerse, pero no evaluarse cuantitativamente (Aguirre, 1999).

=

Una de las tareas del manejo forestal es la búsqueda de nuevos métodos de inventario y planeación de los ecosistemas forestales, particularmente en una época en que se generan múltiples discusiones sobre la conservación y fomento de la biodiversidad, a la par que se observa un incremento en la demanda de productos forestales. De particular importancia es la generación de esquemas de gestión de los recursos forestales en ecosistemas multicohortales, que representen los escenarios deseables a futuro en muchas regiones (Aguirre *et al.* 1998); ya que los aprovechamientos forestales junto con otras actividades económicas, son el sustento de muchas sociedades rurales y contribuyen al desarrollo y crecimiento de las economías locales. El aprovechamiento forestal es el sostén material para otras actividades de desarrollo rural como la creación de infraestructura, de educación y de salud (Mendoza, 1993). Por lo que en tales ecosistemas deberán considerarse índices que caractericen cuantitativamente la estructura; el reto del manejo forestal consiste en obtener a partir de tales variables los nuevos indicadores de sostenibilidad.

En ese sentido, Aguirre *et al.* (1997) mencionan la necesidad de generar metodologías cuantitativas para el análisis estructural de ecosistemas mixtos multicohortales con énfasis en el estrato arbóreo, a través de la integración de índices estructurales recientemente desarrollados, parámetros dasométricos convencionalmente empleados para la evaluación de tales ecosistemas y, finalmente, factores físicos de las localidades objeto del estudio.

El conocimiento de la estructura de un rodal es fundamental para prescribir las intervenciones de manejo y más importante aún para determinar el rendimiento de los bosques por tipo de producto. Está superada la época en que bastaba con la determinación de un volumen cúbico total para evaluar un bosque. Hoy, la diversidad de productos factibles de obtener obliga al técnico forestal a valorar las alternativas de manejo con información detallada en cuanto a productos y combinaciones de productos (Prodan *etal*, 1998).

El conocimiento de la estructura diamétrica de un rodal, además de permitir estimaciones de la distribución probable de productos, posibilita tomar decisiones sobre el tratamiento silvícola más conveniente dado un cierto objetivo de manejo y la condición “real” del rodal (Zepeda, 1990).

La distribución diamétrica indica la frecuencia con que aparece representada una cierta clase de diámetro en el rodal. Permite tener una visión exacta de la estructura del rodal.

El conocimiento y la representación cuantitativa de la estructura de los ecosistemas forestales ha ido adquiriendo mayor importancia frente a la gran diversidad de productos que se están generando en dichos ecosistemas.

El empleo adecuado de herramientas silvícolas de manejo aunadas a las técnicas de predicción que desarrollan los modelos de crecimiento del bosque, así como los índices de caracterización cuantitativa de la estructura de los ecosistemas forestales nos permitirá generar información necesaria para el análisis de alternativas de usos, intervenciones al bosque, intensidades en su aplicación, periodicidad, etc.

2.2.2. Caracterización de la estructura en ecosistemas forestales

Una de la forma para describir la estructura espacial de un bosque es el uso de los atributos de los arboles vecinos, en los niveles de tamaño, distancias y especies (Gadow & Hui, 1998).

Se considera que de manera general los ecosistemas forestales pueden corresponder a alguno de los siguientes tipos de distribución espacial (Clark & Evans, 1954; Brewer, *et al.*, 1982; Brower, 1990; Condes y Martínez, 1998 citados por Quiñones, 2000 y Baca, 2000).

a) Aleatoria: En esta distribución los árboles están dispuestos al azar en un espacio disponible. No existe ningún tipo de interacción entre los mismos. Se debe cumplir con dos condiciones para aceptar este tipo de distribución espacial.

- Todos los puntos del espacio tienen la misma probabilidad de ser ocupados por un árbol.

¹ La presencia de un individuo en un punto dado no afecta la ubicación de otro individuo.

b) Regular: Este tipo de distribución ocurre cuando los árboles tienen una tendencia a mantener entre sí una distancia mas o menos similar, debido a los efectos de una regeneración o una fuerte competencia por el espacio y nutrientes.

c) De agregación: Como consecuencia de la interacción entre árboles que componen una masa forestal, o debido a las condiciones de la falta de homogeneidad en el terreno se conforman grupos de individuos alternándose con espacios abiertos. Este tipo de distribución se denomina también como conglomerados o grupos.

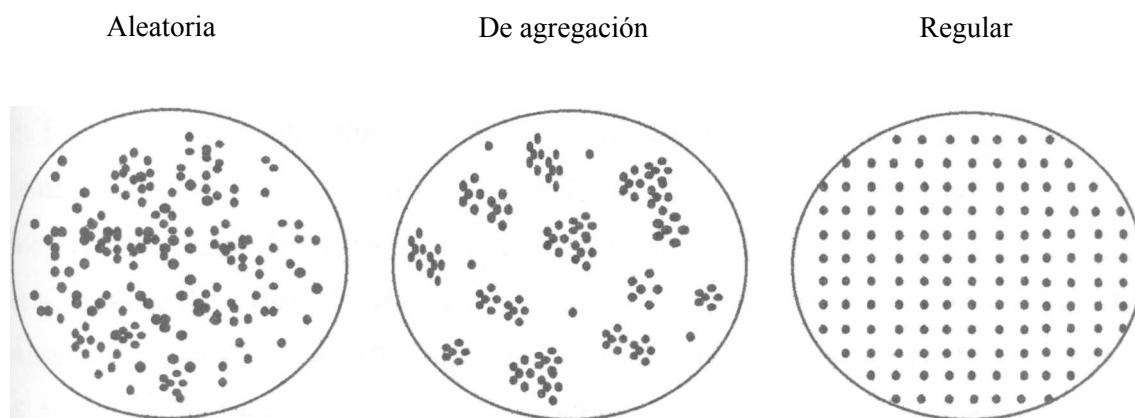


Figura 1: Tipos de distribución espacial

Los índices que permiten diferenciar entre los tres tipos de distribución antes mencionados son basados en:

- a) La discreción del espacio ocupado por los árboles.
- b) En el cálculo de distancias.
- c) En la manipulación de los árboles

El conocimiento y la representación cuantitativa de la estructura de los ecosistemas forestales han ido adquiriendo una importancia relevante debido a la diversidad de servicios que generan los propios ecosistemas.

La determinación de índices estructurales no sólo son propios para los individuos que conforman el ecosistema, es posible entonces particularizar hasta el nivel de especie o clase dimensional establecida, y pueden determinarse para la totalidad de los individuos de un ecosistema, así como para los pertenecientes a una especie determinada o una clase dimensional dada, lo que los hace sumamente útiles y versátiles (Albert *et al.* 1995, citados por Vargas, 1999 y Baca, 2000).

En el marco de evaluación de la estructura de ecosistemas forestales existe una diversidad de índices que permiten caracterizar la estructura de especies, como el índice H' de Shannon (Shannon, 1948), índice de Equitatividad E (Nagel, 1994), Perfil de Especies A (Pretzch, 1996), índice de Segregación S de Pielou (Pielou, 1961); el índice de Mezcla de Especies M_i (Földner, 1995), índice de Agrupamiento IC (David-More, 1954), índice de Green IG , (Green 1966). Respecto a la estructura horizontal del ecosistema se describen el índice de Agregación R (Clark & Evans, 1998), índice de Angulos W_i (Gadow et al. 1998), índice de Distancias entre árboles D (Pommerening et al. 1997). Mientras que para la caracterización de la estructura dimensional se emplea el coeficiente de Homogeneidad H (De Camino, 1976) y los índices de Diferenciación Dimensional para el Diámetro TD_i y altura TH_i .

2.2.3. Descripción cuantitativa de la estructura de los ecosistemas

Los métodos para la caracterización de ecosistemas forestales se describen en los siguientes incisos, resultados de su aplicación en investigaciones sobre bosques mexicanos se detallan los trabajos de Aguirre et al.(1998); Jiménez et al.(1999); Vargas, (1999); Aguirre,(1999); Navar y Corral (2000); Navar et al (2000), Torres (2000) entre otros.

2.2.3.1. Estructura horizontal

2.2.3.1.1. índice de Distancias D

Este índice caracteriza la distribución individual de los árboles en un bosque en base a la distancia del árbol de referencia cero a su vecino más cercano (Pommerening *et al.* 1996; Pommerening 1997).

$$D_{>,i} = \min_{j \neq i} d_{ij}$$

donde: d_{ij} = distancias del árbol i -ésimo a su vecino j -ésimo.

La distancia media de árbol i -ésimo a su vecino próximos obtiene mediante

$$\bar{D}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N D_{ij}$$

2.2.3.1.2. índice de Agregación R

El índice de agregación R (Clark & Evans 1954) describe la relación entre la distancia media observada (r observada) entre los árboles de un área dada y sus vecinos próximos y la distancia media esperada (r esperada) para una distribución aleatoria del arbolado.

$$R = \frac{\bar{L}_{observada}}{\bar{L}_{esperada}}$$

2.2.3.1.3. índice de ángulos W

El índice de ángulos W (Gadow *et al.*, 1998) describe la regularidad de la distribución de los árboles vecinos a un árbol-cero de referencia i . La determinación de este índice se basa en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol-cero i y su comparación con el ángulo estándar a_o (Aguirre, 1998), de tal manera que considerando cuatro vecinos al árbol de referencia, W puede tomar valores de 0 a 1, donde un valor cercano a 0 representa condiciones de regularidad, valores cercanos a 0.5 muestran una tendencia aleatoria y aquellos próximos a 1 presentan condiciones de agrupamiento.

La determinación de este índice se basa en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol de referencia i y su comparación con el ángulo estándar a_o obtenido mediante:

$$a_o = 360 \ln \pm 360 / 10 n$$

n = número de árboles vecinos considerados

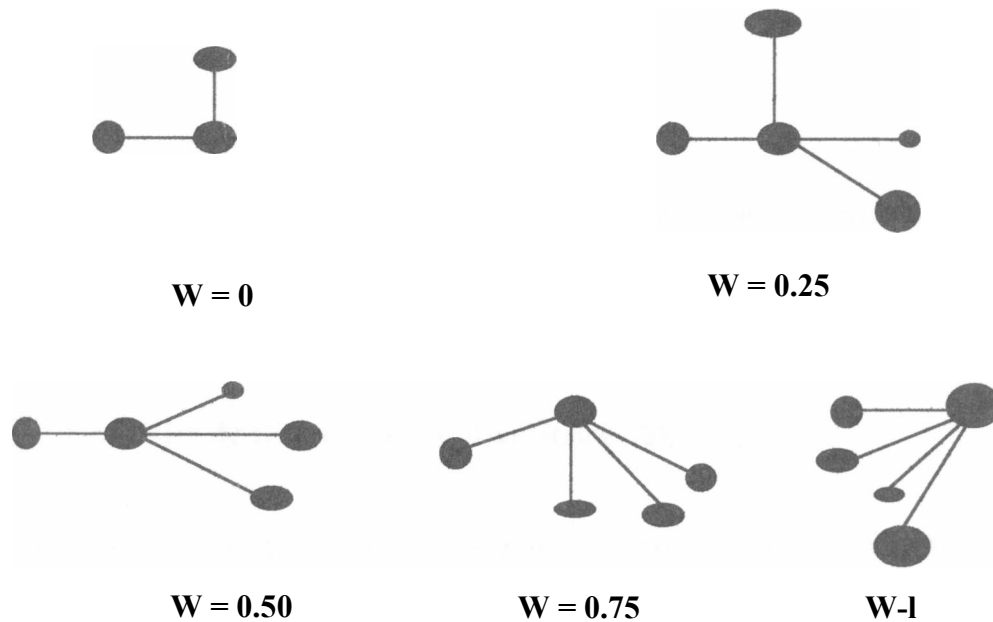


Figura 2: Valores del Índice de ángulos

2.2.3.2. Estructura Dimensional

2.2.3.2.1. Coeficiente de Homogeneidad H

La Homogeneidad de un rodal puede describirse de manera simple mediante el empleo del coeficiente de homogeneidad (H) de De Camino (1976). el cual se expresa mediante la relación porcentual entre número de árboles y volumen por categorías diamétricas o el área basal por categoría diamétrica. 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.

El coeficiente de homogeneidad H se determina mediante:

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

Donde:

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

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

2.23.2.2. índice de Diferenciación Diamétrica TD .

Para la descripción de la estructura horizontal y vertical Gadow, (1993) propuso la determinación de la diferenciación dimensional mediante la cual se describe la relación entre un árbol i y su vecino más próximo j y se define por el cociente entre una variable dimensional del árbol más pequeño y la correspondiente del árbol mayor,

sustraído de 1 (Gadow, 1993; Földner y Gadow, 1994; Albert *et al.* 1995; Aguirre, 1998). La diferenciación diamétrica TDi se obtienen mediante la función:

$$TDi = \frac{tdij}{7-1}$$

$tdij$ se deriva de la relación de los diámetros normales de árboles vecinos sustraída de 1:

$$tdij = 1 - \frac{d\{menor\}}{d\{mayor\}}$$

el valor medio de la diferenciación diamétrica se obtiene mediante:

$$\bar{TDi} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N TDi_j$$

N — número de árboles del rodal

Un valor de $TDi = 0$ significa que ambos árboles tienen el mismo diámetro normal. Conforme la diferencia de los diámetros incrementa crece también el valor de TDi .

1.2.3.2.3. índice de Diferenciación en Altura TH

Otro índice que se obtiene de la misma manera que el anterior es el índice de diferenciación en alturas, THi , el cual se calcula empleando las funciones:

$$\overline{THi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n thij;$$

$$thij = \frac{h(menor)}{h(mayor)}$$

el valor de la diferenciación en altura se obtiene mediante:

$$TD = \frac{d - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}$$

$$TH = \frac{h - h_{min}}{h_{max} - h_{min}}$$

$$N = \text{número de árboles del rodal}$$

Valores de TD y TH para los tres vecinos próximos al árbol

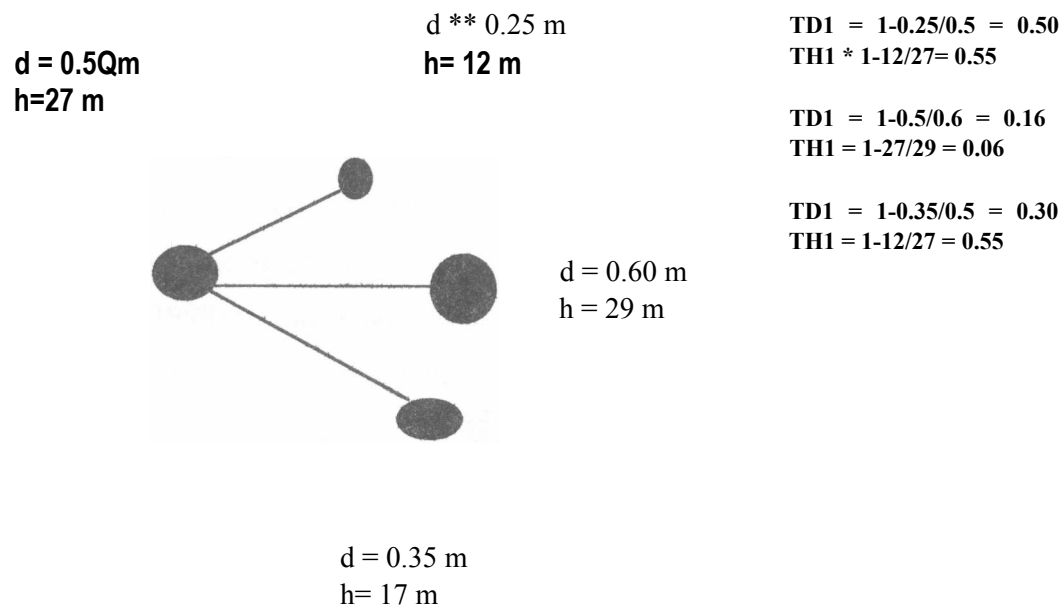


Figura 3: Ejemplo e índice de diferenciación en diámetro y altura

2.2.3.2.4 Procedimiento de inventarios para la obtención de índices estructurales

Los índices para la caracterización de la estructura de ecosistemas forestales constituyen sin duda un aporte importante para la toma de decisiones en manejo forestal. Su aplicación en la práctica depende sin embargo de que los procedimientos para la obtención de información de campo sean óptimos en tiempos y costos (Aguirre, 1998).

Una alternativa para la obtención de índices estructurales la constituye el procedimiento de inventario denominado “grupos estructurales de cuatro árboles” (Füldner, 1995; Pommerening, 1997), procedimiento sistemático de inventario en el que los sitios de muestreo se ubican conformando una red a partir de un punto inicial aleatorio (Füldner, 1995 citado por Aguirre, 1998); este sistema de muestreo es particularmente adecuado para ecosistemas inhomogéneos (Saborwsky, 1990 citado por Aguirre, 1998). El árbol mas próximo a los puntos de intersección de la red se determina árbol-cero y a partir de este se determina la distancia de los tres árboles mas cercanos a los cuatro individuos que conforman el grupo de muestreo se les determina diámetro normal, altura y especie, adicionalmente pueden obtenerse datos de área de copa, altura de copa, edad, etc. (Aguirre, 1998). La inclusión de un quinto árbol en el grupo y la medición de los ángulos entre los árboles posibilita la estimación del índice de ángulos Wi .

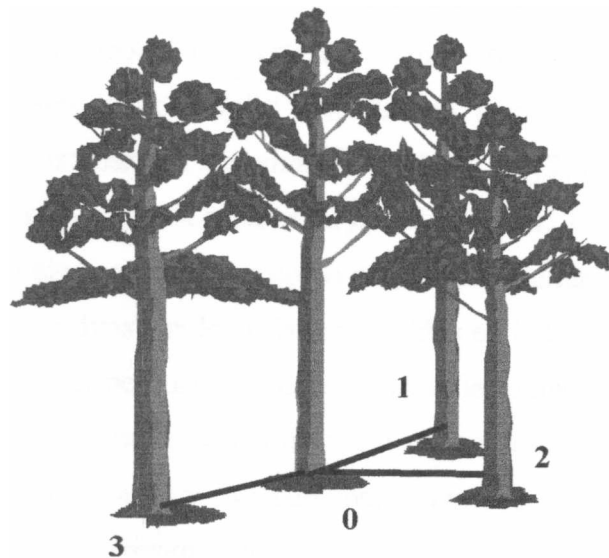


Figura 4: Grupos estructurales de cuatro árboles

2.2.4. Funciones de distribución

El manejo de las masas forestales requiere de estimaciones y proyecciones de sus atributos dasométricos. Los modelos basados en distribuciones diamétricas proporcionan una completa descripción de la estructura diamétrica del rodal, del número de árboles, de la altura media, del área basal y del volumen. Diferentes funciones de densidad probabilística se han usado para predecir las estructuras diamétricas, dentro de las cuales se destacan la Weibull, Gamma, Beta, Charlier, Normal, Lognormal y Johnson S. (Bailey y Dell 1973, Torres-Rojo *et al.*, 1992; Nanang, 1998, Alvarez y Ruiz, 1998, Gove y Patil, 1998, Moness 1982, Zhou y McTague, 1996, Kudus *et al.*, 1999; Corral, 1999; Návar *et al.*, 2000).

La distribución Weibull, ha sido aplicada extensivamente en la estimación del crecimiento y productividad forestal (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994). Se ha convertido en una herramienta clásica del manejo forestal. La estimación de las estructuras diamétricas futuras son algunos usos comunes de esta tecnología matemática Návar y Contreras (2000); Navar y Corral (2000).

El ajuste y estimación o recuperación de parámetros de la distribución Weibull es el requisito principal para modelar las estructuras diamétricas y el crecimiento al nivel del rodal. Existen diferentes tecnologías matemáticas para ajustar parámetros donde se destacan los iterativos: máxima verosimilitud (Wingo, 1972; Bailey y Dell, 1973; Návar *et al.*, 2000) y momentos (Burk y Newberry, 1984; Shiver, 1988; Lindsay *et al.*, 1996); así como los algebraicos catalogados como percentiles (Zanakis, 1979; Da Silva, 1986). Los primeros dos iterativos son los más reconocidos en la literatura (Návar *et al.*, 1999) aunque el último es muy popular por su facilidad en la estimación de parámetros (Torres *et al.*, 1992). Algunos estudios han comparado varios procedimientos de estimación de parámetros de la distribución Weibull para modelar las estructuras diamétricas, sobresaliendo máxima verosimilitud de 2 y 3 parámetros, momentos y percentiles (Zamoch y Dell, 1985; Shiver, 1988; Nanang, 1998; Torres *et al.*, 1992; Návar y Contreras (2000); Návar y Corral (2000).

Hyink y Moser (1983) introducen los términos ‘modelos de recuperación (MR) y “modelos de predicción” (MP). En los primeros, los parámetros de la distribución se obtienen algebraicamente, mientras que en los segundos, los parámetros se predicen estadísticamente en función de los atributos del rodal. Este enfoque presenta la ventaja de generar compatibilidad entre los parámetros de la distribución y las características del rodal. Para la recuperación de parámetros existen diferentes métodos dentro de los cuales destacan el uso de percentiles (Zanakis, 1979; Da Silva, 1986) y momentos (Burk y Newberry, 1884). Para esto se han utilizado atributos del rodal tales como el diámetro promedio, la densidad, la altura promedio, y área basal (Wenger, 1984; Vanclay, 1994).

Estas tecnologías de modelaje se han aplicado principalmente a bosques regulares, uniespecíficos y plantaciones comerciales, pero existe una escasez de trabajos que describan las características diamétricas al nivel de rodal en bosques irregulares nativos de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

La distribución probabilística Weibull, de tres parámetros esta definida por:

$$P_X(X) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^{\alpha}}$$

y como función de densidad de probabilidad acumulada como (cdp):

$$P(x \leq X) = 1 - e^{-\left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^{\alpha}}$$

donde: $p_x(x)$ = probabilidad de la variable aleatoria x . α , P y ε son los parámetros de forma, escala y posición, respectivamente.

2.3.- Tratamientos Silvícolas

2.3.1. Aclareos

El aclareo es el efecto de remoción de algunos arboles inmaduros con la finalidad de proporcionar a los que quedan en pie mejores condiciones de crecimiento y producción de madera de alta calidad. El propósito principal es preparar el rodal para aprovechar el potencial de crecimiento y redistribuir el incremento en los árboles de buena calidad (Braathe, 1957; Hawley y Smith, 1972; Padilla, 1981).

El aclareo se define también como la eliminación del excedente de arboles en una superficie dada, destinada a repartir el potencial de crecimiento de un sitio, es la más importante de las cortas ya que incrementa el volumen de madera utilizable (Domínguez 1998)

Según Fischer (1993) con los aclareos se pretende conseguir los objetivos siguientes:

1. Concentración del incremento de un rodal a los individuos de mejor calidad y de mejor crecimiento.
2. Cosecha de madera o de subproductos.
3. Eliminación de individuos de mala calidad o de especies no deseadas.
4. Aumento de la estabilidad del rodal.
5. Regularización de la mezcla de las especies.
6. Distribución espacial uniforme.

Lo más importante es la concentración del crecimiento a un número reducido de individuos de buena calidad. Con eso normalmente se reduce la producción total de la masa pero se consiguen individuos con más volumen y de mejor calidad; es decir, se aumenta el valor del rodal y al fin del turno el valor que se puede obtener por metro cúbico será mayor. Junto con gastos más bajos para la cosecha (es más barato cortar,

desramar, trocear y extraer pocos árboles gruesos que muchos árboles delgados) las utilidades serán más elevadas (Fischer, 1993).

2.3.1.1 Tipos de aclareo

Históricamente se comenzó con aclareos por lo bajo cortando los árboles suprimidos para aprovecharlos antes de su muerte. Sucesivamente se desarrollaron aclareos más fuertes con el fin de formar árboles de buena calidad y de amplios diámetros. Ahora los son aclareos selectivos ó de selección y los denominados libres de acuerdo al criterio del manejador y los objetivos del proceso de la ordenación deseada.

Existen diferentes clasificación de los aclareos, Braathe (1957) describe cuatro tipos: aclareo por lo bajo, aclareo por lo alto, aclareo selectivo y aclareo libre, mientras que Hawley y Smith (1972) los define como: clara baja, clara de copas, clara de selección y clara mecánica, Daniel *et al.* (1982) consideran cinco tipos de aclareo: aclareo bajo, aclareo alto, aclareo de selección, aclareo mecánico y aclareo libre; Fischer (1993) define cuatro tipos: aclareo por lo bajo ó raleo bajo, aclareo alto, aclareo selectivo y aclareo geométrico ó mecánico. Domínguez (1998) considera los mismos tipos que Fischer además del aclareo libre.

2.3.1.1.1 Aclareo selectivo

Este aclareo remueve los árboles de todas las categorías diamétricas para favorecer árboles selectos en base a una mezcla de criterios como las clases de vigor, la forma, distribución espacial, etc. Esta dirigida a mantener la diversidad estructural del rodal y mejorar la calidad y el buen vigor del arbolado. Siendo importante que durante la corta se seleccionen los árboles del futuro y se eliminen los competidores más fuertes (Fischer, 1993).

2.3.1.1.2 Aclareo por lo bajo

Es aquel donde se extraen los árboles que pertenecen a las clases de copa bajas (Braathe, 1957). En el aclareo por lo bajo el objetivo es liberar árboles dominantes y codominantes, la hipótesis es que las clases de copas más bajas compiten con las clases de copas más altas por el espacio y crecimiento (Domínguez, 1998).

En aclareos por lo bajo se comienza aprovechando los árboles suprimidos; sucesivamente se extraen los árboles dominados. Hacia el fin del turno sólo queda un piso, el de los dominantes. Nunca hay una reducción duradera del dosel. En México a este tipo de aclareo también lo llaman aclareo ascendente (Cano, 1988 citado por Fischer, 1993). Para clasificar el grado de los aclareos por lo bajo sirve muy bien el sistema europeo: grado A, grado B y grado C. Para describir estos aclareos se emplea comúnmente la clasificación de los árboles según KRAFT (Spurr, 1980; Fischer, 1993; Domínguez, 1998;), descrita a continuación:

Clase 1: Árboles dominantes (D)

Clase 2: Árboles codominantes (C)

Clase 3: Árboles intermedios (I)

Clase 4: Árboles suprimidos (S)

Clase 5: Árboles muertos (M)

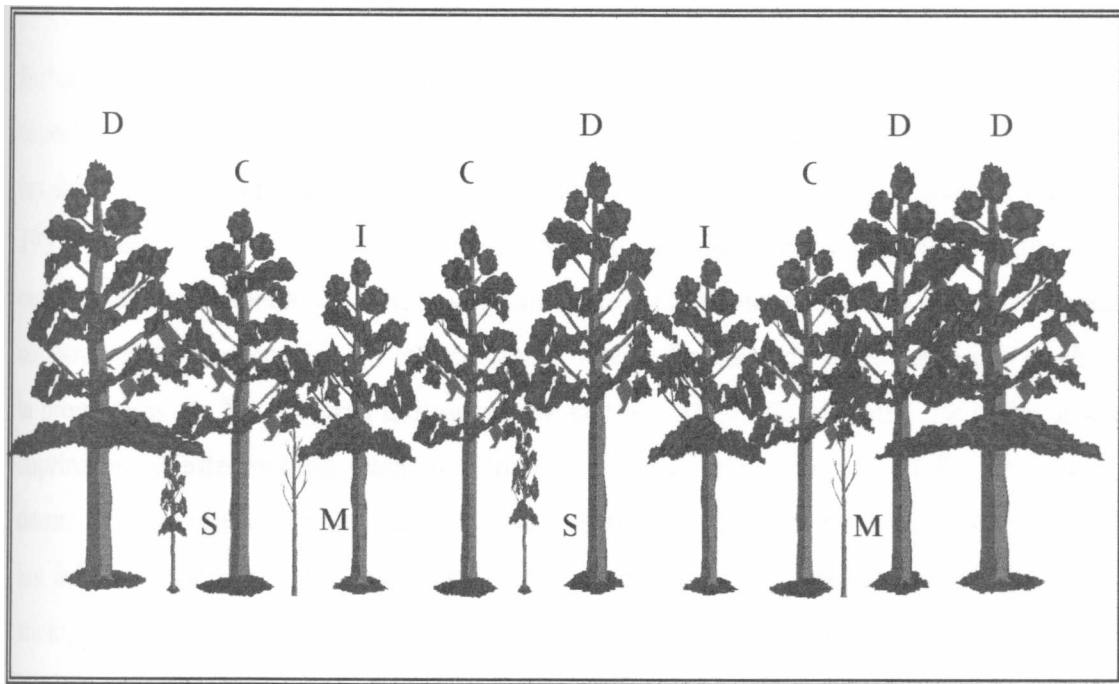


Figura 5: Diagrama de las Clases de dominancia de copa

En los aclareos por lo bajo se cortan sucesivamente los árboles oprimidos para alcanzar un rodal de un piso hasta el fin del turno, uno de los objetivos principales de este tipo de aclareo es de mejorar el ambiente de los árboles dominantes y obtener una buena distribución de éstos; es decir, el formar el rodal con el fin de aumentar el crecimiento de los árboles dominantes. Con eso ya se cuenta con efectos epidométricos. Se extraen en diferentes etapas todos los individuos de las clases 5, 4, 3 y 2 y también algunos de la clase 1. Permanecen árboles con copas normales y fustes de buena calidad en distribución regular que tienen suficiente espacio para un buen desarrollo. Se reduce el área basal de 30 a 40%, pero nunca hay una reducción sostenida del dosel. Después de algunos años las copas otra vez se tocan. Por la corta de todos los árboles no dominantes hasta el fin del período de las cortas intermedias el rodal sólo tiene un piso (rodal uniestratificado) (Fischer, 1993).

2.3.1.1.3 Aclareo por lo alto

En el aclareo por lo alto se extraen los árboles de clase de copas altas y medias, especialmente entre las clases codominantes y dominantes en tanto que la mayoría de los árboles suprimidos permanecen junto con la mayoría de los dominantes (Braathe, 1957; Hawley y Smith, 1972). El aclareo por lo alto libera árboles dominantes y codominantes de buena conformación para la corta al remover los árboles dominantes y codominantes y competidores (Domínguez, 1998). La meta de un aclareo por lo alto es la promoción de los mejores individuos de la clase de los dominantes. Se dejan árboles suprimidos e intermedios para que formen un segundo piso con el fin de evitar el desarrollo de vegetación del suelo y para evitar el desarrollo de ramas epicórmicas de los árboles superiores. La corta de árboles dominantes deja penetrar suficiente luz al suelo, lo que puede causar descomposición acelerada o pérdida de nutrientes. Eso se impide mediante un segundo piso (Fischer, 1993).

En aclareos por lo alto se eligen los mejores individuos del piso superior y se extraen sus competidores más fuertes para promover el crecimiento de los árboles élite. Por eso se trata de una selección positiva. Selección positiva no significa la corta de los mejores, lo que a menudo llaman aclareo de selección. Selección para alcanzar hasta el fin del turno un rodal de alto valor y de buena calidad genética para la regeneración.

Existen dos grados de aclareo por lo alto: en aclareos del grado moderado se cortan árboles muertos, árboles que están muriendo y árboles de mala calidad de las clases codominantes y dominantes. Los grupos sobredensos de las dos clases superiores se reducen. Eso significa que se corta la clase conformada por árboles muertos, gran parte de la clase de árboles codominantes y algunos individuos de la clase dominantes. La reducción del área basal normalmente es de 20 a 30%. Los árboles élite se eligen de nuevo en cada corta.

Con aclareos del grado severo se promociona un número limitado de árboles, que con alta probabilidad alcancen el fin del turno (árboles futuros). Estos árboles son elegidos

durante su juventud y se asume que sobreviven como los mejores individuos del máximo volumen hasta el fin del turno. Por eso en cada aclareo son más fuertes que en grado moderado: la reducción del área basal es de 30 a 40%.

3, MATERIALES Y MÉTODOS

31- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Localización

El presente estudio se realizó en el Ejido Alfonso Corona del Rosal, municipio de Galeana, N. L., localizado a una distancia aproximada de 45 km. hacia el sudeste de la cabecera municipal de Galeana, por la carretera Galeana - Dr. Arroyo.

Geográficamente está ubicado entre los paralelos 24° 27' 45" y 24° 32' 32" de Latitud Norte y los meridianos 99° 54' 21" y 100° 01' 17" de Longitud Oeste, con una altitud promedio de 2,600 msnm, observándose elevaciones de 3,100 msnm (Ucodefo No. 1 "Galeana", 1995). El predio esta comprendido en el área de influencia de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 1 "Galeana". Tiene un área de influencia en una superficie de 1'110,240 hectáreas, y comprende los municipios de Galeana, Aramberri y Zaragoza, los cuales se localizan al sur del estado de Nuevo León, (figura 6).

3.1.2. Colindancias y Superficies

3.1.2.1 Colindancias

Este predio de carácter ejidal colinda al norte con el Ejido Pablillo, al sur con diversos predios particulares, al este con predios particulares y al oeste con el Ejido Pablillo, todos del municipio de Galeana, N. L.

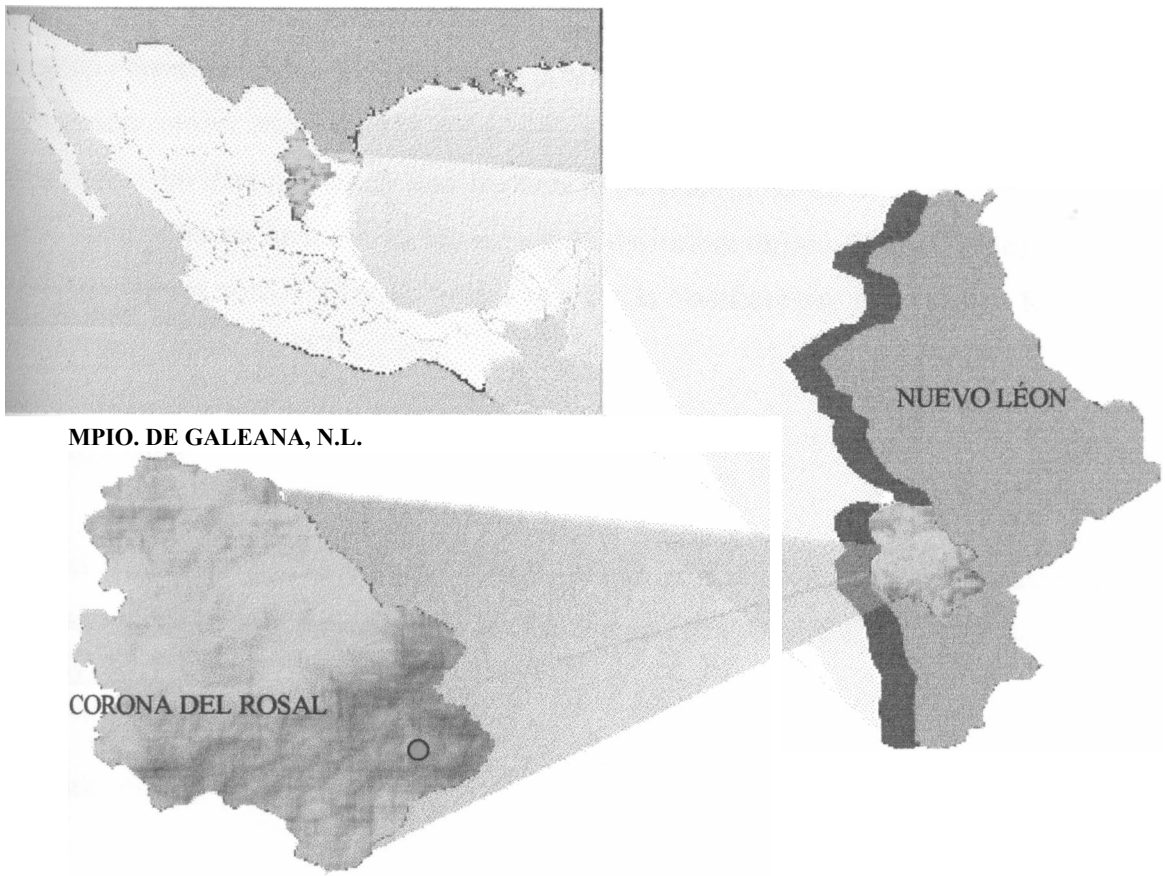


Figura 6: Localización del área de estudio

3.1.2.2 Superficies

Total	6,800-00-00	ha
Arbolada	1,822-00-00	ha
Arbolada aprovechable	1,722-00-00	ha
No arbolada	4,978-00-00	ha
Silvopastoril	6,748-00-00	ha

3.1.3 Clima

El clima de la región se clasifica dentro del grupo de climas templados, subgrupo de climas templados, tipo templado subhúmedo con lluvias en verano con un porcentaje de precipitación invernal mayor del 10.2 %. La precipitación media anual es de 600 a 700 mm. La temperatura media anual fluctúa entre 14° y 16° C, presentándose una frecuencia de heladas de 40 - 60 días por año y una frecuencia de granizadas de 0-2 días por año, con nevadas ocasionales en invierno en los meses de diciembre-enero. (INEGI 1986). El tipo climático se expresa como: C(Wi)(x') de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987).

3.1.4 Edafología

En general los suelos que se presentan en el predio son litosol asociado a rendzina y regosol calcáreo de textura media, según la clasificación de FAO-UNESCO modificada por DETENAL. (1972)

3.1.5 Fisiografía y Orografía.

El área de estudio se encuentra localizada en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual corre desde sus límites con la del eje neovolcánico en sentido paralelo a la costa del Golfo de México. La Sierra Madre Oriental es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados, estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias (del cretácico y jurásico superior), entre las que predominan las calizas y lutitas.

La subprovincia dentro de la cual se localiza el área de estudio es la Gran Sierra Plegada, en ella dominan las capas plegadas de calizas con predominantes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales, una gran falla inversa corre sobre los bordes orientales de la sierra, en tanto se extienden más o menos paralelas a aquellas y a los ejes estructurales. Las cumbres de esta sierra generalmente sobrepasan los 2,000 msnm y llegan cerca de los 3,000 msnm.

En el área de estudio la elevación principal es denominada cerro el Infiernillo con una altura de 3,100 msnm (INEGI, 1984).

3.1.6 Topografía

La topografía del predio está constituida por un sistema de topoformas clasificado como irregular, en la que existen cordilleras complejas con diversas exposiciones y pendientes que van de 5° a 35°, con mayor proporción de pendiente accidentada; la altitud promedio del área de estudio es de 2,600 msnm.

3.1.7 Vegetación.

Los tipos de vegetación predominantes en el predio son los bosques de pino y pino-encino, compuestos principalmente por las especies de *Pinus pseudostrobus*, *P. pseudostrobus* - *P. leocote*, *Pinus spp.* - *Quercus spp.*, *Pinus cembroides*, así como chaparral y matorral subinerme. El área de estudio son rodales puros de *Pinus pseudostrobus*.

3.2 Descripción de la especie de *Pinus pseudostrobus* Lindl

3.2.1 Sistemática

Reino: Vegetal
División: Spermatophyta
Subdivisión: Gymnospermae
Orden: Coniferales
Familia: Pináceae.
Subfamilia: Abietíneae
Género: *Pinus*
Sección: *Pseudostrobus*
Especie: *Pinus pseudostrobus* Lindl.

3.2.2 Taxonomía

Arbol de tamaño medio o grande, 15-40 m de alto, con copa de ramas largas y pesadas. Corteza rugosa, gris, algunas veces rojiza en las fisuras. Ramillas pruinosas, lisas, brácteas deciduas con las bases decurrentes bien espaciadas, frecuentemente hundidas e incospicuas.

Hojas en grupos de 5, raramente 4 o 6, de 17 a 24 cm de largo, de 0.75-1.25 mm de ancho, extendidas o pédunculas, color verde intenso. Vainas persistentes de 15 a 25 mm de largo. Canales resiníferos usualmente medios de 2-4, algunas veces de 5-6.

Conos café claro o cafés; ovoides, largos-ovoides a cilindricos, de 7-12 cm de largo algunas veces mas grandes, cesiles, pedúnculo poco más de 1.0 cm de largo; persistentes, algunas veces dejando pocas escamas en la ramilla cuando cae; escamas delgadas con apófisis aplanadas o abultadas de 10-12 mm de ancho; espina decidua o algunas veces persistente (Favela, 1991).

3.2.3. Distribución y hábitat

Pinus pseudostrobus, se localiza en México y América central (STEAD Y STYLES 1984). En México se ha observado en los límites de Durango y Sinaloa, en Nuevo León, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México, Distrito Federal, Morelos, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas. Se observa también en Guatemala, Honduras y El Salvador (Faijon & Styles, 1997) (figura 7). En la Sierra Madre Oriental se desarrolla en una altitud de 800 - 2100 msnm. Esta especie se subdivide en dos subespecies y una variedad, en el Estado de Nuevo León se le conoce comúnmente con el nombre de pino blanco.

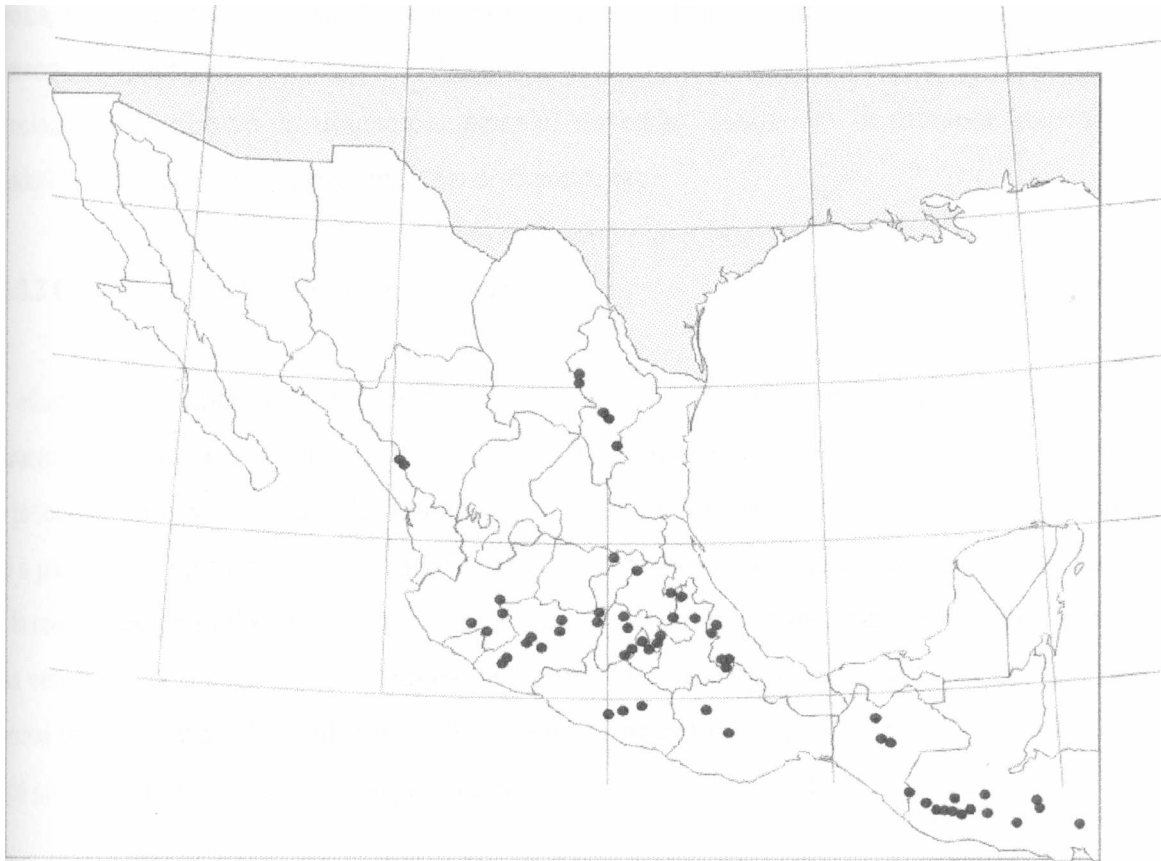


Figura 7: Distribución del *Pinus pseudoostrobus* Lindl.

3.3. Obtención de los Datos

3.3.1 Sitios de 10 000 m²

En el área de estudios se instalaron dos sitios cuadrados de 10,000 m² en un área que se encuentra bajo manejo, uno por rodal, a los cuales se aplicaron tratamientos silvícolas consistentes en aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, a través de la simulación de remoción del arbolado, siendo el objetivo de los tratamientos la redistribución espacial del arbolado para fomentar el mejor desarrollo de los individuos remanentes. En cada unidad de muestreo se determinó el diámetro normal (di.₃), altura

total, altura de fuste limpio, altura de copa, cobertura, diámetros de copa y edad de los árboles, de los que se derivó el volumen total así como área basal antes y después de la intervención para cada uno de los rodales objeto de estudio. Además de las variables antes mencionadas se obtuvo la ubicación espacial de cada árbol y de manera general la sanidad de arbolado, daños presentes en el mismo, etc.

3.3.2 Grupos estructurales de cuatro árboles

Se efectuó el establecimiento de 64 sitios bajo el procedimiento denominado grupos estructurales de cuatro árboles (Füldner, 1995; Pommmering, 1997; Aguirre, 1998). Este es un procedimiento sistemático de inventario en el que los sitios se ubican conformando una red a partir de un punto inicial aleatorio; el árbol mas próximo a los puntos de intersección de la red se designa árbol cero y a partir de éste se determina la distancia de los tres árboles más cercanos; a los cuatro individuos del grupo de muestreo se les determinó diámetro normal ($d_{1.3}$), altura total, altura de fuste limpio, altura de copa, cobertura, diámetros de copa en sentido norte-sur y este-oeste, respectivamente, así como edad.

3.4. Análisis Estructural

3.4.1. Estructura Horizontal

Los índices que se aplicaron para la descripción de la estructura horizontal fueron:

Índice de distancias D

Índice de Ángulos W

Índice de Agregación R

3.4.1.1 índice de Distancias D

Este índice caracteriza la distribución individual de los árboles en un bosque en base a la distancia del árbol de referencia cero a su vecino más cercano (Pommerening *et al.*, 1996; Pommerening, 1997).

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

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

La distancia media de árbol i -ésimo a su vecino próximos obtiene mediante

$$\bar{D}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N D_i$$

3.4.1.2 índice de Angulos W

El índice de ángulos W_i (Gadow *et al.*, 1998) describe la regularidad de la distribución de los árboles vecinos a un árbol-cero de referencia i . La determinación de este índice se basa en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol-cero i y su comparación con un ángulo estándar θ_0 (Aguirre, 1998), de tal manera que considerando cuatro vecinos al árbol de referencia, W puede tomar valores de 0 a 1, donde un valor cercano a cero representa condiciones de regularidad, valores cercanos a 0.5 muestran una tendencia aleatoria y aquellos próximos a 1 presentan condiciones de agrupamiento.

La determinación de este índice se basa en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol de referencia i y su comparación con el ángulo estándar θ_0 es obtenido mediante:

$$d_i = 360 / r_i \pm 360 / 10 n$$

n -número de árboles vecinos considerados

El índice de ángulos W_i se define entonces por la proporción de los ángulos α menores al ángulo estándar θ_0

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

w_{ij} tiene un valor α cuando el j -ésimo ángulo α entre dos árboles vecinos próximos es menor o igual al ángulo estándar θ_0 , en caso contrario toma un valor de 0.

Si $n = 4$, W_i puede presentar los valores incluidos en el cuadro 1:

Cuadro 1: Valores de W para grupos estructurales de cinco árboles.

Valor de W_i	No. De ángulos α menores a θ_0
----------------	--

0.0	Si ninguno de los ángulos α es menor a θ_0
-----	--

0.25	Uno de los ángulos α es menor a θ_0
------	---

0.50	Dos de los ángulos α son menores a θ_0
------	--

0.75	Tres de los ángulos α son menores a θ_0
------	---

	Cuatro de los ángulos α son menores a θ_0
--	---

El valor promedio del índice de ángulos se calcula mediante :

$$\bar{w}_i = \frac{1}{N} \sum_i^N w_i$$

3.4.1.3. índice de Agregación R

El índice de agregación R (Clark & Evans 1954) describe la relación entre la distancia media observada ($\bar{r}$ observada) entre los árboles de un área dada y sus vecinos, próximos y la distancia media esperada ($\bar{r}$ esperada) para una distribución aleatoria del arbolado.

$$R = \frac{\bar{Y}_{observada}}{\bar{Y}_{esperada}}$$

El índice de Clark & Evans se basa en las relaciones de distancia entre arboles vecinos.

Para todos los arboles N de una superficie A se obtienen las distancias r_i , $i = 1 \dots N$ a su vecino más próximo. La distancia media se calcula mediante:

$$\bar{r}_{observada} = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N}$$

$\bar{r}$ observada se relaciona con la distancia media esperada para la distribución aleatoria del arbolado.

donde:

$\hat{A}$ - superficie m²

W=número de observaciones

3.4.2. Estructura diamétrica

3.4.2.1. Estimación y predicción de parámetros de la distribución Weibuli en rodales irregulares.

El manejo de las masas forestales requiere de estimaciones y proyecciones de sus atributos dasométricos. Los modelos basados en distribuciones diamétricas proporcionan una completa descripción de la estructura diamétrica del rodal, del número de árboles, de la altura media, del área basal y del volumen. Diferentes funciones de densidad probabilística se han usado para predecir las estructuras diamétricas, dentro de las cuales se destacan la Weibuli, la cual ha sido aplicada extensivamente en la estimación del crecimiento y productividad forestal (Clutter *et al.*, 1983; Vanclay, 1994).

El ajuste y estimación o recuperación de parámetros de la distribución Weibuli es el requisito principal para modelar las estructuras diamétricas y el crecimiento al nivel del rodal.

3.4.2.1.1. La función Weibuli

La distribución probabilística Weibuli, de tres parámetros esta definida por:

$$p_X(X) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{X - \varepsilon}{\beta}\right)^\alpha}$$

y como función de densidad de probabilidad acumulada como (cdp):

$$P\{x < X\} = 1 - e^{-\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^a}$$

donde: $p_x(x)$ = probabilidad de la variable aleatoria x . a , p y e son los parámetros de forma, escala y posición respectivamente

Basados en las estructuras diamétricas con ajustes de las Distribuciones Probabilísticas de: Weibull, para la estimación de los parámetros para el ajuste de las distribuciones se utilizó el paquete estadístico SAS mediante el programa computacional elaborado para estimar los parámetros de la distribución Weibull desarrollado por Nívar y Contreras (2000) y Nívar y Corral (2000).

Los parámetros estimados se ajustaron por medio del procedimiento de momentos. Haan y Shapiro (1967) indican que el coeficiente de asimetría (y) de la variable aleatoria esta relacionada con a por:

$$r(i+3/g) - 3r(i+2/g) + 2r(i+1/g) = \frac{2}{g^3} \left[r(1 + 2/a) - r^2(1 + 1/a) \right] f^2$$

y con esto definieron:

$$j = li + oA(a)$$

$$s \sim P \sim aB\{a\}$$

Jondea es la desviación estándar de los diámetros, y

$$\% = [1 - r(1 + \frac{1}{\alpha})f(\alpha)]$$

$$\% = [f(1 + 2/\alpha) - T(1 + 1/\alpha)]^2$$

Con los parámetros obtenidos se estimaron las frecuencias esperadas para realizar la prueba de bondad de ajuste, la cual consistió en comparar los valores obtenidos para la frecuencia esperada (f_x esperada) con los valores observados (f_x observada) por medio de la prueba de χ^2 , para cada uno de los rodales y tratamientos, mediante la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

donde: O_i es la frecuencia observada y E_i es la frecuencia esperada de los árboles en la i -ésima clase diamétrica.

Para caracterizar la estructura dimensional se emplearon así mismo diversos índices, los cuales se aplicaron a los datos obtenidos para los diferentes rodales, tales índices se describen en los siguientes párrafos:

3.4.2.2. Coeficiente de Homogeneidad H

La Homogeneidad de un rodal puede describirse de manera simple mediante el empleo del coeficiente de homogeneidad H (De Camino, 1976), el cual se expresa mediante la relación porcentual entre número de árboles y volumen por categorías diamétricas ó el área basal por categoría diamétrica. 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.

El coeficiente de homogeneidad H se determina mediante:

$$H = \frac{\sum SN\%}{\sum SN\% - SV\%}$$

Donde:

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

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

3.4.2.3. índice de Diferenciación Diamétrica TD

Para la descripción de la estructura horizontal, y vertical, Gadow (1993) propuso la determinación de la diferenciación dimensional mediante la cual se describe la relación entre un árbol i y su vecino más próximo j y se define por el cociente entre una variable dimensional del árbol mas pequeño y la correspondiente del árbol mayor, sustraído de 1 (Gadow, 1993; Fiildner y Gadow, 1994; Albert *et al.* 1995; Aguirre, 1998). La diferenciación diamétrica TDi se obtienen mediante la función :

$$TDi = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n tij$$

t_{ij} Se deriva de la relación de los diámetros normales de árboles vecinos sustraída de 1:

$$t_{ij} = \frac{d(\text{menor})}{d(\text{mayor})} - 1$$

el valor medio de la diferenciación diamétrica se obtiene mediante:

$$\overline{TD} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{ij}$$

N=número de árboles del rodal

Un valor de ***TD_i*** - 0 significa que ambos árboles tienen el mismo diámetro normal. Conforme la diferencia de los diámetros incrementa crece también el valor de ***TD_i***.

3.4.14. índice de Diferenciación en Altura ***TH***

Este índice se obtiene en forma análoga al anterior y se define por la función:

$$m = \sum_{j=1}^N Y_{jth} I_j;$$

h(menor)

h(mayor)

el valor de la diferenciación en altura se obtiene mediante:

$$TH = \frac{\sum_{i=1}^N Z_{ihij}}{N}$$

N=número de árboles del rodal

Para caracterizar los índices de diferenciación dimensional TD y TH , los valores obtenidos se distribuyeron en 10 clases de diferenciación (Földner, 1995), ($0 < \text{clase 1} < 0.1$, $0.1 < \text{clase 2} < 0.2$, $0.2 < \text{clase 3} < 0.4$... $0.9 < \text{clase 10}$).

Cuadro 2: Valores de TD y TH en grupos

Valor de TD y/o TH	Diferenciación
0.0 — 0.2	Escasa
0.2 — 0.4	Moderada
0.4 — 0.6	Media
0.6 ~ 0.8	Alta
0.8 — 1.0	Mayor

3.4.2.5. Cálculo de volumen

Para la estimación del volumen se emplearon modelos generados por Jiménez (1995) los cuales aplicaron a cada individuo de los rodales sumando el total del volumen de árboles para obtener el volumen por hectárea.

$$V = \sum a_i * (a.b. * h * f)$$

$$i = 0.980931$$

$$a = 0.7854 * (d/100)^2$$

$$\{ = 0.49245 + 56.32359 * (1/cfh) - 11.51448 * (l/?h) + 1.34783 * (1/d) \}$$

Donde :

V = volumen m^3

$a.b.$ = área basal

i = diámetro normal

f = coeficiente morfo

3.4.16. Tratamientos silvícolas

3.4.2.6.I. Aclareo selectivo

Este aclareo selectivo o libre es una corta intermedia, cuya meta principal es la de formación de rodales, para lo cual se simuló la remoción de los árboles de todas las categorías diamétricas para favorecer árboles selectos en base a una integración de criterios como las clases de vigor, la forma, distribución espacial, etc. Esta dirigida a mantener la diversidad estructural del rodal y mejorar la calidad y el buen vigor del arbolado. Siendo importante que durante la corta se seleccionen los árboles del futuro y se eliminen los competidores más fuertes.

3.4.2.6.I.2. Aclareo por lo bajo

La aplicación del tratamiento del aclareo por lo bajo consistió en la simulación de la remoción de árboles que pertenecen a las clases de copa baja conformado por los individuos de clases diamétrica menores de 30 cm con el objeto de liberar a los árboles dominantes, esto a través de la eliminación de individuos suprimidos y dominados con el objeto de homogeneizar la masa y que al final del turno solo permanezca un estrato en el rodal.

El aclareo por lo bajo comienza removiendo en diferentes etapas todos los individuos de las clases muertos, suprimidos, intermedios y codominantes así como también algunos de la clase dominante, sucesivamente hasta desaparecer los árboles dominados. Quedan árboles con copas bien formadas y buenos fustes en distribución regular, que tienen suficiente espacio para un buen desarrollo. Hacia el fin del turno sólo queda un piso, el de los árboles dominantes.

3.4.2.6.13. Aclareo por k> alto

La aplicación del tratamiento de aclareo por lo alto consistió en la simulación de la remoción de árboles de las clases diamétricas mayores a 60 cm las cuales representan a los árboles de las clases de copa altas y medias especialmente de las clases dominantes, las cuales corresponden a los árboles maduros y sobremaduros así como árboles de mala calidad de las clases codominantes y dominantes con el fin de promover el crecimiento de arbole élite con alta probabilidad de alcanzar el fin del turno.

En el aclareo por lo alto se extraen los árboles de clase de copas altas y medias, especialmente entre las clases codominantes, en tanto que la mayoría de los árboles suprimidos permanecen junto con la mayoría de los dominantes. Se dejan árboles suprimidos e intermedios para que formen un segundo piso con el fin de evitar el desarrollo de vegetación del suelo y para evitar el desarrollo de ramas epicórmicas de los árboles superiores. La corta de árboles dominantes deja penetrar suficiente luz al suelo, lo que puede causar descomposición acelerada o pérdida de nutrientes. Eso impide un segundo

(Resultados y discusión.

U Atributos dasométricos de los rodales

tu el cuadro 1 se muestran los valores de los parámetros dasométricos de los rodales antes
¡después de la aplicación de los tratamientos silvícolas considerados en este estudio.

Cuadro 3: Atributos dasométricos del Rodal 1 de un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la
Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Rodal 1	Diámetro	Desv.	Altura	Desv.	No. de	Area basal	Volumen
	promedio	estándar	promedio	estándar	árboles /ha	m²/ha.	m³/ha.
	(di.3)	d.,3	(H)	H	(N)	(G)	(V)
Sin tratamiento	35.47	16.057	14.12	5.107	230	27.367	237.877
Aclareo selectivo	34.88	15.776	13.88	5.110	178	20.470	175.117
	46.83	12.015	17.37	3.587	129	23.674	216.769
	32.14	12.848	13.55	4.97	208	19.561	161.178

Iro 4: Atributos dasométricos del rodal R2 de un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la
Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Rodal 2	Diámetro	Desv.	Altura	Desv.	No. de	Area basal	Volumen
	promedio	estándar	Promedio	estándar	árboles /ha	m²/ha.	m³/ha.
	(du)	di.3	(H)	H	(N)	(G)	(V)
Sin tratamiento	39.28	11.665	14.79	2.834	198	26.097	207.129
Aclareo selectivo	40.72	10.857	15.01	2.676	TÍO	20.913	167.143
	43.92	7.122	15.61	1.706	T59~	24.723	197.817
Aclareo por lo alto	38.82	11.343	14.76	2.853	194~	24.9178	197.5076

4.1.1.Estructura diamétrica

La estructura del arbolado para el rodal multicohortal 1 en su condición sin tratamiento presenta un asimetría marcada en la distribución de categorías diamétricas, mismas que ocurren entre 15 a 80 cm, observándose un promedio de diámetro de 35.5 cm y 14.1 m de Éura. El rodal está compuesto por 230 árboles con un área basal de 27.4 m²/ha y un volumen de 237.9 m³/ha. Como resultado de la aplicación de un tratamiento de aclareo selectivo la distribución de las categorías diamétricas mantiene una asimetría (Figura 8), presentándose de los 15 a los 80 cm; los promedios fueron en diámetro 34.9 cm, en altura 13.9 m, mientras que el número de árboles resultante fue de 178 con un área basal de 20.5 m²/ha y un volumen de 175.1 m³/ha. La tendencia posterior al tratamiento es, por lo tanto, mantener la estructura de la masa, permaneciendo la totalidad de categorías diamétricas, existentes antes de la aplicación del aclareo.

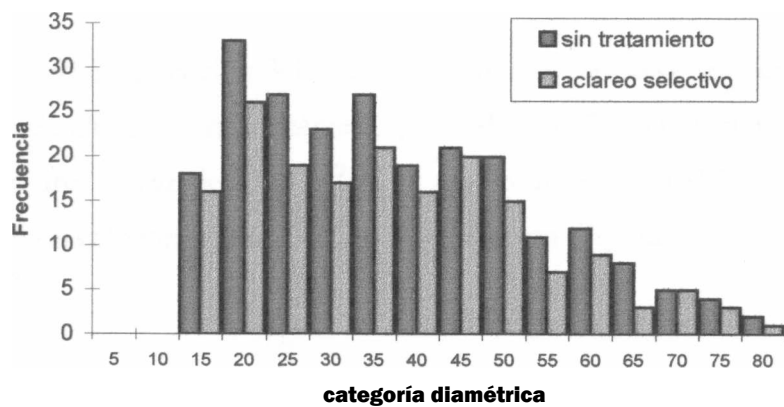


Figura 8: Distribución diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

Posterior a la aplicación de un aclareo por lo bajo, el Rodal 1 presenta una tendencia a la regularización de la masa (Figura 9) observándose categorías diamétricas desde los 35 cm hasta 80 cm; un promedio en diámetro de 46.8 cm. y una altura de 17.4 m con 129 árboles, un área basal de 23.7 m²/ha y un volumen de 216.8 m³/ha.

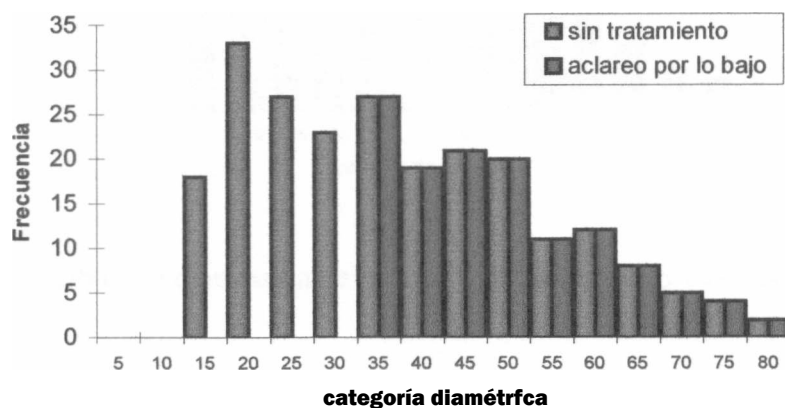


Figura 9: Distribución diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo

Como resultado de la aplicación del aclareo por lo alto, la masa mantiene una asimetría en la distribución diamétrica con un diámetro promedio de 32.1 cm una altura de 13.6 m, 208 árboles/ha, un área basal de 19.6 m²/ha y un volumen de 161.2 m³/ha. Se observa la eliminación de las categorías diamétricas de 65 a 80 cm (Figura 10)

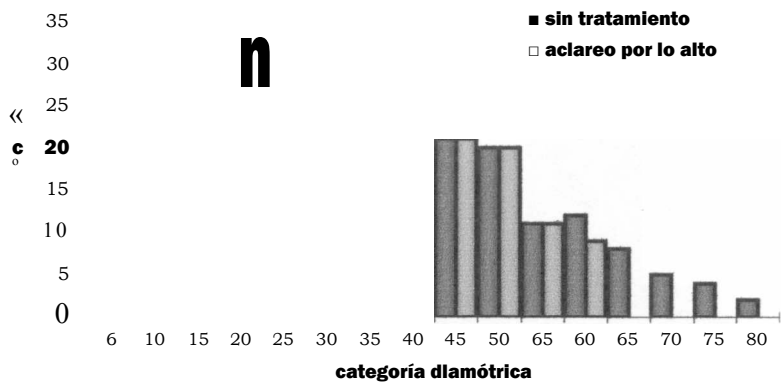


Figura 10: Distribución diámetro del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

En el rodal multicohortal 2 se presenta una condición original tendiente a una simetría de la distribución de las categorías diámetro, las cuales ocurren de los 10 a los 70 cm (Figura 111) Se observa un promedio de 39.3 cm. de diámetro y 14.8 de altura; es un rodal compuesto por 198 árboles con un área basal de 26.1 m²/ha y un volumen de 207.1 m³/ha. Como resultado de la aplicación de un aclareo selectivo, la distribución de las categorías diámetro mantienen una simetría semejante a la condición original con una distribución de clases de 10 a 70 cm. un diámetro promedio de 40.7 y altura promedio de 15.0 m con 1150 árboles/ha, un área basal de 20.9 m²/ha y un volumen 167.1 m³/ha.



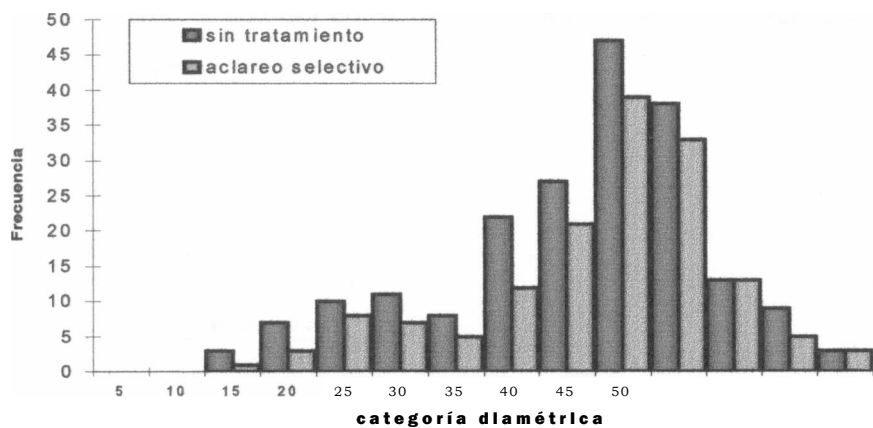


Figura 11: Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

posterior a la aplicación de un aclareo por lo bajo la tendencia de la distribución diamétrica le su homogeneización, presentándose una distribución que va de los 35 a los 70 cm; esto les, se eliminan las clases de 15 a 30 cm (Figura 12) con un promedio en diámetro de 43.9 cm. y 15.6 m en altura, 159 árboles/ha, un área basal de 24.7 m²/ha y un volumen de 197.8 pía.

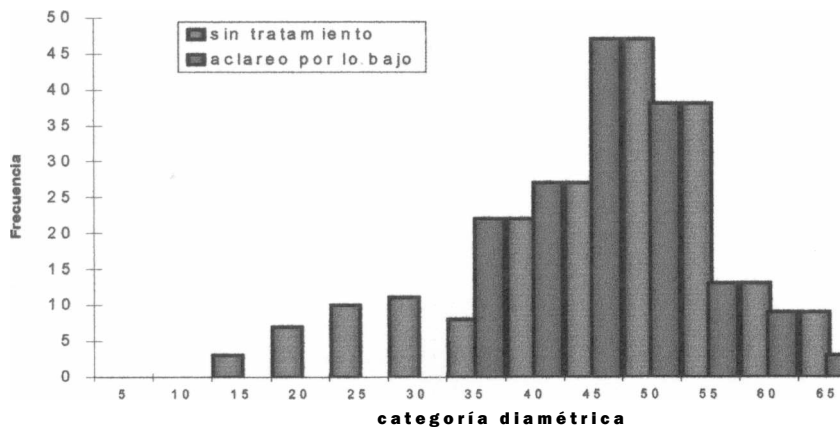


Figura 12: Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

Respecto a la condición de la masa posterior a la aplicación del tratamiento de aclareo por lo alto, la distribución de categorías diamétricas es similar a la condición original (Figura 13, eliminándose sólo las categorías diamétricas de 65 y 70 cm. Se observa un diámetro promedio de 38.9 cm., una altura promedio de 14.8 m, 194 árboles/ha, con un área basal de 34.9 m²/ha y un volumen de 197.5 m³/ha.

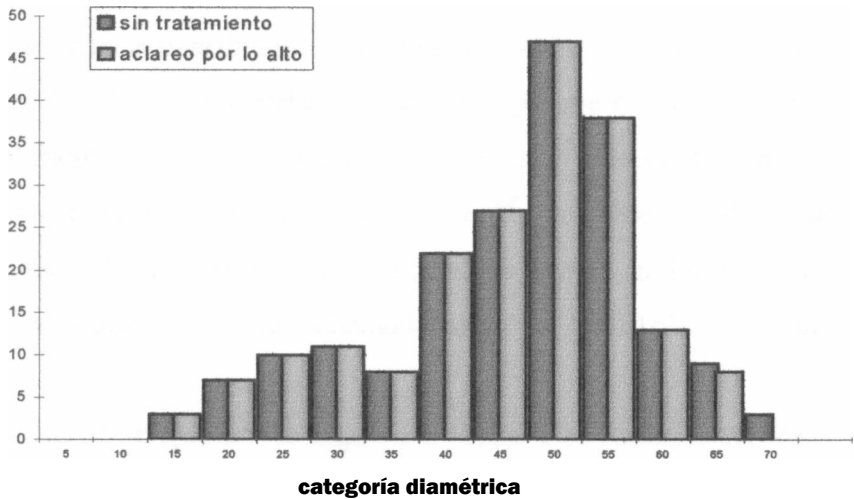


Figura 13: Distribución diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

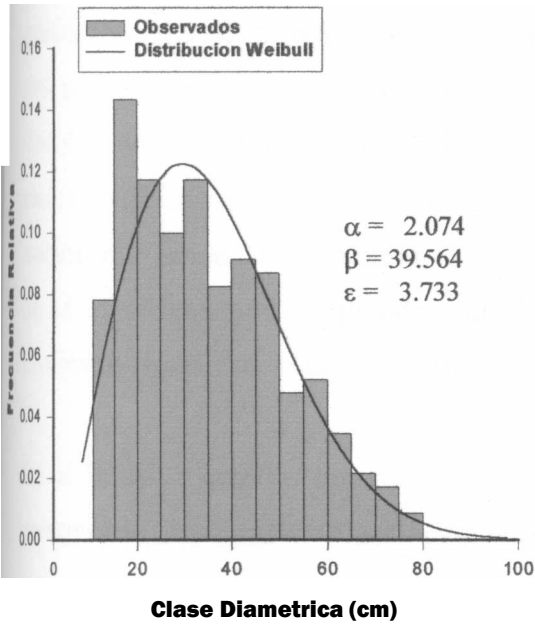
4.1.2. La función Weibull.

La distribución de las categorías diamétricas observadas en el Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo se comportan de manera semejante, presentando una asimetría de tal manera que la curva se alarga ligeramente hacia la derecha; se mantuvo la diversidad de las categorías posterior a la aplicación del aclareo, de igual manera los diámetros promedio y las desviaciones estándar fueron similares entre el rodal 1 sin tratamiento y el aclareo selectivo, así mismo, la distribución probabilística Weibull se ajustó adecuadamente en los dos casos para las clases diamétricas observadas, ya que el valor observado de X^2 para el rodal sin tratamiento es de 20.86 mientras que el de X^2 observada para el aclareo selectivo es de 19.87, comparado con el valor tabular de X^2 de 28.86 y 34.80 para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01 respectivamente, se acepta la hipótesis nula, es decir las frecuencias observadas se modelan adecuadamente por la distribución Weibull.

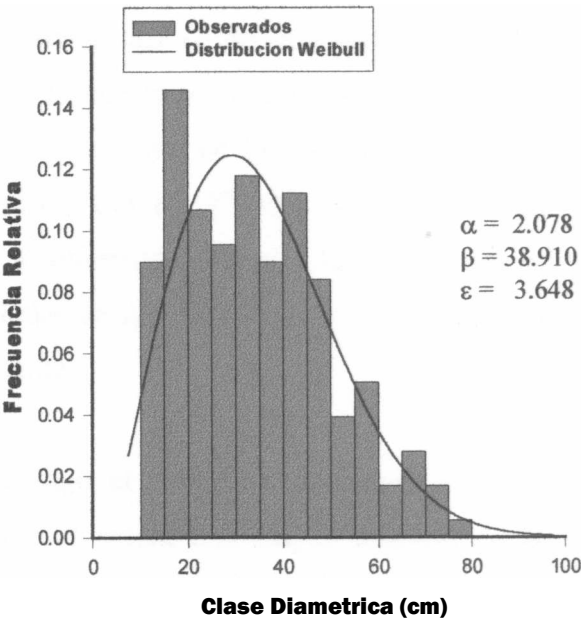
En el tratamiento de aclareo por lo bajo en el Rodal 1 se presenta una dispersión menor de las categorías diamétricas, lo cual manifiesta una tendencia a la regularización del rodal debido a la remoción de los diámetros pequeños. La función de la probabilidad Weibull se ajusta adecuadamente, ya que el valor de X^2 observado para el aclareo por lo bajo es de 19.87 el cual comparado con el valor tabulado de x^2 de 28.86 y 34.80 para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01, respectivamente, demuestra que se acepta la hipótesis nula.

Como resultado de la aplicación de un aclareo por lo alto en el Rodal 1, el diámetro promedio disminuyó respecto al diámetro promedio del rodal sin tratamiento, mientras que la desviación estándar también fue menor a la del Rodal 1 sin tratamiento; esto debido a que la dispersión de las categorías diamétricas varía de 15 a 60 cm, de tal manera que la curva se acorta en su extremo derecho al ser eliminados los individuos maduros o sobremaduros presentando el rodal una tendencia a la regularidad de la masa. La función de la probabilidad Weibull se ajusta adecuadamente ya que la prueba de X^2 muestra que el valor observado de X^2 es 30.28 mientras que el valor tabular es 34.80 para un nivel de significancia de 0.01.

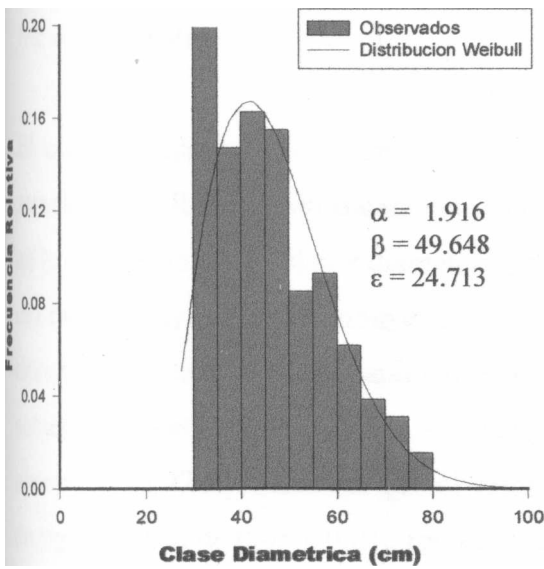
Rodal 1 : Sin tratamiento



Rodal 1 : Aclareo selectivo



Rodal 1 : Aclareo por lo bajo



Rodal 1 : Aclareo por lo alto

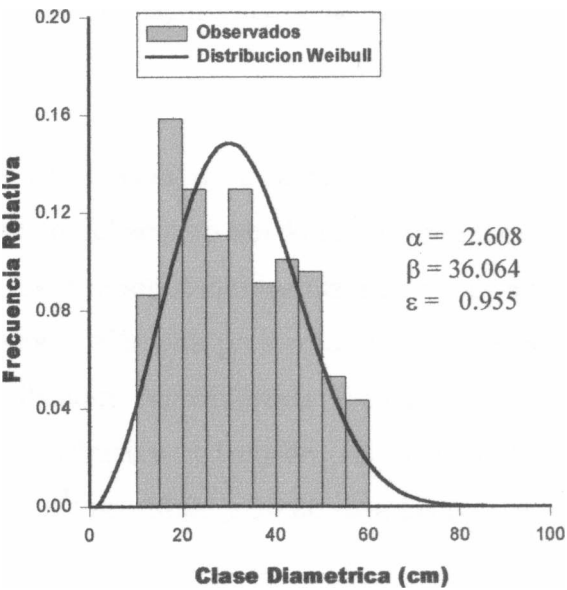


Figura 14: Histogramas de frecuencias diamétricas y ajuste de la distribución probabilística Weibull ajustadas por tratamiento silvícola para el Rodal 1

La distribución diamétrica en el Rodal 2 sin tratamiento presenta una ligera simetría, la cual se mantiene posterior al tratamiento de aclareo selectivo manteniéndose semejantes parámetros diámetro promedio y desviación estándar, así como la diversidad de las categorías diamétricas presentes en el Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo. La distribución probabilística Weibull se ajustó aceptablemente en los dos casos para las clases diamétricas obtenidas, ya que el valor observado de X^2 para el Rodal 2 sin tratamiento es de 21.50 mientras que el valor de X^2 observada para el aclareo selectivo es de 21.93 mismo que comparado con el valor tabular de X^2 de 28.86 y 34.80 para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01 respectivamente.

En el Rodal 2 con tratamiento de aclareo por lo bajo el diámetro promedio aumentó presentando una menor desviación estándar, lo cual indica una mayor tendencia a la regularidad de la masa que la condición sin tratamiento; de tal manera que la curva en su extremo derecho se comienza a alargar ligeramente mientras que en el extremo de la izquierda se acorta por efecto del aclareo por lo bajo. La distribución de la probabilidad Weibull para el aclareo por lo bajo se ajusta adecuadamente debido a que los resultados de la prueba X^2 muestran que el valor de X^2 observada es 9.88 que comparado con el valor tabular de X^2 de 28.86 y 34.80 para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01 respectivamente.

El comportamiento que presenta el Rodal 2 con tratamiento de aclareo por lo alto es semejante al Rodal 2 sin tratamiento, ya que el efecto del aclareo por lo alto no se refleja en la dispersión de las clases diamétricas dado que los individuos eliminados mayores de 60 cm fueron muy pocos disminuyendo solo ligeramente el diámetro promedio al igual que la desviación estándar. Los parámetros de la distribución probabilística Weibull fueron semejantes, siendo por lo tanto el ajuste de esta distribución adecuado; El valor de X^2 observada es 22.34 mientras que el valor tabular de x^2 de 28.86 y 34.80 para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01, respectivamente.

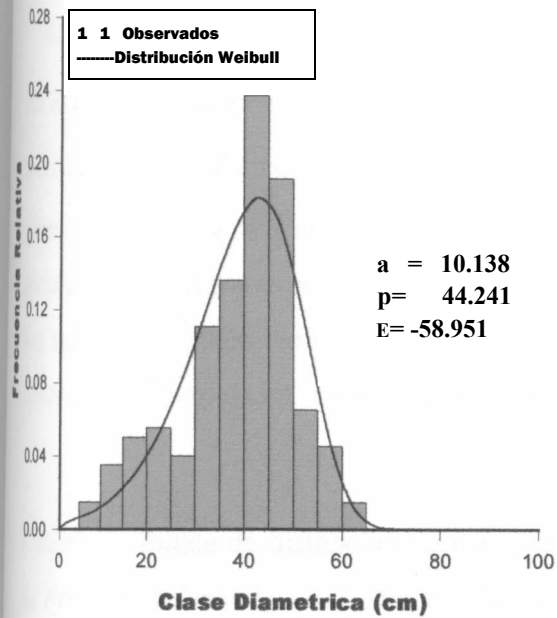
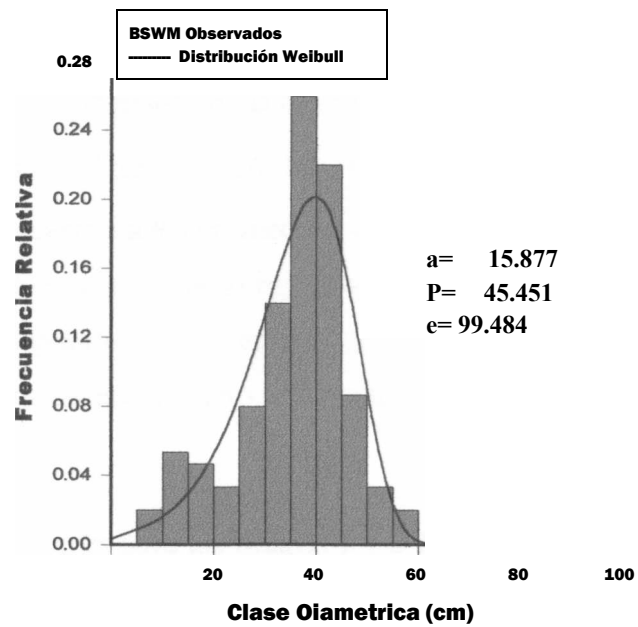
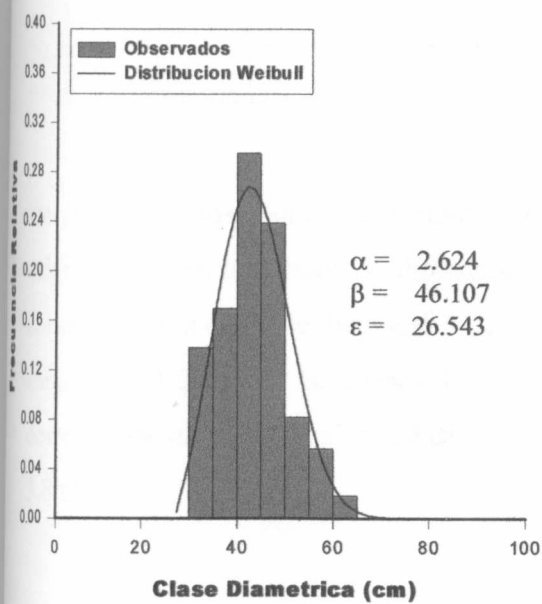
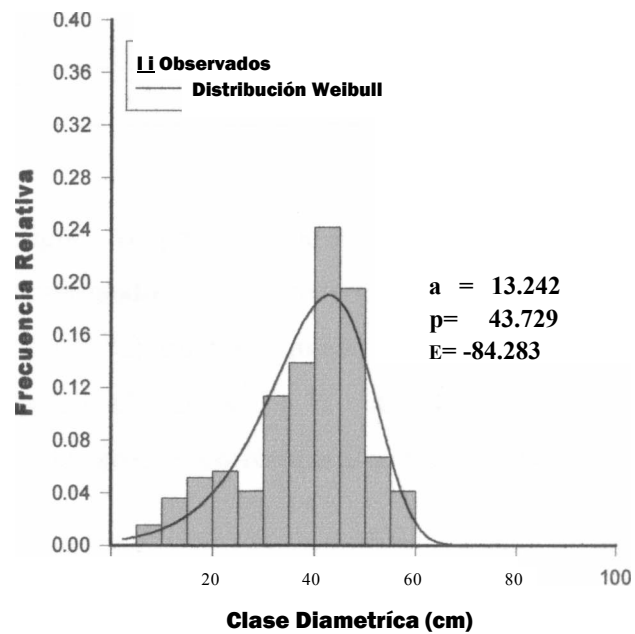
Rodal 2 : Sin tratamiento**Rodal 2 : Aclareo selectivo****Rodal 2 : Aclareo por lo Bajo****Rodal 2 : Aclareo por lo alto**

Figura 15: Histogramas de frecuencias diamétricas y ajuste de la distribución probabilística Weibull ajustadas por tratamiento silvícola para el Rodal 2

4.2. Análisis estructural

4.2.1 Estructura horizontal

4.2.1.1. índice de distancias

En el cuadro 5 se muestran los resultados promedio obtenidos de la aplicación del índice de distancias (D), el cual se presenta por clases en las figuras 15, 16, 17, 18, 19 y 20 para los diferentes tratamientos silvícolas aplicados. De acuerdo a los promedios obtenidos para los rodales 1 y 2 sin tratamiento, con aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, los valores permiten realizar una evaluación comparativa de los efectos de la aplicación de tratamiento silvícola en la estructura horizontal de las áreas objeto de estudio.

Cuadro 5: índice de distancias promedio entre árboles para los rodales 1 y 2 de un bosque de *Pinuspseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Rodal	Tratamiento silvícola			
	Sin tratamiento	Aclareo selectivo	Aclareo por lo bajo	Aclareo por lo alto
1	3.8	4.6	5.0	4.1
2	3.4	4.5	4.2	3.5

De acuerdo a los valores del cuadro 5 y la figura 16 para el Rodal 1 en su condición original ocurren las clases de distancia 1 a 8 observándose que la mayoría del arbolado se concentra en la clase de distancia 3 (28 %) y 2 (20 %), mientras que en las clases 5 y 6 se encuentra el 25 % y las clases 1 y 4 corresponde el 25 %. En la clase 8 únicamente corresponde el 2 %, el índice de distancias entre los árboles corresponde a un promedio de 3.8 m.

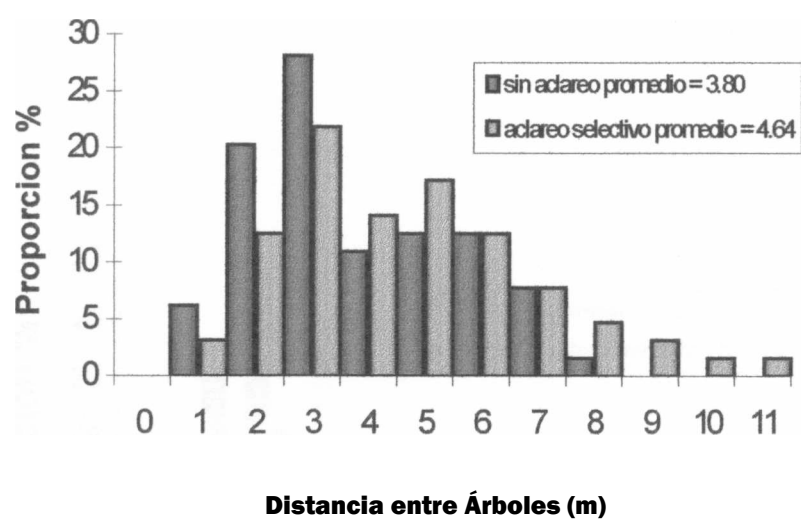


Figura 16: índice de distancias entre árboles del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

Como resultado de la aplicación de un aclareo selectivo el índice de distancias entre los árboles ocurre en las clases 1 a 11 m. Observándose que a la clase 3 corresponde un 22 % de los casos, a la clase 5 un 17 %, la 4 14%, mientras que las clases 1,2,6,7,8,9,10 y 11 se ubica el 47 %, teniendo un índice de distancia entre árboles promedio de 4.64 m

Del análisis comparativo entre la condición original sin tratamiento y posterior a aclareo selectivo a través de un análisis de varianza y prueba de Tukey, el índice de distancias promedio es mayor para el aclareo selectivo y los valores se distribuyen en un mayor número de clases; sin embargo se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$).

Posterior a la aplicación del tratamiento de aclareo por lo bajo se presentan las clases de distancia entre árboles la 8, 10, 14 y 15 m destacando que a la clases de edad 3

corresponde un 17 %, las clases 2, 5, 6, 7 y 4 representan el 67 %, mientras que las clases 8,1,10,14 y 15 representan tan sólo el 17 % de los pares de árboles, no encontrándose las clases 9, 11, 12 y 13. El índice de distancias promedio entre árboles igual a 5.0 m.

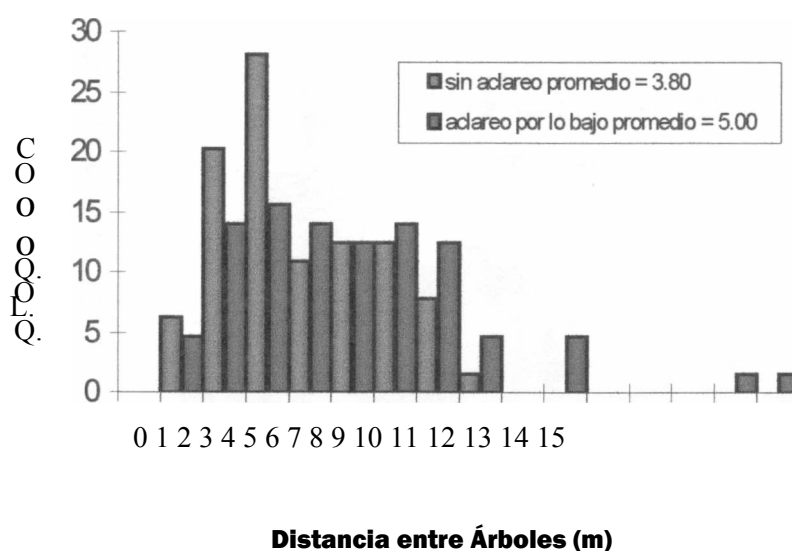


Figura 17: No. índice de distancias entre árboles del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

El índice promedio resultante de la aplicación del tratamiento de aclareo por lo bajo aumentó debido a que se amplió el número de clases de distancia por un mayor espaciamiento de los árboles, estadísticamente se presentan diferencias significativas entre índice de distancias para el Rodal 1 sin tratamiento y el aclareo por lo bajo ($p = 0.05$).

De la aplicación del tratamiento de aclareo por lo alto se tienen como resultado las clases de distancia de la 1 a la 10, observándose que las clases 2 y 3 representan el 42 %, mientras que las clases 4, 5 y 6 el 39 % y las clases 1, 7, 8, 9 y 10 el 19 %. Con un índice de distancias promedio de 4.1 m.

Del análisis comparativo entre la condición original y posterior al aclareo por lo alto, el índice de distancias fue mayor en el tratamiento de aclareo por lo alto, aunque estadísticamente no se observan diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$).

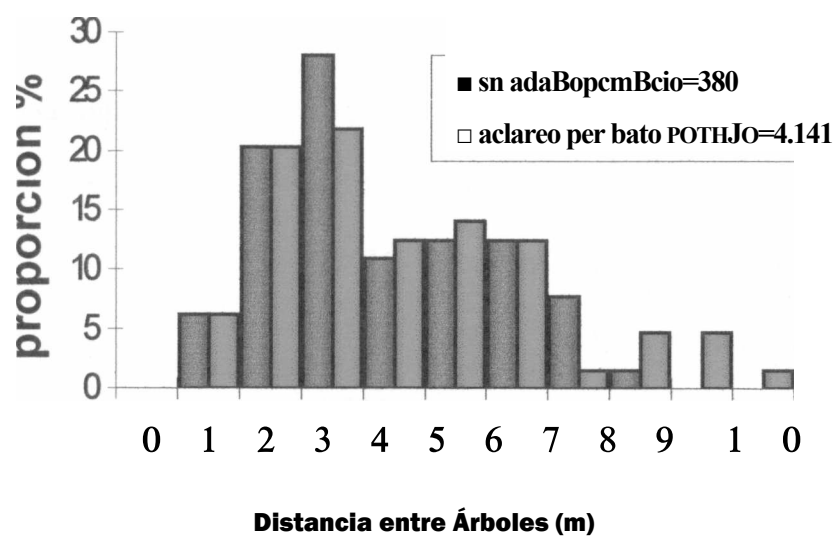


Figura 18: No. índice de distancias entre árboles del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 6: Análisis de Varianza del índice de distancias para el Rodal 1, donde los niveles de la fuente de variación fueron: condición original, aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	47.94002930	15.98000977	3.05	0.0293
Error	252	1320.76652344	5.24113700		
Corrected Total	255	1368.70655273			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.03 5 0 26	57.73278	2.28935296	3.96542969	0.05	1.0467

Cuadro 7: Prueba de comparación de los valores para el índice de distancias del Rodal 1, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinuspseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND			
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 5.241137			
Critical Valué of Studentized Range= 3.658			
Minimum Significant Difference= 1.0467			
Means with the same letter are not significantly different.			
Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	4.5297	64	(3) aclareo por lo ba
A			
B A	4.2016	64	(2) aclareo selectivo
B A			
B A	3.7305	64	(4) aclareo por lo alt
B			
B	3.4000	64	(1) sin tratamiento

Los valores correspondientes al Rodal 2 en su condición original se observan en la Figura 18. Las clases de distancia presentes fueron 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9 no observándose las clases 7 y 8, la mayoría del arbolado se encuentra en las clases 2 y 3 con un 48 % de casos, mientras que en las clases 4 y 5 se encuentra el 33 % de las frecuencias y en las clases 1,6 y 9el 18 %. El índice de distancias entre los árboles se encuentra en promedio en 3.4 m.

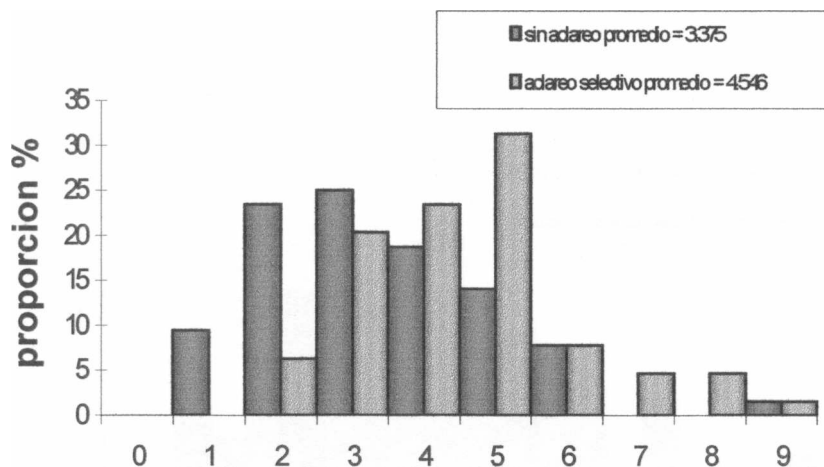


Figura 19: No. índice de distancias entre árboles del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

Posterior a la aplicación de un aclareo selectivo en el Rodal 2 el índice de distancias presenta en las clases de distancias 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9; concentrándose en su mayoría en la clase 5 con 31%, mientras que en la 3 y 4 se observa el 20 % y en el resto de las clases el 25 %. El índice de distancia entre árboles promedio es 4.5 m.

El resultado de la aplicación del tratamiento de aclareo selectivo es la redistribución de los valores de las clases de distancia al aumentar las distancias entre árboles, esto se refleja claramente en el índice de distancias promedio, presentándose estadísticamente diferencias significativas entre la condición del rodal sin tratamiento y posterior al aclareo selectivo.

Como resultado de la aplicación de un aclareo por lo bajo se observa que el índice de distancias entre árboles se presentan las clases 1 - 9 m, teniendo en la clase 4 el mayor número de observaciones (24 %), mientras que en las clases 2, 3, 5 y 6 se observa el 19 % y en las clases 1, 7, 8 y 9 el 17 % restante.

El índice de distancias promedio posterior al tratamiento es de 4.2 m observándose que las diferencias entre el Rodal 2 sin tratamiento y el rodal posterior al aclareo por lo bajo son significativas ($p = 0.05$).

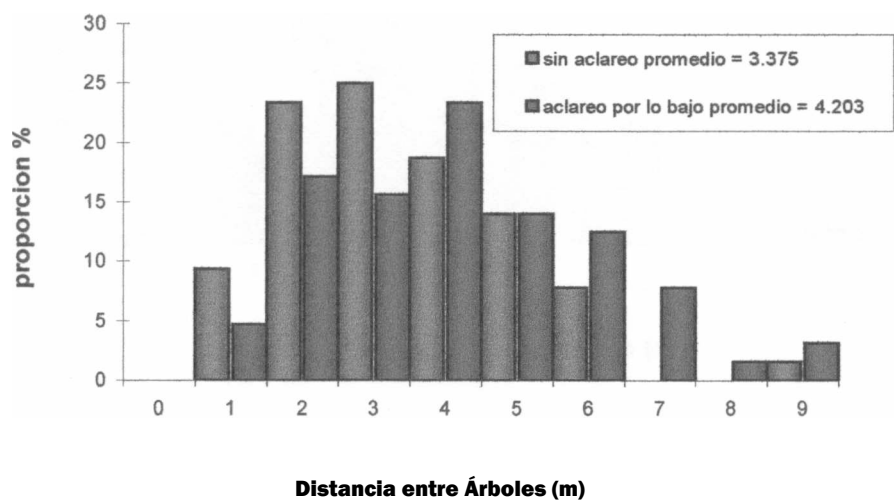
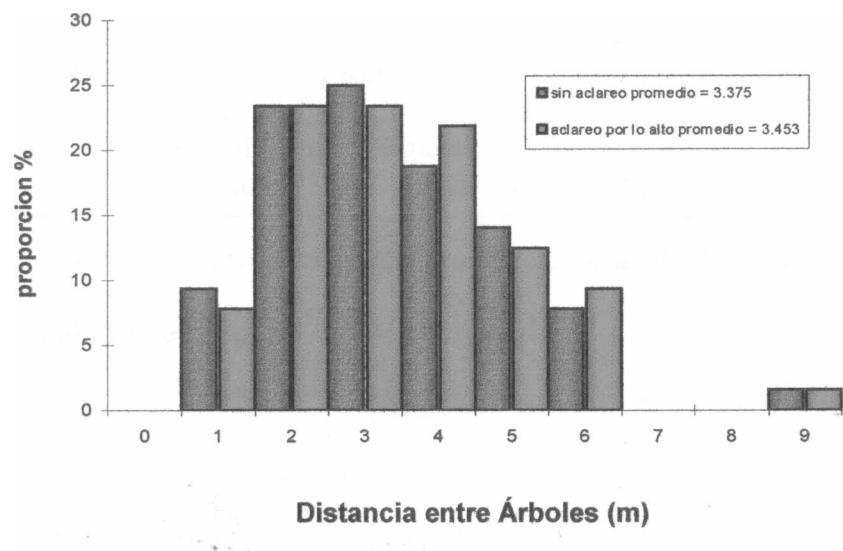


Figura 20: índice de distancias entre árboles del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

De la aplicación de un tratamiento de aclareo por lo alto se observan las clases de distancias 1,2,3, 4, 5, 6 y 9; teniendo que las clases de mayor frecuencia son la 2 con 23 % al igual que la 3 con 23 %, en tanto la clase 4 tiene 22%, la 5 el 13 %, y las clases 1, 6 y 9 en conjunto representan un 19 %. El índice de distancias promedio corresponde a 3.5 m.

Del análisis comparativo entre la condición original y posterior al aclareo por lo alto estadísticamente no existen diferencias significativas, observándose los índice promedio son semejantes, al igual los índices de distancias por clases son muy similares entre tratamientos.



I Figura 21: índice de distancias entre arboles del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

I Cuadro 8: Análisis de Varianza del índice de distancias para el Rodal 2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr >F
Model	3	65.61101563	21.87033854	8.04	0.0001
Error	252	685.54335937	2.72041016		
Corrected Total	255	751.15437500			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.087347	47.78609	1.64936659	3.45156250	0.05	0.7541

Cuadro 9 : Prueba de comparación de los valores para el índice de distancias del Rodal 2, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 2.72041
Critical Value of Studentized Range= 3.658
Minimum Significant Difference= 0.7541

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	4.1031	64	(2) aclareo selectivo
A			
A	3.7875	64	(3) aclareo por lo ba
B	2.9680	64	(4) aclareo por lo all
B			
B	2.9477	64	(1) sin tratamiento

4.2.I.2. índice de ángulos

En el cuadro 10 se muestran los valores promedio de el índice de ángulos Wi para los rodales 1 y 2 antes y después de la aplicación de los tratamientos silvícolas. Los valores del indice promedio en el Rodal 1 varían de 0.664 a 0.695, mientras que para el Rodal 2 son de 0.625 a 0.668

Cuadro 10: índice de Ángulos para los Rodales 1 y 2 de un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

RODAL	TRATAMIENTO SILVÍCOLA			
	SIN TRATAMIENTO	ACLAREO POR SELECTIVO	ACLAREO POR LO BAJO	ACLAREO LO ALTO
1	0.695	0.664	0.680	0.676
2	0.668	0.640	0.625	0.656

Los resultados obtenidos para el Rodal 1 sin tratamiento (Figura 22) muestran que el 34 % de los valores de Wi corresponden a un índice de 0.75, el 30 % presentan un índice de 0.5, el 27 % se localizan en el índice 1.0, mientras que el 9 % corresponden a 0.25. El índice promedio del rodal sin tratamiento corresponde a $W = 0.695$ lo cual representa que existe una distribución de los árboles con tendencia al agrupamiento.

El efecto de la aplicación del aclareo selectivo se muestra así mismo en la figura 22. En esta se observa que las frecuencias de los sitios con índices de ángulos 0.5 y 0.75 incrementan luego del aclareo selectivo, pasando de 30 % a 40 % y de 34 % a 39 %, respectivamente. Lo anterior ocasiona que la media pase de 0.70 a 0.66, esto es; la distribución de los árboles tiene una menor tendencia al agrupamiento luego de la aplicación del aclareo. En el índice 1 se presenta una disminución de la frecuencia del 27% al 16 %.

Del análisis comparativo entre la condición sin tratamiento y posterior a aclareo selectivo a través de un análisis de varianza y prueba de Tukey se observa sin embargo que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tratamientos($p=0.05$).

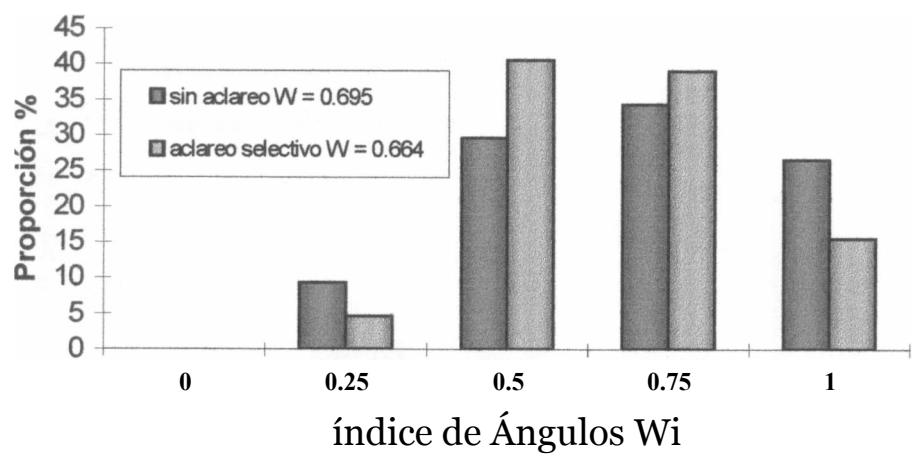
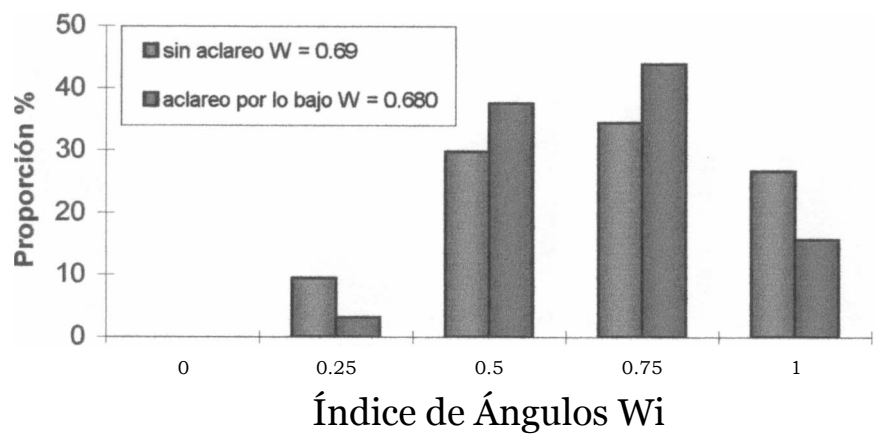


Figura 22: índice de Ángulos del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

En el rodal posterior a la aplicación del tratamiento de aclareo por lo bajo (Figura 23), el 44 % de los valores se ubican en el índice 0.75, el 37% de los valores tienen un índice de 0.50, el 16 % corresponden a 1.0 y sólo el 3% tiene un valor de 0.25, por lo que el índice promedio de ángulos pasó de 0.695 de la condición sin tratamiento a 0.680, lo cual indica una menor tendencia al agrupamiento posterior a la aplicación de un aclareo por lo bajo.

Respecto al análisis estadístico no se observan diferencias entre la condición del rodal sin tratamiento y posterior a la aplicación del aclareo por lo bajo ($p = 0.05$).



• • • •
Figura 23: Índice de Angulos del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

Los resultados obtenidos para el rodal 1 posterior al tratamiento de aclareo por lo alto muestran que el 41 % de los valores corresponden a un índice de 0.50, el 30 % presentan un índice de 0.75, el 23 % se localizan en 1.0, mientras que el 6 % corresponden a un índice de 0.25; el índice promedio del rodal sin tratamiento pasó de 0.695 a un índice de 0.676 posterior a la aplicación de un tratamiento de aclareo por lo alto, lo cual representa que existe una distribución con menor tendencia al agrupamiento de los árboles.

En comparación de la condición original y posterior al aclareo por lo alto estadísticamente no existen diferencias entre los tratamientos ($p = 0.05$).

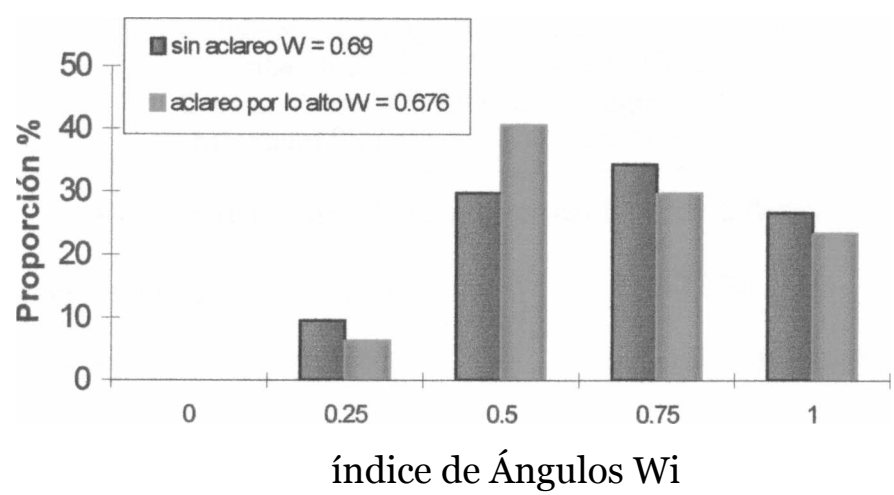


Figura 24: índice de Ángulos del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 11: Análisis de Varianza del índice de ángulos para el Rodal 1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	0.03198242	0.01066081	0.23	0.8744
Error	252	11.60449219	0.04604957		
Corrected Total	255	11.63647461			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.0027 48	31.61753	0.21459164	0.67871094	0.05	0.0981

Cuadro 12: Prueba de comparación de los valores para el índice de ángulos del rodal 1, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pimts pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND			
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 0.04605			
Critical Valué of Studentized Range= 3.658			
Minimum Significant Difference= 0.0981			
Means with the same letter are not significantly different.			
Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	0.69531	64	(1) sin tratamiento
A			
A	0.67969	64	(3) aclareo por lo ba
A			
A	0.67578	64	(4) aclareo por lo alt
A			
A	0.66406	64	(2) aclareo selectivo

De los resultados obtenidos para el Rodal 2, el efecto de la aplicación del aclareo selectivo con relación a la condición del rodal sin tratamiento se muestra gráficamente en la Figura 25. La frecuencia de los sitios con índice de ángulos de 0.5 se incrementa luego del aclareo selectivo, pasando de 33 % a 44 %, mientras que los sitios con índices de 0.25, 0.75 y 1 presentan una disminución posterior al aclareo selectivo, pasando de 6 % a 5 %, de 48 % a 42 % y de 13 % a 9 % respectivamente, ocasionando que el índice de ángulos promedio pase de 0.668 a 0.640 esto es, que la distribución de los arboles tiene una menor tendencia alagrupamiento luego de la aplicación del aclareo selectivo.

Estadísticamente no se presentan diferencias significativas entre la condición del rodal sin tratamiento y posterior a la aplicación del aclareo selectivo (p = 0.05).

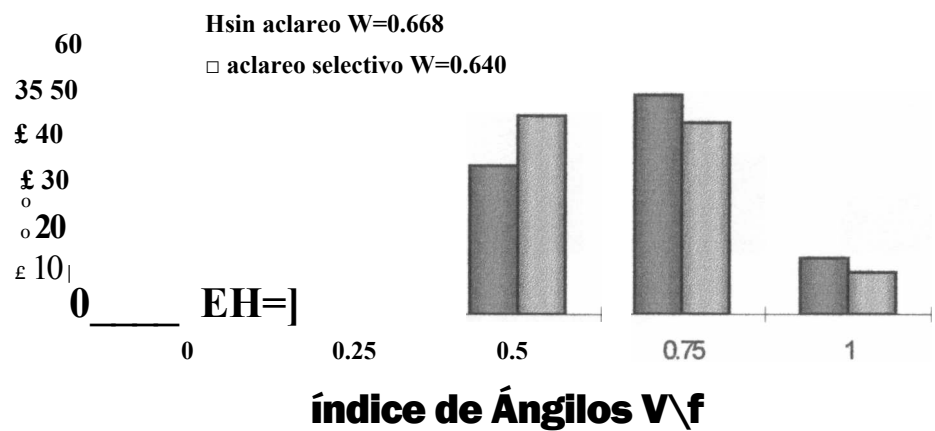


Figura 25: índice de Ángulos del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

En el Rodal 2 posterior a la aplicación del tratamiento de aclareo por lo bajo, se muestra gráficamente en la Figura 26, que la frecuencia de sitios con índice de ángulos 0.5 y 1 incrementó luego del aclareo por lo bajo, pasando de 33 % a 55 % y de 13 % a 17% respectivamente, mientras que los sitios con índice de 0.75 disminuyeron de 48 % a 22 %, y los sitios con índice 0.25 se mantuvieron con 6 %. Lo anterior ocasiona que el índice de ángulos promedio disminuyera del 0.668 para el rodal sin tratamiento al 0.625 del rodal posterior al aclareo por lo bajo, siendo esto que la distribución de los árboles tienen una tendencia menor al agrupamiento luego de la aplicación del aclareo por lo bajo.

Estadísticamente no existen diferencias significativas entre estos tratamientos, ($p = 0.05$).

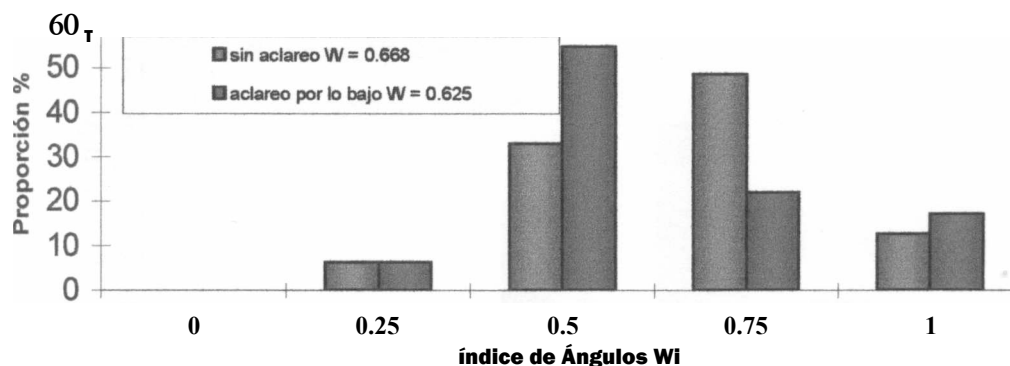


Figura 26: índice de Ángulos del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

Los resultados obtenidos luego de la aplicación del aclareo por lo alto se observan gráficamente en la Figura 27, que la frecuencia de los sitios con índices 0.25 y 0.5 se incrementa posterior al aclareo por lo alto, pasando del 6 % al 8 % y del 33 % al 34 %, respectivamente, mientras que los sitios con índice 0.75 disminuyen del 48 % al 45 %, en tanto que los sitios con índice 1 se mantienen igual en 13 %. Lo anterior ocasiona que el índice promedio pase del 0.668 al 0.656 luego de la aplicación del aclareo por lo alto, lo que representa que se mantiene prácticamente el patrón de distribución de los árboles. Esto es que la tendencia de los árboles al agolpamiento se conserva.

Respecto a la prueba de comparación de medias consecuentemente ésta no muestra diferencias estadísticamente significativas entre la condición sin tratamiento y posterior a su aplicación ($p = 0.05$).

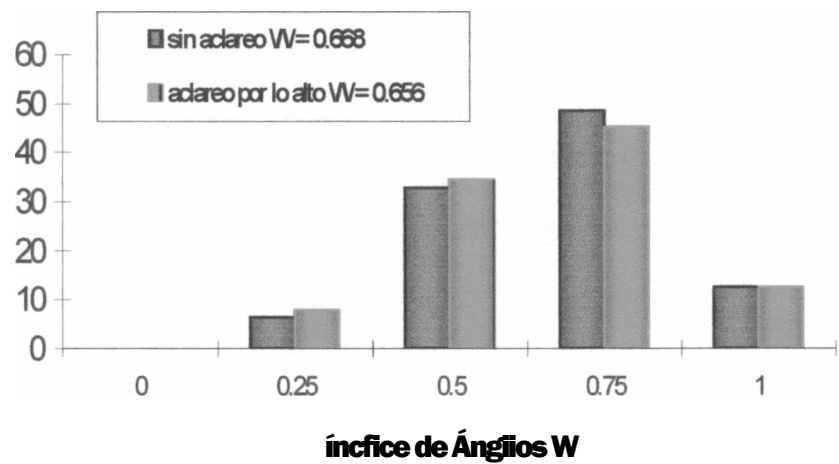


Figura 27: índice de Ángulos del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 13: Análisis de Varianza del índice de ángulos para el Rodal 2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	0.06713867	0.02237956	0.57	0.6366
Error	252	9.92871094	0.03939965		
Corrected Total	255	9.99584961			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.006717	30.65721	0.19849344	0.64746094	0.05	0.0907

Cuadro 14: Prueba de comparación de los valores para el índice de ángulos del Rodal 2, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 0.0394
Critical Value of Studentized Range= 3.658
Minimum Significant Difference= 0.0907

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	0.66797	64	(1) sin tratamiento
A			
A	0.65625	64	(4) aclareo por lo alt
A			
A	0.64063	64	(2) aclareo selectivo
A			
A	0.62500	64	(3) aclareo por lo ba

4.2.1.3. índice de Agregación

Los valores del índice de agregación R (Clark & Evans) para el Rodal 1 los cuales se muestran en el cuadro 15 para la condición sin tratamiento es de $R = 0.73$ el cual denota una tendencia al agrupamiento, posterior al tratamiento de aclareo selectivo se observa que $R = 0.70$ lo cual representa el efecto de una tendencia al agolpamiento y posterior al aclareo por lo bajo que es $R = 0.71$ y el aclareo por lo alto muestra un índice de $R = 0.71$ con una distribución de los árboles en grupos.

Cuadro 15: índice de agregación para Rodales de un bosque de *Pinuspseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

	Tratamiento	R observada	R esperada	R
Rodal 1	sin tratamiento	1.60	2.20	0.73
	Aclareo Selectivo	1.83	2.61	0.70
	Aclareo Por lo bajo	2.22	3.14	0.71
	Aclareo Por lo alto	1.71	2.14	0.79
	Sin tratamiento	1.64	2.17	0.75
Rodal 2	Aclareo Selectivo	1.93	2.70	0.72
	Aclareo Por lo bajo	1.76	2.50	0.71
	Aclareo Por lo alto	1.69	2.32	0.73

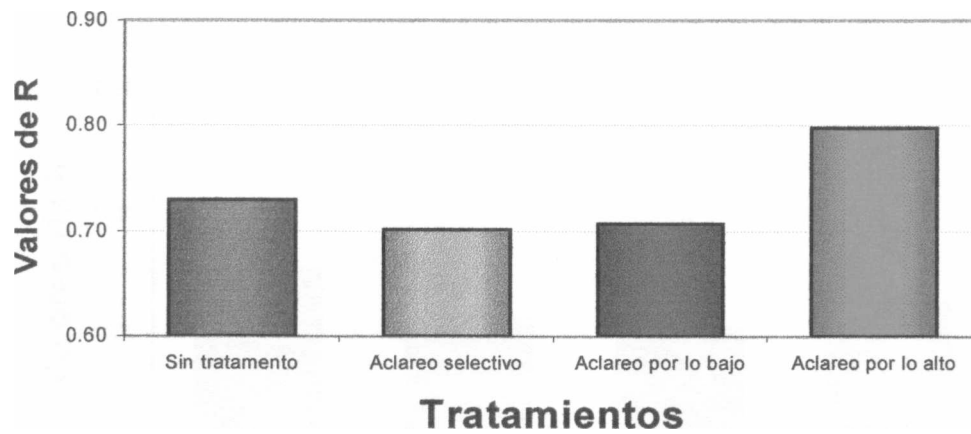


Figura 28: índice de agregación R para el rodal 1 de un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Los valores de el índice de agregación R (Clark & Evans) para el Rodal 2 en su condición original es de 0.75 lo que representa una distribución en grupos, posterior al tratamiento de aclareo selectivo se obtuvo un índice 0.72 manteniendo la misma tendencia, el tratamiento de aclareo por lo bajo mostró un índice de 0.71, mientras que el aclareo por lo alto presento un índice de 0.73 lo anterior representa que la distribución de los árboles presentan una tendencia al agrupamiento.

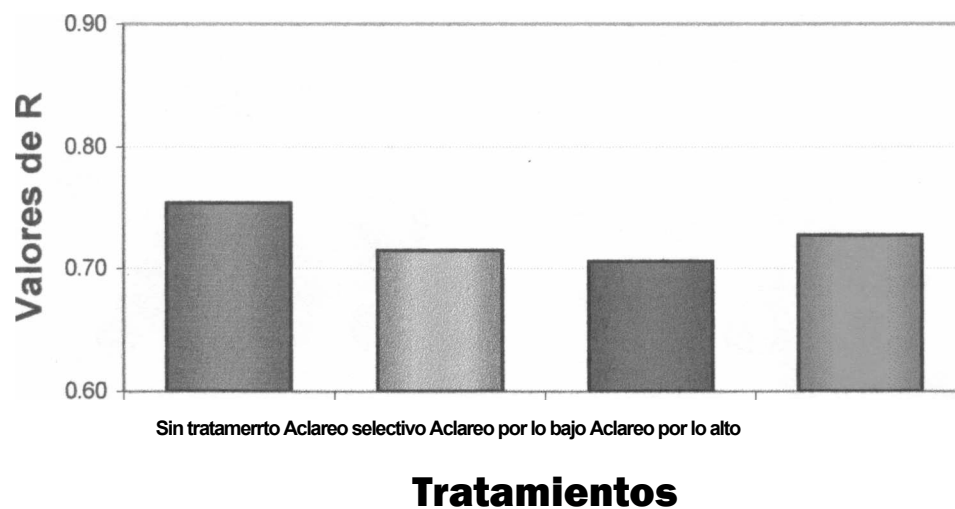
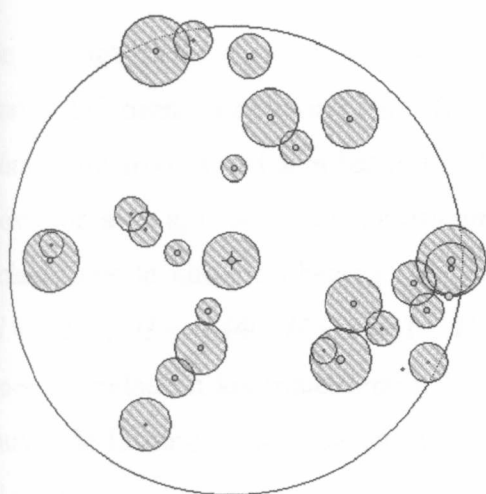
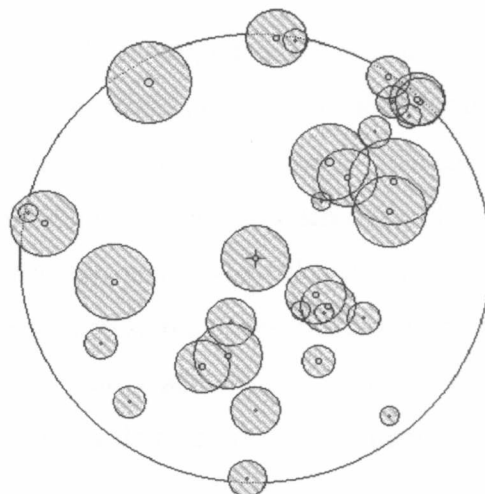


Figura 29: índice de agregación R para el Rodal 2 de un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

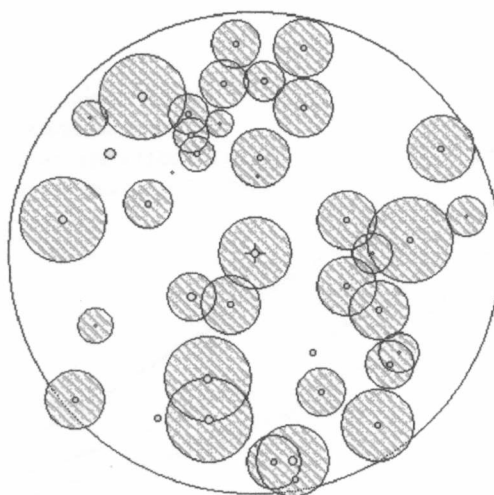
En la figura 30. se muestra el ejemplo de tres sitios de muestreo con diferente valor de índice de agregación R (Clark & Evans), en donde se observa que para R_1 existe una tendencia a la conformación de grupos, R_2 muestra condiciones de aleatoriedad, mientras que R_3 tiene una tendencias a la regularidad.



$$R_1 = 0.75$$



$$R_1 = 0.95$$



$$R_1 = 1.15$$

Figura 30: Índice de Agregación R para 3 sitios con diferente estructura espacial

4.2.2. Estructura Dimensional

4.2.2.1 Coeficiente de Homogeneidad (H)

En las figuras 31 y 32 se presentan los coeficientes de homogeneidad (H) así como las curvas de Lorenz correspondientes (Aguirre 1998) determinada de acuerdo al desarrollo del número de árboles y el área basal. En el Rodal 1 para la condición original sin tratamiento y posterior a la aplicación de los tratamientos de aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, se observa que los valores correspondientes a tales tratamientos son $H= 3.316$, $H= 3.440$, $H = 5.401$ y $H= 3.040$ respectivamente, presentándose una mayor homogeneidad en los tratamientos de aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, ya que las curvas de Lorenz se encuentran más cercanas a la recta de referencia en comparación con el resto.

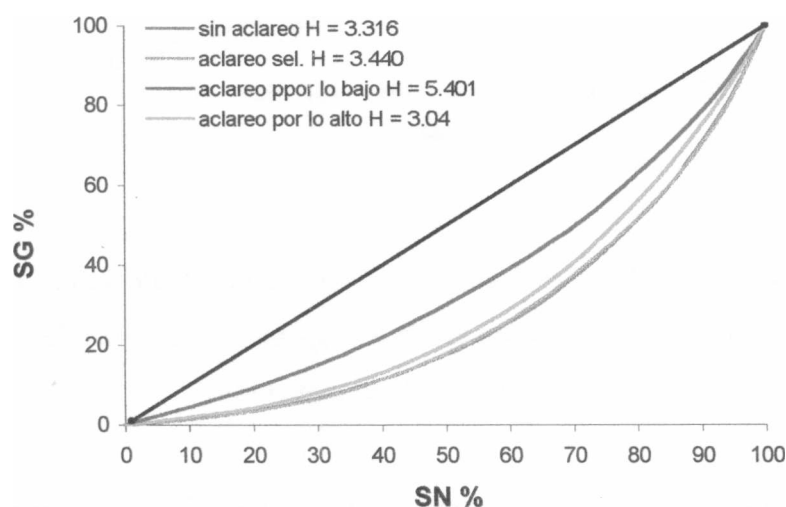


Figura 31: Coeficiente de homogeneidad H para área basal en el Rodal 1 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

En el Rodal 2 los valores del coeficiente de homogeneidad fueron para la condición original sin tratamiento $H = 3.740$, para el tratamiento selectivo $H = 4.159$, para el aclareo por lo bajo $H = 7.460$ y para el aclareo por lo alto $H = 4.024$, observándose una mayor homogeneidad en el tratamiento de aclareo por lo bajo, ya que la curva de Lorenz se encuentran más cercana a la recta de referencia en comparación con las demás curvas, y presenta el mayor valor de H .

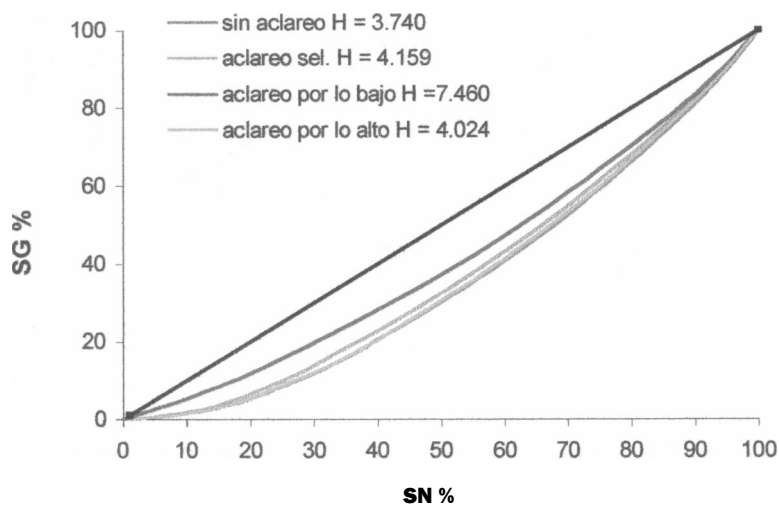


Figura 32: Coeficiente de homogeneidad H para área basal en el Rodal 2 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

De igual manera, en las figuras 33 y 34 se presentan los coeficientes de homogeneidad (H) así como las curvas de Lorenz correspondientes, determinada en base al comportamiento del número de árboles y el volumen. En el Rodal 1 para la condición original sin tratamiento y posterior a la aplicación de los tratamientos de aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, se observa que los valores correspondientes a los mencionados

tratamientos son 2.591, 2.650, 4.750 y 2.554 respectivamente, presentándose una mayor homogeneidad como consecuencia de la aplicación del aclareo por lo bajo. La curva se encuentran mas cercanas a la recta de referencia en comparación con el resto.

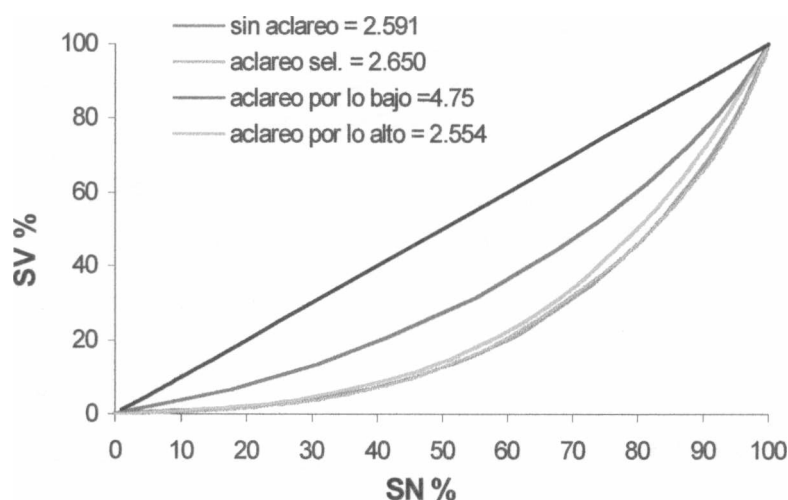


Figura 33: Coeficiente de homogeneidad H para volumen en el rodal 1 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinuspseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

En el Rodal 2 para la condición original sin tratamiento y posterior a la aplicación de los tratamientos de aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, se observa que los valores correspondientes a los mencionados tratamientos son $H = 3.524$, $H = 3.866$, $H = 7.020$ y $H = 3.787$ respectivamente, presentándose una mayor homogeneidad en el tratamiento de aclareo por lo bajo (7.020); La curva de Lorenz se encuentra más cercana a la recta de referencia.

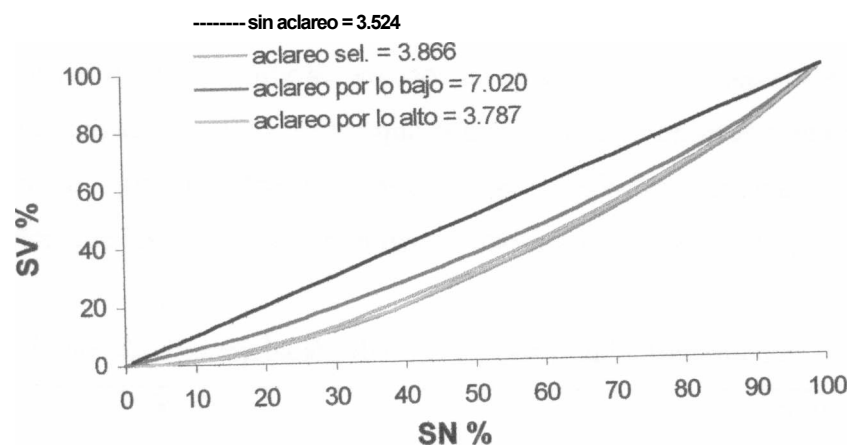


Figura 34: Coeficiente de homogeneidad //para volumen en el Rodal 2 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

12.2.2. Índice de Diferenciación Diamétrica *TD*.

Los valores de diferenciación diamétrica en diez clases (0.0; 0.1; 0.2; etc.) para los rodales antes de los aclareos y posterior al aclareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto respectivamente se muestran en el Cuadro 16, en donde *TD* = 0 significa que el diámetro normal de ambos árboles vecinos es igual; *TD* = 0.1 representa que el diámetro del árbol más delgado es 10 % menor que el más grueso y consecuentemente, los valores de 0.2 a 0.9 indican que los diámetros normales de los árboles menores son de 20 % a 90 % más pequeños que los de aquellos con mayor diámetro (Füldner, 1995).

Cuadro 16: índice de diferenciación diamétrica por rodal y tratamiento

Clase	Rodal 1				Rodal 2			
	Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo	
	tratamiento	selectivo	por lo bajo	por lo alto	tratamiento selectivo	Por lo bajo	por lo alto	
Proporción (%)								
0.0	0	0	8	3	5	5	5	5
0.10	27	24	22	31	17	23	33	19
0.20	16	14	23	19	16	19	27	17
0.30	12	17	23	8	16	19	28	15
0.40	5	6	8	11	11	6	6	9
0.50	11	11	11	8	9	11	1	11
0.60	5	8	5	5	15	7	0	14
0.70	9	9	0	9	6	6	0	5
0.80	15	11	0	6	5	2	0	5
0.90	0	0	0	0	0	2	0	0
TD	0.388	0.383	0.253	0.322	0.361	0.314	0.203	0.347

En el Rodal 1, la aplicación del aclareo selectivo no representa un cambio significativo en el promedio del índice de diferenciación diamétrica ($p = 0.05$). Los valores antes y después del aclareo selectivo (0.388 y 0.383) son prácticamente iguales

En la Figura 35, se observa que si bien existen variaciones en la frecuencia de las clases de diferenciación antes y después del aclareo, éstas se presentan en todas las clases consideradas, lo que resulta en los promedios similares antes mencionados. Lo anterior se explica por la consideración de intervenir la totalidad de las clases diamétricas durante el aclareo, por lo que la estructura de la masa permanece prácticamente igual. Estadísticamente no se presentan diferencias significativas ($p = 0.05$).

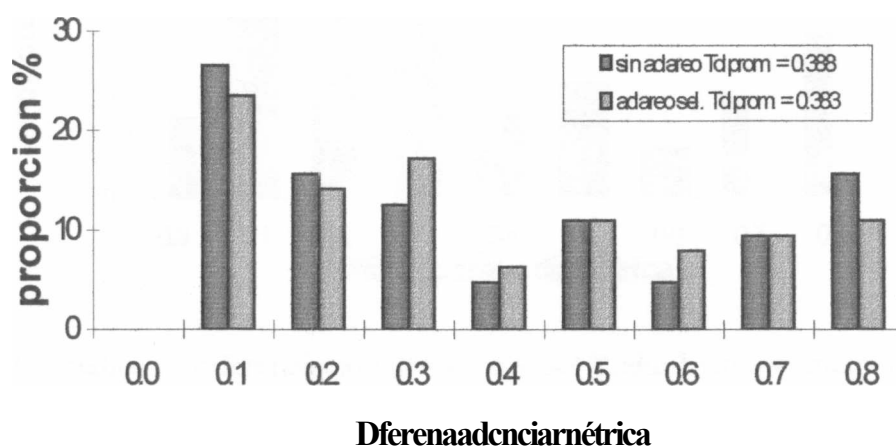


Figura 35: índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

El efecto del aclareo por lo bajo se muestra en la Figura 36. La distribución de las clases de diferenciación antes y después de la práctica silvícola es claramente distinta, observándose que particularmente las clases de menor diferenciación (con excepción de la 0.1),

muestran incrementos notables. La clase 0.0 presenta luego del aclareo 8 % de los casos y las clases 0.2 y 0.3 incrementaron de 16 a 23 %, y de 13 a 23 %, respectivamente, por otra parte, las clases de diferenciación 0.7 y 0.8 desaparecen. Lo anterior permite derivar una menor diferenciación diamétrica entre árboles vecinos luego del aclareo, lo que representa una mayor homogeneidad del rodal resultado de la aplicación de este tratamiento, por lo que estadísticamente presenta diferencias significativas ($p = 0.05$).

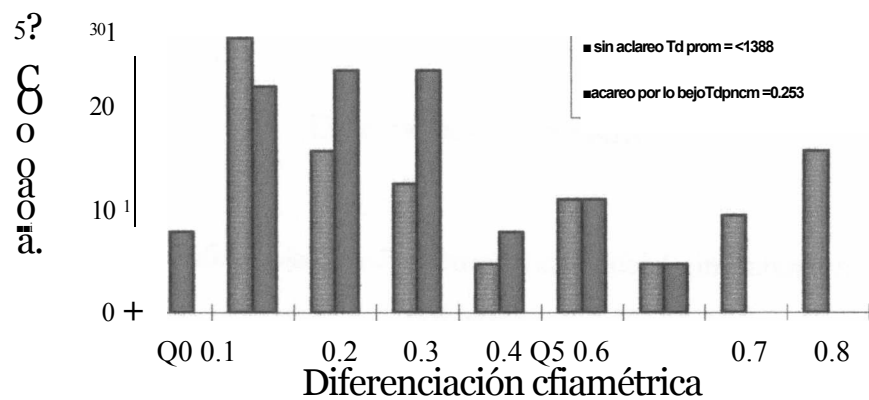


Figura 36: índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

Los resultados de la aplicación del aclareo por lo alto se observan en la figura 37. La distribución de las clases de diferenciación diamétrica antes y después de la aplicación del tratamiento silvícola, permite derivar que las clases de menor diferenciación incrementaron sus valores; la clase 0.0 presentó posterior al aclareo un 3 % de casos, las clases 0.1, 0.2 y 0.4, pasaron de 27 a 31 %, de 16 a 19 % y de 5 a 11%, respectivamente mientras que la clase 0.3 y 0.5, así como la 0.8 disminuyeron de 13 a 8 %, de 11 a 8 % y de 16 a 6 %, respectivamente, manteniéndose sin cambio la clase 0.7 con 9 % de los valores, lo anterior muestra una menor diferenciación diamétrica entre árboles vecinos como efecto del aclareo., sin embargo estadísticamente no presenta diferencias significativas ($p = 0.05$).

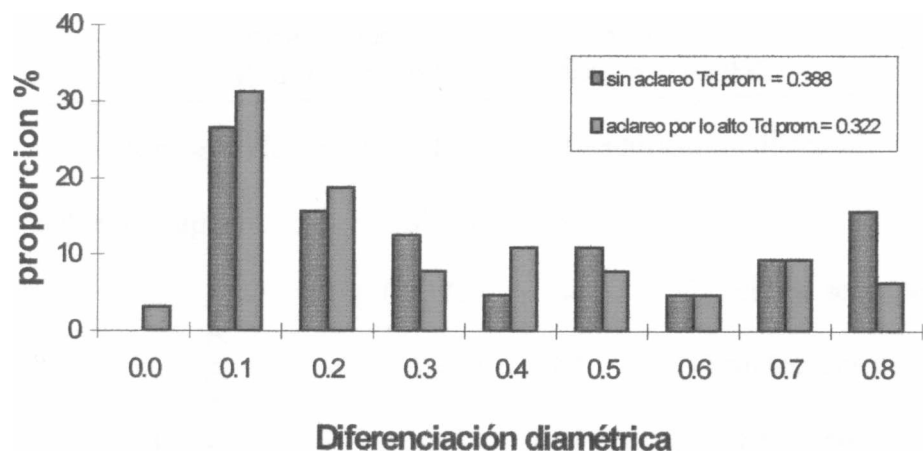


Figura 37: índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 17: Análisis de Varianza para el índice de diferenciación diamétrica para el Rodal 1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	0.75249651	0.25083217	4.89	0.0025
Error	252	12.91930561	0.05126709		
Corrected Total	255	13.67180212			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MDS
0.055040	78.60288	0.22642236	0.28805859	0.05	0.1035

Cuadro 18: Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 0.051267
Critical Valué of Studentized Range= 3.658
Minimum Significant Difference= 0.1035

Means with the same letter are not significantly different.

jrouping	Mean	N	TRATAM
A	0.33723	64	(2) aclareo selectivo
A			
A	0.33641	64	(1) sin tratamiento
A			
B A	0.27281	64	(4) aclareo por lo alto
B			
B	0.20578	64	(3) aclareo por lo bajo

De los resultados para el Rodal 2 sin tratamiento se tiene una distribución de clases de 0.0 a 0.8, registrando el valor mas alto la clase 0.1 con 17 %, las clases 0.2 y 0.3 presentan el 16 % respectivamente, y la clase 0.6 se tiene un valor del 15 % mientras que las demás clases representan el 36 %.

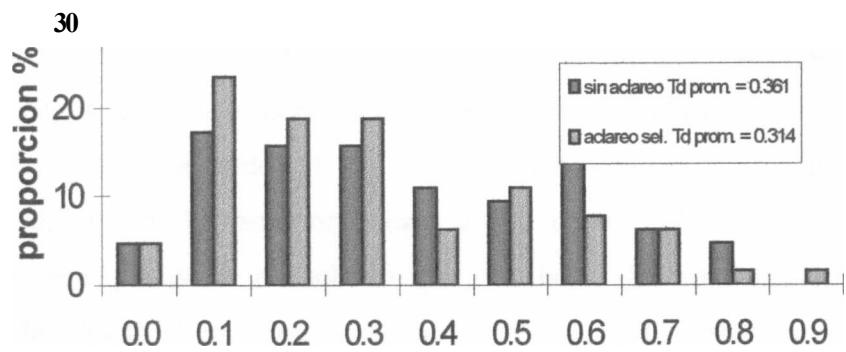


Figura 38: índice de diferenciación iamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

Después de la aplicación de el aclareo selectivo se observa que no se presenta un cambio notable en el índice promedio de diferenciación diamétrica. Los valores previo y posteriores al aclareo (0.361 y 0.314) son semejantes no presentando estadísticamente diferencias significativas ($p = 0.05$). En la figura 38 Se muestra que si bien existen variaciones en las frecuencias de las clases de diferenciación antes y después de la práctica silvícola, ésta se presenta en todas las clases consideradas de lo que resultan los promedios antes mencionados.

Lo anterior se explica por la consideración de todas las clases diamétricas en la planeación de los aprovechamientos, por lo que la estructura de la misma permanece prácticamente

Como resultado de la aplicación del aclareo por lo bajo se tiene que la distribución de clases de diferenciación antes y después de la intervención silvícola es claramente distinta como se muestra en la figura 39. Se observa que la clase 0.0 se mantuvo igual que antes del aclareo con 5 %. Sin embargo, las clases 0.1, 0.2 y 0.3 incrementaron de 17 a 33 %, de 16 a 27 % y de 16 a 28% respectivamente, asimismo las clases 0.4 y 0.5 disminuyeron considerablemente pasando de 11 a 6 % y de 9 a 2 %, respectivamente, eliminándose las clases 0.6, 0.7 y 0.8. Lo anterior debido a una menor diferenciación diamétrica entre árboles vecinos posterior al aclareo por lo bajo, lo cual representa una mayor homogeneidad del rodal como efecto de esta practica, estadísticamente presenta diferencias significativas ($p = 0.05$)

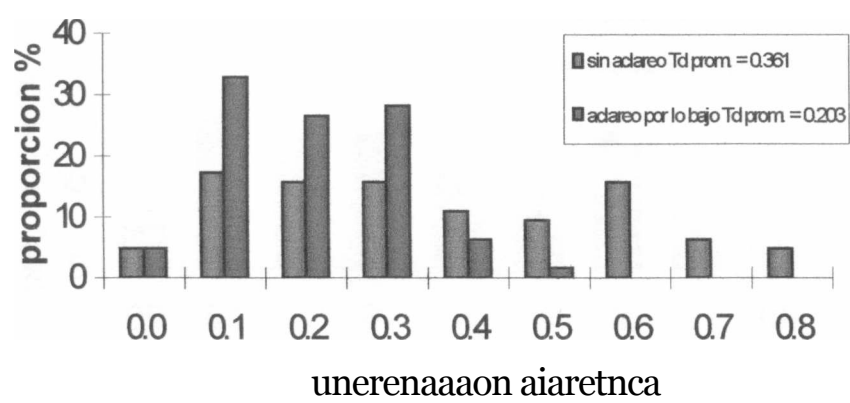


Figura 39: índice de diferenciación diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

El resultado de la aplicación del aclareo por lo alto se observa en la figura 40. La distribución de las clases de diferenciación diamétrica antes y después de la aplicación del tratamiento silvícola mantienen una semejanza, ya que se mantuvieron iguales las clases 0.0 con 5 %, 0.3 con 16 % y 0.8 con 5 %, respectivamente, mientras que las clases 0.1 y 0.2 incrementaron de 17 a 19 %, de 16 a 17 % y 0.5 de 9 al 11 %; las clases que disminuyeron fueron la 0.4, 0.6 y 0.7 pasando de 11 a 9%, de 16a 11 % y de 6 a 5 % respectivamente, por lo que si existen variaciones en las frecuencias de las clases de diferenciación antes y después de la práctica silvícola, éstas no presentan cambios considerables que se reflejen en los promedios antes y después del tratamiento (0.361 y 0.347), por lo que la estructura de la misma permanece prácticamente igual no teniendo diferencias significativas ($p = 0.05$).

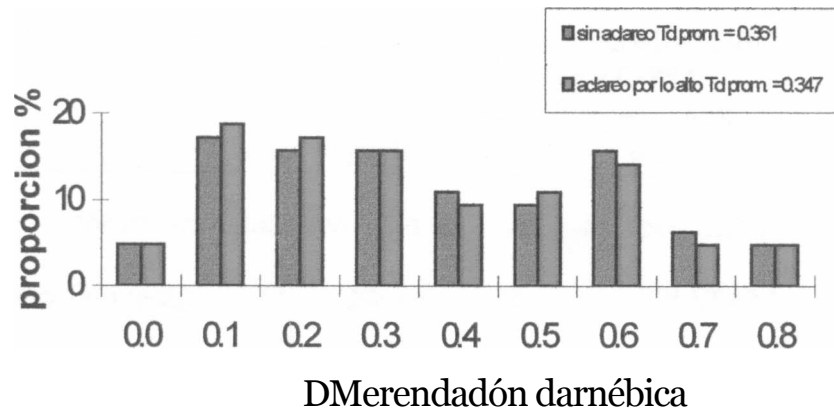


Figura 40: índice de diferenciación diamétrica del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 19: Análisis de Varianza para el índice de diferenciación diamétrica para el Rodal 2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	0.98317764	0.32772588	8.44	0.0001
Error	252	9.78767423	0.03883998		
Corrected Total	255	10.77085187			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MDS
0.091281	76.36740	0.19707861	0.25806641	0.05	0.0901

Cuadro 20: Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación diamétrica del Rodal 2 para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df== 252 MSE= 0.03884
Critical Valué of Studentized Range= 3.658
Mínimum Significan! Difference= 0.0901

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	0.31266	64	(₁) sin tratamiento
A			
A	0.29656	64	(4) aclareo por lo alt
A			
A	0.26883	64	(₂) aclareo selectivo
B	0.15422	64	(3) aclareo por lo baj

Adicionalmente se efectuó un análisis comparativo para los grupos de diferenciación de los índices de diferenciación diamétrica, mostrándose en el cuadro 15. Los valores por grupo para cada practica silvícola

Cuadro 21: Distribución y comparación del índice de diferenciación diamétrica del Rodal 1 y 2 en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Grupo de diferenciación	Rodal 1				Rodal 2			
	Sin Aclareo				Aclareo			
	tratamiento selectivo por lo bajo				tratamiento selectivo Por lo bajo Por lo			
					alto			
	Proporción (%)							
ESCASO	43	38	53	53	38	47	65	41
MODERADO	17	23	31	19	27	25	34	24
MEDIO	16	19	16	13	24	18	1	25
ALTO	24	20	0	15	11	8	0	10
MAYOR	0	0	0	0	0	2	0	0

En la figura 41 se presentan gráficamente los valores para los cinco grupos de diferenciación diamétrica considerados. Para el rodal 1 sin tratamiento predominan los grupos de diferenciación escaso, moderado, medio y alto los cuales posterior a la aplicación de un aclareo selectivo se mantiene la tendencia modificándose únicamente los valores por grupo pasando del 43 al 38 %, 17 al 23 %, 16 a 19 % y del 24 al 20 % respectivamente.

Respecto al aclareo por lo bajo se presentan únicamente los grupos de diferenciación escaso, moderado y medio incrementando sus valores del 43 al 53 % y del 17 al 31 % para

los dos primeros grupos, conservando su valor en el grupo medio con 16 % desapareciendo el grupo alto lo cual significa una mayor homogeneidad del rodal.

Posterior al tratamiento de aclareo por lo alto el índice de diferenciación diamétrica se muestra presente en los cuatro grupos de diferenciación, incrementando sus valores en los grupos escaso del 43 al 53 % y moderado del 17 al 19 % mientras que en los grupos de menor diferenciación disminuyen los valores para los grupos medio y alto del 16 al 13 % y del 24 al 15 % respectivamente lo que se refleja en el índice promedio el cual no presenta diferencias estadísticamente significativas con el rodal sin tratamiento.

Respecto a los resultados para el rodal 2 en el rodal sin tratamiento se presentan cuatro grupos de diferenciación, escaso, moderado medio y alto observando que después del tratamiento de aclareo selectivo se hacen presentes los mismos además el grupo de diferenciación mayor sin embargo esto no se refleja en el índice de diferenciación diamétrica promedio ya que mientras el grupo escaso incrementa del 38 al 47 % los grupos moderado, medio y alto disminuyen del 27 al 25 %, 24 al 18 %, del 11 al 8 % respectivamente mientras el mayor se presenta el 2 %.

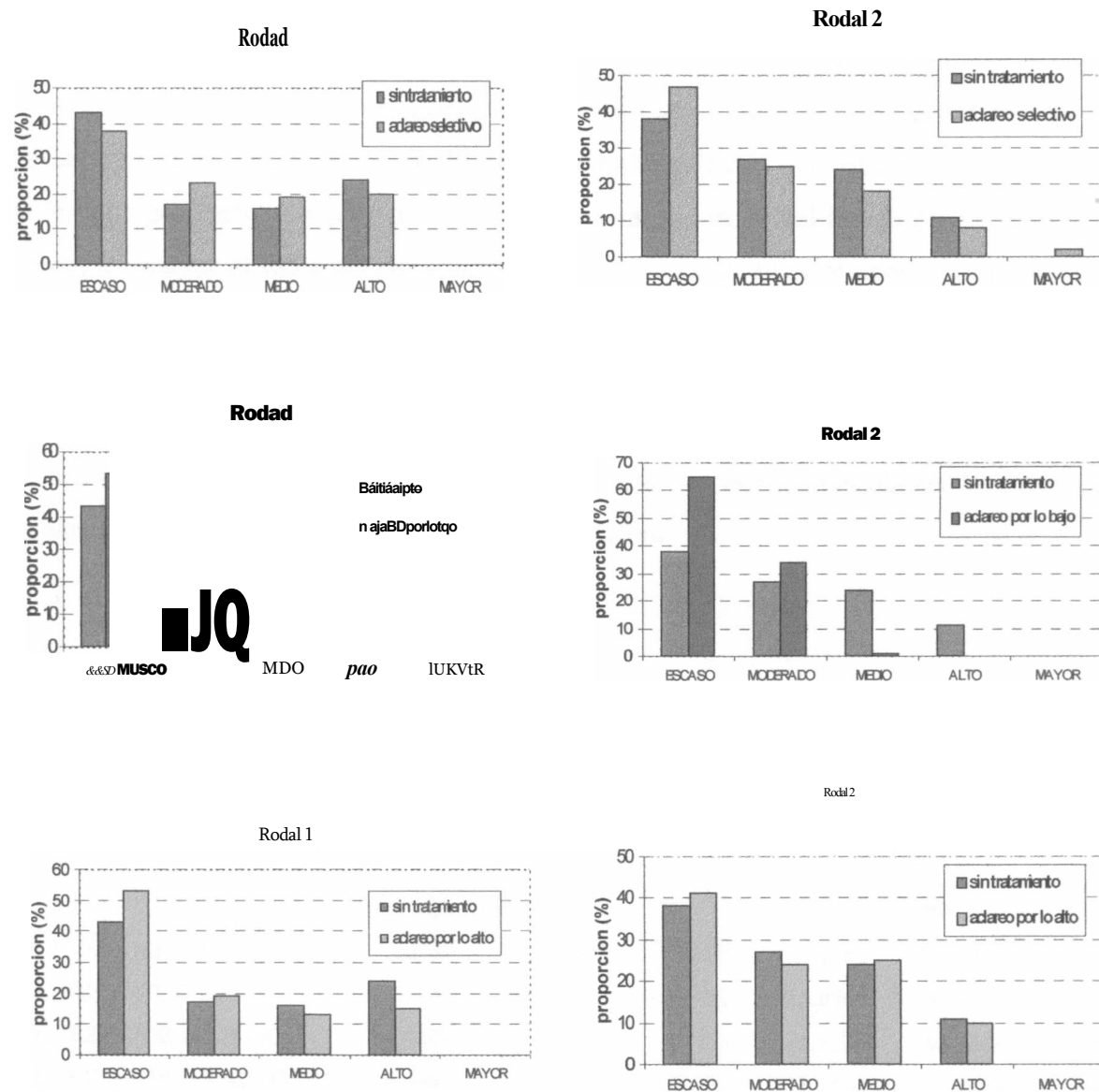


Figura 41: Distribución y comparación de los grupos de diferenciación diamétrica para cuatro condiciones silvícolas en dos rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Se efectuó un análisis comparativo de los valores de los parámetros de Alfa(a) y Beta (P), los cuales corresponden a los parámetros de forma y escala, respectivamente de la función de la distribución Weibull, en relación a los promedios del índice de diferenciación diamétrica *TD* para cuatro condiciones silvícolas en dos rodales. Al comparar el valor del parámetro alfa (a) con el índice de diferenciación diamétrica *TD* se observa que la relación entre estos parámetros es proporcional, ya que a mayor valor del índice de diferenciación diamétrica mayor el valor del parámetro alfa(oc). Inversamente es el comportamiento de el parámetro de beta (P), ya que a menor valor para dicho parámetro mayor valor del índice de diferenciación diamétrica. (cuadro 16 y figura 42).

Lo anterior es como resultado de que a medida que las estructuras diamétricas son mas regulares presentan un índice de diferenciación menor

Cuadro 22: Valores de los parámetros alfa y beta de la distribución Weibull e índice de diferenciación diamétrica (*TD*).

Tratamiento	RODAL 1			RODAL2		
	Alfa <i>a</i>	Beta P	<i>TD</i>	Alfa a	Beta P	<i>TD</i>
SIN TRATAMIENTO	2.0740	39.5640	0.388	10.1385	44.2410	0.361
ACLAREO SELECTIVO	2.0778	38.9101	0.383	15.8768	45.4513	0.314
ACLAREO POR LO BAJO	1.9165	49.6477	0.253	2.6240	46.1068	0.203
ACLAREO POR LO ALTO	2.6083	36.0636	0.322	13.2424	43.7287	0.347

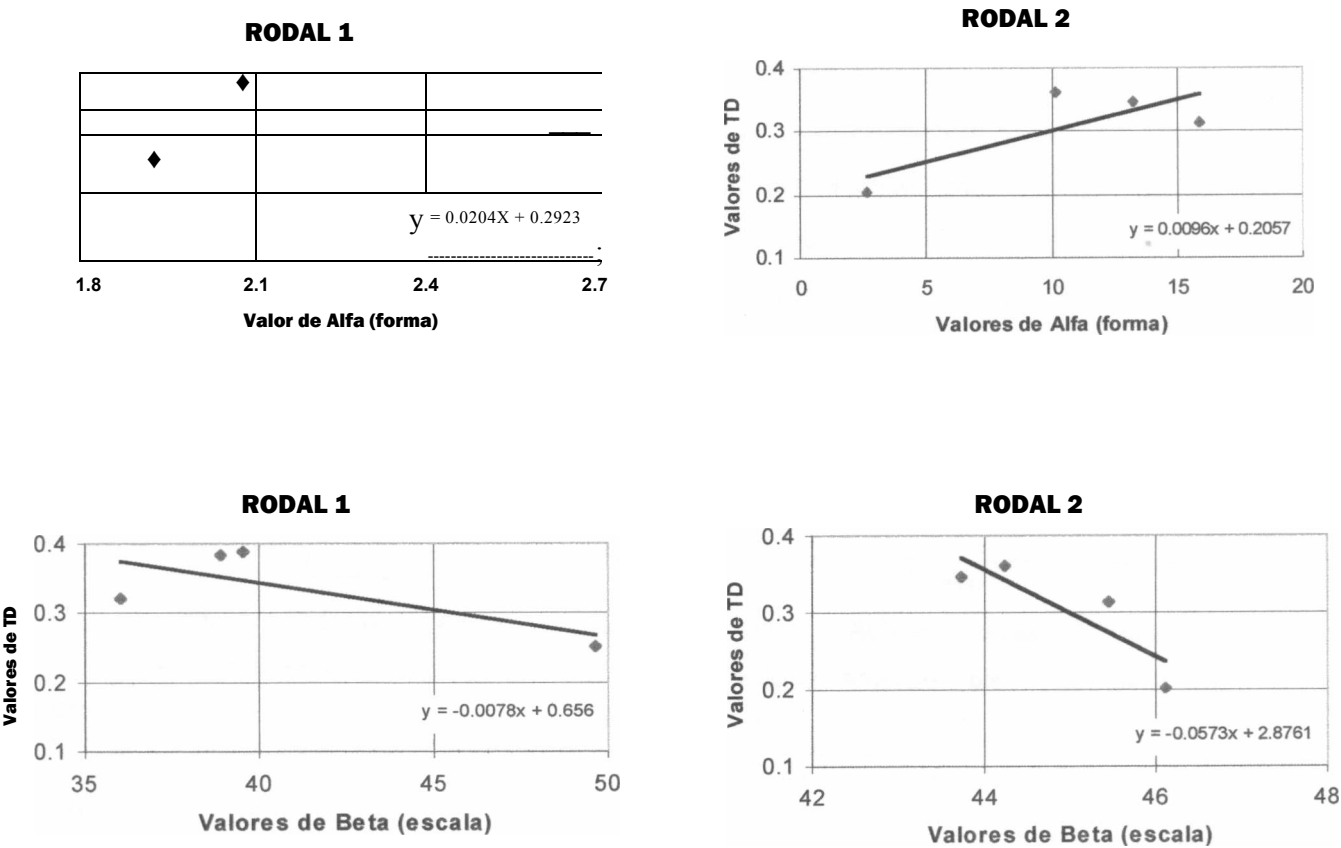


Figura 42: Comportamiento de los valores de Alfa y Beta contra los valores de *TD*.

4.5.2.3. índice de Diferenciación en Altura.

Los valores de diferenciación en altura en diez clases (0.0; 0.1; 0.2; etc.) para los Rodales 1 y 2 antes y después a los tratamientos silvícolas se muestran en el cuadro 23, en donde para una clara interpretación de los índices de diferenciación dimensional si $TH = 0$, significa que la altura de ambos árboles vecinos es igual; para un $TH = 0.1$ la altura total del árbol más bajo es 10 % menor que el mas alto. Consecuentemente los valores de 0.2 a 0.9 indican que las alturas totales de los arboles menores son de 20 % a 90 % mas pequeños que los de aquellos con mayor altura.

Cuadro 23: índice de diferenciación en alturas por rodal y tratamiento

Clase	Rodal 1				Rodal 2			
	Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo	
	tratamiento	selectivo	por lo bajo	por lo alto tratamiento				
Proporción (%)								
0	0	0	2	0	23	14	22	23
0.10	28	24	42	31	27	33	44	28
0.20	14	9	22	16	19	22	23	19
0.30	9	19	22	11	11	11	9	11
0.40	11	6	6	9	5	3	0	5
0.50	14	17	3	16	3	6	0	3
0.60	6	9	3	8	3	3	2	3
0.70	13	8	0	8	9	8	0	8
0.80	3	5	0	2	0	0	0	0
0.90	2	3	0	0	0	0	0	0
TH	0.363	0.386	0.211	0.325	0.216	0.227	0.128	0.206

En el Rodal 1, el aclareo selectivo no muestra un efecto significativo en el promedio del índice de diferenciación en altura. Los valores antes y después del tratamiento silvícola (0.363 y 0.386) son muy semejantes.

En la figura 43. Se observa que si bien se presentan variaciones en las frecuencias de las clases de diferenciación antes y luego del aclareo, éstas se presentan en todas las clases, ya que mientras en las clases 0.1, 0.2, 0.4 y 0.7 los valores disminuyen pasando de 28 a 24 %, de 14 a 9 %, de 14 a 6 % y de 13 a 8 % respectivamente, en las clases 0.3, 0.5, 0.6, 0.8 y 0.9 se incrementan pasando de 9 a 19 %, de 14 a 17 %, de 6 a 9 %, de 3 a 5 % y de 2 a 3 %. Lo anterior como resultado de la consideración en la planeación de la intervención de la masa sobre todas las clases, por lo que la estructura permanece igual y estadísticamente no se tienen diferencias significativas ($p = 0.05$).

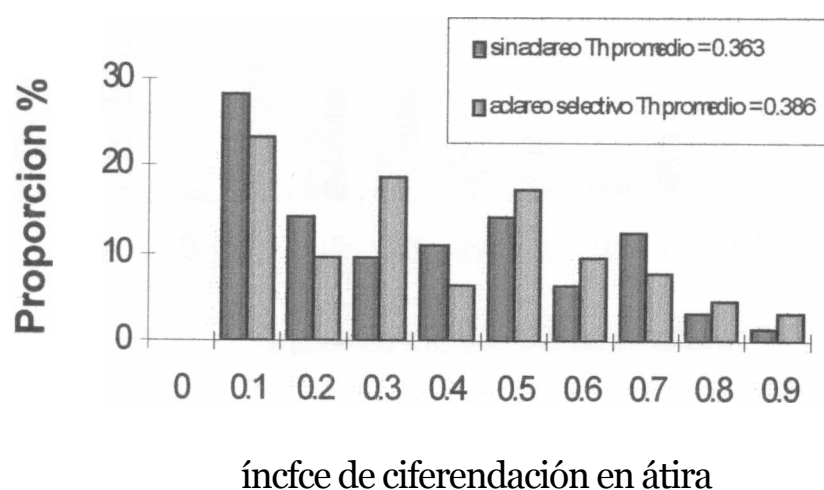


Figura 43: índice de diferenciación en altura del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

El efecto de la aplicación del aclareo por lo bajo se presenta gráficamente en la figura 44. La distribución de las clases de diferenciación antes y después de la practica silvícola es muy diferente, observándose que las clases de menor diferenciación muestran incrementos notables, la clase 0.0 se presenta luego del aclareo con 2 % y las clases 0.1, 0.2 y 0.3 pasaron de 28 a 42 %, de 14 a 22 % y de 9 a 22 %, respectivamente; así mismo las clases de mayor diferenciación 0.4, 0.5 y 0.6 disminuyen pasando de 11 a 6 %, de 14 a 3 % y de 6 a 3 %, respectivamente, mientras que las clases 0.7, 0.8 y 0.9 desaparecen. Lo anterior indica una menor diferenciación en alturas de arboles vecinos posterior al aclareo pasando el índice promedio de 0.363' a 0.211, por lo que estadísticamente existen diferencias significativas en el Rodal 1 antes y posterior al aclareo por lo bajo ($p = 0.05$).

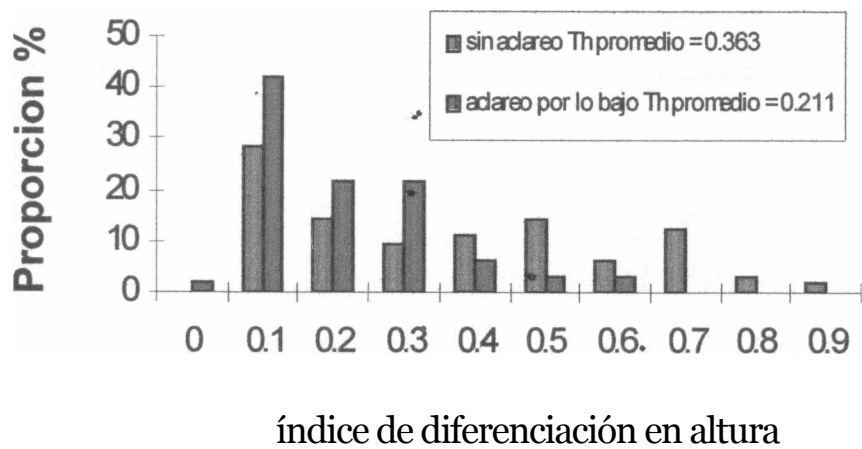


Figura 44: índice de diferenciación en altura del Rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

De la aplicación de un aclareo por lo alto en el Rodal 1 el resultado se presenta gráficamente en la figura 45. La distribución de las clases de diferenciación 0.1, 0.2, 0.3, 0.5 y 0.6 incrementan sus valores (con excepción de la clase 0.4) luego del aclareo, pasando de 28 a 31 %, de 14 a 16 %, de 9 a 11 %, de 14 a 16 % y de 16 a 18 % respectivamente, desapareciendo la clase 0.9, lo que representa que no se presenten cambios en los índices promedios antes y posterior al aclareo (0.363, 0.325), por lo que estadísticamente muestra que no hay diferencias significativas ($p = 0.05$).

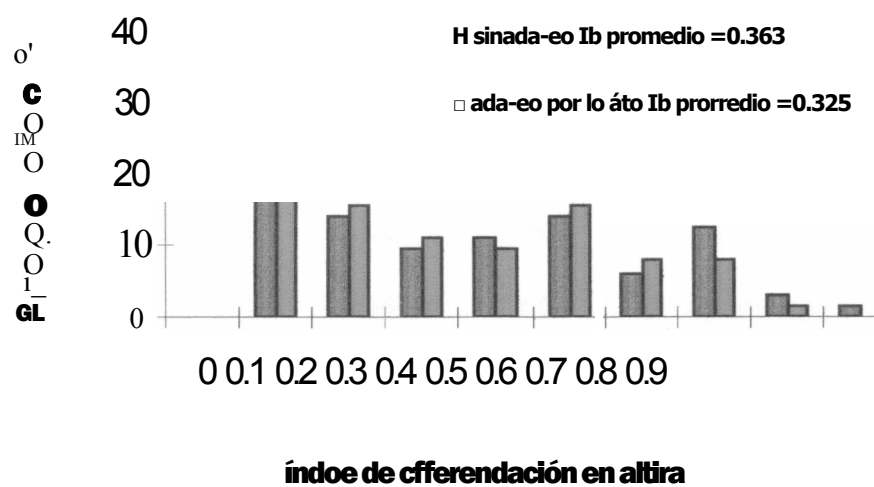


Figura 45: índice de diferenciación en altura del rodal 1 sin tratamiento y con aclareo por

Cuadro 24: Análisis de Varianza para el índice de diferenciación en alturas para el rodal 1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	1.11902930	0.37300977	8.51	0.0001
Error	252	11.04220469	0.04381827		
Corrected Total	255	12.16123398			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.092016	77.67503	0.20932815	0.26949219	0.05	0.957

Cuadro 25: Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación en altura del rodal 1, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 0.043818
Critical Valué of Studentized Range= 3.658
Mínimum Significant Difference= 0.0957

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAM
A	0.33281	64	(2) aclareo selectivo
A			
A	0.31219	64	(1) sin tratamiento
A			
A	0.27141	64	(4) aclareo por lo alto
B	0.16156	64	(3) aclareo por lo bajo

El resultado para el Rodal 2 antes y posterior al aclareo selectivo se presenta gráficamente en la figura 46. En donde se observa la presencia de todas las clases de diferenciación manteniendo una semejanza entre el rodal sin tratamiento y posterior al aclareo selectivo lo cual se refleja en los índices promedio (0.216 a 0.227). Estadísticamente no existen diferencias significativas ($p = 0.05$), debido a la consideración de todas las categorías diamétricas en la planeación del tratamiento como practica silvícola.

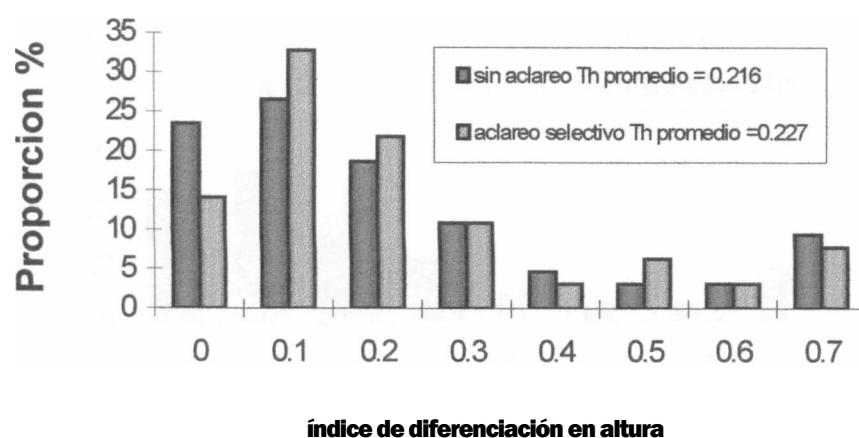


Figura 46: Índice de diferenciación en altura del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo selectivo.

Como resultado de la aplicación de un aclareo por lo bajo se observa en la figura 47, que las categorías de menor diferenciación 0.1 y 0.2, (excepto la clase 0.0) incrementaron sus valores pasando de 27 a 44 %, de 19 a 23 % , respectivamente, mientras que las clase de diferenciación 0.3 y 0.6 disminuyeron de 11 a 9 % y de 3 a 2 %, respectivamente, desapareciendo las clases 0.4, 0.5 y 0.7, lo cual se refleja en el índice promedio el cual pasa de 0.216 a 0.128 lo que estadísticamente presenta diferencias significativas ($p = 0.05$).

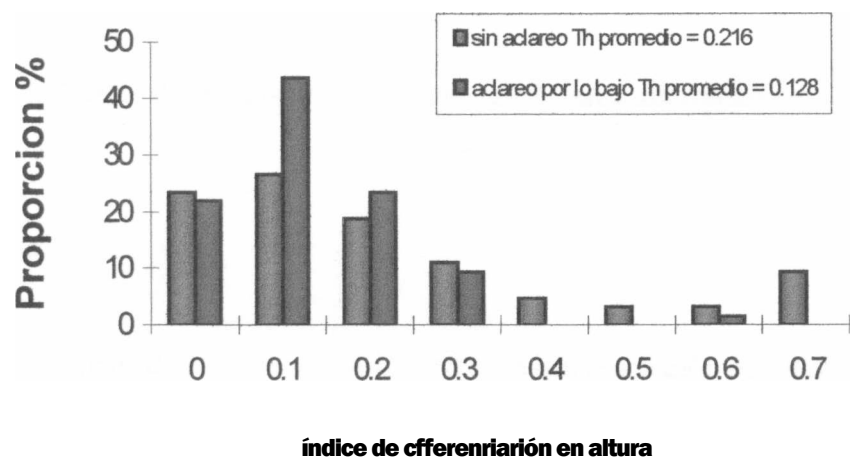


Figura 47: índice de diferenciación en altura del rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo bajo.

Luego de la aplicación de un aclareo por lo alto se observó que no se presentan cambios significativos, ya que los valores de las clases de diferenciación son muy semejantes, cambiando únicamente los de las clases 0.1 y 0.7 que pasaron de 27 a 28 % y de 9 a 8% respectivamente, por lo que los índices promedio pasaron de 0.227 a 0.206, no presentando diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$).

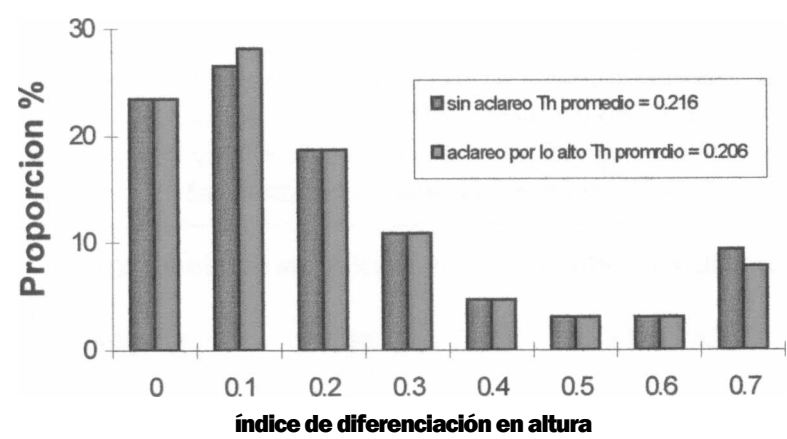


Figura 48: índice de diferenciación en altura del Rodal 2 sin tratamiento y con aclareo por lo alto.

Cuadro 26: Análisis de Varianza para el índice de diferenciación en altura para el Rodal 2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Valué	Pr > F
Model	3	0.33366055	0.11122018	3.55	0.0150
Error	252	7.88642969	0.03129536		
Corrected Total	255	8.22009023			
R-Square	C.V.	Root MSE	IND Mean	Alpha	MSD
0.040591	110.7007	0.17690493	0.15980469	0.05	0.0809

Cuadro 27: Prueba de comparación de los valores para el índice de diferenciación en altura del Rodal 2, para diferentes tratamientos silvícolas en un bosque de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: IND
Alpha= 0.05 df= 252 MSE= 0.031295
Critical Valué of Studentized Range= 3.658
Mínimum Significant Difference= 0.0809

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping		Mean	N	TRATAM
A	A	0.18875	64	(2) aclareo selectivo
	A			
	A	0.18156	64	(1) sin tratamiento
	A			
B	A	0.17063	64	(4) aclareo por lo alt<
B				
B		0.09828	64	(3) aclareo por lo baj

Del análisis de los grupos de diferenciación, el resultado obtenido para el Rodal 1 posterior al aclareo selectivo es que se mantienen todos los grupos presentes antes del tratamiento, escaso, moderado, medio, alto y mayor, cambiando únicamente los valores por grupo sin representar éstos cambios significativos.

En cuanto a la aplicación de un tratamiento por lo bajo se presenta un incremento en los grupos escaso y moderado, los cuales pasan de 42 a 66 % y de 20 a 28 %, disminuyendo en el grupo medio de 20 a 6 % y desapareciendo los grupos alto y mayor lo que trae consigo una mayor homogeneidad del rodal.

La aplicación del aclareo por lo alto no ocasiona cambios significativos en la estructura vertical, ya que el grupo de diferenciación escasa y medio incrementaron sus valores de 42 a 47 % y de 20 a 24 % respectivamente, el grupo de diferenciación alto disminuyo del 16 a

^ Vo -y desapareció el grupo mayor, por lo que las condición de robái aritos 'y pos\añot át aclareo son semejantes.

Como resultado del análisis del grupos de diferenciación en alturas en el Rodal 2 posterior a la aplicación de un aclareo selectivo se tiene que el grupo moderado y el medio fueron los únicos que presentaron cambios pasando del 6 al 4 % y 6 a 9 % respectivamente, mientras que los grupos escaso y alto no presentaron cambios.

El resultado del análisis de la aplicación del tratamiento de aclareo por lo bajo muestra un claro incremento en el grupo escaso, el cual pasó de 69 a 90 %, mientras que en los grupos moderado y medio disminuyó el valor de 16 a 9 % y de 6 a 1 % respectivamente, desapareciendo el grupo alto, por lo que posterior al tratamiento se presenta una mayor homogeneidad en altura.

Posterior a la aplicación de un aclareo por lo alto se mantuvo sin cambios la estructura vertical en relación con la condición sin tratamiento.

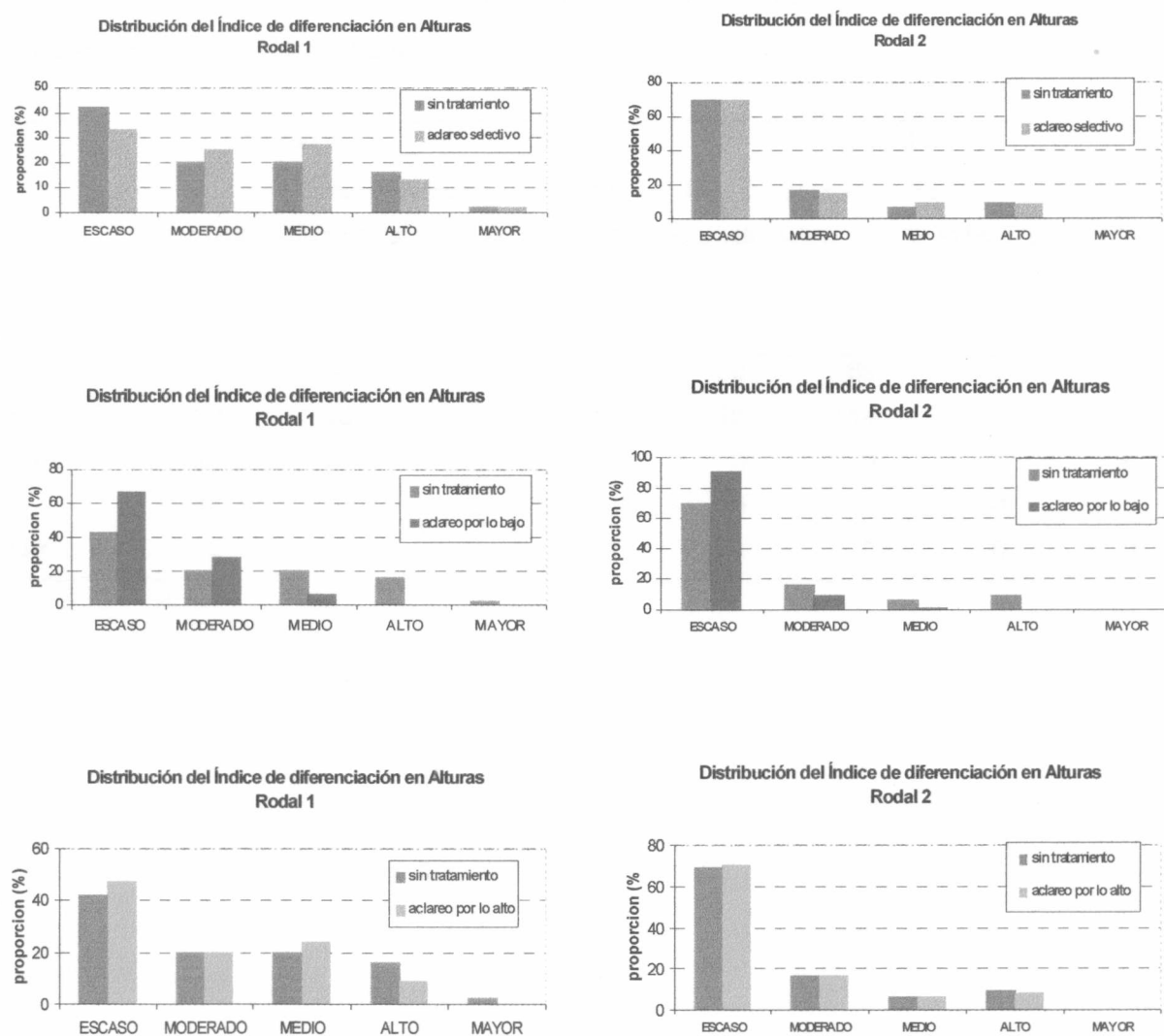


Figura 49: Distribución y comparación de los grupos de diferenciación en altura para cuatro condiciones silvícolas en dos Rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Cuadro 28: distribución y comparación de los grupos de diferenciación en altura para cuatro condiciones silvícolas en dos Rodales de *Pinus pseudostrobus* de la Sierra Madre Oriental del Estado de Nuevo León, México.

Grupo de diferenciación	Rodal 1				Rodal 2			
	Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo Sin	Aclareo	Aclareo	Aclareo	
	tratamiento	selectivo	por lo bajo	por lo alto tratamiento	selectivo	Por lo bajo	por lo alto	
	Proporción (%)							
ESCASO	42	33	66	47	69	69	90	70
MODERADO	20	25	28	20	16	14	9	16
MEDIO	20	27	6	24	6	9	1	6
ALTO	16	13	0	9	9	8	0	8
MAYOR	2	2	0	0	0	0	0	0

5.- Conclusiones.

La descripción de los rodales objeto del estudio mediante los parámetros; número de arboles, área basal, y volumen permite caracterizar la estructura diamétrica y evaluar los efectos de los tratamientos silvícolas aplicados, observando el cambio en la misma, lo cual con la aplicación de modelos de crecimiento podemos predecir la estructura a futuro a través de simulación de cortas.

Es importante destacar que uno de los elementos para caracterizar la distribución diamétrica es la estimación de los parámetros de la distribución probabilística Weibull, la cual ajustó adecuadamente para la condición original del rodal y posterior a la aplicación de los tratamientos de acareo selectivo, aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto, lo cual permite predecir los parámetros y modelar y evaluar la estructura dimensional de los rodales a través del tiempo.

En relación al análisis de la estructura de ecosistemas forestales a través de la estructura horizontal mediante los índices de distancias, de ángulos y del índice de agregación permitió caracterizar y evaluar la distribución de los arboles de manera general y efectuar un análisis comparativo de los efectos de la aplicación de diferentes tratamientos silvícolas, observando que para el índice de distancias el tratamiento de aclareo por lo bajo fue el que presentó diferencias significativas respecto a la condición original de los rodales, mientras que los aclareos selectivo y por lo alto no presentaban diferencias significativas, mostrando únicamente una redistribución de las frecuencias en las clases de distancias.

Respecto al comportamiento del índice de ángulos nos permite caracterizar el patrón de la distribución de los árboles y aunque no hubo diferencias significativas entre la condición original y los tratamientos aplicados debido a que los promedios son muy semejantes debido a que los rangos del índice son muy amplios (0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0) si se observa una redistribución de los mismos, lo cual para una mejor definición y precisión de este

índice al efectuar los análisis de comparación de medias se considera que se debería reducir el rango de los mismos o un análisis del índice cuadrático o alguna otra herramienta estadística.

En cuanto al índice de agregación R de Clark & Evans, describe la distribución de los árboles, lo cual de manera general presenta una mayor o menor tendencia al agrupamiento, lo cual manifiesta su semejanza con el índice de ángulos.

Del análisis de la estructura dimensional a través del coeficiente de homogeneidad H nos permitió caracterizar y evaluar la condición del rodal original y posterior a los tratamientos silvícolas observando que los resultados obtenidos empleando el área basal y volumen fueron equivalentes pudiendo usarse indistintamente, de los resultados se tiene que posterior a la aplicación del aclareo por lo bajo se presentó una mayor homogeneidad de la masa.

En cuanto al índice de distribución diamétrica estos resultaron muy similares entre los tratamientos silvícolas, siendo el aclareo por lo bajo el único que presenta diferencias significativas respecto a la condición original, teniendo una mayor tendencia a la homogeneidad, mientras que los aclareos selectivos no presentan diferencias debido a las consideraciones de intervenir la totalidad de las clases diamétricas, mientras que de la aplicación de los aclareos por lo alto presenta una menor diferenciación diamétrica con una tendencia a la homogeneidad.

Respecto a la comparación de los valores de los parámetros de la distribución Weibull y el índice de diferenciación diamétrica cuando el valor de α es mayor, el valor de el índice de diferenciación es mayor, respecto al valor de β , este es inversamente proporcional al valor del índice de diferenciación.

Posterior a la aplicación del aclareo por lo bajo y aclareo por lo alto se muestra un índice de diferenciación en altura menor que en el rodal sin tratamiento, mientras que el resultado de

un aclareo selectivo no muestra cambios debido a la consideración de todas las categorías diamétricas en la planeación del tratamiento como practica silvícola

Los procedimientos de evaluación constituyen una alternativa par la evaluación y monitoreo de la diversidad de los ecosistemas forestales sobre bases cuantitativas.

La aplicación del procedimiento en un esquema integral de inventario forestal permite una mejor descripción y reproducción de los ecosistemas así como indicadores de sustentabilidad en el manejo de los ecosistemas forestales.

6. Literatura citada.

- Agukre, C. O. A. \9%4.Estimación de pseudostrobusL'indl., en 'la región de Iturbide, Nuevo León. Tesis profesional. U A.CLL, Chapmgo,México. 64p.
- Aguirre, C. O. A. 1997. Manejo Forestal I (mcf-700). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 59 p.
- Aguirre, C. O. A. 1998. Estructura de Ecosistemas Forestales, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 24 p.
- Aguirre, C. O. A.; Kramer H.; Jiménez P. J.; 1998. Strukturuntersuchungen in einem Kiefern - Durchforstungsversuch Nordmexikos. Allgemeine Forst-und Jagdzeitung. En prensa
- Baca Venegas J.M. 2000. Caracterización de la Estructura Vertical y Horizontal en Bosques de Pino-Encino. Tesis de maestría Fac. de Ciencias Forestales U.A.N.L.. 93 p.
- Baños D.P. y Bautista E.M. 1990 Principios Básicos de Regulación Forestal , serie de apoyo académico No. 42 UACH.
- Burk T.E., Y J.D. Newberry. 1984. A Simple Algorithm For Moment Based Recovery of Weibull Distribution Parameters. For. Sci. 30(2):329-332.
- Clark, P. J.; Evans, F. C. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationship in populations. Ecology 35 (4): 445-453.
- Clutter, J.L.; Forton, J. C.; Plenaar, L. V.; Brister, G. H. and Bayley, R. L. 1983.TimberManagement: a cuatitative approach. John wiley & Sons. SD 393. T55.
- Corral R. S. 1999. Tecnologías matemáticas para el desarrollo de modelos de crecimiento de bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Tesis de Maestría Fac. de Ciencias forestales U.A.N.L.
- Daniel, T.W., Helms, J. A. y Baker, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. Primera edición en español. De. Mcgraw-Hill. México, 490 p.
- De Camino, R. 1976. Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. Allgemeine Forst Und Jagdzeitung 147 (2/3): 54-58.

- Domínguez C. 1998. Notas Cortas Sobre Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 58 p.
- Farjon A. & Styles B. T. Pinus(Pinaceae), Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden 291 p.p.
- Fischer M. 1993 El Tratamiento Silvícola, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 88 p.
- Ftildner, K. 1995 Struktubeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern Tesis doctoral. Universidad de Göttingen. Cuvillier Göttingen 145 p.
- Gadow K. V. 1997. Strukturentwicklung eines Buchen-Fichten-Mischbestandes. Allgemeine Forst-und Jagdzeitung 168
- Hauley . R. C. y D. M. Smith.1972. Silvicultura Práctica. Edit. Omega S. A. Barcelona, España.
- Husch B.,Ch. Miller & T. W. Beers. 1982. Forest Mensuration.Third edition .J.W & Sons Inc. New York.
- Jiménez , J. 1988. Elaboración de tablas y tarifas de volumen para fuste limpio de *Pinus pseudostrobus* ¿indi. Y Pinus teocote Schl. Et. Cham. En una fracción de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México.
- Jiménez , J. 1990. Aplicación de un modelo matemático para elaborar tablas y tarifas de volumen. Un ejemplo con *Pinus pseudostrobus*. Reporte Científico No. 16. Fac. Ciencias forestales, U.A.N.L. 48 pp.
- Leuschner W. A. 1984. Introducción to forest resources management. J. W. & Sons Inc. New York.
- Mendoza B. M.A. 1983. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Dirección de difusión cultural. UACH
- Návar, J., J. Confieras, 2000. Ajuste de la Distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino de Durango, México. Agrociencia: Rec. Nat. Ren.
- Padilla G. H. 1981. Glosario practico de términos forestales. Catalágo No. 6 SARH -INIF
- Perry J. P. 1991. The Pines of México and Central America. Timber Press, Portland, Oregon 231 p.p.

- Domínguez C. 1998. Notas Cortas Sobre Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 58 p.
- Farjon A. & Styles B. T. Pinus(Pinaceae), Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden 291 p.p.
- Fischer M. 1993 El Tratamiento Silvícola, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 88 p.
- Földner, K. 1995 Struktubeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern Tesis doctoral. Universidad de Göttingen. Cuvillier Göttingen 145 p.
- Gadow K. V. 1997. Strukturentwicklung eines Buchen-Fichten-Mischbestandes. Allgemeine Forst-und Jagdzeitung 168
- Hauley . R. C. y D. M. Smith.1972. Silvicultura Práctica. Edit. Omega S. A. Barcelona, España.
- Husch B.,Ch. Miller & T. W. Beers. 1982. Forest Mensuration.Third edition .J.W & Sons Inc. New York.
- Jiménez , J. 1988. Elaboración de tablas y tarifas de volumen para fuste limpio de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Y *Pinus teocote* Schl. Et. Cham. En una fracción de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México.
- Jiménez , J. 1990. Aplicación de un modelo matemático para elaborar tablas y tarifas de volumen. Un ejemplo con *Pinus pseudostrobus*. Reporte Científico No. 16. Fac. Ciencias forestales, U.A.N.L. 48 pp.
- Leuschner W. A. 1984. Introducción to forest resources management. J. W. & Sons Inc. New York.
- Mendoza B. M.A. 1983. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Dirección de difusión cultural. UACH
- Návar, J., J. Contreras, 2000. Ajuste de la Distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino de Durango, México. Agrociencia: Rec. Nat. Ren.
- Padilla G. H. 1981. Glosario practico de términos forestales. Catalágo No. 6 SARH -INIF
- Perry J. P. 1991. The Pines of México and Central America. Timber Press, Portland, Oregon 231 p.p.

- Pommerening A.; Wiegand, C.; Gadow, K. V. 1996. Bestandesinventuren in strukturreichen Wäldern. Information für die Zielstärken- und Werthaltigkeit.. Projektbericht. Göttingen. 68 p.
- Pommerening A.. 1997. Eine Analyse neuer ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Wäldern. Tesis doctoral Universidad de Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen. 150 p.
- Quiñones Bayona M.A. 2000. Caracterización Silvícola y Estructural de Rodales de *Pinus pseudostrabus* Lindl. En el Sur de Nuevo León, México. Tesis de Maestría Fac. de Ciencias forestales U.A.N.L.
- Rosales Salazar P. y Olayo G. M.A. 1982 El Método de Desarrollo Silvícola y Ordenación de Bosques. Tesis profesional UACH.
- Saborowsky, J. 1990. Schätzung von Varianzen und Konfidenzintervallen aus mehrstufigen Stichproben. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstliche Versuchsanstalt 99. 68 p.
- Thomasius H.; Schmidt, P. A. 1996. Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. Económica Verlag. Bonn 435 p.
- Vargas, L.B. 1999. Caracterización de la Productividad y Estructura de *Pinus hartwegii* Lindl. En Tres Gradientes Altitudinales en el Cerro Potosí, Galeana, N.L. Tesis de maestría Fac. Ciencias Forestales U.A.N.L. 93 p.
- SARH 1985 Inventario Nacional Forestal Para el Estado de Nuevo León
- SARH 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. SARH memoria nacional
- UCODEFO No. 1 "Galeana" 1995 Programa de Manejo Forestal del Ej. A. Corona del Rosal, Mpio. De Galeana, N.L.
- INEGI. 1986 Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Inegi
- INEGI. 1984 Nomenclátor de Nuevo León. Inegi