

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Regímenes de Aclareos en un Rodal de *Pinus rudis* Endl. en Galeana, N. L.

Por:

**BIANEY YARICELA RODAS DE LEÓN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Regímenes de Aclareos en un Rodal de *Pinus rudis* Endl. en Galeana, N. L.

Por:

**BIANEY YARICELA RODAS DE LEÓN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



MC. José Aniseto Díaz Balderas  
Asesor Principal

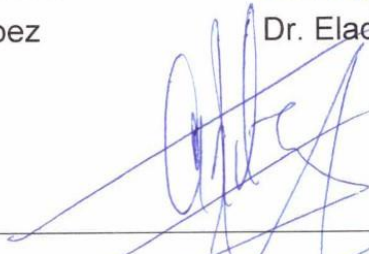


Dr. Celestino Flores López  
Coasesor



Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo  
Coasesor

DEPARTAMENTO FORESTAL



Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2020

Esta tesis ha sido realizada con apoyo del proyecto de investigación “Evaluación del efecto de preclareos en la dinámica del crecimiento de un bosque de *Pinus rudis* Endl. en el Cerro del Potosí, Galena, Nuevo León” bajo la responsabilidad del M. C. José Aniseto Díaz Balderas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

**Abelardo Rodas Pérez e Inmer Horalia De León Gómez**

Ustedes, mi motor y la razón de quien soy, gracias infinitas por darme la vida: por siempre cuidarme, inculcarme y contagiarme el espíritu de agradecimiento, respeto, superación, y servicio hacia los demás, son el pilar y motivación de todos mis logros, sus logros.

### **A mis hermanas:**

**Loreli Rodas De León y Ariadne Suceli Rodas De León**

Ustedes, mis niñas que han sido mis compañeras de vida, me inspiran a ser mejor cada día, existe una infinidad de palabras que describirían mi sentir hacia ustedes, pero solo puedo decirles que las amo completa y profundamente.

### **A mis abuelos:**

**Fidencio De León Pérez (†)**

**Fidel Rodas Martínez (†)**

**Josefina Gómez Sánchez (†)**

**Teresa De Jesús Pérez López (†)**

Por sus sabios consejos, por el apoyo, y sus oraciones.

### **A mis tíos, primos y sobrinos:**

Por el apoyo absoluto, basado en consejos, recursos, palabras de aliento, y por todos los momentos vividos.

### **A mi lugar natal:**

**El Platanar, Cacahoatán, Chiapas.**

*El Tacaná es referencia  
De la ruta señalada;  
Donde se encuentra mi tierra,  
Siguiendo por la cañada.*

(Fragmento)

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien me ha bendecido enormemente; por mostrarme su voluntad y darme fuerzas y osadía para permanecer en esta lucha del saber.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, eternamente agradecida por fungir como la institución de mi preparación profesional, abriéndome las puertas y brindándome todos los servicios, por el privilegio de ser mi ALMA TERRA MATER.

A mis padres, por amarme, protegerme y darme el apoyo y confianza incondicional, por prepararme desde mi infancia a enfrentar el mundo con ojos de realismo, valentía y fé.

Al Departamento Forestal y al Programa Docente de la Carrera Ingeniero Forestal por trabajar día a día en brindarme los conocimientos, y herramientas para mi formación como profesionista.

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas, por el arduo asesoramiento, por su dedicación, dirección, revisión y esfuerzo para la ejecución de este proyecto, además de brindarme su amistad y sabios consejos, gracias por ocuparse más allá de su deber.

Al Dr. Celestino Flores López, por su disposición y valioso tiempo a la contribución y revisión de este trabajo, y por aportar grandes conocimientos y experiencias a mi formación.

Al Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo, por su paciencia, disposición y participación en este trabajo, y aportación de conocimientos en la carrera, agradezco enormemente sus sabias aportaciones.

A la Iglesia Adventista del Séptimo Día y al Grupo Pequeño Discípulos de la Narro.

A mi gran amiga, Guadalupe Estefanía Rivas del Bosque y familia, por abrirme las puertas de su amistad y de su hogar, aprecio con el alma los singulares e inolvidables momentos compartidos.

A una gran mujer, Ana Lucía Morán Martínez, por su amistad fortalecedora, llena de consejos sensatos y prudentes para la vida.

A Leonel R. Montesinos Adán, por su enorme capacidad que tiene para hacer luminosos hasta mis peores momentos, y a quién agradezco su apoyo incondicional, en todo momento.

A Carlos Arturo Hernández Hernández, al ser un amigo que confió y confiaba en mí, por impulsarme e incentivarme a ser una persona participativa en el mundo forestal.

A Jose Roberto Flores Dueñas, y a Víctor Manuel Lira Moreno, por el apoyo brindado en la laboriosa y divertida recolección y obtención de datos, muchas gracias.

A las personas, que le dan significado a la solidaridad y amistad en este recorrido de preparación: Diana Velázquez, Mayda Rubidia Pérez, Dulce Roblero, Hilda Hernández, Kelly Escalante, Jorge Kau, Antelmo Díaz, Guillermo Roblero, Pedro Guzmán, Jonathan Flores, Roberto Flores, Ezequiel Ortiz, Octavio Sosa, Israel Márquez y Milton Domínguez.

A todos mis compañeros de generación de la carrera Ingeniero Forestal.

Me faltarían páginas para mencionar a todas aquellas personas que hicieron posible este trabajo, y a todos con los que he compartido esta forma de estar en este mundo.

***¡Muchísimas gracias!***

## I. ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN .....	xxiii
ABSTRACT .....	xxiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
2.3 Hipótesis .....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
3.1 Crecimiento en coníferas .....	4
3.2 Tolerancia .....	4
3.3 Competencia.....	5
3.4 Índice de esbeltez .....	7
3.5 Rodales.....	8
3.5.1 Rodal puro.....	8
3.5.2 Rodal mixto .....	9
3.5.3 Rodales de edades uniformes.....	9
3.5.4 Rodales de edades no uniformes .....	10
3.6 Dinámica del crecimiento de rodales .....	10
3.7 Densidad.....	11
3.8 Métodos para manejar la densidad .....	12
3.8.1 Método ocular .....	12
3.8.2 Método D más.....	12
3.8.3 Método D veces.....	12
3.8.4 Índice de Densidad de Reineke (IDR).....	13
3.8.5 Factor de Competencia de Copas (FCC).....	14

3.8.6	Guía de densidad.....	15
3.9	Clasificación de copas .....	16
3.10	Aclareos .....	17
3.10.1	Tipos de aclareos .....	17
3.10.2	Grados de aclareos .....	19
3.10.3	Efectos de los aclareos .....	20
3.11	Trabajos afines .....	22
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
4.1	Ubicación del área de estudio.....	26
4.2	Descripción del área de estudio .....	27
4.2.1	Fisiografía .....	27
4.2.2	Hidrología.....	27
4.2.3	Geología.....	27
4.2.4	Suelo .....	27
4.2.5	Clima .....	27
4.2.6	Vegetación .....	28
4.3	Delimitación del área de estudio.....	28
4.4	Selección de árboles .....	29
4.5	Troceo de árboles .....	30
4.6	Conteo y medición de anillos.....	31
4.7	Procesamiento de datos .....	31
4.8	Análisis estadístico .....	35
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
5.1	Crecimiento en altura total en el periodo 1997-2017.....	37
5.2	Incremento en Altura total en el periodo 1997-2017 .....	43
5.3	Diámetro promedio a 0.5 m en los años 1997-2017.....	47
5.4	Incremento en Diámetro a 0.5 m en el periodo 1997-2017 .....	54
5.5	Área basal a 0.5 m por árbol en los años 1997-2017 .....	61
5.6	Incremento en Área basal a 0.5 m en los años 1997-2017.....	67
5.7	Volumen promedio por árbol en los años 1997-2017.....	74



5.8	Incremento corriente anual en volumen por árbol en los años 1997-2017 .....	81
5.9	Índice de esbeltez para los periodos 1997-2017 .....	87
VI.	CONCLUSIONES .....	97
VII.	RECOMENDACIONES .....	98
VIII.	REFERENCIAS .....	99
IX.	ANEXOS .....	113

### **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Los coeficientes de correlación aproximados entre el índice de esbeltez del árbol y sus características biométricas (wang et al., 1998). .....	96
-----------	--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del área de estudio en el Predio Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L .....	26
Figura 2. Diseño experimental de bloques completamente al azar con los cuatro tratamientos de aclareo en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. Galeana, N. L. (Díaz, 2002) .....	29
Figura 3. Forma de copa excurrente del árbol (Burkhart y Tomé, 2012). 33	
Figura 4. Altura total media en el factor tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	38
Figura 5. Altura total media por clases de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. En el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	40
Figura 6. Altura total media por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	41
Figura 7. Altura total media por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. en Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	42
Figura 8. Incremento promedio en altura total por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	44
Figura 9. Incremento promedio en altura total por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	46

Figura 10. Análisis de medias en el factor tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95	48
Figura 11. Diámetro promedio a 0.5 m por clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	50
Figura 12. Diámetro a 0.5 m promedio por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	52
Figura 13. Diámetro a 0.5 m promedio por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	53
Figura 14. Incremento promedio en diámetro en el factor tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	55
Figura 15. Incremento promedio en diámetro por clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	57
Figura 16. Incremento promedio en diámetro por Año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	58

Figura 17. Incremento promedio en diámetro por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	59
Figura 18. Incremento en diámetro a 0.5 m promedio por año y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	60
Figura 19. Área basal promedio por árbol en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	62
Figura 20. Área basal a 0.5 m promedio por árbol por clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	63
Figura 21. Área basal promedio por árbol por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	64
Figura 22. Área basal promedio por árbol a 0.5 m por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	65
Figura 23. Área basal individual promedio por tratamiento por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	66

Figura 24. Incrementos promedio en área basal individual a 0.5 m por tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	68
Figura 25. Incrementos promedio del área basal individual a 0.5 m en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	69
Figura 26. Incrementos promedio por árbol en área basal a 0.5 m en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	70
Figura 27. Incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	71
Figura 28. Comparación los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	72
Figura 29. Incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por clase de copa por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	73
Figura 30. Volumen promedio por árbol por tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	75

Figura 31. Volumen promedio por árbol por clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	76
Figura 32. Volumen promedio por árbol por año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	77
Figura 33. Volumen promedio por árbol por tratamiento y clase de copa de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	78
Figura 34. Volumen promedio por árbol en la interacción tratamiento por año, en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	79
Figura 35. Volumen promedio por árbol por clase de copa y año en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	80
Figura 36. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....	82
Figura 37. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por clase de copa en un rodal de <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.....	83

Figura 38. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....84

Figura 39. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....85

Figura 40. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95 .....86

Figura 41. Índice de esbeltez por tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....87

Figura 42. Índice de esbeltez por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....89

Figura 43. Índice de esbeltez por Año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....92

Figura 44. Índice de esbeltez por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....94

Figura 45. Índice de esbeltez por tratamiento y año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95. ....95

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor tratamiento, en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	113
Anexo 2. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	113
Anexo 3. Comparación de la altura total media a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor año en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	114
Anexo 4. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	115
Anexo 5. Comparación del incremento promedio en altura total, mediante el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por año durante el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N.L. .	116
Anexo 6. Comparación del incremento promedio en la altura total, mediante el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N.L. .	117



Anexo 7. Comparación del crecimiento promedio en diámetro a 0.5 m, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por tratamientos en el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	118
Anexo 8. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por clase de copa, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	118
Anexo 9. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el período 1997-2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	119
Anexo 10. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por tratamiento y clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	120
Anexo 11. Comparación del incremento en diámetro promedio por tratamiento, a través de la Prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	121
Anexo 12. Comparación del incremento promedio en diámetro por clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	121
Anexo 13. Comparación del incremento en diámetro promedio por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en el período de 1997-2017 en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	122

Anexo 14. Comparación de los incrementos promedios en diámetro por tratamiento y clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N.L. ...	123
Anexo 15. Comparación del incremento promedio en diámetro 0.5 m por clase de copa y año, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ para el periodo de 1997 al 2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	124
Anexo 16. Comparación del área basal a 0.5 m por tratamiento para el período 1997-2017 a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	126
Anexo 17. Comparación del área basal a 0.5 m promedio por árbol por clase de copa y para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	126
Anexo 18. Comparación del área basal promedio por árbol por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	127
Anexo 19. Comparación del área basal individual promedio por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	128
Anexo 20. Comparación del área basal individual promedio por tratamiento por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	129

Anexo 21. Comparación de los incrementos promedio en área basal individual promedio a 0.5 m por tratamiento y para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	131
Anexo 22. Comparación de los incrementos promedio del área basal individual a 0.5 m por clase de copa para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	131
Anexo 23. Comparación de los incrementos promedio por árbol en área basal a 0.5 m para el periodo de 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	132
Anexo 24. Comparación de los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de La Joya, Galeana, N. L. ....	133
Anexo 25. Comparación los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y año para el periodo 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	134
Anexo 26. Comparación de los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por clase de copa por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	136

Anexo 27. Comparación del volumen promedio por árbol por tratamiento para el período de 1997-2017, a través de la Prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	138
Anexo 28. Comparación del volumen promedio por árbol por clase de copa, para el período de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	138
Anexo 29. Comparación del volumen promedio por árbol por año, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el período de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	139
Anexo 30. Comparación del volumen promedio por árbol para la interacción de los factores tratamiento con clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	140
Anexo 31. Comparación del volumen promedio por árbol en la interacción tratamiento por año, para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León.....	141
Anexo 32. Comparación del volumen promedio por árbol por clase de copa y año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	143

Anexo 33. Comparación del incremento corriente anual en volumen promedio por árbol por tratamiento, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	145
Anexo 34. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	145
Anexo 35. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el periodo de 1997-2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	146
Anexo 36. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa para el periodo de 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos de copa realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	147
Anexo 37. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento por año en el periodo de 1997 al 2017 como resultado de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	148
Anexo 38. Comparación del índice de esbeltez por tratamiento a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ..	150

Anexo 39. Comparación del índice de esbeltez por clase de copa para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	150
Anexo 40. Comparación del índice de esbeltez por año para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	151
Anexo 41. Comparación del índice de esbeltez por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	152
Anexo 42. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento por clase de copa en el periodo de 1997 al 2017 como resultado de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	153

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue analizar la respuesta de variables dasométricas bajo cuatro intensidades de aclareos (0, 20, 40 y 60 % de remoción) en un rodal de *Pinus rudis* Endl., en Galeana, Nuevo León; el análisis incluyó también tres clases de copa dentro de cada tratamiento (Dominante, Codominante e Intermedio). La respuesta a las intensidades se evaluó de acuerdo con análisis troncales, cubriendo una serie de los años 1997 al 2017. Se realizó un análisis de varianza considerando un diseño experimental aleatorio con arreglo factorial con tres factores: intensidades de aclareo, clases de copa y años de establecido el experimento y cuando hubo diferencias se hizo una comparación de medias con Tukey. Se encontraron diferencias significativas para el diámetro a 0.5 m y su incremento, ( $P > 0.001$ ) en los factores tratamiento, clase de copa, y año, además en algunas interacciones de éstos; lo mismo sucedió con el área basal y su incremento en la cual hubo diferencias altamente significativas ( $P > 0.001$ ). Para el caso del volumen y su incremento, también se encontró una influencia de los aclareos, presentando una alta significancia ( $P > 0.001$ ) en los factores tratamiento, clase de copa, y año, además de algunas interacciones; de igual manera, en el índice de esbeltez, se encontraron diferencias y fueron altamente significativas ( $P > 0.001$ ) y en los factores e interacciones analizadas; por otra parte, en la variable altura y su incremento, se presenta significancia.

**Palabras clave:** Aclareos, análisis troncales, clases de copa, índice de esbeltez, *Pinus rudis*.

Correo electrónico: bianey\_rodas\_29@hotmail.com

## ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the growth response to four different intensities of thinning (0, 20, 40 and 60% removal) applied in a *Pinus rudis* Endl., stand at Galeana, N. L.; three crown classes (dominant, codominante and intermediate) were evaluated within each thinning. The data was obtained through stem analysis which included from 1997 to 2017. The data was analyzed using a complete randomized design with factorial arrangement 4 x 3 x 21, thinnings, crown classes and years. A Tukey means comparison was performed when differences were found among principal effects and interactions. The tree diameter at 0.5 m and its increment showed differences and were highly significant ( $P > 0.001$ ) in thinning, crown classes, years, and in some interactions; similarly, tree basal area and its increment presented differences and were also highly significant ( $P > 0.001$ ). Tree volume and its increment was also affected by thinning, there were differences and were highly significant ( $P > 0.001$ ) for thinning, crown classes, years, and in some interactions; Similarly, differences were found for tree slenderness coefficient and were highly significant ( $P > 0.001$ ) for thinning and interactions; in contrast, differences were found for tree height and its increment and were only significant.

**KEYWORDS:** Thinning, Stem analyses, Crown, Slenderness index. *Pinus rudis*



## I. INTRODUCCIÓN

El bosque es un ecosistema caracterizado físicamente por la presencia de especies arbóreas, conteniendo también especies de animales, vegetales, bacterias y hongos, a su vez, están presentes los componentes abióticos como el suelo y clima; todos estos factores integran complejos procesos que hacen posible la vida y la continuidad del sistema (Mendoza, 1983).

Por lo anterior, los bosques son grandes reservas de recursos naturales renovables con gran importancia en la Tierra; proporcionan productos esenciales de manera indefinida siempre y cuando se les aplique un manejo adecuado (Young, 1991). De acuerdo con Gadow *et al.* (2014) aproximadamente un tercio de la superficie terrestre está cubierta por bosques, en México representan el 17.4% del territorio nacional (INEGI, 2015).

Para asegurar la perpetuidad de los bosques es fundamental aplicar un buen manejo forestal, éste tiene como objetivo gestionar y utilizar los recursos forestales con una intensidad tal que se conserven, aprovechen y aseguren aspectos como la diversidad biológica, productividad, capacidad de regeneración y vitalidad, todo ello, para preservar las funciones ecológicas, económicas y sociales pertinentes, a escala local, nacional y mundial (Aguirre-Calderón, 2015).

Young (1991) menciona que en el manejo forestal y ante la demanda creciente de los recursos forestales motivo de la sobrepoblación demográfica es necesario prácticas silvícolas, con la intención de simular los procesos naturales en el desarrollo del bosque, sólo de esa manera acelerar el resultado final. Procurando satisfacer las necesidades de la sociedad actual y futura (Aguirre-Calderón, 2015).

De acuerdo con Daniel *et al.* (1982) las intervenciones silvícolas conllevan al mayor interés de la ingeniería forestal que radica en el efecto de los tratamientos sobre los volúmenes, los valores o la estructura a partir del rodal en su totalidad, debido a que la silvicultura busca lograr la ordenación forestal y para conseguir dicho propósito es necesario hacer observaciones, mediciones y evaluaciones que permitan mejorar las formas y prácticas de manejo (Zeide, 2004; Cortés y Fernández, 2011). Además, es importante tomar decisiones con base en criterios científicos, de acuerdo con Pommerening y Sánchez (2018) los conocimientos intuitivos han influenciado en gran mayoría las técnicas de gestión forestal, inclusive las silvícolas, poniendo en riesgo la productividad de los bosques.

Sin embargo, para Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) existe una escasa investigación en la que se permita conocer la productividad de los bosques para poder diseñar objetivamente prescripciones silvícolas coherentes con el manejo sustentable de los ecosistemas forestales en el país. Por ello, en el presente trabajo se evaluaron los efectos de diferentes porcentajes de aclareos aplicados en un rodal joven de *Pinus rudis* Endl. y conocer la dinámica de crecimiento de los árboles y del rodal. El análisis se llevó a cabo a través de dos metodologías: la primera, consistió en evaluar la sensibilidad de los efectos de aclareos a través del diámetro y la segunda, fue mediante el índice de esbeltez, ya que la interpretación de los efectos puede depender en la forma de medirse (Freckleton y Watkinson, 1999).

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Comparar el comportamiento de la altura, área basal, volumen e índice de esbeltez con respecto al diámetro ante diferentes intensidades de aclareo (0, 20, 40 y 60%) en tres clases de copa (dominante, codominante, intermedio) en un periodo de evaluación de 1997 al 2017 a través de análisis troncales en árboles de *Pinus rudis* en Galeana, Nuevo León.

### 2.2 Objetivos específicos

Realizar mediciones de análisis troncales en diámetro a 0.5 m en árboles dominantes, codominantes e intermedios sometidos al efecto de diferentes intensidades de aclareos (0, 20, 40 y 60% de remoción).

Determinar los índices de esbeltez por año con respecto al diámetro a 0.5 m en las clases de copa de árboles dominantes, codominantes e intermedios para cada una de las intensidades de aclareo.

Comparar los efectos de las diferentes intensidades de aclareo en distintas clases de copa a través del índice de esbeltez, altura, diámetro, área basal y volumen por árbol en un rodal del *Pinus rudis* Endl. en Galeana, Nuevo León.

### 2.3 Hipótesis

**Ho:** No hay diferencias significativas en las diferentes variables dasométricas a nivel árbol ni en el índice de esbeltez, entre las diferentes clases de copas y entre tratamientos en el periodo de evaluación de 1997 al 2017.

**Ha:** Hay diferencias significativas en las diferentes variables dasométricas a nivel árbol y en el índice de esbeltez, entre las diferentes clases de copas y entre tratamientos en el periodo de evaluación de 1997 al 2017.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Crecimiento en coníferas

El crecimiento en una conífera ocurre en distintas partes del árbol, ya que se presenta primero en altura, después le sigue el diámetro y el crecimiento de la raíz ocurre por un tiempo más prolongado, en contraste con las dos dimensiones anteriores (Klepac, 1976).

El crecimiento radial ocurre en el cambium vascular, este es un crecimiento periódico que causa la formación de un anillo anual, lo cual propicia el aumento en diámetro (Klepac 1976, Evert, 2006, Villanueva *et al.*, 2008). De acuerdo con Martínez-Meir *et al.* (2008) en cada anillo de crecimiento se percibe la madera temprana y la tardía. Villanueva *et al.* (2008) mencionan que los anillos de crecimiento permiten determinar la productividad forestal y las condiciones climáticas de los años de vida del árbol.

La anchura de un anillo de crecimiento suele estar relacionada con la precipitación durante la estación de crecimiento en la que se formó el anillo, también de otros factores tales como la temperatura, la disponibilidad de agua, suelo y luz (Fernández, 2018). De Luis *et al.* (2011) coinciden con las características anteriores, además menciona también que la edad repercute en el ancho de los anillos.

#### 3.2 Tolerancia

De acuerdo con González *et al.* (2002) la tolerancia en términos ecológicos es una propiedad que las plantas desarrollan para asegurar la continuidad de su especie en condiciones en donde los recursos climáticos o edáficos se ven limitados.

En el ámbito forestal la tolerancia se refiere a la capacidad de un árbol para competir bajo condiciones de escasa iluminación junto a una alta competencia radicular sobre todo cuando se encuentran árboles muy cercanos (Daniel *et al.*, 1982; Cano, 1988). Young (1991) clasifica a las especies en tolerantes y no tolerantes: las primeras tienen la capacidad de crecer y desarrollarse en un ambiente donde disponen de poca luz solar, mientras que las no tolerantes o también llamadas intolerantes necesitan estar próximas a la exposición solar para un rápido crecimiento y desarrollo; lo anterior, se utiliza para indicar el diseño de las intervenciones silvícolas que se requieran en un bosque (Müller-Using *et al.*, 2013).

Dentro de la dinámica de crecimiento en rodales, regularmente los árboles tolerantes crean doseles por debajo de la copa de los árboles intolerantes e incluso debajo de su propia sombra (Daniel *et al.*, 1982).

### 3.3 Competencia

La competencia es uno de los parámetros más antiguos que han existido en las relaciones ecológicas, este término se remonta a la lucha por la existencia descrito por Darwin (1859), por lo consiguiente, Kunstler *et al.* (2016) lo asocian con un filtro que permite determinar el éxito evolutivo.

En términos generales, la competencia se describe como el efecto negativo que un ser vivo genera a otro, debido al consumo de algún determinado recurso de disponibilidad limitada, como lo es la luz, el agua y los nutrientes (Burkhart y Tomé, 2012); es una lucha constante para encontrar, obtener, aprovechar y retener posesión de recursos (Keddy, 2017).

Con relación a las especies arbóreas y si se considera que en un espacio determinado de suelo y de estrato arbóreo se encuentra un número limitado de nutrientes, agua y luz; la competencia es la batalla entre los árboles que existe para competir por estos elementos (Cano, 1988).

Por lo que mediante la competencia se determinan los árboles que sobreviven a las condiciones y cuáles son los más adecuados a cada sitio (Daniel *et al.*, 1982), ya que la competencia repercute en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Granados *et al.*, 2007).

Del Rio *et al.* (2014) mencionan que la competencia ocurre entre especies, como dentro de la especie, por ello, se clasifica en competencia interespecífica e intraespecífica, respectivamente. Kunstler *et al.* (2016) mencionan que la competencia intraespecífica es más fuerte que en la interespecífica.

De acuerdo con Schwinnin y Weiner (1998) existe dos tipos de competencia: la simétrica que se presenta cuando los árboles emplean los recursos de una manera equitativa al tamaño del individuo, y el segundo tipo es la asimétrica que implica un desbalance de recursos puesto que, en ambientes naturales, existen árboles grandes y pequeños aún de la misma edad, en consecuencia los árboles de mayor tamaño aprovechan mejor los recursos disponibles.

La competencia simétrica ocurre en la lucha por los recursos subterráneos y en la competencia asimétrica sucede en la necesidad de obtener la mayor cantidad de luz posible, por lo que los individuos de mayor tamaño tendrán ventaja al obtener dicho recurso (Pretzsch y Biber, 2010), de acuerdo con Schwinnin y Weiner (1998) a la competencia asimétrica se le conoce también como supresión.

Es importante resaltar que, en el desarrollo de un árbol, repercute más la competencia asimétrica que la simétrica, en este sentido destaca la importancia de la luz solar (del Río *et al.*, 2014), para efectos de este estudio se le dará enfoque a este último tipo de competencia.

Por todo lo anterior, merece darle importancia a la competencia pues está fuertemente relacionada con aspectos ecológicos y en efectos de la densidad del rodal (Pommerening y Sánchez, 2018).

Pues se comprende que en las especies forestales se presenta una complejidad en los procesos que ocurren dentro de ellas, a causa del espacio y temporalidad de los recursos, y de las condiciones abióticas, lo que provoca diversos efectos en cada individuo (Pommerening y Sánchez, 2018), a través de la silvicultura se interviene para modificar estos procesos favoreciendo los resultados (Orzel, 2007).

### 3.4 Índice de esbeltez

En temas forestales, existe el concepto de índice de esbeltez que se basa en una relación entre la altura del árbol (m) y su diámetro (cm), es un indicador de estabilidad y resistencia de los árboles a factores ambientales, como el viento (Wang *et al.*, 1998; Bijak y Orzol, 2018; Korzeniewicz *et al.*, 2019). Por ello, Burschel y Huss (1997) establecieron una escala de valores para las especies de coníferas y poder determinar el grado de estabilidad de cada árbol y del rodal.

Índice de esbeltez mayor a 1: Árboles muy inestables.

Índice de esbeltez de 0.8 a 1: Árboles inestables.

Índice de esbeltez de 0.45 a 0.8: Árboles estables.

Índice de esbeltez de menor a 0.45: Árboles en extrema supresión.

La estabilidad de un árbol es causada por las características del árbol tales como la altura, tamaño, forma de la copa y sistema radicular; además de la calidad del sitio y otros factores ambientales (Wang *et al.*, 1998), por lo anterior, Kaźmierczak (2012) menciona que las mediciones de las variables del árbol (altura, tamaño de copa, diámetro, etcétera) son un eficiente indicador de la estabilidad del individuo.

En el índice de esbeltez existe una correlación negativa con algunas variables tales como el diámetro y edad, esto significa que, en valores bajos de índice existen mayores valores de diámetro, mayor edad y mejores condiciones de sitio (Wang *et al.*, 1998; Kaźmierczak *et al.*, 2015).

### 3.5 Rodales

Un rodal es una unidad de terreno forestal homogéneo, delimitado por ciertas características determinadas (Rivero y Zepeda, 1990; González *et al.*, 2011), de acuerdo con Daniel *et al.* (1982) el rodal es la unidad de manejo que en conjunto integran un bosque, cada rodal es diferente de otro en cuanto a su edad, composición, estructura, calidad del terreno o la geografía de este.

La estructura es una característica que se le atribuye a un rodal basada en la ubicación o distribución espacial de los árboles (Rivero y Zepeda, 1990), por ello, se incluyen variables como la altura, el diámetro y la edad (Cano, 1988).

Daniel *et al.* (1982) y Rubio-Camacho *et al.* (2017) concluyen que la estructura se puede caracterizar mediante dos factores: el primero, mediante el grado de mezcla de las especies determinándose rodales puros y mixtos; y el segundo, el patrón de diferenciación espacial que se basa en la edad definiéndose rodales de edades uniformes o de edades no uniformes.

#### 3.5.1 Rodal puro

El rodal puro se identifica por tener un 90% o más de árboles dominantes o codominantes pertenecientes a la misma especie. Cabe mencionar que es posible encontrar un sotobosque compuesto por otras especies sin que pierda su categoría de puro (Daniel *et al.*, 1982).



### 3.5.2 Rodal mixto

El rodal mixto está formado por diversas especies arbóreas, el cual presenta una serie de ventajas: las raíces aprovechan mejor las condiciones del suelo y el espacio entre copas se utiliza de una forma más eficiente, además se observa una mayor resistencia a los impactos ocasionados por los fenómenos naturales, otro de los efectos, es que son menos susceptibles a plagas y enfermedades (Daniel *et al.*, 1982)

### 3.5.3 Rodales de edades uniformes

En rodales de edades uniformes los árboles existentes presentan la misma clase de edad (Rivero y Zepeda, 1990; Cano, 1988) y se caracterizan por el dosel uniforme de sus copas y con una clase diamétrica representada por el promedio del rodal (Daniel *et. al.*, 1982).

En los bosques de edades uniformes, los árboles se vuelven más indefensos, la competencia se intensifica, lo que limita un desarrollo estratificado de manera vertical, en consecuencia, se incrementan altos índices de mortalidad, sobre todo en árboles que presentan clases de copa bajas, a este fenómeno se le conoce como autoaclareo (Young, 1991).

Rivero y Zepeda (1990) mencionan algunas características exclusivas de los bosques de edades uniformes: la mayoría de los árboles tienen la misma edad, presentan una tendencia a tener dimensiones similares, las diferencias de las dimensiones entre individuos es consecuencia de los elementos del lugar, hay distribución normal de las clases diamétricas, y es fácil conocer los estados de desarrollo del bosque.

#### 3.5.4 Rodales de edades no uniformes

Los rodales de edades no uniformes comprenden árboles de todas las edades, pues están presentes plántulas hasta árboles maduros, en estos rodales se encuentran por lo menos tres clases de edades, las que con frecuencia se encuentran separadas por intervalos (Daniel *et. al.*, 1982). Los árboles que se encuentran presentan diferentes categorías diamétricas y conforme el número de individuos disminuye, los diámetros se incrementan (Rivero y Zepeda, 1990).

#### 3.6 Dinámica del crecimiento de rodales

Los individuos situados dentro de un rodal presentan cierta dinámica de crecimiento, por lo que Burschel y Huss (1987) propusieron una clasificación de cinco etapas naturales de edad.

Brinzal: Esta etapa se presenta en el primer período de crecimiento de la regeneración hasta que los individuos presentan dos metros de altura.

Monte Bravo: En esta etapa los árboles presentan una altura de dos a cuatro metros de altura.

Vardascal: En los individuos arbóreos se percibe una alta competencia, siendo la mayoría de ellos, muy delgados con alturas de cuatro a ocho metros de altura.

Latizal: En esta etapa se presenta el máximo crecimiento primario y comienza a acelerarse el crecimiento secundario, los árboles se caracterizan por presentar un diámetro de 10 a 30 centímetros.

Fustal: En esta etapa de desarrollo los árboles logran la madurez teniendo un diámetro mayor a 30 centímetros.

### 3.7 Densidad

La densidad es una medida cuantitativa del rodal por unidad de superficie, con la cual se puede conocer la producción y productividad del rodal (Ford-Robinson, 1971; Daniel *et al.*, 1982; Cano, 1988). Es un parámetro confiable para conocer la intensidad de ocupación de individuos que ahí se encuentran, además de indicar la estructura de los rodales (Zeide, 2004).

Daniel *et al.* (1982) mencionan que a través de este parámetro se puede intervenir y manejar el rodal, puesto que a través de la densidad se logra saber atributos como la tasa de crecimiento y mortalidad. Por ello, es un buen indicador de la eficiencia de la integridad ecológica del rodal (Müller-Using, *et al.*, 2013).

Mediante el manejo de la densidad se logran objetivos del manejo forestal, el técnico interviene y aplica tratamientos silvícolas y logra un cambio en la tasa de crecimiento en diámetro, incluso en la producción del volumen durante un lapso determinado (Cano, 1988); mediante el control de forma eficiente del número de individuos (Zeide, 2004).

Con la densidad se describen conceptos como la densidad máxima, mortalidad y supresión, datos que se requieren al ejecutar los aclareos (Curtis, 1982). Sin embargo, para Zeide (2004) es necesario encontrar una densidad correcta que maximice el crecimiento en volumen de los individuos.

Por todo lo anterior, y ante la problemática existente de mantener un equilibrio, en determinar el número de árboles ideal en el rodal de acuerdo con el espacio máximo que un rodal puede soportar y al espacio mínimo que requiere un individuo (Krajicek *et al.*, 1961) se han diseñado herramientas de apoyo silvícola que permiten tomar decisiones objetivas (Torres-Rojo y Velázquez-Martínez, 2000).

Existen diversas herramientas como el Índice de Densidad de Reineke (Reineke, 1933), el Factor de Competencia de Copas (Krajicek *et al.*, 1961) la guía de densidad, entre otros.

### 3.8 Métodos para manejar la densidad

#### 3.8.1 Método ocular

El método ocular se basa en observaciones y considera la máxima densidad a través de observaciones visuales del dosel de copas y en el desarrollo de la copa de cada árbol. Esta técnica fue realizada en áreas seleccionadas, que cumpliera con población completa y obtener tablas de rendimiento (Daniel *et al.*, 1982).

#### 3.8.2 Método D más

Para poder intervenir y manejar la densidad a través de este método, es necesario que coincida el valor de la distancia en pies o en metros que hay entre los individuos con el diámetro promedio en pulgadas o en centímetros más una constante; por ejemplo, si existe un diámetro promedio de 30.5 cm más 2, indica que debe de haber una distancia de 4.3 m, aproximadamente.

#### 3.8.3 Método D veces

Este método es calculado a través del diámetro medio, éste se multiplica por un número determinado de veces, para obtener la distancia óptima que deben de tener los árboles, por ejemplo, un diámetro medio de 30.5 cm multiplicado por 2 veces es igual a una distancia de 7.32 m entre los árboles. Esta regla favorece a los rodales jóvenes muy densos y a los rodales maduros abiertos (Daniel *et al.*, 1982).

### 3.8.4 Índice de Densidad de Reineke (IDR)

Este principio fue establecido por H. L. Reineke en 1933, con el objetivo de medir la espesura de un rodal, su principio dice que todo rodal puro en situación de coetáneas totalmente denso, con diámetro medio determinado, tiene aproximadamente el mismo número de árboles por unidad de superficie que otro cualquiera de la misma especie, siempre y cuando sea coetáneo totalmente denso y con igual diámetro medio (Cano, 1988).

Reineke (1933) estudió el tipo de relación que existe entre el número de árboles y el diámetro cuadrático promedio ( $D_q$ ) definido como la raíz cuadrada del promedio de los diámetros cuadrados.

Su trabajo consistió en la observación de varios rodales con el mismo diámetro promedio y el rodal, con el mayor número de árboles, representa el 100% de densidad, propuesta para rodales coetáneos, de esta forma es posible comparar la densidad de un rodal con la densidad máxima que pueda tener. Curtis (1982) menciona que este índice es de gran importancia al generar un análisis de crecimiento proyectado en los rodales.

Realmente hay una relación directa entre el número de árboles por unidad de superficie ( $N$ ) y el diámetro cuadrático promedio ( $D_q$ ) para aquellos rodales de densidad máxima, esta relación es negativa, ya que en un rodal con un diámetro cuadrático medio pequeño, tendrá un número de árboles o de una densidad alta y esta disminuye conforme el  $D_q$  sea mayor (Reineke, 1933).

Esta relación se presenta con la siguiente ecuación:

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

Expresándose de manera logarítmica, sería así:

$$\ln(N) = \ln \beta_0 + \ln(D_q)$$

Donde:

$N$ = Número de árboles por unidad de área

$Dq$ = Diámetro cuadrático promedio

$Ln$ =Logaritmos naturales

$\beta_i$ = Parámetros

### 3.8.5 Factor de Competencia de Copas (FCC)

Otra manera de evaluar la razón de área por árbol es a través del Factor de Competencia de Copas (FCC). Éste fue diseñado para determinar el máximo espacio disponible que puede utilizar un árbol y el mínimo necesario para que el árbol pueda sostenerse dentro del rodal (Krajicek *et al.*, 1961).

Este método mide, de alguna manera, la característica genética de la especie que es independiente de la edad y el sitio, pues no está afectada por la competencia biológica (Krajicek *et al.*, 1961; Daniel *et al.*, 1982).

Por ello, se evalúan árboles aislados para expresar el diámetro de su copa como una función lineal de su diámetro normal (DAP), de esta forma, su área de copa será proporcional al cuadrado de esta función. Si se supone que la máxima área de copa para árboles expresada como porcentaje sobre cierta superficie es proporcional al cuadrado de su función del DAP, la suma de todas las áreas de copas de los distintos árboles en la superficie será igual a la suma de todas las máximas áreas de copa de todos los árboles (que dependen de su DAP) y su factor de competencia de copa será ese valor dividido por la superficie que los contiene (Universidad de Chile, 1985).

Con lo anterior, la relación entre la máxima superficie de la copa y el diámetro normal del árbol proporcionan una base para calcular el valor del Factor de Competencia de la Copa.

Debido a que surge la necesidad de conocer los diferentes grados de soporte en densidad que puede tener un rodal, el técnico forestal requiere conocer el factor para determinar nuevos aclareos, además de ser una herramienta poco compleja y fácil de emplearla (Martínez, 2015).

### 3.8.6 Guía de densidad

La guía de densidad se define con base en el número de árboles por unidad de superficie que deben estar presentes. Para su construcción requiere diversos factores, de tal manera que se puede emplear en varias circunstancias del rodal y con el objetivo deseado. De acuerdo con Hernández *et al.* (2018) la guía de densidad muestra eficacia y confianza para planear y ejecutar los tratamientos silvícolas necesarios.

A grandes rasgos, uno de los parámetros que utiliza es el Índice de Reineke, pues para la guía se requiere tener datos de sitios de dimensiones fijas en un rodal con espesura completa, permitiendo crear la "línea máxima" o la línea A, representando el 100% y conocer la máxima densidad del rodal; esta línea está basada en valores del diámetro cuadrático, el número de árboles y el área basal.

Otro factor, es el Factor de Competencia de Copas (FCC) para conocer el número mínimo de densidad que puede tener el rodal, también permite conocer la cantidad de individuos que son necesarios eliminar de acuerdo con la etapa de desarrollo del rodal. Con el FCC se obtiene el número mínimo de árboles por categoría diamétrica en el rodal y los valores del área basal  $ha^{-1}$  (Hernández *et al.*, 2018). En cuanto a los valores de la línea C o densidad mínima aceptable, esta depende de los incrementos medios por categoría diamétrica de la línea B, a través de estas líneas, se deducen más valores manejando diferentes porcentajes (90%, 80%, 70%, etc.).

### 3.9 Clasificación de copas

Uno de los aspectos importantes de la ecología forestal es el dosel el cual se define como el resultado de los tamaños, formas y posiciones relativas de las copas de los árboles (Purves *et al.*, 2007). En la copa de los árboles existe una relación entre el tamaño de la copa y el crecimiento individual de los árboles y rodales (Burkhardt y Tome, 2012).

Sin embargo, desde hace varias décadas existen fuentes donde indica el estudio hacia las clases de copa, tal es el caso de Daniel *et al.* (1982) estos autores mencionan que para realizar los tratamientos en rodales de edades uniformes es importante asociar a cada uno de los árboles con la posición relativa de sus copas (Daniel *et al.*, 1982).

Por su parte, Kraft (1884) después Assman (1970), estudiaron las clases de copas, con ello, propuso la siguiente clasificación:

Árboles dominantes. Estos árboles presentan las copas más altas, elevándose por encima del promedio de copas del rodal, por ello, estos individuos presentan un mejor desarrollo de fuste, ramas laterales, debido a que están expuestos a una mayor radiación lumínica.

Árboles codominantes. Árboles un poco más bajos que la clase anterior, ellos obtienen luz solar únicamente en la parte superior y junto a los dominantes forman el dosel principal.

Árboles intermedios. Las copas se encuentran en una posición subordinada, presentando una ligera competencia lateral con árboles de las dos clases anteriores, también pueden llegar a recibir energía lumínica directa por la parte superior de sus copas.

Árboles suprimidos. Estos individuos están completamente dominados, sobreviven con pequeñas cantidades de luz que se filtran a través de orificios fortuitos, por ello, son débiles y tienen un crecimiento lento.



Árboles muertos. En rodales sin intervención silvícola, existe una gran mortandad de árboles con comportamiento de suprimidos o dominados.

El método sencillo de clasificación usado frecuentemente en México es el de la posición social por denominación en la altura, distinguiendo solamente los árboles como dominante, codominante, dominado y suprimido (Cano, 1988).

### 3.10 Aclareos

El objetivo principal de la silvicultura es acelerar el crecimiento y desarrollo de los árboles y mejorar la calidad de los individuos de forma sostenible (Zaide, 2004). Una de las prácticas silvícolas más utilizadas son los aclareos, los cuales se basan en el manejo de la densidad (Daniel *et al.*, 1982; Allen *et al.*, 2002).

Los aclareos reducen la competencia entre los individuos, por lo que éstos desarrollan mayor vigorosidad y resistencia a los insectos descortezadores e incendios (McDowell *et al.*, 2003), además permiten obtener la continua utilización del potencial productivo del suelo en el menor tiempo y en los mejores árboles (Cano, 1988; Rodríguez, 2010).

Los aclareos generan beneficios económicos en la producción forestal y por ende, en la industrial (Díaz *et al.*, 2012).

#### 3.10.1 Tipos de aclareos

Smith (1962) y Cano (1988) propusieron una clasificación de aclareos, ambos mencionan diferentes tipos:

Aclareo por lo bajo. Se enfoca en la extracción de individuos con clases inferiores de copas, la intensidad de estas intervenciones puede ser desde baja hasta intensa Smith (1962).

La base teórica de este aclareo es que los individuos inferiores consumen grandes cantidades de nutrientes, lo cual, impide el buen desarrollo de las clases superiores (Cano, 1988).

Aclareo por lo alto. Cano (1988) menciona que su propósito es eliminar a algunos árboles dominantes y codominantes que ejerzan competencia hacia individuos prometedores. Smith (1962) indica que existen dos maneras de aplicar este tipo de aclareo: talar árboles dominantes y codominantes competidores, pero también extraer aquellos individuos inferiores que presentan avanzados síntomas de supresión y posiblemente mueran; la segunda forma, es extraer solamente individuos dominantes y codominantes que perjudiquen a otros árboles pertenecientes a la misma clase de copa, además que el desarrollo de estos árboles a cortar, sean aceptables comercialmente.

Aclareo de selección. Consiste en eliminar todos los árboles dominantes, favoreciendo a los individuos con clase de copas codominante e intermedia, generando un mejor desarrollo en estos, aunque puede presentarse en ocasiones diferentes, es por eso, que este método tiene tres vertientes: la primera, trata de eliminar los árboles más altos, o árboles lobo, para evitar la presencia de un nuevo piso; en la segunda variante, se crea un rodal a base de aclareos bajos, hasta que solo queden codominantes y dominantes; y el tercer grupo, se enfoca en la remoción de todos los dominantes, con la finalidad de que los codominantes alcancen un diámetro comercialmente rentable, cuando esto suceda, se talan esos árboles, y así sucesivamente (Smith, 1962; Cano, 1988).

Aclareo mecánico. Este tipo de intervención no se basa en el tipo de clase de copa o calidad de estos, sino simplemente en disminuir la densidad, para ejecutarlo, se utilizan guías de espaciamiento (Smith, 1962).

Aclareo libre. Los aclareos de este tipo se realizan básicamente con la opinión del técnico forestal, y con base en sus conocimientos decide cómo y cuánto extraer de acuerdo a las condiciones presentes del rodal (Smith, 1962).

Cabe resaltar que el aclareo a elegir debe estar sustentado con base al objetivo, no solamente en el número de individuos a eliminar, sino también el mejorar el estado de no uniformidad, de la dispersión de los parámetros, de la eliminación de los pisos indeseados, de la reducción de la mezcla de los géneros y de las especies, así también el mejoramiento de la sanidad existente (Cano, 1988).

### 3.10.2 Grados de aclareos

En las cortas de aclareos se debe de tener en cuenta que en el rendimiento final del rodal no implica sólo la cantidad de productos sino también la calidad, por lo tanto, se tiene que variar la intensidad de las cortas (Fors y Reyes, 1947); además regular la intensidad para no afectar la diversidad biológica y la estructura futura del bosque (Monárrez-González *et al.*, 2018).

El grado de los aclareos tiene que ser sustentado de acuerdo con la condición del bosque, pues la severidad del aclareo está en función del rodal.

Por ello, hay dos aspectos que indican lo que se debe de cortar; la dominancia y la densidad, puesto que el criterio de la dominancia se concreta el "Cómo" y el criterio de densidad enfatiza el "Cuánto" (Cano, 1988).

### 3.10.3 Efectos de los aclareos

#### 3.10.3.1 Efecto en altura total

De acuerdo con Klepac (1976) el crecimiento en altura se ve influenciado mayormente por factores de genética y condiciones de suelo. De acuerdo con Cano (1988) los aclareos no influyen en la altura de los árboles.

#### 3.10.3.2 Efecto en diámetro

Los árboles crecen en dos direcciones: crecimiento longitudinal o primario, y el crecimiento radial o en diámetro (Cuende, 2019).

El crecimiento en diámetro es influenciado por causas ambientales, por la disponibilidad de espacio y cantidad de luz (Klepac, 1976). A través de los aclareos intensos, al reducir la densidad y al aumentar el espacio, el crecimiento secundario comienza a incrementarse considerablemente, pues una baja densidad en el rodal maximiza el incremento en diámetro (Zeide, 2004).

#### 3.10.3.3 Efecto en el Área Basal

El área basal es una característica más consistente del rodal, misma que se calcula con base en el diámetro (Klepac, 1976). Por ello los aclareos repercuten positivamente en la producción del área basal aumentando conforme las intensidades sean más fuertes (Chaves y Mora, 2010).

Por medio de los aclareos se consigue aumentar el rendimiento total del área tanto en cantidad de los árboles (Fors y Reyes, 1947), es por eso que la evaluación cuantitativa del área basal ayuda a organizar los ciclos de corta y la producción en el rodal (Delgado *et al.*, 2003).

#### 3.10.3.4 Efecto en el volumen

De acuerdo con Klepac (1976) el árbol tiene un incremento total en volumen manifestado en tres formas: volumen en madera; follaje, semillas y frutos; e incremento en transpiración. En el presente estudio se enfocará en la primera característica.

El crecimiento en volumen del árbol ocurre gradualmente con el incremento en diámetro y altura y aumenta hasta la muerte del individuo, sin embargo, si la cantidad de luz y espacio disponible para el árbol aumenta, el individuo se desarrolla mejor, por lo que el incremento en volumen se estimularía; por lo anterior, se decide aplicar aclareos para lograr este efecto positivo en el árbol, en consecuencia, en el rodal (Klepac, 1976; Daniel *et al.*, 1982).

#### 3.10.3.5 Efecto en el índice de esbeltez

Orzel (2007) menciona que existen actividades que permiten mejorar la estabilidad de los árboles minimizando los daños que éstos pueden sufrir, una de las acciones a realizar es conocer el índice de esbeltez de los árboles, este autor resalta su importancia y lo define como una medida de estabilidad, sobre todo en especies de coníferas.

El índice de esbeltez es una razón entre la altura y el diámetro; una vez aplicado un aclareo el diámetro aumenta en los árboles, por lo que el índice disminuye lo que incrementa la estabilidad del árbol (Nájera-Luna y Hernández-Hernández, 2008), lo que indica el vigor que el árbol tiene; los árboles más altos presentan un índice elevado (Domínguez, 2006).

El índice de esbeltez de un árbol es influenciado por las condiciones y el espacio que está ocupando (Orzel, 2007). Existen herramientas que generan modificaciones en esos valores como son los aclareos, ya que cambian la cantidad de espacio del árbol (Korzeniewicz *et al.*, 2019).

### 3.11 Trabajos afines

Solís *et al.* (2006) mencionan en su trabajo titulado efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México, la importancia de conocer los efectos de aclareos en un bosque de pino encino, con las especies de *Pinus leiophylla*, *Quercus crassifolia*, *Arbutus xalapensis* y *Juniperus deppeana*, principalmente. Este estudio tuvo la finalidad de conocer los efectos de dos tratamientos silvícolas tales como Método de Desarrollo Silvícola y Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares, en la diversidad estructural en el estrato arbóreo de la Sierra de la Candela, dentro de la Cuenca Alta del Río Nazas en Tepehuanes, Durango. Para ello, se establecieron dos parcelas de observación de 50 x 50 m, seleccionando los árboles a través del método estructural de cinco arboles obteniendo las mediciones de diámetro normal, altura total, longitud de copa, y radio de copa. Los resultados mencionan que los aclareos promueven la abundancia de *Pinus leiophylla*, mientras que las cortas de selección mantienen una mayor diversidad de especies.

Orzel (2007) realizó su evaluación en 400 parcelas circulares de 0.01 ha a 0.10 ha en el Distrito Federal de Nepolomice, Polonia. Midió 6,070 árboles, correspondientes a ocho especies arbóreas: *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Betula verrucosa*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* y *Larix decidua*, midiéndose el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de cada uno de los árboles, esto para estimar la esbeltez y la relación entre el índice de esbeltez, el DAP y la altura. Los resultados muestran que cada especie presenta un diferente valor de índice de esbeltez: *Pinus sylvestris* es el que presenta el menor valor medio (0.773) mientras que *Fraxinus excelsior* tuvo el mayor valor medio (1.047), además el índice de esbeltez de las especies se relacionó de manera negativa con respecto al diámetro a la altura del pecho y a la altura.

Kaźmierczak (2012) realizó un trabajo de investigación en el distrito forestal experimental de Zielonka, Polonia, con la finalidad de analizar el índice de esbeltez y la relación existente con más variables de medición, dependiendo de la posición biosocial y del espacio de crecimiento en especies de pinos en tres rodales con edad de 35, 50 y 88 años, por tal, se obtuvieron mediciones de diámetro a la altura del pecho, área de copa, altura total del árbol, y el cálculo del aumento de volumen durante un periodo de 10 años, y se determinó una posición biosocial a cada árbol, utilizando la clasificación de Kraft, posteriormente se comprobó la existencia de relaciones significativas a través del paquete Statistica 10.1. Los resultados muestran que conforme los árboles presentan alturas superiores los valores de índice de esbeltez disminuyen, además en el análisis de las edades encontró que conforme aumentan los años, el índice desciende y el número de las clases de copa tienden a disminuir.

Díaz *et al.* (2012) realizó un estudio en la propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado en la Precordillera andina, en Chile. Ahí evaluó un ensayo de cinco intensidades de aclareo con las siguientes cantidades residuales de arbolado: 300, 400, 500, 700, 1,070 árboles ha<sup>-1</sup>, en *Eucalyptus nitens*, en un rodal de 15 años, en 18 parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, establecidas bajo el diseño experimental bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las mediciones obtenidas fueron diámetro a la altura del pecho, la altura total, diámetro de copa, y otras variables. El propósito de este estudio fue conocer el efecto de los aclareos efectuados a los siete y nueve años, en el diámetro, altura, índice de esbeltez, en los índices de área potencialmente aprovechable, área de copas, y en las propiedades de la madera, entre otras características. Díaz (2012) encontró que los aclareos generan efecto en el diámetro, índice de esbeltez, área de proyección de copa y área potencialmente aprovechable, excepto en la variable altura.

Además, el índice de esbeltez presentó menores valores en los tratamientos con mayores intensidades de remoción.

Corral-Rivas *et al.* (2014) elaboraron una guía para el objetivo establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes forestales y a su vez, minimizar la presencia de errores, todo esto con la finalidad de diseñar una metodología estándar nacional con aplicación en zonas boscosas y tropicales; para realizar esta guía, recolectaron técnicas propuestas en México y en diferentes países. Esto es una muestra de la evaluación de la actividad silvícola en la República, para mejorar eficientemente las prácticas de esta índole. Corral-Rivas *et al.* (2014) mencionan una serie de recomendaciones de acuerdo con los tipos de vegetación para ejecutar mejores las evaluaciones, por ello, establecieron cuatro formatos para la obtención de datos y con estos poder generar información para el desarrollo y validación de modelos de crecimiento, así como conocer la productividad forestal y evaluar las condiciones a largo plazo.

Kaźmierczak *et al.* (2015), realizaron un estudio en un rodal del Distrito Forestal de Zielonka, Polonia; ahí talaron árboles del género *Pinus*, en una parcela de 1000 m<sup>2</sup>, obtuvieron las medidas de diámetro a la altura de pecho, área de copa, altura del árbol, longitud de fuste limpio, volumen seccional, además de calcular el incremento de volumen, y asignar una clase de copa a cada árbol de acuerdo a la clasificación de Kraft; todo esto, para procesar la información en paquetes estadísticos y así conocer la estabilidad del rodal a los 35 años de edad. Los resultados reportan que el diámetro, la altura y el volumen comerciable fueron las variables con mayor relación con el índice de esbeltez; las clases de copa repercuten en el índice de esbeltez del árbol, y se encontró que en un rodal joven existen muchas clases de copa, en su mayoría clases inferiores lo que causa altos índices de esbeltez en el rodal y baja estabilidad.



Bijak y Orzol (2018) analizaron la esbeltez de los árboles de rodales de *Robinia pseudoacacia* L. con respecto al tipo de hábitat, clase de edad, y la posición social de cada árbol; para ello, evaluaron 35 rodales: 18 rodales de bosques mixtos, y 17 rodales de bosques mixtos, pero con mayor proporción de *Robinia pseudoacacia*, todos ubicados en el Oeste de Polonia. En cada árbol se midió la altura total, altura de copa, longitud de copa, diámetro a la altura del pecho, y se le asignó una posición de clase de copa, utilizando la clasificación de Kfrat, posteriormente se calculó el índice de esbeltez, así como la clase de edad misma que fue tomada de una base de datos. Bijak y Orzol (2018) reportaron que los árboles con clases de copas inferiores presentan un índice de esbeltez mayor, a diferencia de los árboles dominantes. Las clases de copa y la edad presentan una alta significancia ( $p > 0.001$ ) con respecto al índice de esbeltez de *Robinia pseudoacacia* L.

Martínez *et al.* (2019) hacen una recopilación de sitios permanentes con diferentes objetivos: dar a conocer metodologías de establecimiento de los sitios; mostrar el desarrollo de trabajos de investigación con temas similares, y enseñar la evidencia histórica del monitoreo silvícola. Los sitios están formados por parcelas experimentales para la colecta de información, los cuales se comenzaron a establecer en 1950 hasta 2014, comprendiendo los municipios de Bocoyna, Guadalupe y Calvo, Guachochi y Madera. En el caso de Madera, fueron establecidos 100 sitios permanentes de Sitios Permanentes de Investigación Silvícola (SPIS), con la finalidad de determinar el desarrollo de la regeneración de *Pinus arizonica* bajo diferentes tratamientos de aclareos y árboles padre. Los resultados indican que las evaluaciones periódicas mostraron los efectos de las intervenciones silvícolas en los rodales, y las remociones fuertes generan un mayor incremento en volumen.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del área de estudio

El área del experimento se encuentra ubicado en una Pequeña Propiedad nombrada Rancho San José de la Joya en los lotes tres al ocho, perteneciente al C. Víctor Caballero Valencia, en Galeana, N. L. Este predio se encuentra entre las coordenadas  $24^{\circ} 51' 56''$  y  $24^{\circ} 54' 04''$  de latitud Norte; y los  $100^{\circ} 13' 08''$  y  $100^{\circ} 15' 30''$  de longitud Oeste, y el área de estudio se ubica precisamente en las coordenadas  $24^{\circ} 53' 20''$  de latitud Norte y  $100^{\circ} 15' 04''$  de longitud Oeste (Díaz, 2002).

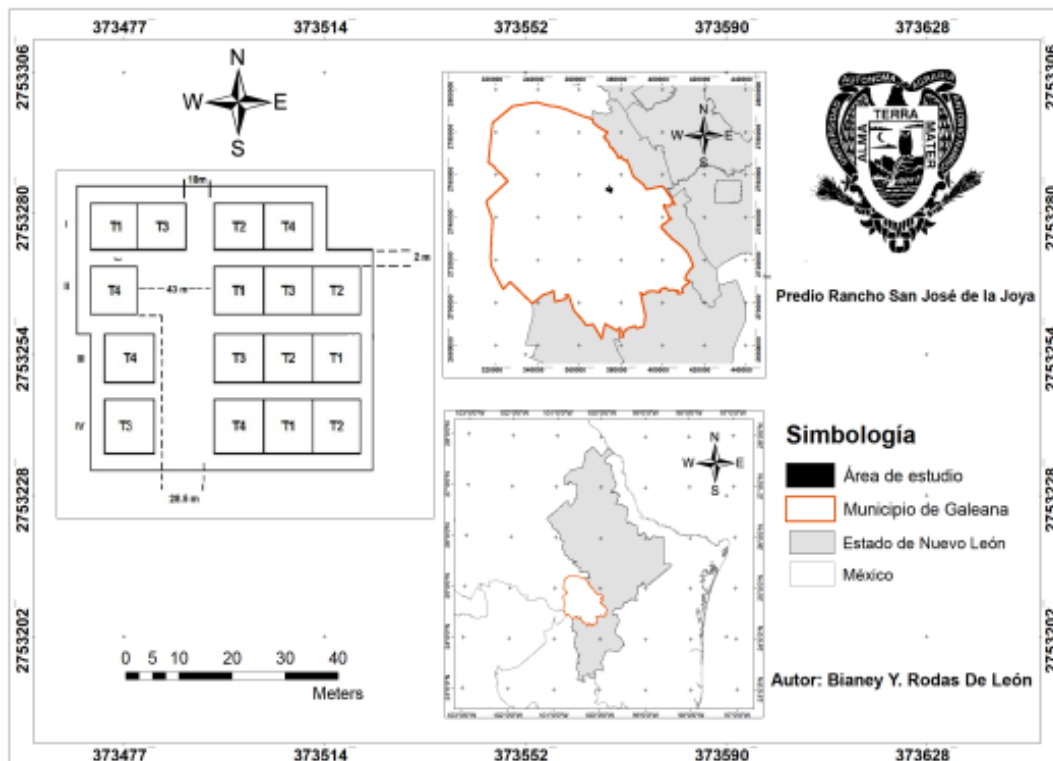


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el Predio Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L

## 4.2 Descripción del área de estudio

### 4.2.1 Fisiografía

De acuerdo con el INEGI (2010) el predio se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental y en la subprovincia Gran Sierra Plegada.

### 4.2.2 Hidrología

El área de estudio se halla en la región hidrográfica Bravo-conchos (RH24), ubicada en el Río Bravo-San Juan (RH24B) como cuenca hidrográfica y en la subcuenca R. Pilón (RH24Bh) (INEGI, 2010).

### 4.2.3 Geología

La clase de roca predominante en el predio es de tipo caliza, de clase sedimentaria, correspondiente a la era mesozoica (INEGI, 2010).

### 4.2.4 Suelo

El suelo que se encuentra en el área de estudio es leptosol (INEGI, 2010). De acuerdo con la clasificación de la FAO, éste es un suelo somero, por lo general, son gravillosos y/o pedregosos, y particulares de las zonas montañosas, apto para zonas de pastoreo y terrenos forestales (FAO, 2008).

### 4.2.5 Clima

De acuerdo con la información que proporciona el INEGI, en su serie VI, el clima que se presenta en el área de estudio es de tipo C (Wo) `x, correspondiente a un clima templado, subhúmedo, la temperatura oscila entre 12 y 18°C, la temperatura del mes más frío es de -3 a 18° C, y la más caliente es de 22°C (INEGI, 2014).

#### 4.2.6 Vegetación

En el predio se encuentran dos tipos de vegetación: el bosque de pino y vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino, siendo el primero el que predomina. Las especies de pino que ahí se hallan es *Pinus rudis* Endl. y *Pinus ayacahuite* Shaw (INEGI, 2010).

#### 4.3 Delimitación del área de estudio

El área de estudio fue delimitada por Díaz (2002) en el año 1995, siendo un sitio permanente de experimentación silvícola (SPEF), en el cual se aplicaron aclareos: el primero, en el año 1995, y el segundo, en el 2011. Se estableció para conocer el efecto de los aclareos ante cuatro intensidades de remoción en el incremento de las variables diámetro a 0.30 m, área basal, altura total, volumen e índice de esbeltez en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl.

El área de experimentación consta de una hectárea, las parcelas fueron establecidas de acuerdo a un diseño experimental de bloques al azar, se encuentran cuatro bloques; cada uno dividido en cuatro parcelas experimentales, a cada parcela se le asignó un tratamiento o porcentaje de remoción de manera aleatoria: el T1, siendo el testigo (0% de remoción); el T2, remoción baja (20%); T3, remoción media (40%) y T4, remoción fuerte (60%) (Díaz, 2002; Figura 2).

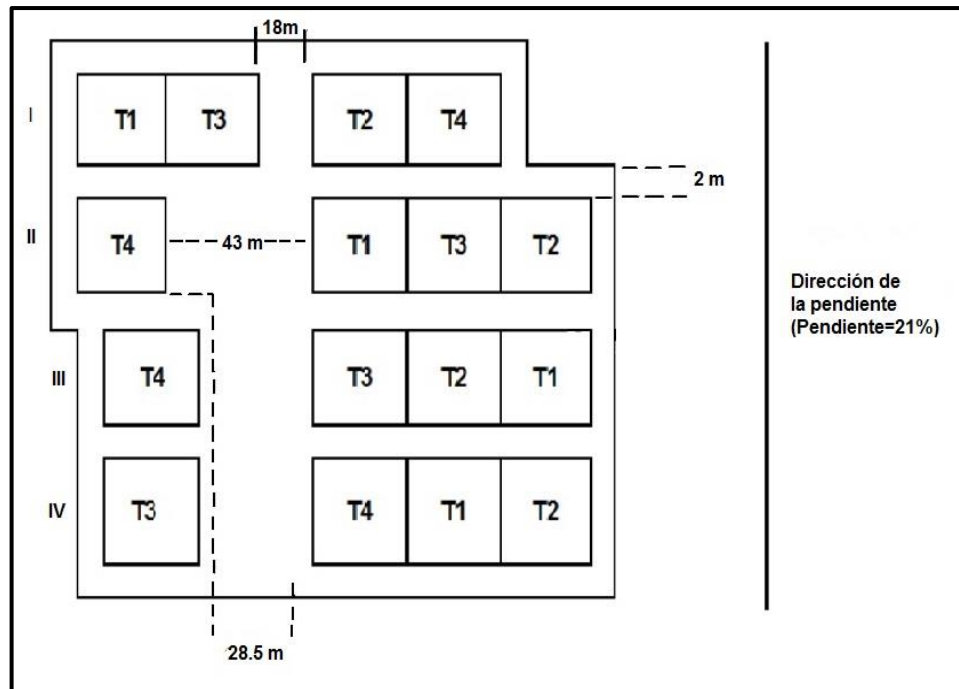


Figura 2. Diseño experimental de bloques completamente al azar con los cuatro tratamientos de aclareo en un rodal de *Pinus rudis* Endl. Galeana, N. L. (Díaz, 2002)

#### 4.4 Selección de árboles

Para evaluar el efecto de los aclareos en un árbol y en los rodales es importante conocer el incremento de cada árbol, antes y después del tratamiento silvícola. Por lo que se utilizó el análisis troncal (Klepac, 1976) para lo cual se realizó un muestro destructivo al derribarse árboles previamente seleccionados.

De acuerdo con la metodología de los aclareos y al arreglo del diseño experimental ya establecido, los árboles se seleccionaron con base en el aclareo por lo bajo (Daniel *et al.*, 1982) y en la clasificación de las clases de copas descritas por Kraft (1884), para efectos de este estudio se derribaron tres árboles de las clases de copa dominantes, codominantes e intermedios.

Cabe resaltar que en la elección de los árboles a derribar se verificó que cada árbol estuviese estrictamente en la posición social identificada, es decir, el árbol dominante tuvo que estar realmente bajo competencia.

En los cuatro tratamientos o porcentajes de remoción ( $T_1=0$ ,  $T_2=20$ ,  $T_3=40$  y  $T_4=60\%$ ) se seleccionaron tres árboles por cada clase de copa (dominante, codominante e intermedio) por lo que se derribaron un total de 36 árboles.

Antes de que el árbol se derribara se le midió su diámetro normal (DN) a la altura de 1.30 m y su diámetro basal (DB) con una cinta diamétrica.

Se empleó la técnica de derribo direccional con el fin de minimizar los impactos a los árboles adyacentes. El derribo se hizo con una motosierra marca Stihl a la altura de su base, posteriormente el árbol derribado se seccionó y se obtuvieron el mayor número de rodajas una vez derribado el árbol se midió la altura total con un longímetro.

#### 4.5 Troceo de árboles

Una vez derribado el árbol se hizo el desrame, después se trazaron los segmentos a ser cortados para este estudio y obtener las rodajas. Las rodajas se obtuvieron a cada 0.25 m de longitud y con un grosor de 5 cm cada una, lo anterior debido a que eran árboles en etapa de desarrollo juvenil y no perder el efecto de los anillos en caso de segmentarse a mayor distancia. Este procedimiento se inició desde la base del árbol en dirección al ápice, en seguimiento de la metodología descrita por Carrillo (2008).

En la parte inversa de cada rodaja se anotaron los datos de identificación: bloque, tratamiento, clase de copa y sección o altura del corte, posteriormente cada árbol fue guardado en un costal de rafia con datos de identificación para trasladarlos a la UAAAN.

#### 4.6 Conteo y medición de anillos

Cada rodaja fue tallada con una lija de diferentes granos para madera colocada sobre un pulidor eléctrico, posteriormente se le aplicó diésel para la visibilidad de los anillos en las rodajas.

La medición fue anillo por anillo para medir el incremento anual, para ello se usó una regla graduada en milímetros y con un lápiz se indicó exactamente el centro de la médula; después se trazó una recta con respecto al diámetro uniendo dos puntos de la periferia y sobre esa línea se hicieron las mediciones del diámetro con corteza, diámetro sin corteza y el diámetro de cada anillo. Las mediciones se capturaron en una hoja de registro en formato Microsoft Excel 2013, cabe mencionar que se fechó cada anillo anual con el propósito de localizar los años de aplicación de los tratamientos.

El incremento anual en diámetro se manifiesta en los anillos de crecimiento, cada árbol produce un anillo anual de crecimiento, aunque puede ocurrir que se produzcan varios anillos, los cuales se reconocen como anillos falsos que se forman por varias causas, por lo anterior, fue necesario realizar más de un conteo de anillos en cada rodaja, así como verificar que cada anillo anual de crecimiento estuviera completo y visible en toda su circunferencia.

#### 4.7 Procesamiento de datos

Para definir los mejores trabajos silvícolas en un determinado lugar es necesario conocer el incremento que se ha dado a raíz de estas prácticas (Klepac, 1976). Por ello, con los datos, se procedió a calcular dos tipos de incremento: el incremento corriente anual (ICA) definido como el crecimiento de un árbol o bosque en el transcurso de un año; y el incremento medio anual (IMA) que es el promedio del incremento total del cociente de las dimensiones de un árbol o bosque y su edad (Klepac, 1976).

Dichos incrementos se estimaron para la altura, el diámetro a 0.5 m, el área basal en 0.5 m y el volumen, además de calcular el índice de esbelteza 0.5 m.

Para el área basal se utilizó la siguiente fórmula:

$$AB = (D^2 * 0.7854)$$

Donde:

AB: Área basal (m<sup>2</sup>)

D: Diámetro a 0.5 m (m)

En cuanto al volumen del árbol solo se calculó para el fuste y se utilizó una metodología para especies como lo muestra la Figura 3 con un tallo principal (Burkhardt y Tomé, 2012).

Se tomaron en cuenta los tipos dendrométricos descritos por Román *et. al.* (1994), quien describió fórmulas y en este estudio se emplearon cuatro de ellos: el neiloide truncado, cilindro, paraboloides truncado, y el cono truncado.



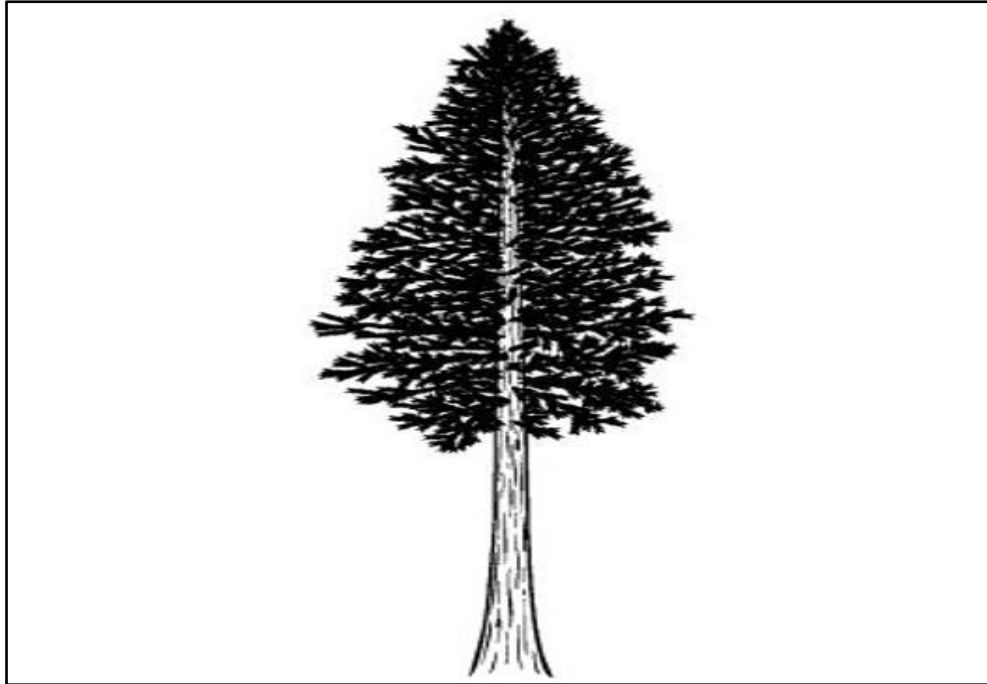


Figura 3. Forma de copa excurrente del árbol (Burkhart y Tomé, 2012).

Las fórmulas correspondientes a los cuerpos geométricos descritos por Roman *et. al* (1994) se describen a continuación:

Volumen del neiloide truncado  $V = \frac{H}{4} (S_0 + S_1 + \sqrt[3]{S_0 S_1} (\sqrt[3]{S_0} + \sqrt[3]{S_1}))$

Volumen del cilindro  $V = S_0 H$

Volumen del paraboloides apolónico truncado  $V = H \left( \frac{S_0 + S_1}{2} \right)$

Volumen del cono truncado  $V = \frac{H}{3} (S_0 + S_1 + \sqrt{S_0 S_1})$

Donde:

$H$  = Altura de la sección del cuerpo dendrométrico.

$S_0$  = Medida de la base mayor del cuerpo.

$S_1$  = Medida de la base menor del cuerpo.

Una vez determinado el volumen para cada sección de los árboles, se sumaron los volúmenes y se determinó el volumen para cada individuo.

En cuanto al cálculo de ICA e IMA de la altura, diámetro, área basal y volumen, se usaron las siguientes fórmulas propuestas por Klepac (1976) y Carrillo (2008):

$$ICA_{\text{altura}} = \frac{\text{Altura 2} - \text{Altura 1}}{\text{Edad 2} - \text{Edad 1}}$$

$$IMA_{\text{altura}} = \frac{\text{Altura}}{\text{Edad}}$$

$$ICA_{\text{diámetro}} = \frac{\text{Diámetro 2} - \text{Diámetro 1}}{\text{Edad 2} - \text{Edad 1}}$$

$$IMA_{\text{diámetro}} = \frac{\text{Diámetro}}{\text{Edad}}$$

$$ICA_{\text{Área Basal}} = \frac{\text{Área Basal 2} - \text{Área Basal 1}}{\text{Edad 2} - \text{Edad 1}}$$

$$IMA_{\text{Área Basal}} = \frac{\text{Área Basal}}{\text{Edad}}$$

$$ICA_{\text{Volumen}} = \frac{\text{Volumen 2} - \text{Volumen 1}}{\text{Edad 2} - \text{Edad 1}}$$

$$IMA_{\text{Volumen}} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Edad}}$$

Por otra parte, el índice de esbeltez se define como una relación existente entre la altura del árbol (m) y el diámetro (cm) (Cremer *et al.*, 1982; Sosa y Rodríguez, 2003).

Por ello, la fórmula a utilizar fue la siguiente:

$$I. E = \frac{H \text{ (m)}}{D \text{ (cm)}}$$

Donde:

I.E: Índice de esbeltez.

H: Altura de cada sección del árbol (m)

D: Diámetro del anillo encontrado a la altura de 0.5 m (cm)

Debido a que las rodajas fueron obtenidas a cada 0.25 m de la longitud del árbol se obtuvo un índice de esbeltez para cada año, para lo cual se utilizó el diámetro del anillo correspondiente para ese año situado a 0.5 m de altura, y el valor de la altura fue variable, pues se utilizó la medida máxima que alcanzó el árbol en el respectivo año. Lo anterior para evaluar la sensibilidad del índice de esbeltez a las intervenciones por los aclareos y cómo se comporta en cada tratamiento y clase de copa.

#### 4.8 Análisis estadístico

Para el procesamiento de la información se diseñó una base de datos, conteniendo datos de tratamiento, clase de copa y año, con sus respectivos valores de las variables altura, diámetro, área basal, volumen e índice de esbeltez, que incluyó los valores de incrementos de las primeras cuatro variables. La base de datos se ingresó al programa Statistica V. 7 con los datos promedios de cada variable.

Se empleó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 4 x 3 x 21. El primer factor corresponde a los cuatro tratamientos (0, 20 , 40 y 60 % de remoción), el segundo, se refiere a las clases de copas (dominante, codominante e intermedio) y el tercer factor hace referencia a los años analizados de 1997 a 2017. El análisis estadístico se hizo con el programa STATISTICA versión 7.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente (Steel y Torrie, 1986):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : Es la *ijk-ésima* observación en el *i-ésimo* nivel del factor A con el *j-ésimo* nivel del factor B y en el *k-ésimo* nivel del factor C.

$\mu$ : Es la media general

$\alpha_i$ : Es el efecto producido por el nivel *i-ésimo* del factor A.

$\beta_j$ : Es el efecto producido por el nivel *j-ésimo* del factor B.

$\gamma_k$ : Es el efecto producido por el nivel *k-ésimo* del factor C.

$\alpha\beta_{ij}$ : Es el efecto de la interacción del nivel *i-ésimo* del factor A con el nivel *j-ésimo* del factor B.

$\alpha\gamma_{ik}$ : Es el efecto de la interacción del nivel *i-ésimo* del factor A con el nivel *k-ésimo* del factor C.

$\beta\gamma_{jk}$ : Es el efecto de la interacción del nivel *j-ésimo* del factor B con el nivel *k-ésimo* del factor C.

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ : Es el efecto de la interacción del nivel *i-ésimo* del factor A con el nivel *j-ésimo* del factor B y en el nivel *k-ésimo* del factor C.

$\epsilon_{ijk}$ : Error experimental.

En los casos en que se encontraran diferencias tanto para factores y/o para las interacciones y que fueran significativas al  $\alpha = 0.05$ , se procedió a realizar un análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Crecimiento en altura total en el periodo 1997-2017

El análisis de varianza para el crecimiento en altura total en los años 1997-2017 encontró que en los factores tratamiento, clase de copa y años hubo diferencias mismas que fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ , respectivamente); de igual manera, se encontró que en la interacción de los factores tratamiento y clase de copa hubo efecto de la interacción misma que fue altamente significativa ( $Pr > 0.001$ ).

En contraparte, en las interacciones de los factores tratamiento con año como en las interacciones clase de copa con año, y tratamiento con clase de copa y año, no se encontró significancia ( $Pr > 1$ ,  $Pr > 1$ ,  $Pr > 1$ , respectivamente).

Los resultados anteriores contrastan con los obtenidos por Rosas (2013) quién encontró que en el factor tratamiento no se presentó diferencias significativas ( $P > 0.11854$ ), este autor realizó su evaluación en el mismo lugar que el presente estudio con las mismas intensidades de remoción en los tratamientos, con la diferencia que las rodajas se obtuvieron a una distancia de 1 m de altura, por lo que, a esa distancia se pudo haber perdido el efecto de los aclareos, mientras que en el presente estudio las distancias fueron de 0.25 m.

En cuanto al análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el factor tratamiento mostró tres grupos de medias: donde, el primer grupo con menores valores de media, está conformado por los tratamientos 20 % y 40 % (5.32 m y 5.54 m, respectivamente), el segundo corresponde al 0 % (5.96 m) y el último grupo con el valor mayor de media fue el 60 % (6.65 m) (Anexo 1; Figura 4).

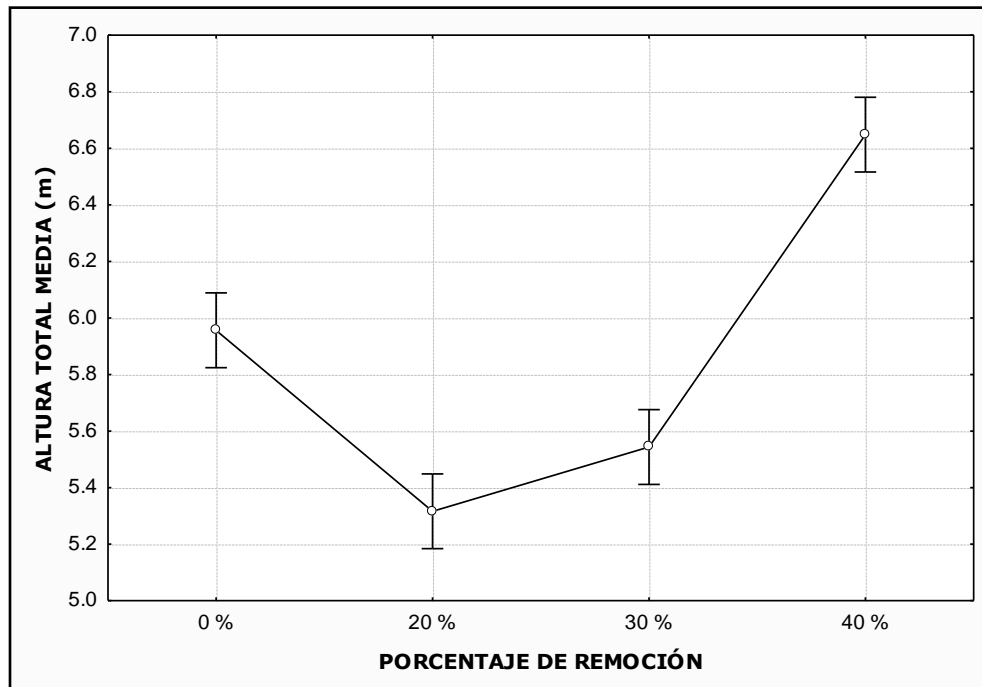


Figura 4. Altura total media en el factor tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Dentro de los tres grupos diferentes, el 0 % y el 60 % son los que presentan los valores más altos, el de mayor remoción y el que no fue intervenido, aunque el 60% es el que presenta los árboles más altos.

Los resultados anteriores son similares a los reportados por otros autores: tal es el caso de Díaz (2002) quien menciona que los aclareos no generan repercusión en el crecimiento e incremento de altura de los árboles en el rodal, ya que, de acuerdo con los análisis de covarianza y varianza no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos.

Rosas (2013) tampoco encontró diferencias significativas el autor indicó que en el factor tratamiento, el 20 % fue el que muestra un mayor valor. Así también Vázquez (2015) menciona que tampoco encontró diferencias significativas en la misma área de estudio, sin embargo, este autor reportó que el tratamiento con mayor valor medio fue el 60 %.

Por su parte, Garcés (2018) en la evaluación que efectuó determinó los efectos de los aclareos a seis años de su aplicación en el rodal de *Pinus rudis* Endl., en la misma área de estudio del presente trabajo. El citado autor encontró que la altura promedio por árbol en el factor tratamiento no presentó diferencias significativas ( $P > 0.3556$ ) aunque los tratamientos que presentaron mayor valor de altura fueron el 20 % y el 60 %, cabe aclarar que Garcés (2018) obtuvo sus datos a través de mediciones directas en arbolado vivo, debido a las diferentes metodologías empleadas puede presentarse discrepancia en los resultados al presente estudio.

Con respecto a la variación de los tratamientos que presentan el mayor valor de altura, Daniel *et al.* (1982) atribuyen lo anterior a que la apertura de espacio a través del manejo de la densidad genera un crecimiento en diámetro, minimizando el aumento de la altura, por lo que, no se ve afectada por los efectos de los aclareos.

Por otra parte, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor clases de copa mostró tres grupos: el primero, corresponde a la clase de copa intermedia (3) (4.42 m) que tuvo el valor más bajo; el segundo, para la clase codominante (2) (6.26 m) y el tercero, a la clase dominante que tuvo el valor más alto, (6.91 m), (Anexo 2; Figura 5).

La prueba de Tukey encontró que todas las clases de copas fueron diferentes esto concuerda con Bijak y Orzol (2018) ya que mencionan que en los rodales están presentes las diferentes clases biosociales de los árboles.

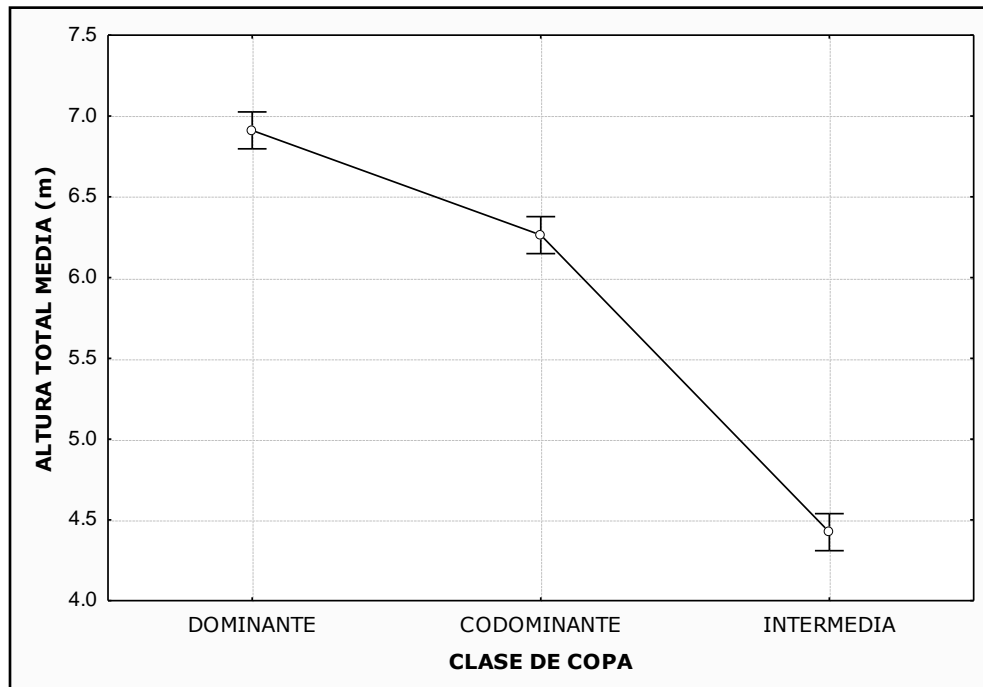


Figura 5. Altura total media por clases de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. En el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

En cuanto al factor año, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó que existen 17 grupos de medias; el primer grupo, con los valores más bajos de medias, de los cuales el de menor valor fue el año 1997 (2.6458 m) y en el último grupo se encontró el año 2017, el cual presentó el valor de media más alto (9.0417 m) (Anexo 3; Figura 6).

Se percibe el comportamiento del crecimiento en altura de los árboles, sin embargo, también es importante resaltar que el grado de inclinación ascendente de la recta muestra una uniformidad indicando que los aclareos no han repercutido en el crecimiento de esta variable.



Korzeniewick (2019) en su trabajo evaluó *Larix decidua* en un rodal de 30 años sin manejo silvícola, el autor resalta la importancia de conocer el crecimiento en los diferentes años y que el crecimiento en altura estará ocurriendo, pues son procesos fisiológicos y naturales de los árboles, mismo comportamiento que se observa en la Figura 6.

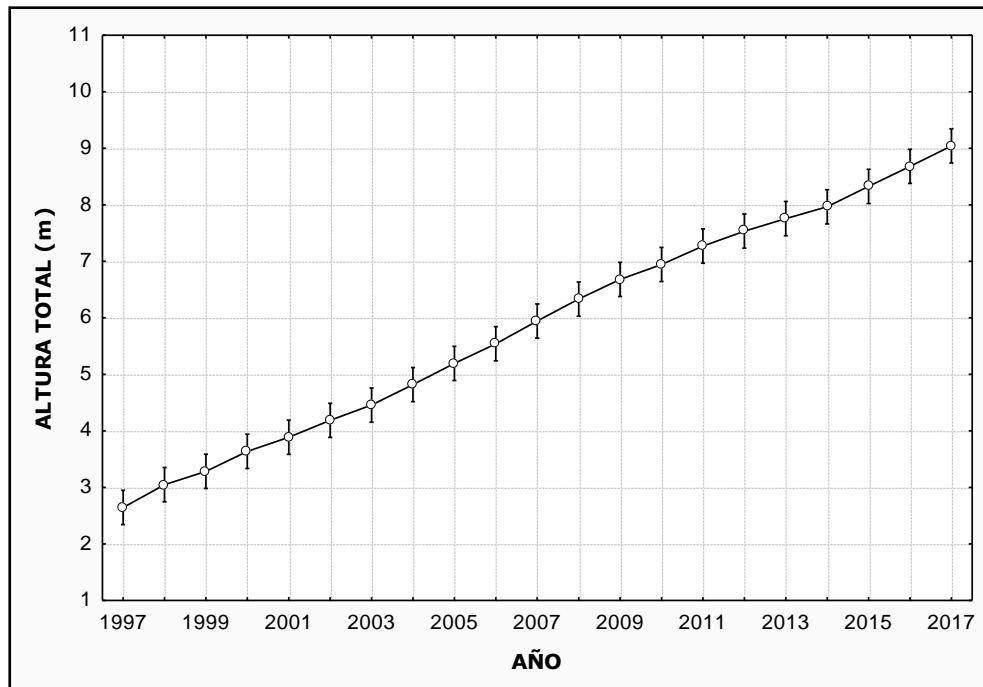


Figura 6. Altura total media por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

El análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa, mostró seis grupos de medias: el grupo con el valor de media más bajo correspondió al grupo cinco, referente a la interacción 20% de remoción por clase de copa intermedia (3.8175 m), mientras que el grupo seis posee el valor de media más alto con la interacción 60% de remoción por clase de copa dominante (8.5722 m) (Anexo 4; Figura 7).

Es importante resaltar la gran repercusión que tienen las clases de copas en los diferentes tratamientos, ya que las últimas interacciones que describe el cuadro se refieren a las clases de copa dominante y codominante con los diferentes tratamientos y los valores más bajos corresponden a las interacciones donde ocurre la clase de copa intermedia. Lo anterior se relaciona con lo mencionado por Bijak y Orzol (2018) y Pérez (2016), ya que mencionan que en los rodales coetáneos siempre estarán presentes las clases biosociales y la diversidad estructural.

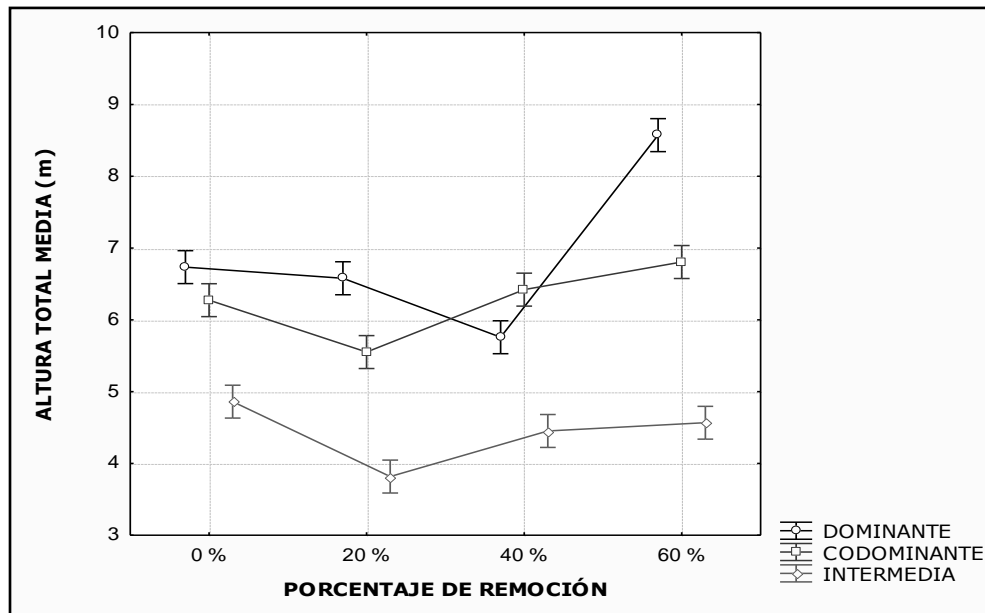


Figura 7. Altura total media por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. en Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

## 5.2 Incremento en Altura total en el periodo 1997-2017

El análisis de varianza realizado para el incremento en altura en el periodo 1997-2017, muestra que en el factor año se encontraron diferencias altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ), mientras que para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa fue solo significativa ( $Pr > 0.017$ ).

Por lo contrario, para el factor tratamiento y el factor clase de copa no se encontraron diferencias significativas ( $Pr > 0.702$ ,  $Pr > 0.110$ , respectivamente) tampoco en las interacciones de los factores tratamiento y año, clase de copa y año, ni en tratamiento, clase de copa y año ( $Pr > 0.560$ ,  $Pr > 0.090$ ,  $Pr > 0.076$ , respectivamente).

Los resultados coinciden con Díaz (2002), ya que no encontró diferencias para el factor tratamiento; por su parte, Rosas (2013) menciona que en el factor tratamiento no hubo diferencias, tal como, en el presente estudio, esto debido a que la aplicación de estos tratamientos silvícolas no repercute en el incremento en altura, Daniel *et al.*, (1982) mencionan que la altura no se ve afectada por la densidad. De igual manera, los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por Vásquez (2015) puesto que no encontró diferencias significativas para este factor, con respecto al valor de las medias, el mayor valor de incremento se encontró en el tratamiento 40 % seguido del 60 %.

En el análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) en el factor año, se observan tres grupos: el primer grupo, contiene los años con los valores de medias más bajos, específicamente, el año 2014 presentó el de menor incremento (0.2083 m); por otra parte, en el tercer grupo se encuentran los valores más altos, siendo el año 2007, el que presentó un mayor incremento de todos los años con 0.4028 m (Anexo 5; Figura 8).

La prueba de Tukey indica tres grupos que comparten muchos valores entre los años; el incremento aumenta y disminuye constantemente, pero a partir de los años 2007 la inclinación de la curva presenta una descendencia, sin embargo, en el año 2015 hay un aumento notorio de incremento (Figura 8), todo el comportamiento puede deberse a lo propuesto por Klepac (1976) quien menciona que los individuos de la misma especie muestran incrementos muy distintos, los valores están influenciados por el componente genético, ya que algunos árboles muestran incrementos dos o tres veces mayor que otros.

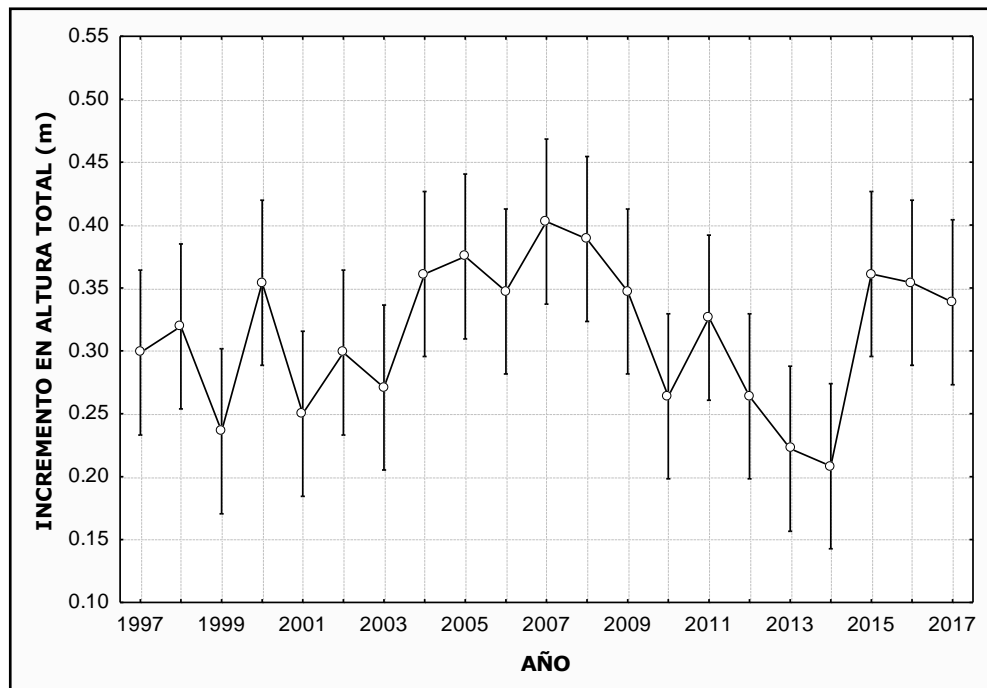


Figura 8. Incremento promedio en altura total por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

El análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa, mostró un solo grupo de medias, comprendiendo todas las interacciones con sus respectivos valores de medias, los valores van de 0.2540 m a 0.3610 m (Anexo 6; Figura 9).

En los valores de las interacciones, en el nivel de cero remoción, el valor de la clase intermedia fue el valor más alto de incremento a diferencia de las otras dos copas, inclusive de los dominantes, lo que se espera es que en los cuatro tratamientos los dominantes tengan los valores más altos, no obstante, en estos resultados está implícito la edad, entonces lo anterior puede deberse a que en años anteriores los intermedios se encontraban en dominancia pues de acuerdo con Daniel *et al.* (1982) algunos individuos cambian de posición biosocial con el paso del tiempo.

Con respecto al trabajo reportado por Rosas (2013) los resultados contrastan, puesto que, de acuerdo con sus resultados las clases de copa intermedia son las que tuvieron los valores más altos de incremento en los tratamientos 20, 40 y 60 %, quizá porque al paso del tiempo algunos árboles cambian de posición sociológica (Daniel *et al.*, 1982).

Bijak y Orzol (2018) manifiestan que en condiciones naturales siempre estarán presentes las diferentes clases de copas, por lo que, para evitar proyecciones y conclusiones erróneas es recomendable analizar efectos a nivel árbol, lo anterior coincide con el presente estudio, ya que se evaluó valor promedio por árbol, esto también permite conocer la competencia intraespecífica que existe entre los diferentes tratamientos (Del Rio *et al.*, 2014).

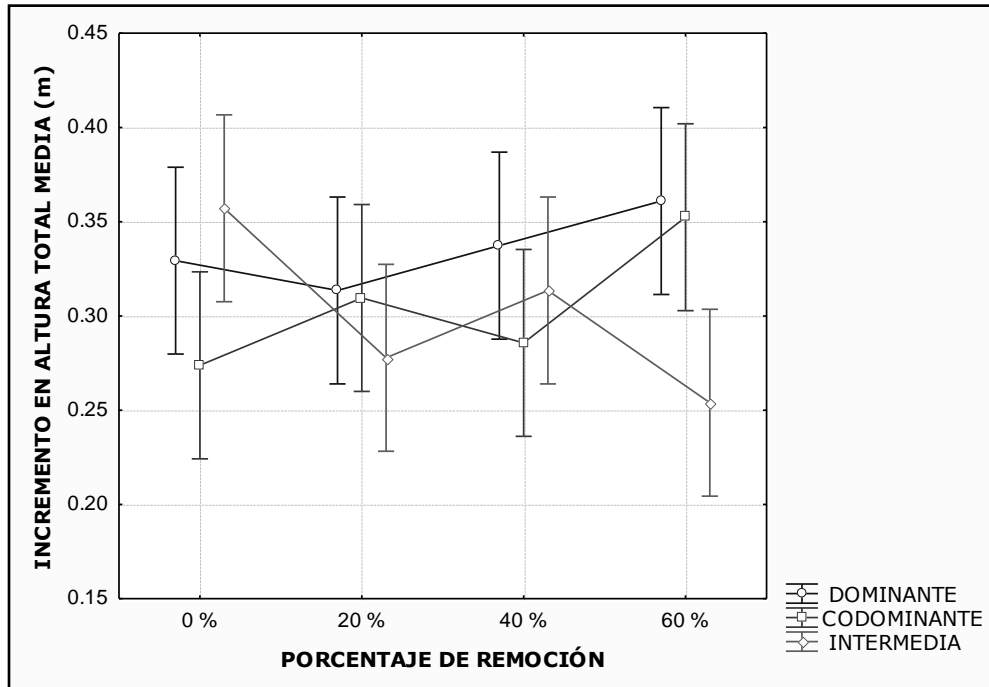


Figura 9. Incremento promedio en altura total por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

### 5.3 Diámetro promedio a 0.5 m en los años 1997-2017

El análisis de varianza hecho para el diámetro a 0.5 m encontró que para los factores tratamiento, clases de copa y años, hubo diferencias y fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ;  $Pr > 0.001$ ;  $Pr > 0.001$ , respectivamente); también, se encontró que para la interacción entre los factores tratamiento y clase de copa hubo efecto de interacción misma que fue altamente significativa ( $Pr > 0.0001$ ).

En contraparte, en las interacciones entre los factores de tratamiento y año no se encontró significancia ( $Pr > 0.104$ ), así como, en los factores clase de copa y año ( $Pr > 1$ ) ni para la interacción de los factores tratamiento, año y clase de copa ( $Pr > 1$ ).

Por lo anterior, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor tratamiento mostró cuatro grupos de medias; donde el primer grupo con menor valor de media estuvo conformado por el 20 % (5.5241 cm), el segundo correspondió al 0 % (5.8836 cm), el tercero constituido por el 40 % (6.7394 cm) y el último grupo con el mayor valor de media fue el 60 % (9.0167 cm) (Anexo 7; Figura 10).

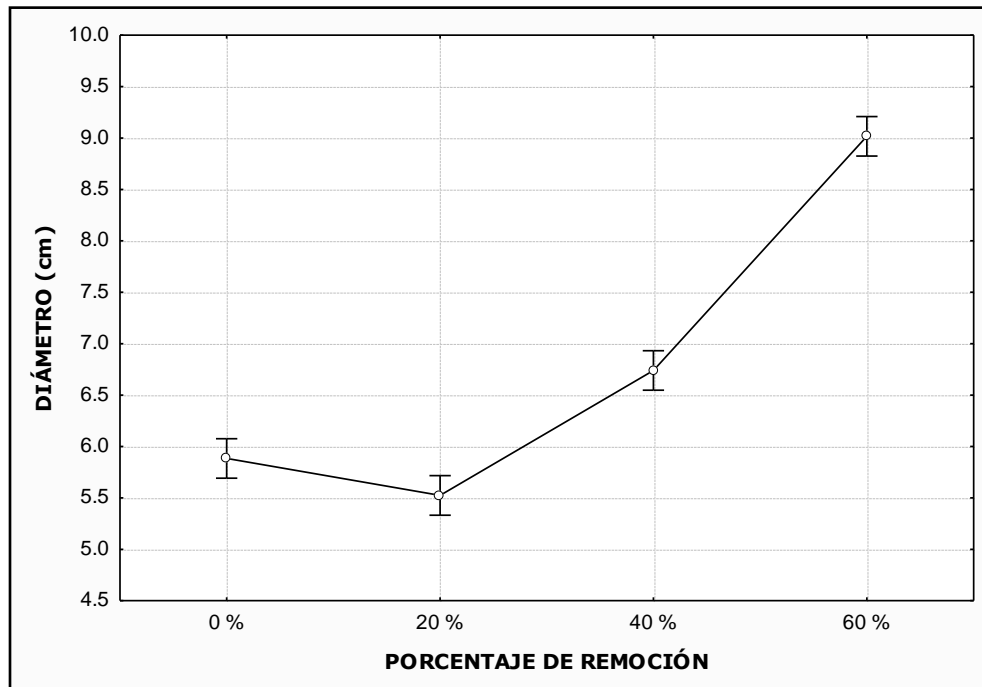


Figura 10. Análisis de medias en el factor tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

Es interesante conocer que los cuatro tratamientos pertenecen a grupos diferentes y es importante resaltar que el 60 %, con el porcentaje de remoción más alto presentó un valor alto de diámetro en comparación con los otros tratamientos esto puede deberse a que Bijak y Orzol (2018) aluden que el crecimiento en diámetro se debe al aumento del espacio derivado de la aplicación de los aclareos.

Así también Daniel *et al.* (1982) y Muñoz *et al.* (2005) mencionan que los aclareos repercuten en el crecimiento de los árboles pues el diámetro incrementa a mayor espacio disponible y las diferencias son mayores con la edad.



Díaz (2002) evaluó el efecto de los aclareos en la misma área de estudio del presente trabajo; los árboles se encontraban en etapa de brinzal y de acuerdo con sus respuestas, el tratamiento 60 % mostró valores más altos de diámetro en el primer año de evaluación, no obstante, en el cuarto año, el mayor diámetro se presentó en el tratamiento 20 %.

Rosas (2013) también evaluó los efectos de los aclareos y de acuerdo al análisis de varianza mostró alta significancia en el factor tratamiento y en la prueba de Tukey el tratamiento 0 % presentó el más alto valor de promedio en diámetro; efecto totalmente contradictorio a los obtenidos al presente, cabe mencionar que Rosas (2013) obtuvo sus datos a través de análisis troncales en el año 2012, un año después a la aplicación de los aclareos, por lo que, es muy probable que este autor haya evaluado el crecimiento de los árboles sin conocer aún el efecto de los aclareos, he ahí la posible razón de los contrastes de resultados.

También se difiere con Vázquez (2015) puesto que sus resultados mostraron que en el factor tratamiento, el diámetro no presentó diferencias significativas, sin embargo, coincide en que el tratamiento 60 % presentó el mayor diámetro promedio.

Con lo anterior, se comprueba la afirmación dicha por Daniel *et al.* (1982) en referirse al crecimiento en diámetro como uno de los factores importantes sobre los cuáles el técnico forestal puede ejercer un considerable control, a través de la manipulación de la densidad del rodal.

Por otra parte, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el factor clase de copa mostró dos grupos de medias: el primer grupo, formado por las clases de copa dominante y codominante los cuales presentan los valores más altos (7.8573 y 7.6133 cm, respectivamente), mientras que, en el segundo grupo se encontró la clase de copa intermedia con el valor de media más bajo (4.9022 cm) (Anexo 8; Figura 11); con estos resultados se asevera que los dominantes y codominantes responden mejor a los aclareos en la variable diámetro.

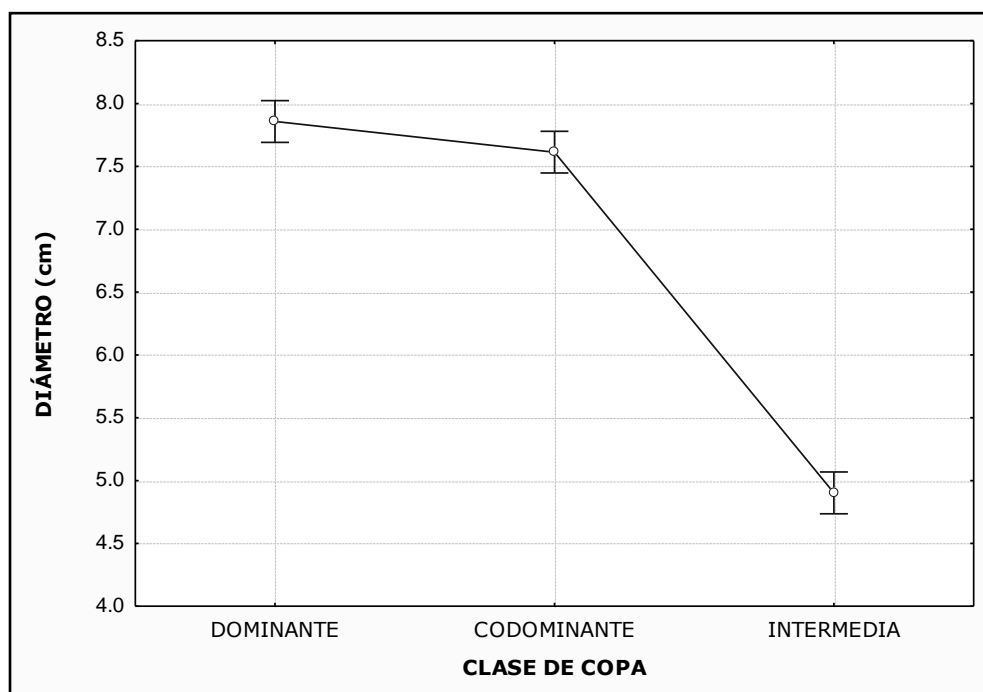


Figura 11. Diámetro promedio a 0.5 m por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Estos resultados se relacionan con lo reportado por Kaźmierczak *et al.* (2011) también concuerdan en que las clases de copas muestran diferencias altamente significativas ( $P>0.001$ ), además, estos autores observaron la relación de la posición biosocial de los árboles con el diámetro de los individuos.

Por su parte, Korzeniewicz (2019) hace énfasis en los efectos positivos de aclareos pues en su estudio en el rodal de *Larix decidua* Mill, sin intervenciones silvícolas, menciona que un terreno forestal sin intervenciones presenta un diámetro bajo pues para la edad de los 30 años, los valores son de 13.30 y 9.48 cm, para los dominantes y codominantes, respectivamente, mientras que en condiciones bajo manejo los valores aumentan.

Por otra parte, en la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor año resultó 16 grupos de medias: el primer grupo comprendió los valores de medias más bajos, resaltando que el año 1997 con el menor valor (3.9111 cm) y en cuanto al valor de media más alto correspondió al año 2017 (9.3972 cm) ubicado en el último grupo (Anexo 9; Figura 12).

El comportamiento de los valores en los años presenta un aumento uniforme, suceso natural pues los árboles presentan un aumento en diámetro conforme pasan los años. Además, el anexo muestra los grupos de medias y se observa que existen cuatro grupos completamente diferentes entre sí, en el cual se observa que a cada o cinco años se forma uno nuevo.

Kaźmierczak *et al.* (2011) coinciden en la alta significancia que tuvo el factor año en la variable diámetro, lo que demuestra estadísticamente la repercusión del tiempo en esta variable.

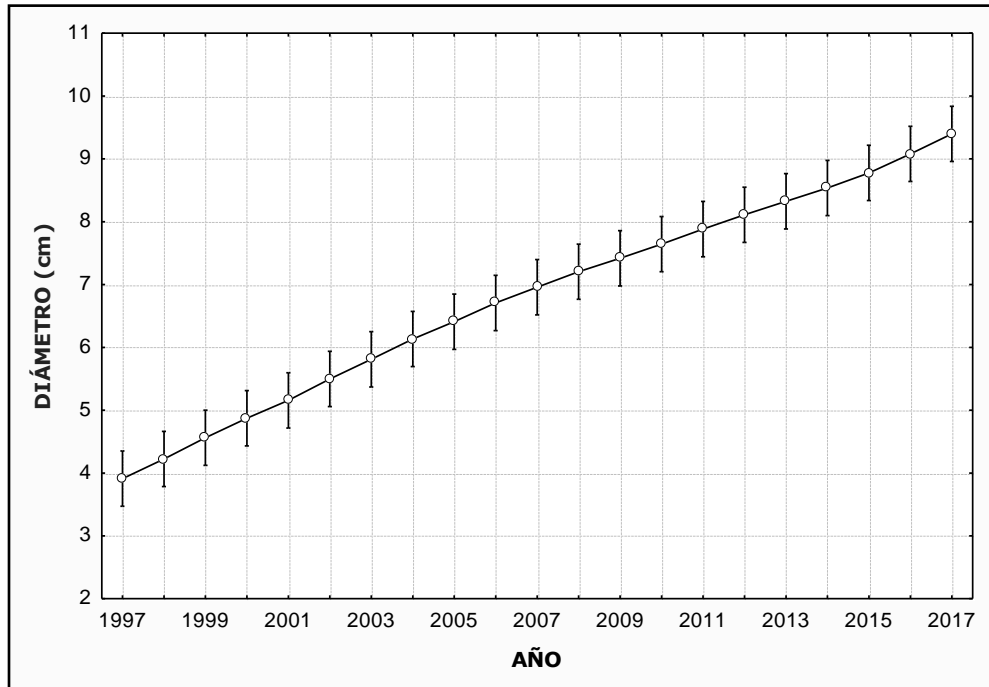


Figura 12. Diámetro a 0.5 m promedio por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

En cambio, y mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en la interacción tratamiento con clase de copa, indicó que existen seis grupos de medias: el cuarto grupo contiene los valores de medias más bajos correspondientes a las interacciones 0 % con la clase intermedia y 20 % con clase intermedia, (4.1230 y 4.5833 cm, respectivamente). Por otra parte, el último grupo comprendió los valores de medias más altos mismos que correspondieron a las interacciones 60 % con la clase de copa dominante y el 60 % con la clase codominante (10.8841 y 10.5563 cm, en ese orden) (Anexo 10; Figura 13).

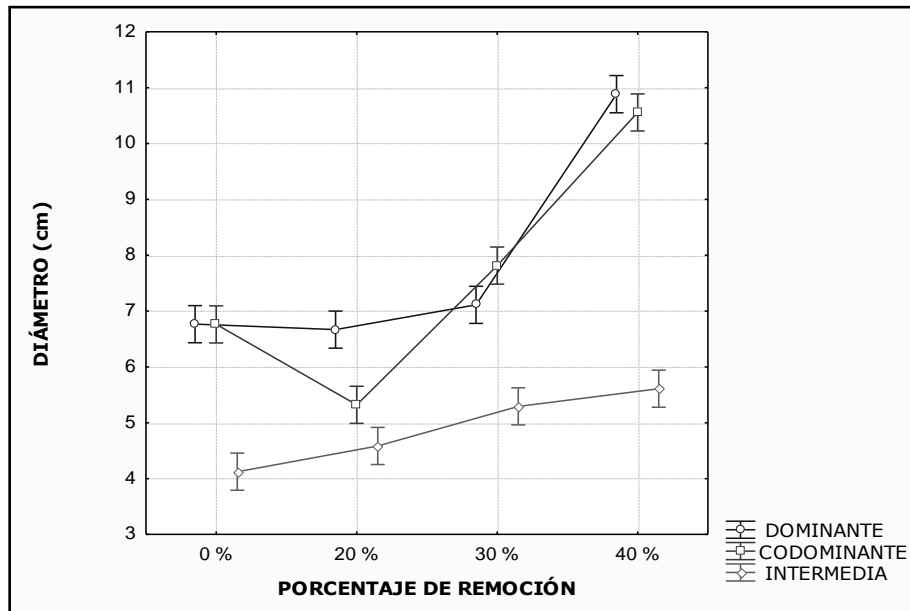


Figura 13. Diámetro a 0.5 m promedio por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Se observa que las copas intermedias presentaron valores muy bajos en los cuatro tratamientos, por lo que, no se fueron afectadas ante los aclareos, por otra parte, hay dos grupos de medias totalmente diferente entre ellas; el primero formado por las clases dominantes y codominantes de los tratamientos 0, 20 y 40 %, y el segundo, por las de dominantes y codominantes del 60 % con valores muy altos, una vez más el porcentaje de mayor remoción presentó mejores resultados.

Rosas (2013) en la interacción de los factores tratamiento con clase de copa, el grupo con mayor valor de media en diámetro a 0.30 m fue para el 0 % con la clase dominante y el valor más bajo se encontró en el 60 % con la clase intermedia; resultados que difieren al presente estudio y puede atribuirse a que Rosas (2013) obtuvo los datos en el año 2012, un año después de la aplicación del segundo aclareo por eso, se asevera que no encontró los efectos pues el rodal aun presentaba su comportamiento natural.

#### 5.4 Incremento en Diámetro a 0.5 m en el periodo 1997-2017

El análisis de varianza para el incremento en diámetro a 0.5 m en el periodo 1997-2017 encontró que para los factores tratamiento, clases de copa y años hubo diferencias y fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ , respectivamente); asimismo, se encontró que hubo efecto en las interacciones entre los factores tratamiento y clase de copa, y clase de copa y año, y éstos fueron altamente significativos ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.002$ ).

En contraparte, en las interacciones entre los factores de tratamiento y año no se encontró significancia ( $Pr > 0.389$ ), al igual que en la interacción del factor tratamiento, año y clase de copa ( $Pr > 0.207$ ).

En el caso del factor tratamiento, los resultados del presente estudio son contradictorios a los obtenidos por Rosas (2013), ya que el autor menciona que en su estudio no se encontraron diferencias, además señaló que no hubo efecto en la interacción tratamiento con clase de copa.

Con respecto al análisis de comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el factor tratamiento mostró tres grupos; el primero, compuesto por el 0 y el 20 % (0.2103 y 0.2288 cm, respectivamente), el segundo grupo constituido por el 40 % (0.3127 cm), y el tercero correspondió al 60 % (0.3765 cm) (Anexo 11; Figura 14).

Se puede notar fácilmente que el 60 % presentó el mayor incremento en diámetro, también el 40 %, con el segundo valor más grande, tratamientos que representan los de mayor remoción, resultando más favorables en este tipo de rodales.

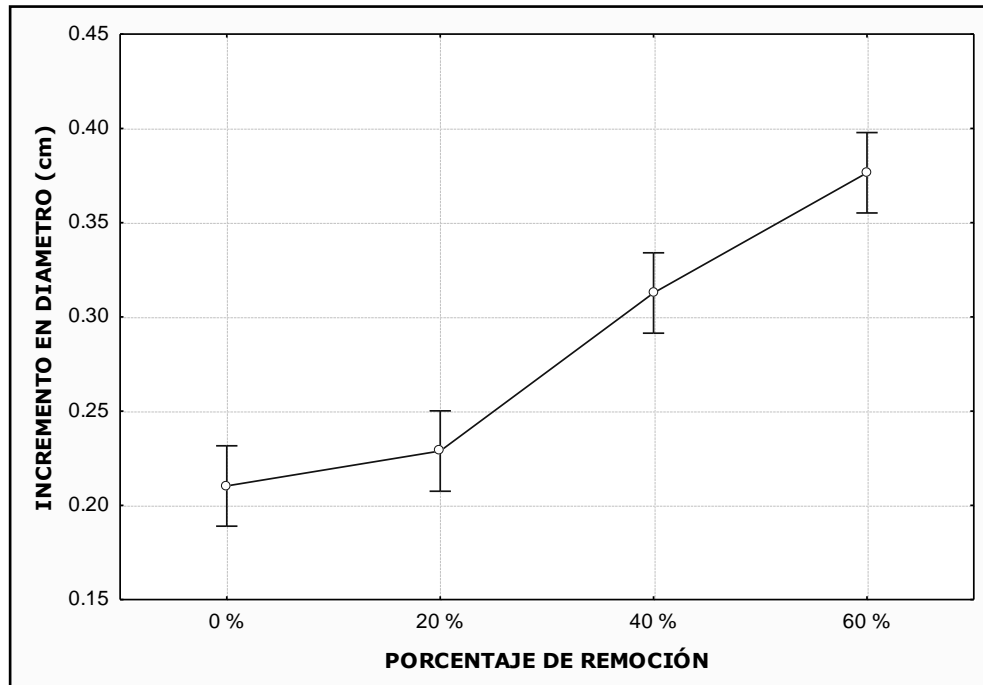


Figura 14. Incremento promedio en diámetro en el factor tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Confrontando los resultados con otros autores, Díaz (2002) encontró mayor valor de incremento en el 60 %, el porcentaje con mayor remoción, asociando con la mayor cantidad de espacio disponible. Sin embargo, años después Rosas (2013) menciona que el tratamiento 40 % es el que presentó el menor valor de incremento, mientras que, el tratamiento 0 % tuvo el más alto valor, resultados completamente contrastantes a los resultados del presente estudio.

También se difiere con Vásquez (2015), ya que en su estudio no hubo diferencias significativas para este factor, no obstante, coincide con el presente estudio que el tratamiento 60 % tuvo los valores más altos de incremento; ante los diferentes resultados en la variable diámetro.

Vásquez (2015) menciona que los efectos de los aclareos a corto plazo son difíciles de percibir, por lo que, recomienda evaluar a mediano y largo plazo, afortunadamente en el presente estudio las evaluaciones se han realizado analizando varios años de la vida de los árboles.

Pero se concuerda con Garcés (2018), ya que encontró diferencias altamente significativas ( $P > 0.0061$ ) en el factor tratamiento y también los tratamientos con mayor incremento fueron el 60 y 0 % (Testigo), posiblemente sea porque este autor realizó la evaluación a los seis años de aplicación de los aclareos lo cual se pudiera traducir en una mayor sensibilidad en los efectos por los aclareos.

Por otra lado, para el factor clase de copa el análisis de comparación de medias de la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) mostró dos grupos; el primero, compuesto por las clases de copa intermedia y codominante, con los valores de medias más bajos (0.2625 y 0.2665 cm, respectivamente); y el segundo grupo, integrado por la clase de copa dominante con el mayor valor de la media (0.3173 cm) (Anexo 12; Figura 15).



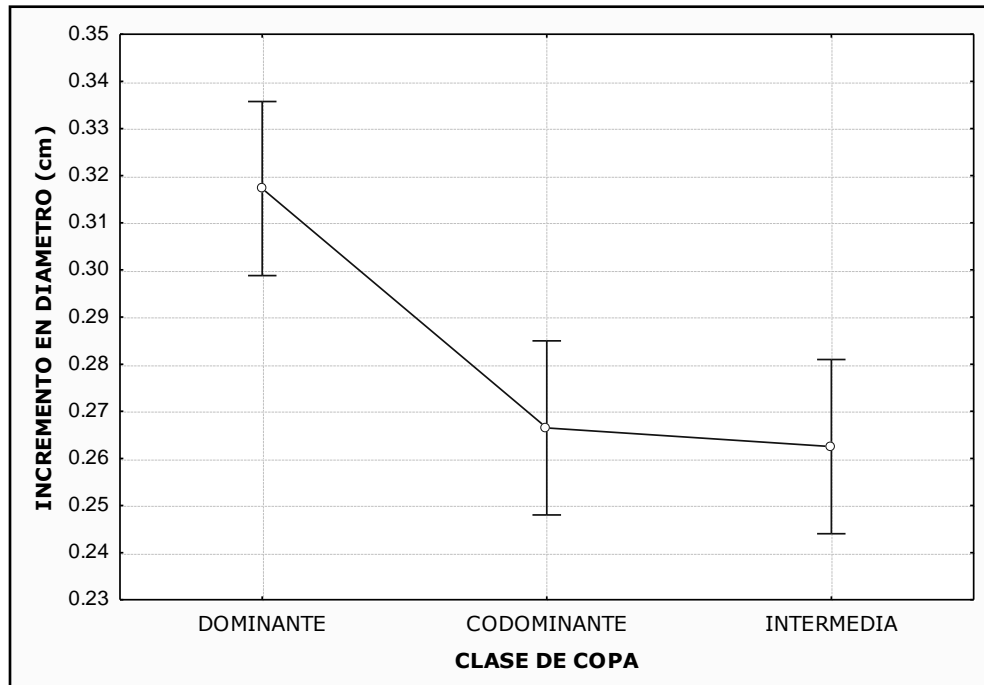


Figura 15. Incremento promedio en diámetro por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

Con base en los análisis estadísticos se determinó que la clase de copa que mejor respondió fue la clase dominante, con lo anterior se asevera que el tipo de aclareo que más se adecúa para este tipo de condiciones físico-abióticas es el aclareo por lo bajo, ya que los individuos que forman parte de la vegetación residual son los dominantes y algunas otras clases de copa.

Por otra parte, el incremento promedio en diámetro para el factor año y mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) los valores de medias se agruparon en cuatro grupos: el primer grupo, estuvo representado por el año 2014 con el menor valor medio de incremento (0.2111 cm), por otro lado, el último grupo lo representó el año 1997 con el mayor valor de incremento medio con respecto a los demás años (0.4264 cm) (Anexo 13, Figura 16).

No se encontró un orden uniforme con los valores del incremento en los determinados años (Anexo 13), esto puede deberse a que, en el análisis están implícitos los valores de los cuatro tratamientos y las tres clases de copa, sin embargo, se percibe que desde el año 1997 al año 2014 (Figura 16), ocurre una pendiente negativa, es decir, los valores del incremento descienden, posteriormente a partir del año 2014 la curva asciende con el aumento de los valores, por ello, se deduce que en este año comenzó a manifestarse los efectos de los aclareos.

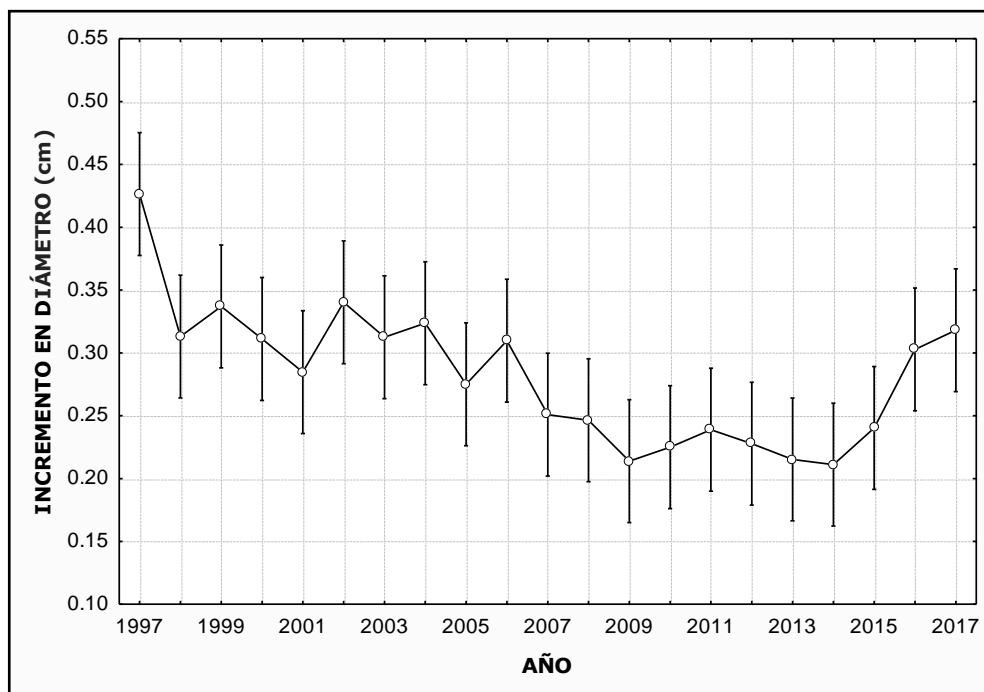


Figura 16. Incremento promedio en diámetro por Año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

Para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa, la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró seis grupos de medias con respecto al incremento en diámetro; en el primero, se ubicó la interacción con el valor más bajo (0.1873 cm) perteneciente al 0 % con la clase de copa codominante; en contraste, el valor más alto (0.4540 cm) se ubicó en el último grupo, en la interacción 60 % con la clase dominante (Anexo 14; Figura 17).

En los seis grupos de medias hay muchas interacciones que están relacionadas entre sí; para el caso del último grupo se encuentran las interacciones del 60 %, con las clases dominantes y codominantes, y en el penúltimo grupo se encuentran las interacciones del 40 % con las tres clases de copas; lo interesante es que el 60 % con la clase intermedia está interactuando en el primer grupo con el 0 y 20 %, donde están los valores más bajos, por lo que, el 40 % es el que mejor respondió seguido del 60 %.

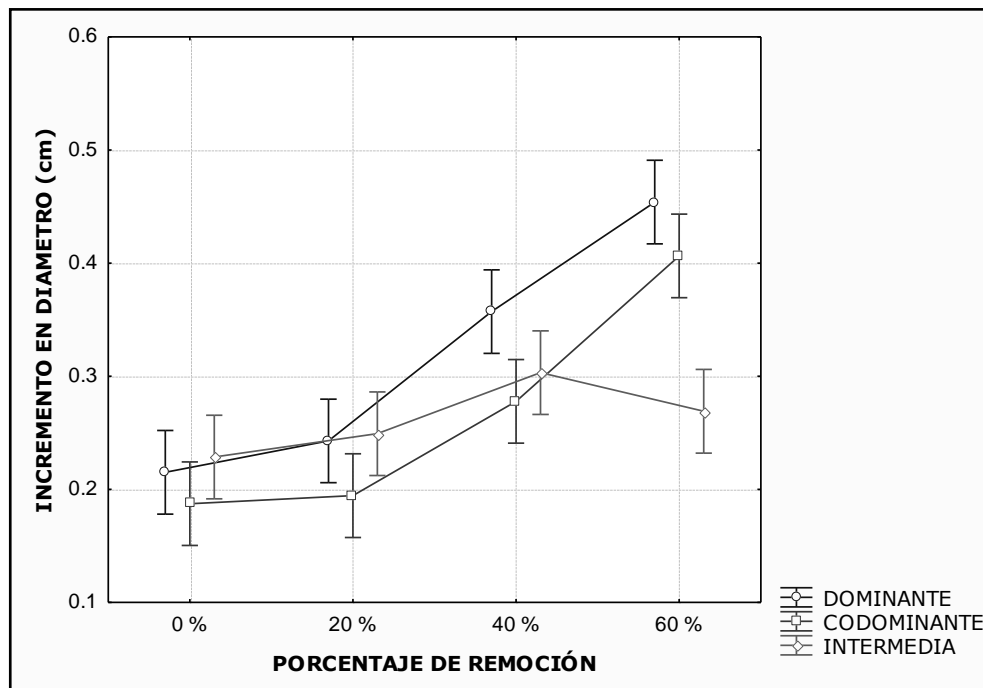


Figura 17. Incremento promedio en diámetro por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Mediante el análisis de comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para la interacción de los factores clase de copa y año, se encontraron cinco grupos de medias; se encontró que el año 2011 con la clase de copa codominante tuvo el valor de media más bajo (0.1417 cm) correspondiente al primer grupo: en cuanto, al valor más alto, se encontró en el último grupo con la interacción año 1997 con la clase codominante (0.4708 cm) (Anexo 15, Figura 18).

Con relación al análisis de los efectos, en los años 2013 y 2014 ocurrió un aumento de la pendiente en las clases dominante y codominante, respectivamente (Figura 18).

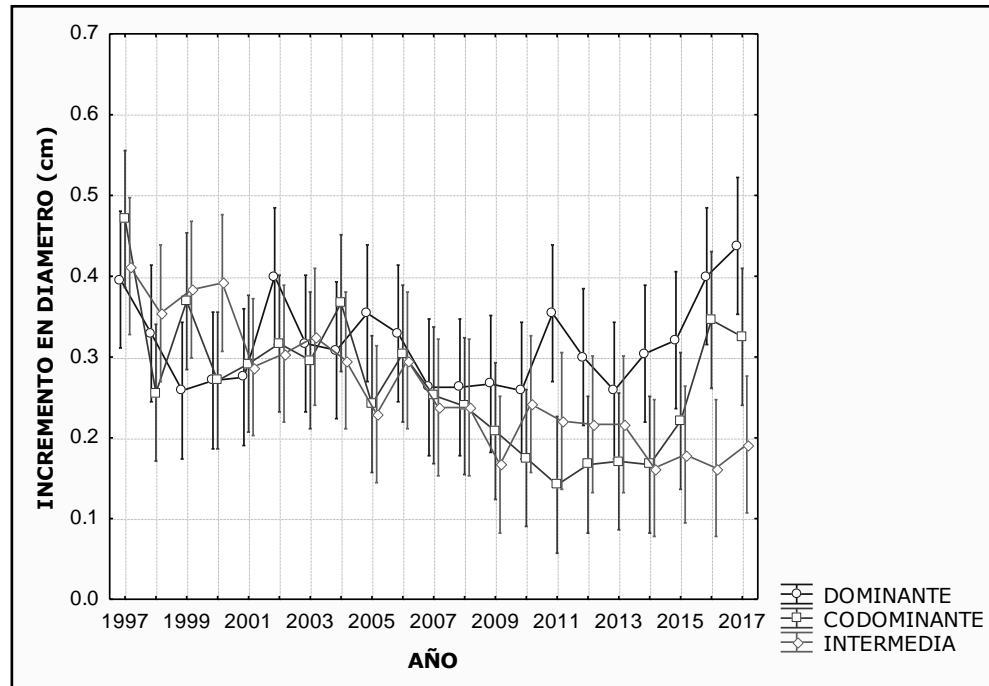


Figura 18. Incremento en diámetro a 0.5 m promedio por año y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galena, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Todos los valores de las medias están relacionados entre sí (Figura 18). Cabe destacar que en el caso de las copas en los años 1997 al 2000, la clase identificada como intermedia en esos años era dominante, por lo que, en estos casos se comprueba que un árbol puede presentarse en varias clases de copa en su vida, por otra parte, las tres clases de copa presentan un aumento de crecimiento en el incremento, sobre todo a partir del año 2014. Aguilar (1991) menciona que el incremento en diámetro puede ayudar a tomar las decisiones en el rodal, ya que permite indicar si se adelantan o retardan las intervenciones silvícolas.

## 5.5 Área basal a 0.5 m por árbol en los años 1997-2017

Para el periodo 1997-2017, el análisis de varianza para el área basal a 0.5 m encontró que para los factores tratamiento, clases de copa y años si existen diferencias y éstas fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ , consecutivamente).

Igualmente, en las interacciones entre los factores tratamiento con clase de copa, y tratamiento con año presentaron efectos y fueron altamente significativos ( $Pr > 0.001$  y  $Pr > 0.001$ ). Pero, para la interacción entre los factores de clase de copa y año no se encontró significancia ( $Pr > 0.159$ ) ni en la interacción de tratamiento, clase de copa y año ( $Pr > 1$ ).

Por otra parte, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor tratamiento mostró tres grupos; donde el primero con los menores valores de las medias estuvo conformado por 20 y 0 % (0.0026 y 0.0030 m<sup>2</sup>, respectivamente), el segundo conformado por el 40 % (0.0040 m<sup>2</sup>) y el último grupo, con el mayor valor de la media fue el 60 % (0.0075 m<sup>2</sup>) (Anexo 16; Figura 19).

Los tratamientos 20 y 0 % son iguales estadísticamente y presentan los valores más bajos, por lo que, los aclareos han generado muy poco efecto en estos tratamientos; pero, para el caso de 40 y 60 % los resultados son favorables, sobre todo para el caso del 60 % que el aumento fue resaltante.

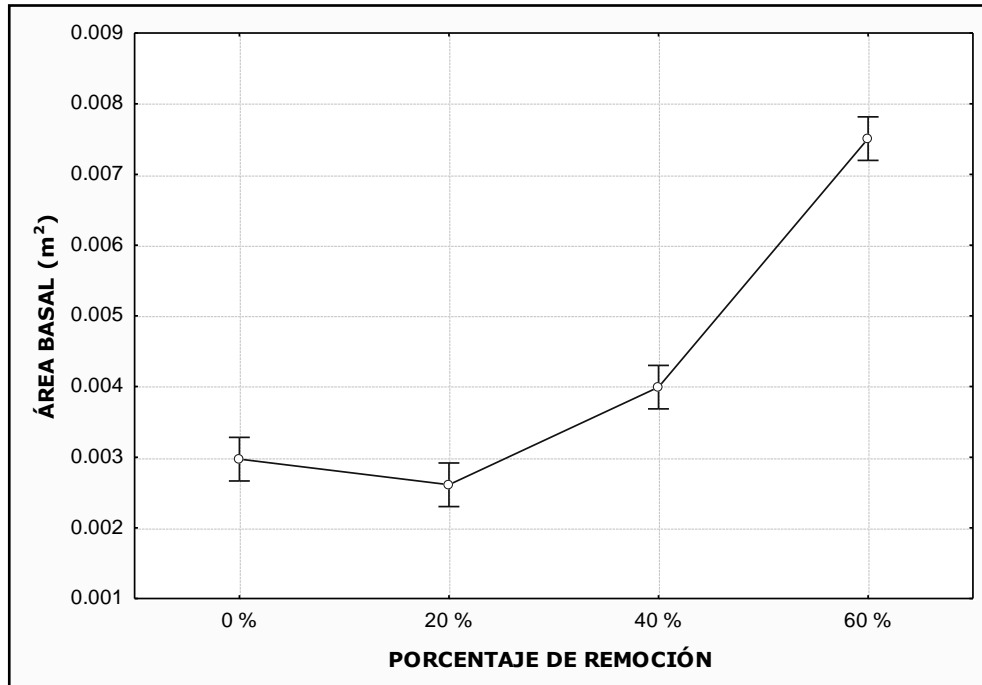


Figura 19. Área basal promedio por árbol en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Comparando los resultados con Díaz (2002) menciona que en el primer año (1997) el tratamiento 60 % presentó el mayor valor de área basal, sin embargo, para el año 2000 el tratamiento 20 % tuvo el valor más alto, pero para ese año, las densidades entre los cuatro tratamientos ya eran homogéneas, con ello se resalta la repercusión de la densidad.

En cuanto al área basal promedio por árbol para las clases de copas y a través de la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se obtuvieron dos grupos de medias: el primer grupo, formado por las clases de copa dominante y codominante con los más altos valores de medias (0.0055 y 0.0052 m<sup>2</sup>, respectivamente), y el segundo grupo conformado por clase de copa intermedia con el valor más bajo (0.0021 m<sup>2</sup>) (Anexo 17; Figura 20).

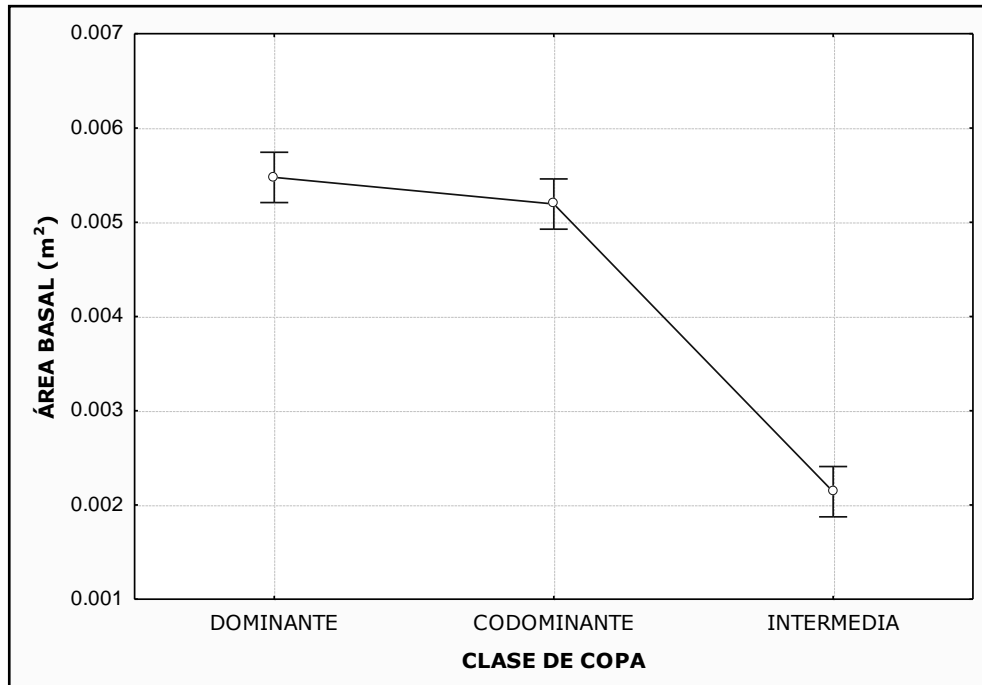


Figura 20. Área basal a 0.5 m promedio por árbol por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Para este caso, las clases dominante y codominante son las copas que mejor respondieron a las intervenciones lo cual concuerda con los resultados obtenidos para el diámetro, ya que el área basal está fuertemente relacionada con el diámetro al ser una variable obtenida de este (Lendínez *et al.*, 2013).

Para el área basal promedio por árbol por año, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) encontró 13 grupos de medias; el grupo con el menor valor medio correspondió al año 1997 (0.0015 m<sup>2</sup>), mientras que el valor más alto se encontró en el año 2017 en el último grupo (0.0077 m<sup>2</sup>) (Anexo 18; Figura 21).

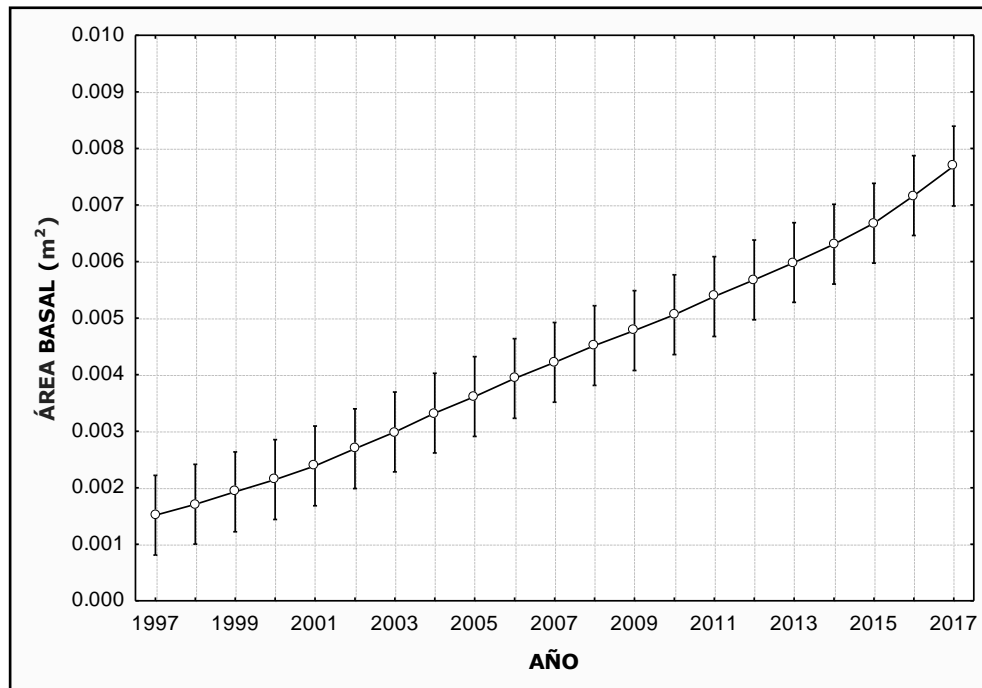


Figura 21. Área basal promedio por árbol por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Los grupos de medias interactúan entre ellos, sin embargo, hay grupos totalmente diferentes, como es el caso del primero, séptimo y último, separados por 7 u 8 años, lo cual se asocia al régimen de crecimiento (Anexo 18).

Por otra parte, para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa, los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó seis grupos de medias; resaltando que en el segundo grupo se encontró la interacción con el valor más bajo ( $0.0015 \text{ m}^2$ ) referente al 0 % con la clase intermedia y el valor máximo correspondió a la interacción 60 % con clase dominante, ( $0.0101 \text{ m}^2$ ) (Anexo 19; Figura 22).



El 60 % presentó el mejor crecimiento en área basal por árbol en las clases de copa dominante y codominante, aunque la clases de copas intermedias se encontraron en los grupos con menor valor, por lo que, el tipo de copa repercute de gran manera en los valores de las variables; por su parte, también el 40 % presentó valores altos con las clases dominantes y codominantes, por ello, el 60 y 40 % son considerados como los mejores porcentajes de remoción en este estudio (Anexo 19).

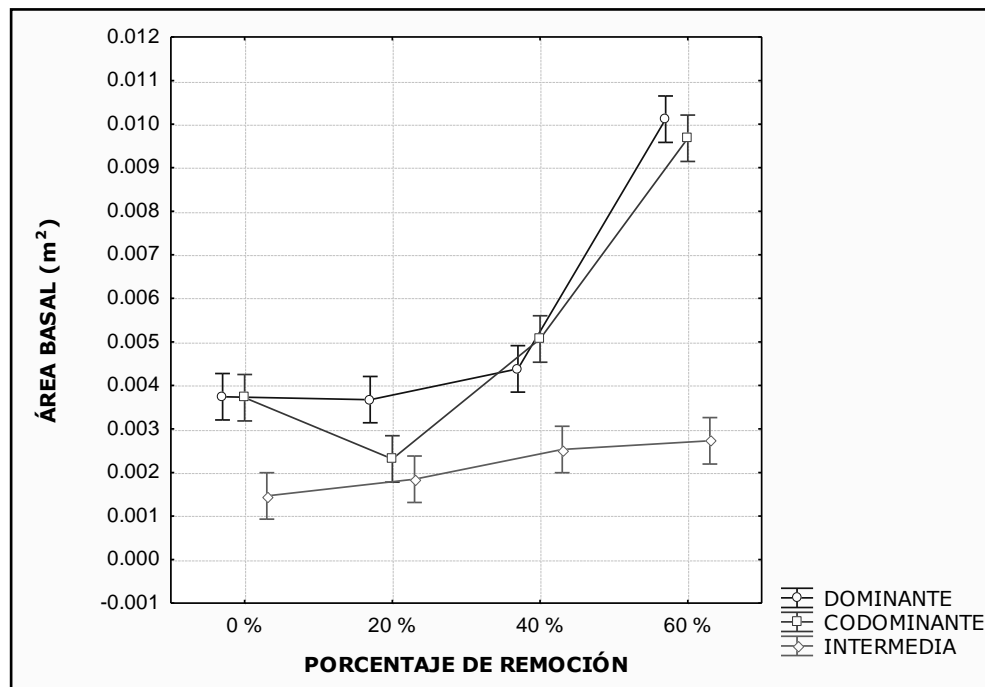


Figura 22. Área basal promedio por árbol a 0.5 m por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Finalmente, para la interacción tratamiento y año, la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó 20 grupos de medias; el primer grupo comprendió los menores valores que correspondió a la interacción del 20 % con el año 1997 (0.0008 m<sup>2</sup>). En contraparte, el 60 % en el año 2017, ubicado dentro del último grupo, tuvo el valor más alto en esta variable (0.0139 m<sup>2</sup>) (Anexo 20; Figura 23).

El 20 % presentó valores muy bajos incluso al 0 %, además su ritmo de crecimiento fue muy estable, por lo que, el comportamiento del 0 y el 20 % fue muy similar; en el caso del 40 % se benefició por los aclareos sobre todo a partir de los años 2013, cuando obtuvo un ritmo de crecimiento acelerado. Para el caso del 60 %, sin duda, sobresale ante los otros tratamientos, sobre todo a partir del año 2013 (Figura 23).

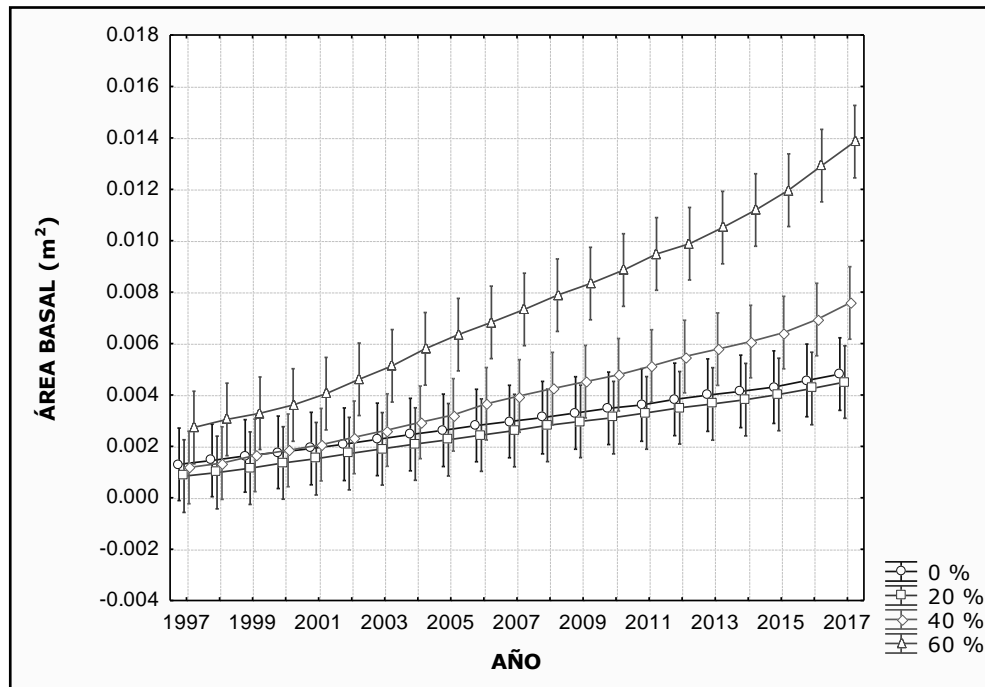


Figura 23. Área basal individual promedio por tratamiento por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

## 5.6 Incremento en Área basal a 0.5 m en los años 1997-2017

El análisis de varianza para el incremento en área basal a 0.5 m en el periodo 1997-2017 encontró que para los factores tratamiento ( $Pr > 0.001$ ), clases de copa ( $Pr > 0.001$ ) y años ( $Pr > 0.001$ ) existen diferencias mismas que fueron altamente significativas; asimismo encontró efecto en las interacciones tratamiento con clase de copa, tratamiento con año, y clase de copa con año mismas que fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ , respectivamente).

No obstante, para la interacción entre los factores de tratamiento, clase de copa y año no se encontró significancia ( $Pr > 0.263$ ).

Por otra parte, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor tratamiento mostró tres grupos de medias; donde el primer grupo con menores valores de media estuvo conformado por los tratamientos 0 y 20 % (0.0002 y 0.0002 m<sup>2</sup>, respectivamente), el segundo correspondió al 40 % (0.0003 m<sup>2</sup>) y el último grupo con el valor mayor de la media fue el 60 % (0.0006 m<sup>2</sup>), (Anexo 21; Figura 24).

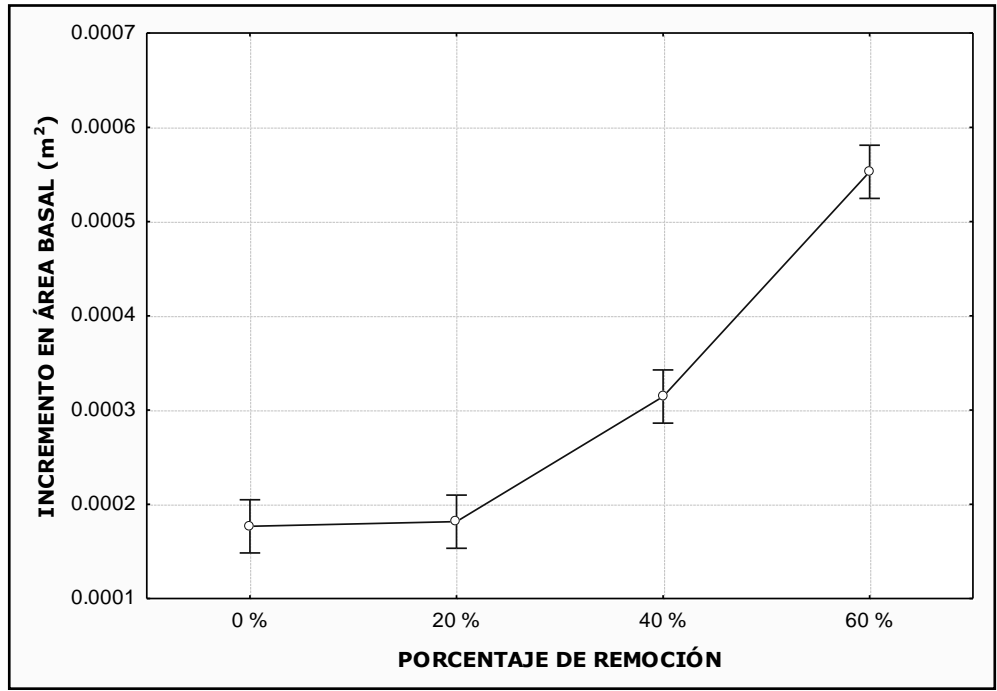


Figura 24. Incrementos promedio en área basal individual a 0.5 m por tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Estadísticamente el 0 % y 20 % presentan los mismos efectos y el 60 %, presenta el mayor incremento, con un valor que muestra gran diferencia con respecto a los otros tres tratamientos. Díaz (2002) reportó que el mayor incremento en área basal a 1.30 m se encontró en el tratamiento 60 % (60%) en el primer año (1997) y para el cuarto año, no se encontraron diferencias, mientras que Vásquez (2015) reportó que no encontró diferencias ( $P > 0.1413$ ), no obstante, el 60 % tuvo un mayor incremento a diferencia de los otros porcentajes de remoción.

De acuerdo con los resultados de Garcés (2018) a seis años de evaluación de la aplicación de los aclareos, reportó que en el factor tratamiento se encontraron diferencias, pero solo fueron significativas ( $P > 0.0378$ ) y los tratamientos con mayor incremento para este variable fueron 60 y 0 %, respuestas diferentes a los resultados del presente estudio.

En el factor clase de copa, el análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó tres grupos de medias: el primer grupo representado por la clase intermedia con el menor valor de la media ( $0.0002 \text{ m}^2$ ); el segundo grupo formado por la clase codominante ( $0.0003 \text{ m}^2$ ); y en el último grupo se encontró el mayor valor de la media representado por la clase de copa dominante ( $0.004 \text{ m}^2$ ; Anexo 22; Figura 25).

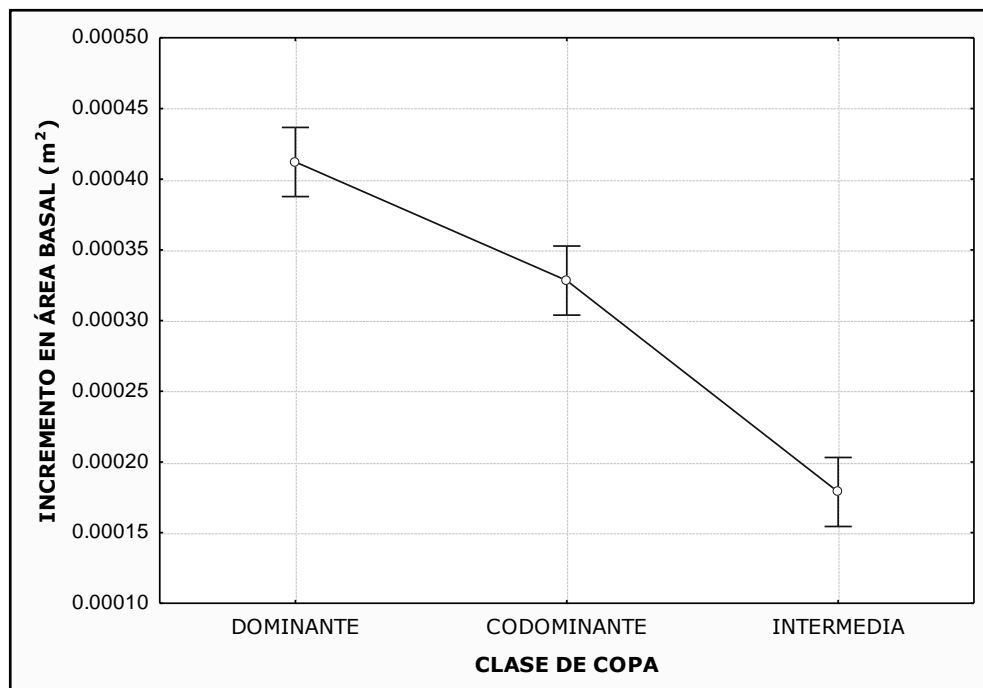


Figura 25. Incrementos promedio del área basal individual a 0.5 m en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Se observa que los valores más altos de incremento en área basal se encuentran en las clases de copa superiores, resultados proporcionales a los resultados en incremento en diámetro.

Para el factor año, el análisis de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se aprecia cuatro grupos de medias: en el primer grupo se encuentra, el valor medio más bajo, correspondiente al año 1998 (0.0002 m<sup>2</sup>). En contraste, el año 2017, ubicado en el último grupo, presenta el mayor valor media de incremento en área basal (0.0005 m<sup>2</sup>) (Anexo 23; Figura 26).

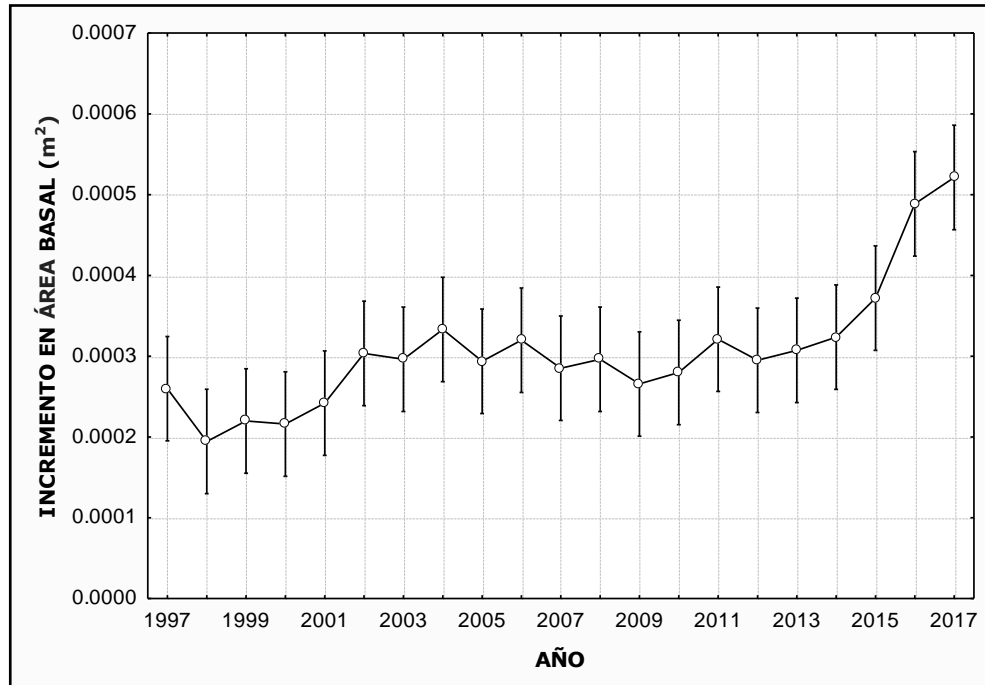


Figura 26. Incrementos promedio por árbol en área basal a 0.5 m en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

El tercer y cuarto grupo sobresalieron con los valores más altos de incremento y se ubicaron en los años 2014 al 2017 en los que se encontró un ritmo de incremento acelerado en comparación con los años 1997 al 2012, estos presentan un ritmo de incremento gradual, pero fue muy evidente que a partir del año 2013 la pendiente de la curva tuvo un incremento positivo, por lo que, se puede aseverar que a partir de ese año comenzó el efecto de la aplicación de los aclareos (Anexo 23).

El análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento con clase de copa arrojó la presencia de cinco grupos; el primero integró el grupo con valores de medias más bajos como la interacción tratamiento 0 % con clase de copa intermedia ( $0.0001 \text{ m}^2$ ) que presentó el menor incremento medio; opuesto a ello, en el último grupo, se encontró la interacción que tuvo el más alto valor del incremento medio lo cual correspondió al tratamiento 60 % con la clase de copa dominante ( $0.0008 \text{ m}^2$ ) (Anexo 24; Figura 27).

Los dos últimos grupos presentaron los más altos valores correspondientes al 60 y 40 %, con las copas dominantes y codominantes; la clase intermedia de esos tratamientos se encontró en grupos que interactúan con los valores de los tratamientos 0 y 20 %, por lo que, el aclareo no impactó en la clase intermedia, por otro lado, los 0 y 20 % fueron muy similares, por ello, aplicar un aclareo al 20 % es poco recomendable.

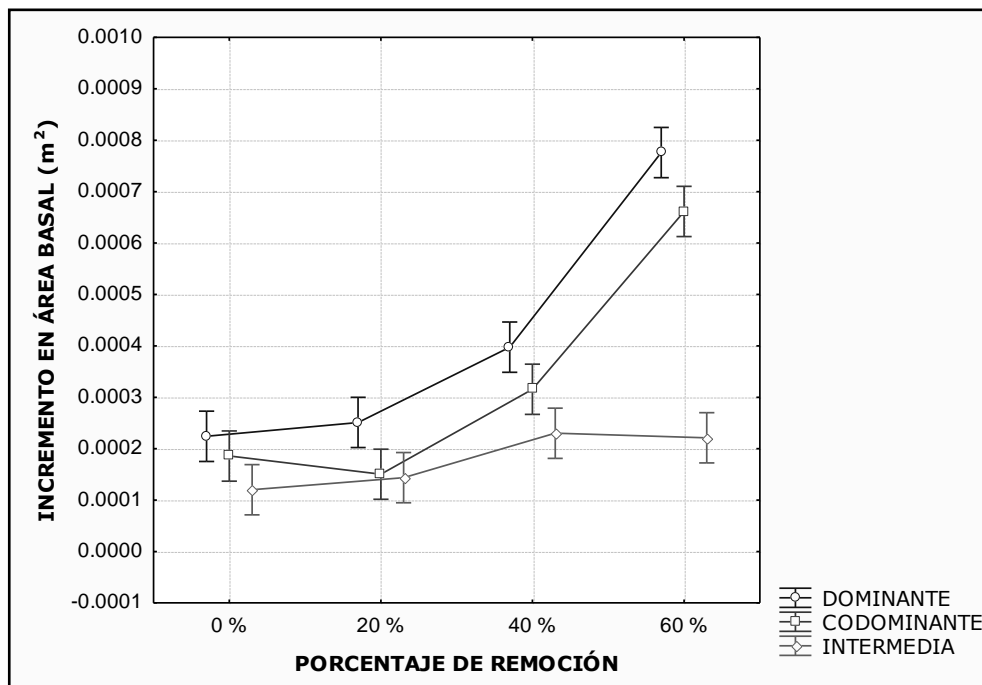


Figura 27. Incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

La prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción tratamiento por año encontró 11 grupos de medias; el grupo que tiene los más bajos valores fue el primero con la interacción año 2011 por tratamiento 0 % (0.0001 m<sup>2</sup>). Otro de los valores extremos, con mayor valor medio de incremento correspondió al tratamiento 60 % en el año 2016 (0.0010 m<sup>2</sup>) que se ubicó en el último grupo de las medias (Anexo 25, Figura 28).

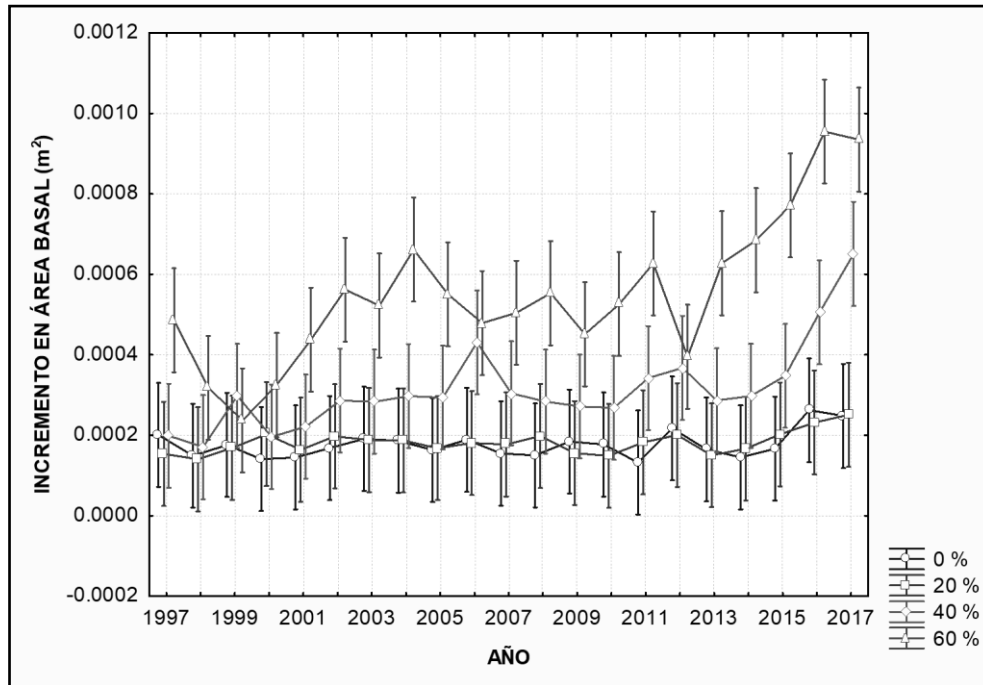


Figura 28. Comparación los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

El 60 % presentó los valores más altos y del año 1997 al 2012 presentó un ritmo relativamente estable, pero en el año 2013 comenzó a tener un gran aumento en el incremento de área basal incluso hasta el 2017, de manera similar fue el efecto en el 40 %, en ambos tratamientos el incremento en área basal tuvo mejores respuestas. Y los tratamientos 0 y 20 % presentaron valores muy similares y con los menores valores en incremento en área basal por lo que se puede decir que fue el mismo efecto del testigo y con el 20% de remoción.



Por otra parte, para la interacción de los factores clase de copa y año, la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró 10 grupos de medias: el resultado muestra que en el año 1997 en la clase de copa intermedia se encontró el menor valor de incremento ( $0.0001 \text{ m}^2$ ) que correspondió al primer grupo, por otra parte, el mayor valor medio de incremento se halló en el año 2017, en los individuos dominantes ( $0.0008 \text{ m}^2$ ) que pertenecieron al último grupo de medias (Anexo 26, Figura 29).

En esta interacción nuevamente las clases dominante y codominante presentaron los valores más altos y a partir de los años 2013 y 2014, respectivamente, ocurre un gran incremento en los árboles con un ritmo diferente al que habían tenido en años anteriores y en el caso de la clase intermedia presenta valores similares en todos los años (Figura 29).

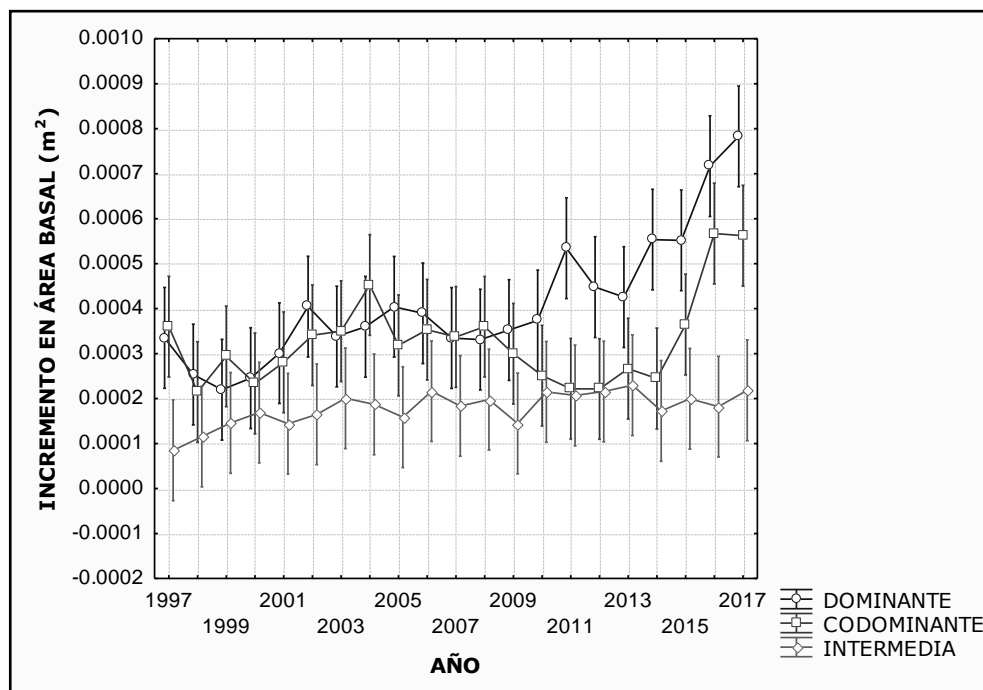


Figura 29. Incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por clase de copa por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

## 5.7 Volumen promedio por árbol en los años 1997-2017

El análisis de varianza para el volumen en el periodo 1997-2017 encontró que para los factores tratamiento, clase de copa y año existen diferencias y éstas fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ , respectivamente); de igual manera se encontró efecto en las interacciones tratamiento y clase de copa ( $Pr > 0.001$ ), tratamiento y año ( $Pr > 0.001$ ) y clase de copa y año ( $Pr > 0.001$ ) y dicho efecto fue altamente significativo. Sin embargo, para la interacción tratamiento, clase de copa y año ( $Pr > 1$ ), no se encontró significancia en su interacción.

Por otra parte, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor tratamiento mostró tres grupos de medias de los cuales el primer grupo con menores valores de media, estuvo conformado por los tratamientos 20 y 0 % (0.0095 y 0.108 m<sup>3</sup>, respectivamente), el segundo correspondió al 40 % (0.0161 m<sup>3</sup>) y el último grupo con el valor mayor de media fue al 60 % (0.0335 m<sup>3</sup>), (Anexo 27; Figura 30).

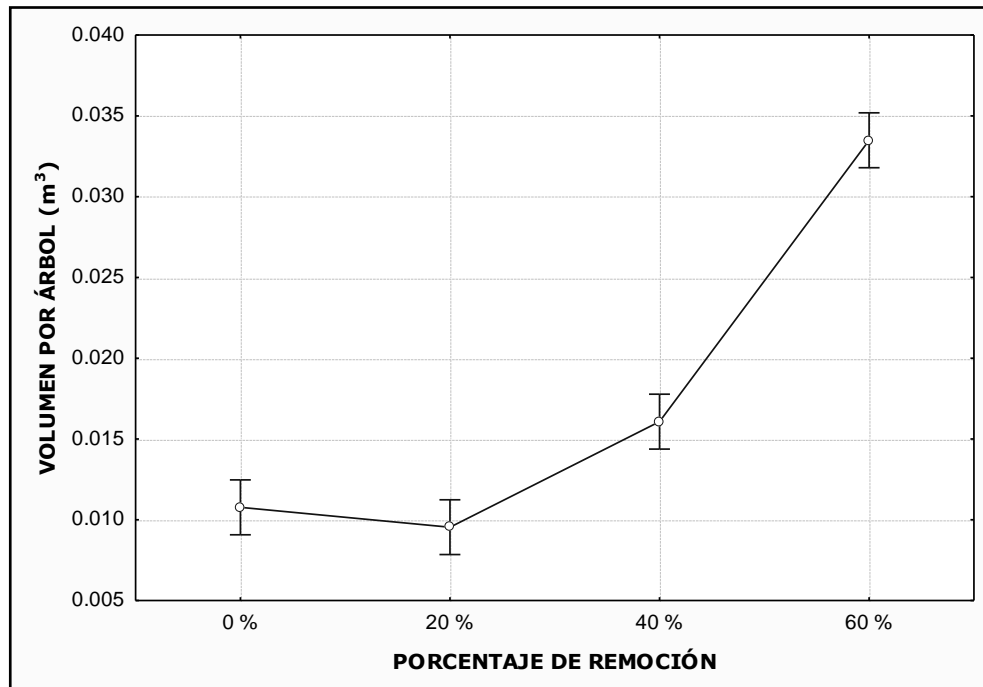


Figura 30. Volumen promedio por árbol por tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

Estos resultados muestran el impacto de los aclareos de una forma más completa, ya que el volumen está comprendido por los valores del diámetro a diferentes puntos de la altura. El volumen es una variable de mayor interés para fines económicos, con base en los resultados anteriores es tangible el impacto que los aclareos con una remoción fuerte provocan alto impacto en el volumen de los árboles.

Tal como estos resultados son los mencionados por Díaz (2002) quién señaló que el tratamiento 60 % mostró un mejor volumen en el primer y cuarto año, después de la aplicación de los aclareos. Aunque en el estudio de Vásquez (2015) menciona que en el factor tratamiento no hay diferencias significativas, aun así, el 60 % tuvo el valor más alto de volumen, las diferencias con el segundo autor pueden deberse a que sus evaluaciones fueron realizadas a tres años de la aplicación de los aclareos.

Por otra parte, para el factor clases de copa y de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó tres grupos de medias: el primero formado por la clase de copa intermedia con el menor valor de media ( $0.0060 \text{ m}^3$ ); el segundo grupo lo representó la clase de copa codominante ( $0.0219 \text{ m}^3$ ) y el tercero tuvo el valor más alto que correspondió a la clase de copa dominante ( $0.0245 \text{ m}^3$ ) (Anexo 28; Figura 31).

Las clases de copa superiores fueron las que presentaron un mejor volumen, por ello se recomienda aplicar un aclareo por lo bajo severo de tal manera que se eliminen las clases inferiores.

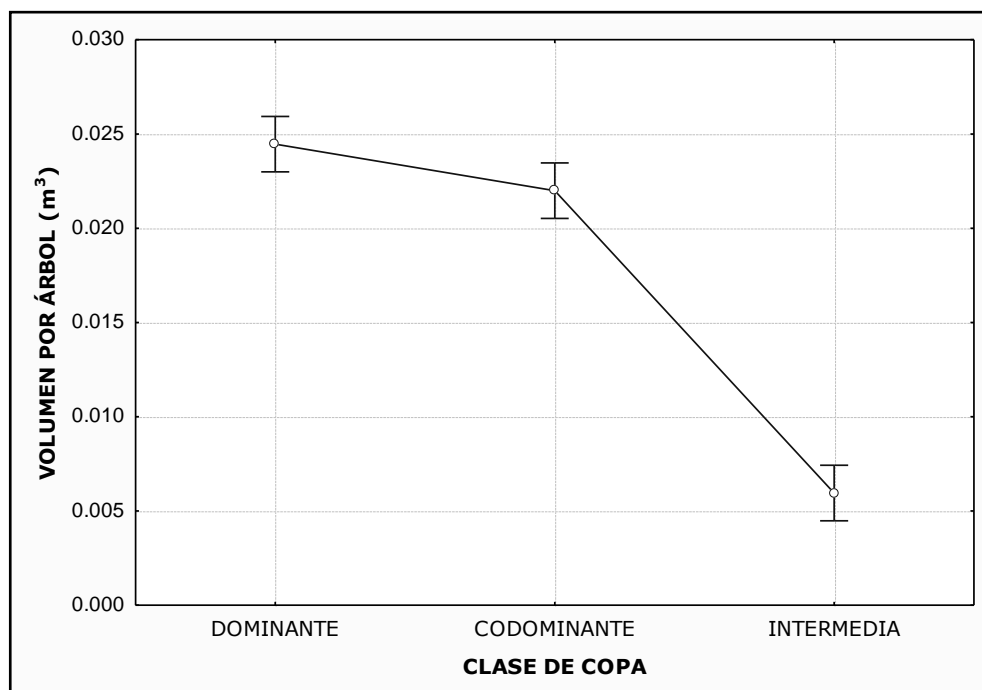


Figura 31. Volumen promedio por árbol por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

El volumen promedio por árbol por año y de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró 13 grupos de medias: en el primer grupo se encontró los años con menores valores de medias, entre los cuales el año 1997 presentó el valor más bajo ( $0.0036 \text{ m}^3$ ); mientras que en el último grupo se encontró el año 2017 con el valor más alto de media, presentando  $0.0401 \text{ m}^3$  de volumen por árbol (Anexo 29; Figura 32).

Los valores del volumen aumentaron conforme pasaron los años, lo cual fue un comportamiento natural del crecimiento en altura como en diámetro debido a la etapa de desarrollo del arbolado, lo destacable es que a pesar de la existencia de 13 grupos en la gráfica se perciben tres con diferente grado de inclinación de la recta, uno del año 1997 al 2005; otro del 2006 al 2011; y uno más del 2012 al 2017, y en los últimos años se observa el crecimiento acelerado en volumen (Figura 32).

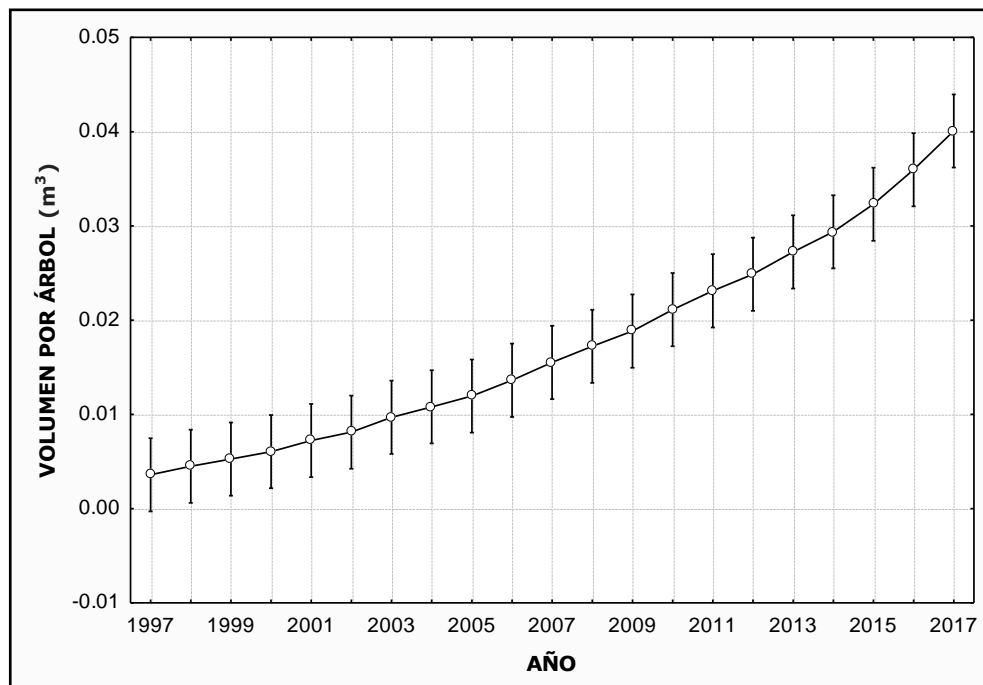


Figura 32. Volumen promedio por árbol por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Por otra parte, para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa, la prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó seis grupos de medias: en el primer grupo se halló el tratamiento testigo con la clase de copa intermedia que presenta el valor promedio más bajo ( $0.0044 \text{ m}^3$ ), en cuanto al valor promedio de mayor valor perteneció a la interacción tratamiento 60% con la clase dominante ( $0.0480 \text{ m}^3$ ) en el último grupo de medias (Anexo 30; Figura 33).

Los resultados mostraron que el 60 y 40 % con las clases dominantes y codominantes tuvieron los valores más altos, pero resulta interesante que el dominante del tratamiento testigo tiene el mismo volumen que los dominantes y codominantes del 40% de remoción, esto se debe al efecto de la altura en el volumen, ya que mientras unos individuos tienen mayor altura otros tienen mayor diámetro y esto hace que sean estadísticamente iguales, afortunadamente con el análisis en interacciones de tratamientos con clases de copa en diferentes variables se identifica cual tiene mayor repercusión.

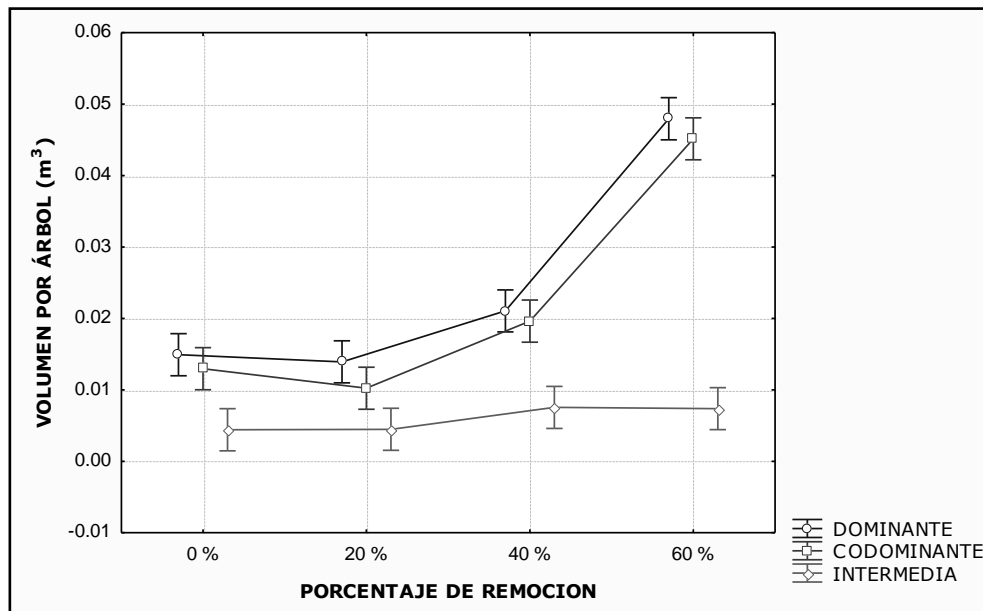


Figura 33. Volumen promedio por árbol por tratamiento y clase de copa de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Para la interacción de los factores tratamiento y año, la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó 17 grupos de medias; los valores con menor valor de volumen que se encontraron en el primer grupo, específicamente el 20 % en el año 1997 ( $0.0023 \text{ m}^3$ ), así mismo, en el último grupo se encontró la interacción del 60 % en el año 2017 con un valor máximo de  $0.0772 \text{ m}^3$  (Anexo 31; Figura 34).

Las curvas de los 0 y 20 % fueron muy similares, por lo que se deduce que en términos de volumen aplicar un aclareo del 20 % resulta equivalente a no aplicar un tratamiento, mientras que el 40 % presentó resultados favorables y el 60 % presentó los valores más altos en todos los años, sobre todo en los últimos años de evaluación donde la curva muestra un ritmo de crecimiento más acelerado (Figura 34).

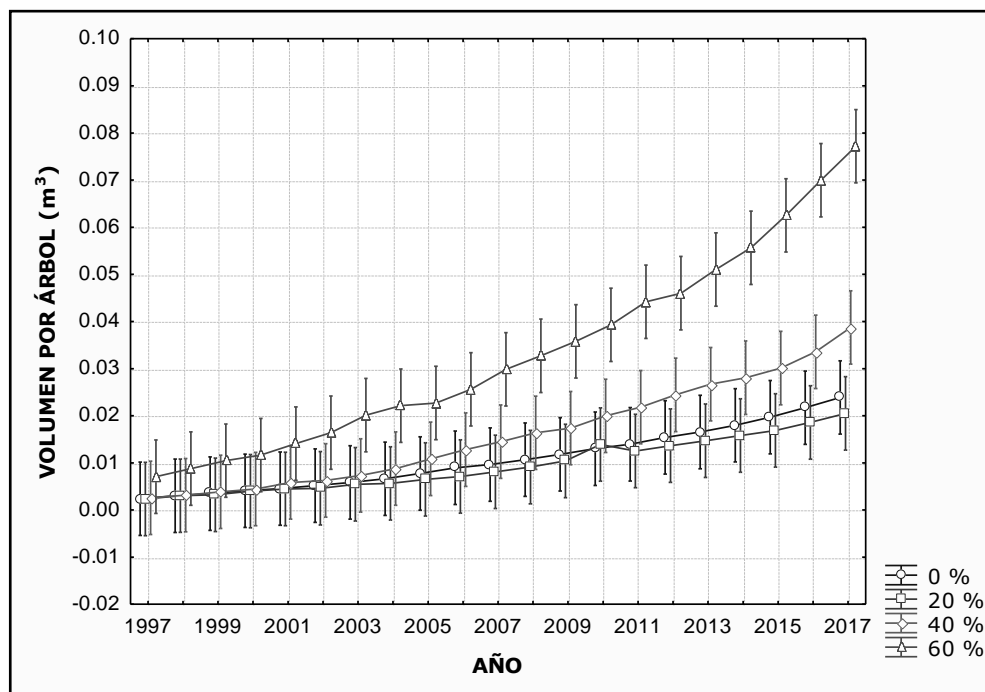


Figura 34. Volumen promedio por árbol en la interacción tratamiento por año, en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Por otra parte, en el volumen promedio por árbol en la interacción clase de copa por año la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó 19 grupos de medias de los cuales el primer grupo presentó la interacción con el valor más bajo ( $0.0006 \text{ m}^3$ ) correspondiente al año 1997 en la clase intermedia; por otra parte, el último grupo contiene los valores más altos de medias, la interacción del año 2017 con la clase dominante ( $0.0582 \text{ m}^3$ ) con el valor más alto (Anexo 32; Figura 35).

Los árboles con copas intermedias tuvieron un comportamiento de volumen poco resaltable en todos los años, para el caso de las clases de copa superiores, el dominante y codominante mostraron similitud en las curvas, aunque los dominantes tienen un crecimiento más acelerado en los últimos años de evaluación (Figura 35).

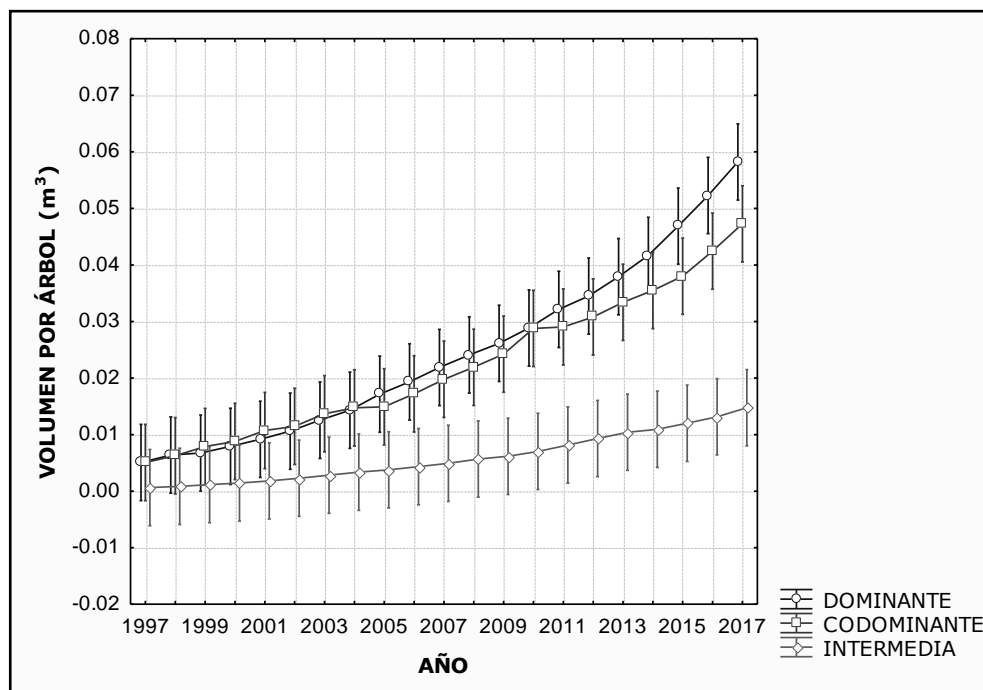


Figura 35. Volumen promedio por árbol por clase de copa y año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.



## 5.8 Incremento corriente anual en volumen por árbol en los años 1997-2017

El análisis de varianza para el incremento de volumen en el periodo 1997-2017 encontró para los factores tratamiento, clases de copa y años existen diferencias mismas que fueron altamente significativas ( $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ,  $Pr > 0.001$ ); de la misma forma se encontró que para la interacción entre los factores tratamiento y clase de copa hubo efecto y la interacción fue altamente significativa ( $Pr > 0.001$ ), asimismo el efecto de la interacción entre los factores tratamiento y año solo fue significativo ( $Pr > 0.047$ ).

En contraparte, en las interacciones entre los factores de clase de copa y año no se encontró significancia ( $Pr > 0.076$ ), así como para la interacción de los factores tratamiento, año y clase de copa ( $Pr > 0.895$ ).

Por otra lado, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el factor tratamiento mostró tres grupos de medias; donde el primer grupo con los más bajos valores de medias estuvo conformado por los tratamientos 20 y 0 % (0.0010 y 0.0011 m<sup>3</sup>, respectivamente), el segundo correspondió al 40 % (0.0019 m<sup>3</sup>) y el último grupo con el mayor valor de media fue el del 60 % (0.0033 m<sup>3</sup>) (Anexo 33; Figura 36).

Con relación al efecto del incremento en volumen, los análisis indicaron que el porcentaje de remoción de 0 y 20 % presentaron resultados estadísticamente iguales y con muy bajos valores, por lo que, una vez más se confirma que un aclareo de 20 % no aumentó el incremento en volumen, en cambio en los porcentajes de remoción de 40 y 60 % se encontraron los mejores resultados en el incremento en volumen.

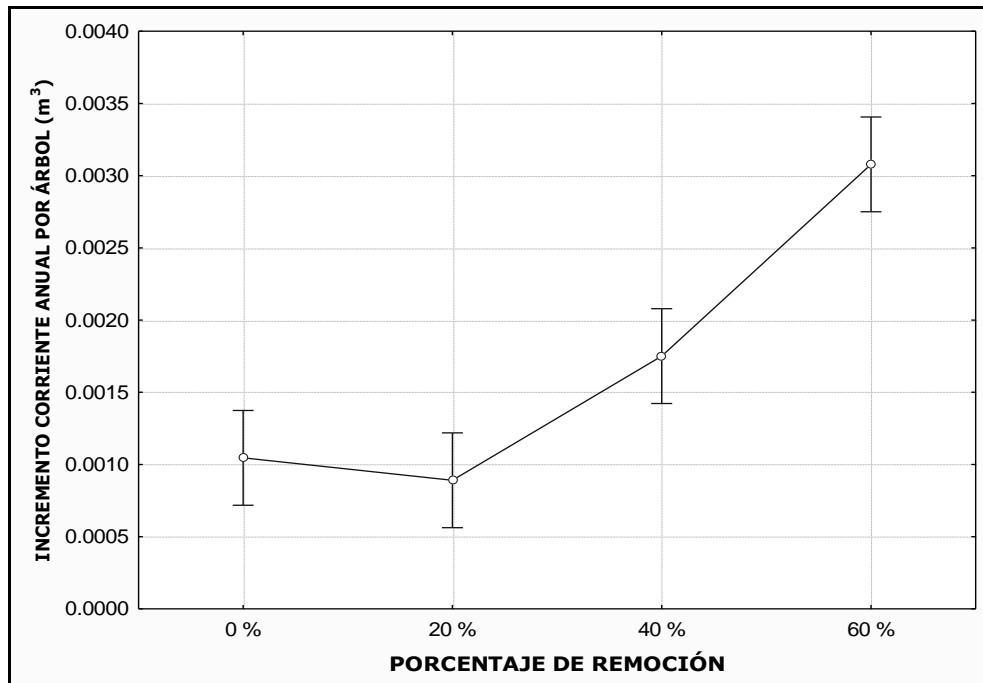


Figura 36. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Los resultados reportados en este estudio difieren con los reportados por Díaz (2002), ya que dicho autor no encontró diferencias en el incremento en volumen para el primero y cuarto año de evaluación, pues las intensidades de aclareo aplicadas no generaron los espacios suficientes para que se ocurriera un incremento significativo en el volumen, por ello las diferencias con el presente estudio puede deberse a los distintos años de evaluación.

También se difiere con Vásquez (2015) ya que el autor no encontró diferencias ( $P > 0.21255$ ) con respecto al incremento en volumen, aunque resalta que el 60 % fue el que presentó el mejor incremento. Asimismo, Garcés (2018) menciona que en el incremento promedio de volumen no ocurrieron diferencias, pero menciona que los valores del tratamiento 60 % presentó el valor más alto, seguido del tratamiento 0 %.

Por otra parte, con relación al incremento corriente anual promedio por árbol por clase de copas, mediante la prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó dos grupos de medias: el primero formado por las clases de copa dominante y codominante con los valores más altos (0.0025 m<sup>3</sup>, 0.0022 m<sup>3</sup>, respectivamente) y el segundo grupo representado por la clase intermedia con el valor de media más bajo (0.0007 m<sup>3</sup>) (Anexo 34; Figura 37).

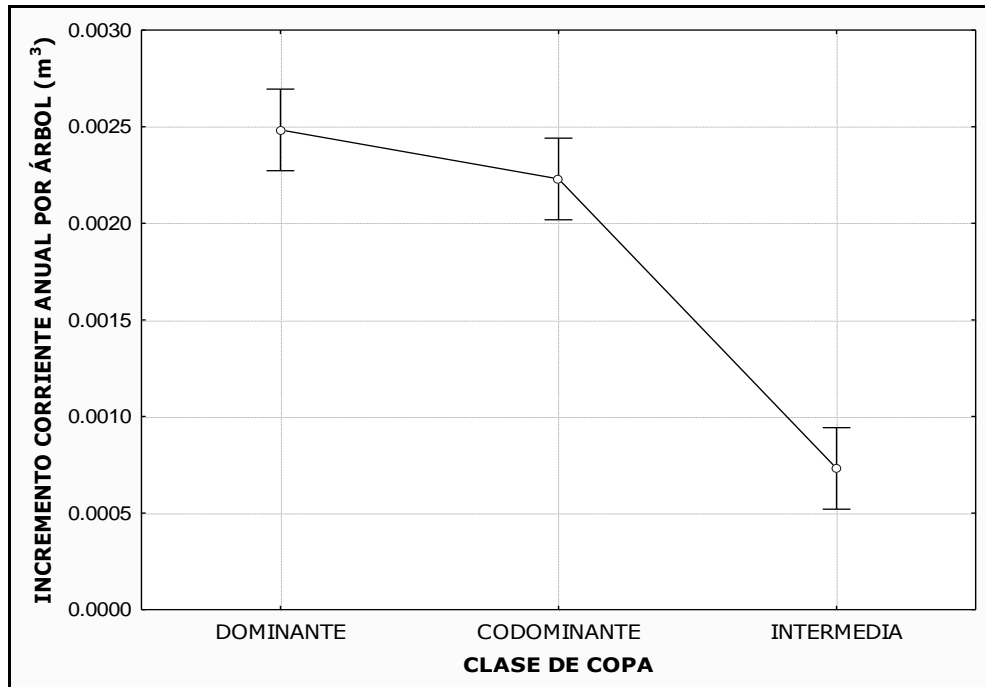


Figura 37. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

La clase dominante y codominante pertenecen al mismo grupo de medias con los valores más altos, mientras que la clase de copa intermedia presentó un valor muy bajo esta clase no se ve beneficiada por los aclareos en ningún porcentaje de remoción.

Para el incremento en volumen promedio por árbol por año, la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró seis grupos de medias; en el primer grupo se encontró el año 1997 el que tuvo el menor valor medio con un  $0.0006 \text{ m}^3$  de incremento en volumen; mientras que, en el último grupo se encontró el año 2017 con el más alto valor presentando un  $0.0039 \text{ m}^3$  (Anexo 34; Figura 38).

A partir de los años 1997 al 2014 el incremento presenta una pendiente relativamente constante hasta que a partir del año 2015 los valores de los incrementos son más altos, los años que sobresalen son del último grupo, mostrando los efectos del aclareo aplicado en el 2011.

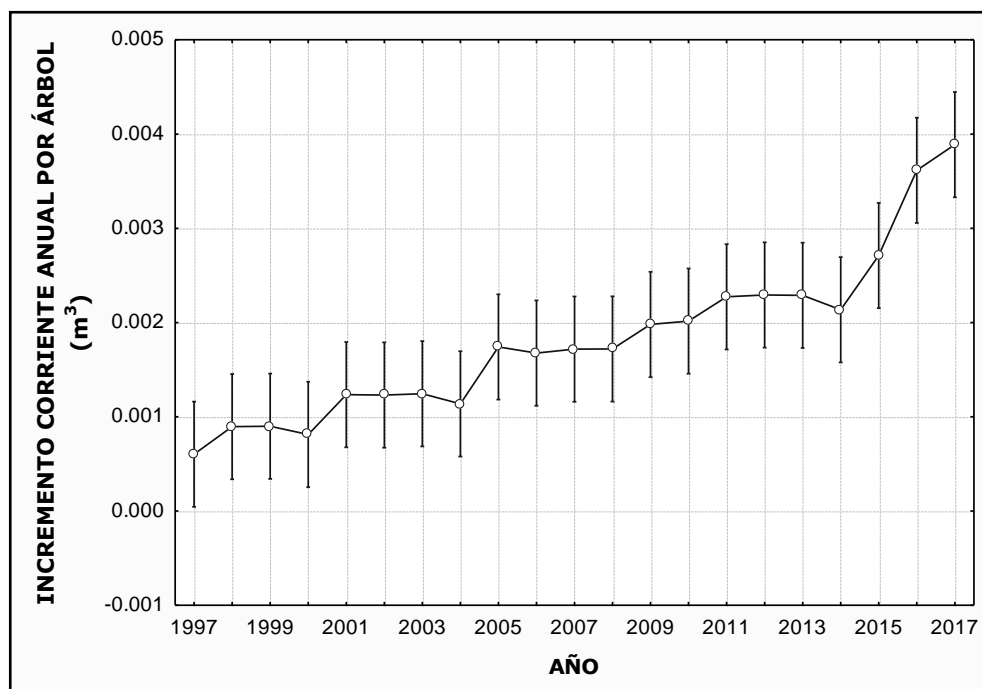


Figura 38. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Por otra parte, en el incremento en volumen promedio por árbol y para la interacción de los factores tratamiento y clase de copa el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) indicó cinco grupos: el primer grupo se encontró la interacción 20 % con la clase de copa intermedia con un valor medio de  $0.0005 \text{ m}^3$ , en contraste, en el último grupo se encontró el valor más alto en el 60 % con el factor clase de copa codominante de  $0.0048 \text{ m}^3$  (Anexo 36; Figura 39).

En apartados anteriores se ha mencionado que los aclareos aumentan el crecimiento de los árboles; las clases intermedias en todos los tratamientos mostraron bajos incrementos lo cual indica que no respondieron aun cuando el aclareo es intenso como lo es del 60%, mientras que los árboles codominantes y dominantes respondieron mejor en los 60 y 40 %, aunque hay que destacar que para efectos de esta variable los codominantes responden aún mejor que los dominantes (Anexo 36).

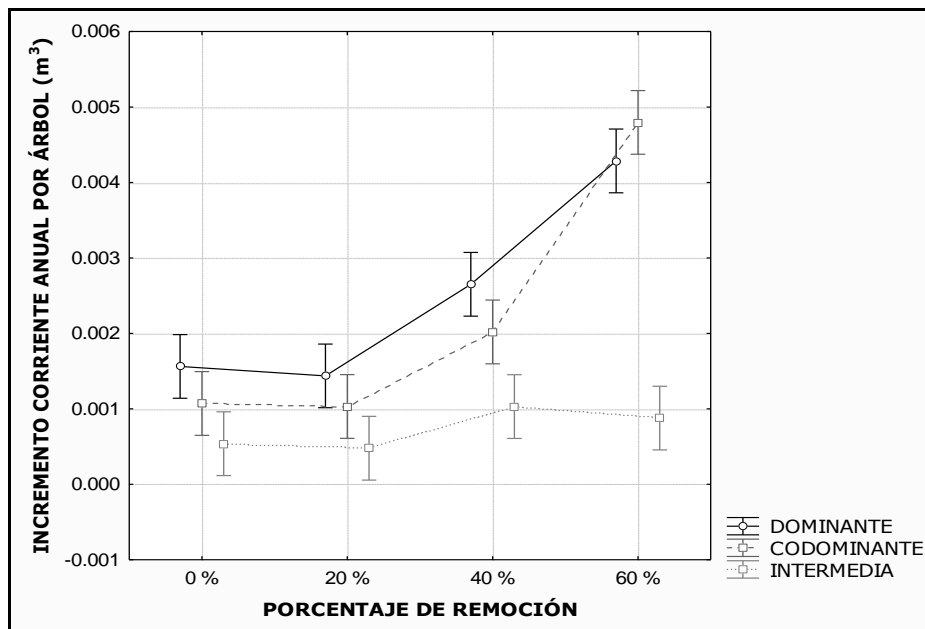


Figura 39. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

En el incremento en volumen promedio por árbol y con respecto a la interacción de los factores tratamiento y año el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó nueve grupos: el primer grupo contiene la interacción con el valor medio más bajo perteneciente al tratamiento 0 % en el año 1999 ( $0.00045 \text{ m}^3$ ), mientras que en el noveno grupo se encontró el mayor valor medio de incremento que correspondió al tratamiento 60 % en el año 2016 ( $0.00682 \text{ m}^3$ ) (Anexo 37; Figura 40).

El 0 y 20 % presentaron una tendencia similar, aunque en los últimos años de evaluación el testigo tuvo mayor incremento en volumen; el 40 % presentó mayores valores que los tratamientos anteriores, sobre todo en el año 2016 y 2017, y para el 60 % en todos los años tuvo mayor incremento y a partir del año 2014 el incremento mostró un ritmo más acelerado.

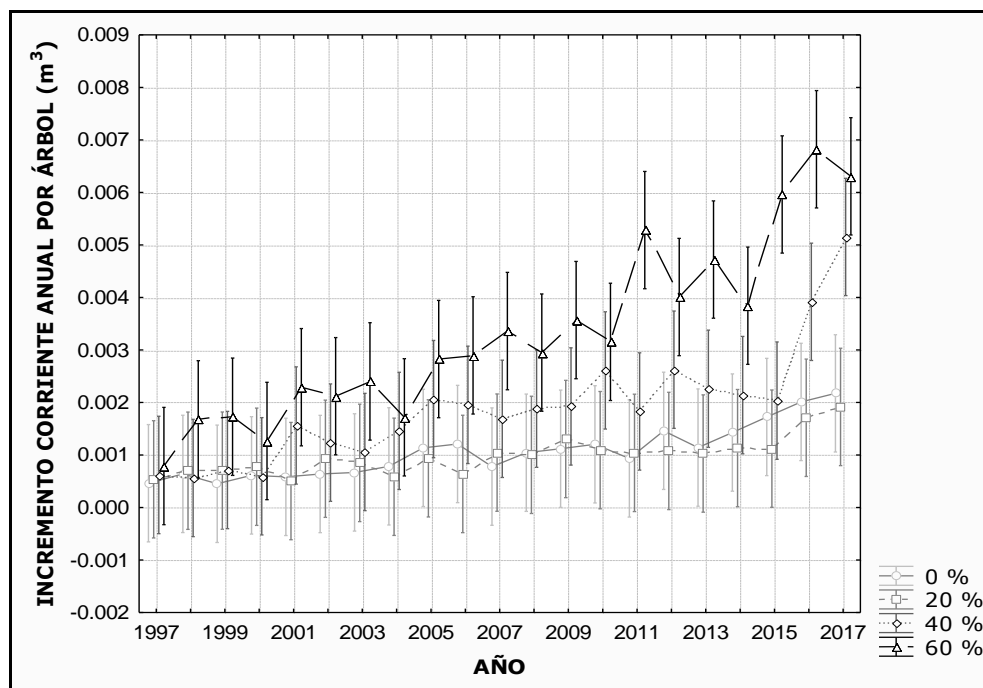


Figura 40. Incremento corriente anual (ICA) en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95

## 5.9 Índice de esbeltez para los periodos 1997-2017

El análisis de varianza para el índice de esbeltez para los años 1997-2017 encontró que para los factores tratamiento ( $Pr > 0.001$ ), clase de copa ( $Pr > 0.001$ ) y años ( $Pr > 0.001$ ) hubo diferencias mismas que fueron altamente significativas; del mismo modo que en la interacción entre los factores tratamiento y clase de copa hubo efecto mismo que fue altamente significativo ( $Pr > 0.001$ ); mientras que el efecto de la interacción de los factores tratamiento y año solo significativo ( $Pr > 0.023$ ). Por lo tanto, el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el índice de esbeltez para el factor tratamiento mostró cuatro grupos de medias; donde el primer grupo con menor valor de media estuvo conformado por el tratamiento 60 % (0.7447) y el último grupo con el valor mayor de media fue el del 0 % (1.0021) (Anexo 38; Figura 41).

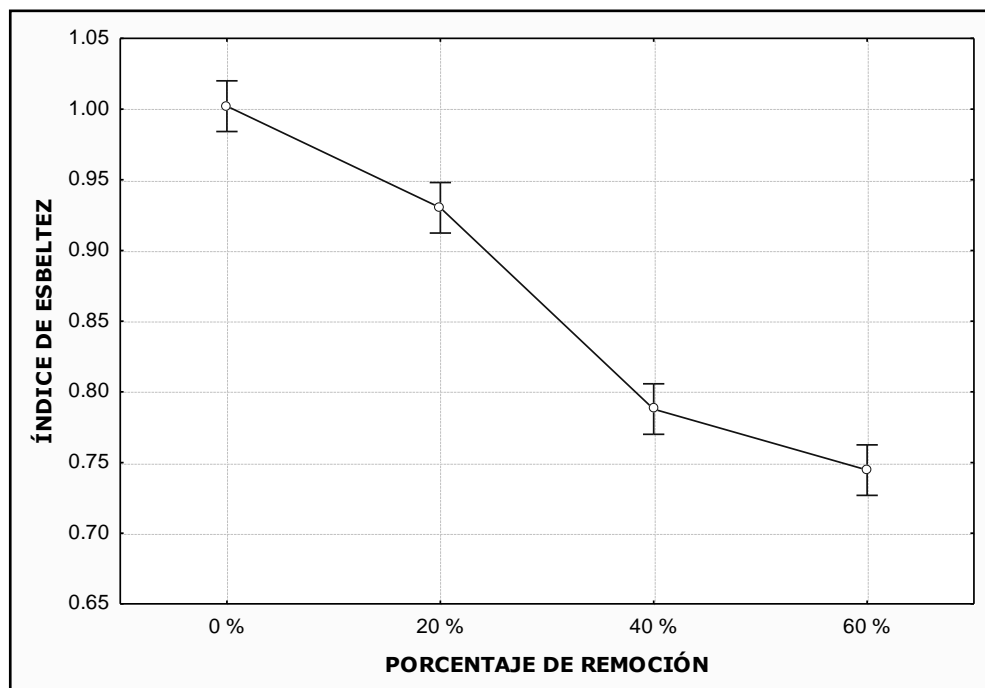


Figura 41. Índice de esbeltez por tratamiento en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Los resultados obtenidos en esta evaluación difieren con los resultados reportados por Garcés (2018), ya que menciona que en su estudio que el índice de esbeltez en los tratamientos no presentó diferencias, sin embargo, el 60 % fue el que tuvo el menor valor de índice de esbeltez, en consecuencia, los árboles presentaron mayor diámetro que en los otros tratamientos. Las diferencias con respecto al presente estudio puede deberse a dos razones: la primera, que el periodo de evaluación fue diferente, pues Garcés (2018) evaluó seis años, mientras que, en el presente estudio se evaluó el periodo de vida de los individuos, por lo que, se asimila que el índice de esbeltez es sensible a un periodo largo de años, por otro lado, Garcés (2018) obtuvo el índice a través de mediciones de diámetro y altura en el árbol en pie mientras que para efecto del presente trabajo las evaluaciones fueron a través de rodajas permitiendo obtener los datos de forma más detallada.

El índice de esbeltez es un gran indicador de los efectos de los aclareos y la relación que existen con diversas variables, por ejemplo, Korzeniewicz *et al.* (2019) mencionan en su estudio que la variable diámetro tiene una alta correlación con diferentes variables evaluadas, tal es el caso, del índice de esbeltez el cual presenta una relación negativa (-0.9061). Por lo tanto, el índice de esbeltez disminuye cuando los valores del diámetro aumentan o viceversa, los autores citados también mencionan que la correlación que existe entre la altura e índice de esbeltez es intermedia (-0.5124) mientras que la correlación entre el diámetro e índice de esbeltez fue alta (-0.9061) es decir los resultados que presentó el índice de esbeltez, fue como producto del diámetro más que de la altura, esto explica por qué los tratamientos con mayor remoción presentaron los índices de esbeltez más bajos, ya que éstos presentaron los diámetros más altos.



Por su parte, Bijak y Orzol (2018) en sus resultados también relacionaron el crecimiento en diámetro a las remociones ejecutadas, pues a través de eso se presenta un índice de esbeltez estable, indicando bienestar en el rodal, relacionando lo anterior con los resultados obtenidos en el presente estudio y de acuerdo con la clasificación propuesta por Burschel y Huss (1997) los tratamientos que presentan menor índice y por ende mejor respuesta a los aclareos en el presente estudio son los tratamientos 40 % y 60 % .

Por otra parte, el índice de esbeltez por clases de copa, a través de la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos: el primero correspondió a las clases de copa dominante e intermedia (0.8833, 0.8740, respectivamente) con los valores más altos; y el segundo correspondió con el valor más bajo a la clase 2 (0.8413), (Anexo 39; Figura 42).

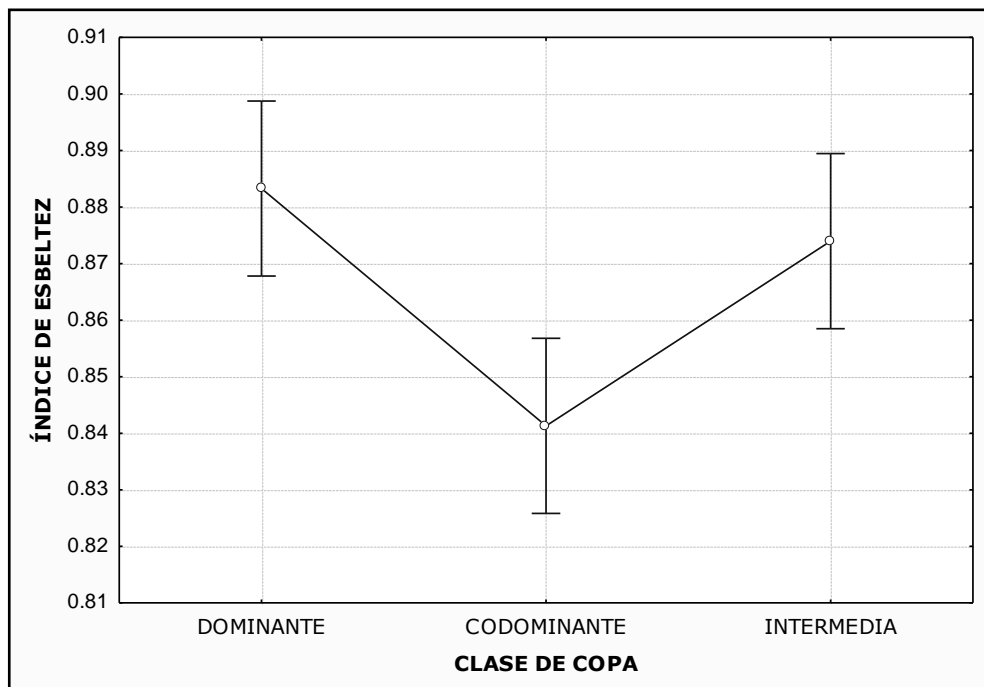


Figura 42. Índice de esbeltez por clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

En el caso de la clase dominante fue producto del diámetro, mientras que para el intermedio esto se compensó por la baja altura, pues los valores de diámetro fueron inferiores, por otro lado, el codominante presenta los valores más bajos, por lo que, en este caso la clase codominante resulta fue más sensible a los efectos del aclareo a través del índice de esbeltez.

Estos resultados son similares a los reportados por Kazmierczak *et al.* (2011), ya que los autores encontraron resultados similares en la especie *Larix decidua* en donde la clase de copa dominante presentó un índice de 0.78, mientras que, para los intermedios un índice de 1.01, por lo que, la clase de copa fue determinante en la condición del árbol; los autores mencionan que con el deterioro de la clase de copa el índice aumenta, además, de acuerdo a los análisis estadísticos ejecutados el factor clase de copa también mostró una alta significancia con  $P > 0.001$ , al igual que en el presente estudio.

Realmente la posición biosocial de cada individuo repercute en el índice de esbeltez del árbol (Kaźmierczak, 2015). Los autores Bijak y Orzol (2018) encontraron que el índice de esbeltez de *Robinia pseudoacacia* varió de 0.31 a 1.95 con un promedio de 0.91, los valores más bajos correspondieron a las clases de copa dominantes y los valores más altos pertenecieron a los intermedios y suprimidos, esto coincide totalmente con el presente estudio, los autores asocian un índice alto con árboles de baja estabilidad; con respecto a la aseveración anterior el autor Kaźmierczak (2015) también coincide con tal planteamiento.

En el estudio realizado por Kaźmierczak (2012) en el cual evaluó el índice de esbeltez para tres diferentes edades encontró que para la edad de 35 años se presentaron los valores de índice de esbeltez de 0.89, 1.04 y 1.19, para las clases dominante, codominante e intermedio, respectivamente.

En cambio, para la edad de 50 años los valores fueron de 0.88, 1.04 y 1.19; y para los 88 años, los valores de índice fueron de 0.66, 0.79 y 0.89, lo anterior demuestra claramente que la edad y la clase de copa impactan en gran manera, dado conforme la edad aumenta, la estabilidad de los árboles mejora. Con base en lo anterior, la aplicación de los aclareos acelera la estabilidad de las especies arbóreas; en cuanto a las clases de copa, al eliminar los árboles intermedios y suprimidos permite la mayor cantidad de dominantes y codominantes y el mejor desarrollo de estos últimos (Kaźmierczak, 2012; Kaźmierczak, 2015). Al comparar lo anterior con los datos del presente estudio se encontraron índices más bajos lo cual se relaciona con el efecto positivo de los aclareos en los que destacan los tratamientos con mayor remoción (60 y 40%).

Otro de los estudios similares fue el realizado por Korzeniewicz *et al.* (2019) los autores encontraron que el índice de esbeltez para los árboles dominantes fue de 1.22, el cuál fue más bajo que los codominantes e intermedios, ya que estos tuvieron un valor de 1.31, no obstante, los valores son muy altos y se deduce que esto se debió a que fue un rodal sin intervención silvícola, a diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, los valores fueron más bajos (0.8833, 0.8740 y 0.8413; dominante, intermedio y codominante, respectivamente) y puede atribuirse al impacto de los aclareos.

Por otro lado, Korzeniewicz *et al.* (2019) resaltan la fuerte correlación que existe entre las características biométricas con el índice de esbeltez, para la variable clase de copa encontraron una correlación de -0.7448, lo que explica que a mayor altura o dominancia del árbol menor es el índice de esbeltez, por ello, estos autores recomiendan que es conveniente que en el rodal se encuentren árboles dominantes y codominantes, y eliminar los individuos con alturas inferiores, por lo anterior, se puede afirmar que el tipo de aclareo recomendable es el por lo bajo.

En cuanto al índice de esbeltez por año a través del análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó 10 grupos de medias; en el primer grupo se situaron los valores más bajos del índice en el año 1997 de 0.6814, por lo contrario, en el último grupo se halló el máximo valor máximo correspondiente al año 2017 con el valor 1.0020 (Anexo 40; Figura 43).

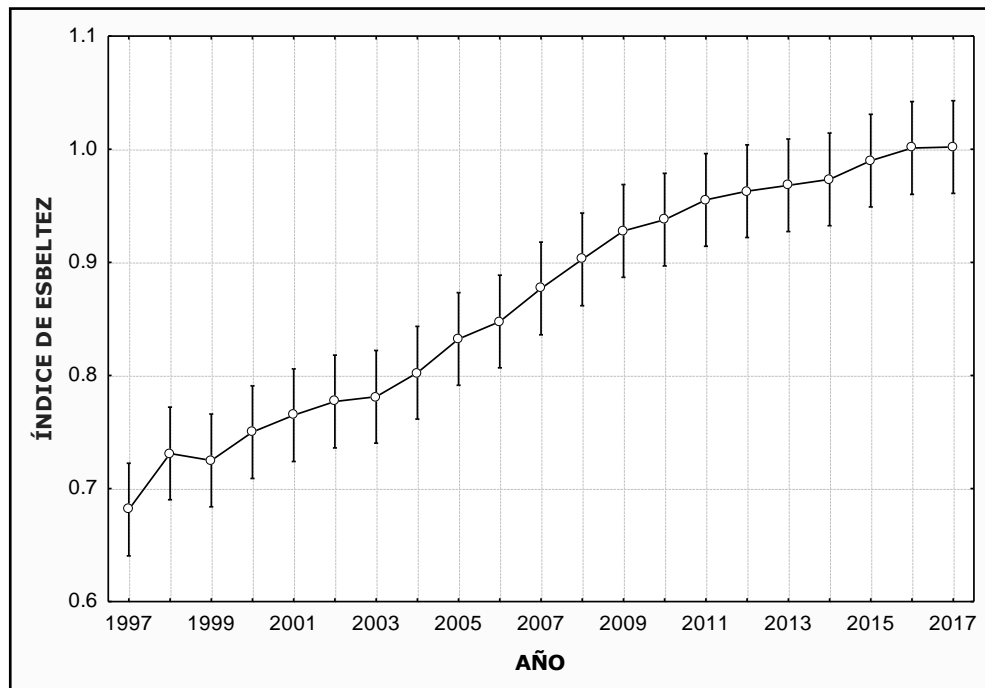


Figura 43. Índice de esbeltez por Año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Los diferentes grados de pendiente que se encontraron para el índice de esbeltez fue que el primero va del año 1997 al 2003 donde el índice tiende a ser estable, pero del año 2003 al año 2008 el ritmo fue más rápido y para los años 2009 al 2017, la pendiente de la gráfica tuvo un ligero descenso, lo anterior indicó que los valores del índice del esbeltez cada vez fueron más estables, esto se debe a que en esos años se encontraron los valores más altos en diámetro en todos los tratamientos.

Kazmierczak *et al.* (2011) encontraron que en el factor año, al igual que en el presente estudio, diferencias altamente significativas, sin embargo, indican que el índice de esbeltez disminuyó conforme aumentaba la edad, de igual manera, Orzel (2007) asevera que el índice de esbeltez disminuye con el crecimiento del árbol conforme pasan los años; esto contradice los resultados del presente estudio, pues el índice aumentó.

Éstas diferencias pueden deberse a que las evaluaciones de los estudios mencionados anteriormente no estuvieron basadas en aclareos, ya que ellos midieron en condiciones sin ningún tipo de intervención silvícola, mientras que en estos resultados están implícitos los cuatro diferentes tratamientos.

En cuanto al índice de esbeltez por tratamiento y clase de copa la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) encontró cinco grupos de medias: el menor valor de índice se encontró en el primer grupo con el tratamiento 60 % con la clase de copa dominante (0.6517), mientras que el valor del índice más alto se halló en el último grupo en la interacción del tratamiento 0 % con la clase intermedia (1.1218), (Anexo 41; Figura 44).

Es importante resaltar los valores que comprende cada grupo esto es los tratamientos 0 y 20 % presentaron los valores más altos para las clases de copa, mientras que los tratamientos 40 y 60 % tuvieron los bajos índices de esbeltez (Figura 44); en cuanto a las clases de copa, los intermedios presentaron valores similares para el 20, 40 y 60 %; en el caso de los dominantes hubo similitud de valores en el 0 y 20 %, presentando valores altos, pero en el 40 y 60 % los valores fueron relativamente bajos y similares a las clases intermedias; y el que presenta un comportamiento diferente fue la clase codominante, ya que en el 0 y 20 % los valores son altos, sin embargo, el valor en el 40 % es bajo y es aún más bajo en el 60 %, lo cual indica que es la clase de copa más sensible al índice de esbeltez.

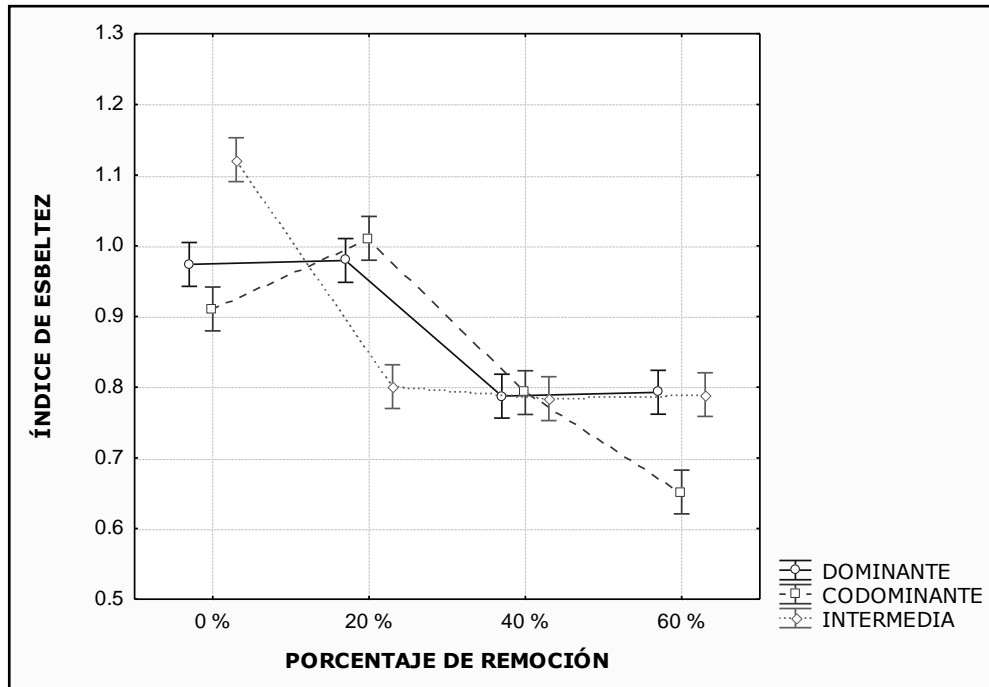


Figura 44. Índice de esbeltez por tratamiento y clase de copa en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

Por otro lado, el grupo a y d, son los que presentaron los valores más bajos de acuerdo con los índices y a la clasificación propuesta por Burschel y Huss (1997) estos son árboles estables, ya que los valores van de 0.6517 a 0.8008, mientras que el resto de los grupos son árboles inestables.

Por otra parte, en el índice de esbeltez por tratamiento y año la prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) encontró 22 grupos de medias. El primer grupo se encontró el valor promedio más bajo de índice que correspondió al tratamiento 40 % en el año 1997 (0.6082); en contraparte, el valor más alto ocurrió en el tratamiento 0 % en el año 2017 (1.2520) (Anexo 42; Figura 45).

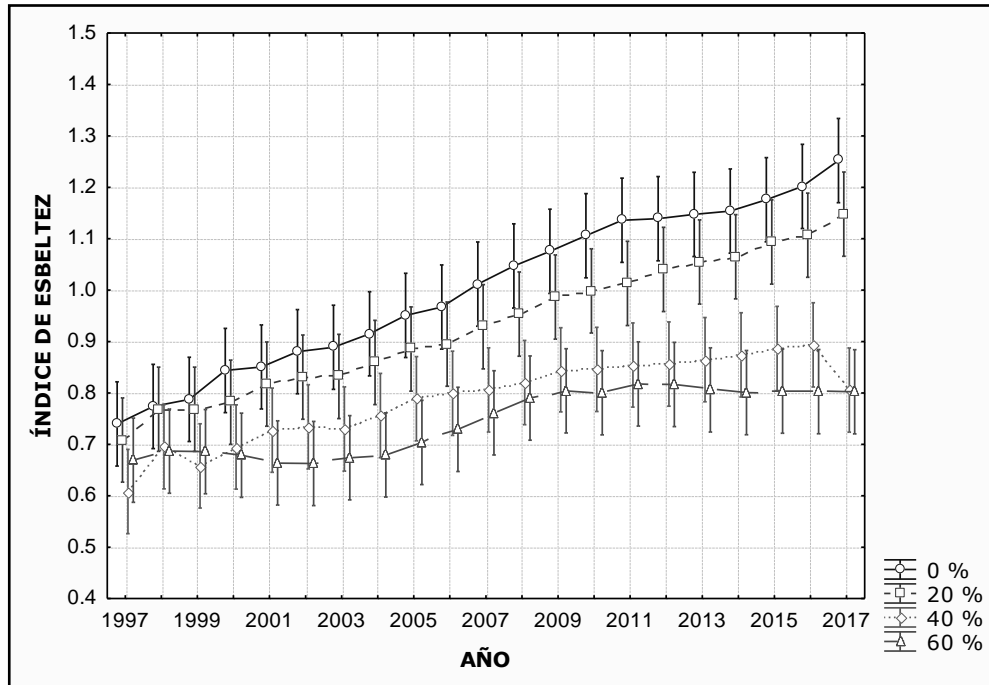


Figura 45. Índice de esbeltez por tratamiento y año en un rodal de *Pinus rudis* Endl. en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Las barras verticales indican intervalos de confianza de 0.95.

La tendencia de los valores para cada uno de los cuatro tratamientos presentó un incremento conforme pasa el tiempo, sin embargo, el grado de inclinación es diferente (Figura 45). Para el caso del 60 % presentó los valores más bajos y el 40 % presentó cierta similitud, en cambio, los tratamientos 0 y 20 % presentaron valores más altos en todos los años, lo cual indica una vez más el efecto de los tratamientos con mayor porcentaje de remoción.

Para el caso de la interacción de los factores tratamiento y año, en el presente estudio no se hallaron diferencias, sin embargo, comparándolo con los resultados que obtuvo Kazmierczak *et al.* (2011) si encontraron diferencias estadísticas.

Con respecto a la relación del índice de esbeltez con los años, el presente estudio difiere con lo reportado por Wang *et al.* (1998) ya que dichos autores reportaron una correlación negativa, es decir que conforme la edad aumenta el índice disminuye, además hicieron énfasis en que las diversas correlaciones son diferentes aun encontrándose en el mismo lugar de estudio, los autores lo atribuyen a los diferentes procesos fisiológicos de cada especie, por ello es fundamental realizar los análisis a nivel especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Los coeficientes de correlación aproximados entre el índice de esbeltez del árbol y sus características biométricas (Wang *et al.*, 1998).

<b>Especies</b>	<b>Años</b>
Álamo temblón	-0.534
Álamo balsámico	-0.397
Abeto Blanco	-0.036
Abeto negro	-0.018
Pino de Lodgepole	-0.358

Los valores aproximados del coeficiente de correlación se estimaron utilizando la fórmula sugerida por Benson (1965).

En países europeos se han realizado gran cantidad de estudios analizando el índice de esbeltez, a diferencia de muchos países incluyendo México, por tal, se ha comparado este estudio con estudios de otros países. Ellos han logrado determinar que variables como el diámetro, el volumen, la clase de copa, la edad e incrementos tuvieron una alta correlación con el índice de esbeltez (Wang *et al.*, 1998; Kazmierczak, 2012; Kazmierczak, 2015).

Por otra parte, según Kazmierczak (2015) indica que las condiciones físicas-ambientales influyen en el índice de esbeltez en las que se encuentren las especies arbóreas, además de las ejecuciones silvícolas que se realicen Korzeniewicz *et al.* (2019).



## **VI. CONCLUSIONES**

La hipótesis nula formulada para el presente estudio fue rechazada, ya que las variables diámetro a 0.5 m, el área basal, volumen y sus respectivos incrementos, además del índice de esbeltez presentaron diferencias altamente significativas.

El crecimiento por árbol en diámetro a 0.50 m presentó diferencias que fueron significativas con respecto a las diferentes intensidades de aclareo, en las tres clases de copa.

El crecimiento por árbol en área basal a 0.50 m presentó diferencias que fueron significativas con respecto a las diferentes intensidades de aclareo, en las tres clases de copa.

El crecimiento por árbol en volumen presentó diferencias que fueron significativas con respecto a las diferentes intensidades de aclareo, en las tres clases de copa.

El índice de esbeltez mostró sensibilidad a los efectos de los aclareos, por lo que, fue un buen parámetro para evaluar la intensidad de los tratamientos.

Los porcentajes de remoción que mejor respondieron positivamente ante los aclareos, como intervenciones silvícolas fueron los 60 y 40 %.

Las clases de copas dominantes y codominantes respondieron favorablemente a los aclareos, esto se observó en todas las variables evaluadas.

Las clases de copa intermedia no respondieron positivamente a los aclareos en cualquier porcentaje de remoción.

Los árboles codominantes fueron más sensibles a los porcentajes de remoción en la variable índice de esbeltez.

Es importante evaluar los aclareos en periodos largos para determinar con certeza la magnitud de los efectos que se generan.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Aplicar aclareos con remociones fuertes de 40 y 60 % en rodales coetáneos de *Pinus rudis* Endl.

Ejecutar aclareos de tipo por lo bajo en rodales con características parecidas a las del presente estudio, para beneficiar preferentemente a individuos con clases de copas dominantes y codominantes.

Realizar la medición de anillos anuales a través de análisis troncales para conocer el comportamiento de intervenciones silvícolas.

Evaluar el índice de esbeltez que resulta de gran importancia, ya que es un excelente indicador para evaluar los efectos de aclareos.

Se recomienda la aplicación de aclareos fuertes para que los árboles intermedios sean removidos de los rodales.

## VIII. REFERENCIAS

- Aguirre-Calderón, O. A. 2015. Manejo forestal en el siglo XXI. Madera y bosques. 21: 17-28. Doi: 10.21829/myb.2015.210423.
- Assman E. 1970. The principles of forest yeald study. Pergaman Press. Oxford. New York. 506 pp.
- Allen D., C., M. Savage, D. A. Flok, K. F. Suckling, T. W. Swetnam, T. Schulke, P. B. Stacey, P. Morgan, M. Hoffman y J. T. Klingley. 2002. Ecologycal Restoration of Southwestern Ponderosa Pine ecosystems a broad perspective. Ecologycal applications. 12 (5): 1418-1433.
- Benson, M. A. 1965. Spirious correlation in hidraulics and hydrology. J. Hidraulic. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 91
- Bijak, S. y k. Orzol. 2018. Slenderness of trees in black locust stands. Forest Research Papers. 79 (2), 113-117. Doi: 10.2478/frp-2018-0012.
- Burkhart, H. E., M. Tomé. 2012. Modeling Forest Trees and Stands. Ed. Springer. Dordrecht, Netherlands. 458 p.
- Burschel P. y J. Huss. 1997. Grundriss des Waldbaus. Ein Leitfaden Für Studium und Praxis. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin. 68-69 p.
- Cano C., J. 1988. El sistema de manejo regular de los bosques en México. Fundamentos de Silvicultura y su aplicación práctica. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 221 p.

Carrillo E., G. 2008. Casos prácticos para muestreos e inventarios forestales. Ed. División Forestal Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. 172 p.

CONABIO. 2012. Portal de geoinformación. Sistema nacional sobre la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Consultado el 20 de noviembre de 2020.

Corral-Rivas, J. J., B. Vargas-Larreta, C. Wehenkel, O. A. Aguirre-Calderón y F. Crecente-Campo. 2014. Guía para el Establecimiento, Seguimiento y Evaluación de Sitios Permanentes de Monitoreo de Paisajes Productivos Forestales. Fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal. Comisión Nacional Forestal y Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. 93 p.

Cortés M., C., y E. Fernández V. 2011. Guía para el buen manejo forestal en la Sierra Madre Occidental. USAID. <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositoriodigital/items/show/17>(Consultado el 03 de marzo del 2020).

Cremer, K. W., C. J. Borough, F. H. McKinnell y R. R. Carter. 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in [pine] plantations. New Zealand Journal of Forestry Science. 12(2): 244-268

- Cuende A., S. 2019. Efectos de la densidad de la masa, la calidad de sitio, el clima y los tratamientos silvícolas sobre el crecimiento del pino carrasco en Zaragoza y Teruel. Tesis de maestría. Escuela de Ingeniería de la Industria Forestal Agronómica y de la Bioenergía. Universidad de Valladolid. Valladolid. España. 144 p.
- Curtis, R. O. 1982. A simple Index of Stand Density for Douglas-fir. *Forest Science*. 28 (1): 92-94. Doi: 10.1093/forestscience/28.1.92
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de silvicultura. Ramón Elizondo M. (traducción). 2ª ed. Editor McGraw - Hill. México, D. F. 492 p.
- Darwin, C. 1859. *The Origin of Species: by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Murray, London. 318-319 pp. Doi: 10.1038 / 005318a0.
- Del Río, M., S. Condés y H. Pretzsch. 2014. Analyzing size-symmetric vs. size-asymmetric and intra vs. inter-specific competition in beech (*Fagus sylvatica* L.) mixed stands. *Forest Ecology and Management*. 325: 90–98. Doi: 10.1016 / j.foreco.2014.03.047.
- De Luis, M., K. Novak, J. Raventós, J. Gricar, P. Prislan y K. Cufar. 2011. Climate factors density fluctuations in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) from semiarid sites. *Dendrochronologia*. 29(3):163-169. Doi: 10.1016/j.dendro.2011.01.005.

- Díaz B., J. A. 2002. Aclareos en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 40 p.
- Díaz B., S., M. Espinosa, L. Valenzuela, J. Cancino y J. P. Lasserre. (2012). Efecto del raleo en el crecimiento y algunas propiedades de la madera de *Eucalyptus nitens* en una plantación de 15 años. Maderas. Ciencia y Tecnología. 14(3):373-388. Doi: 10.4067/s0718-221x2012005000009.
- Domínguez D., M., F. Bravo O., M. Del Rio G. 2006. Modelos del tamaño de copas de *Pinus sylvestris* L. en bosques del centro de España. Interciencia. 31 (3):168-171.
- Evert, R. F. 2006. Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development. Third Edition. Nueva Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 601 p.
- FAO. 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>. Consultado el 05 de marzo de 2020.
- Farjón, A., J. A. Pérez y B.T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, London, England. 151 p.

- Fernández, P.L. 2018. Respuestas funcionales de las coníferas al frío y a la sequía: Una aproximación multiescalar. Tesis de Doctorado. Departamento de Ciencias de la vida, Unidad docente de ecología. Universidad de Alcalá. España. 182 p.
- Ford-Robinson, F. C. 1971. Terminology of forest Science, Technology, Practice and Products. Ed. Society of American Foresters. Washington, D.C. 349 p.
- Fors y Reyes, A. J. 1947. Manual de Silvicultura. Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba. 323 p.
- Freckleton, R. P. y A. R. Watkinson. 1999. The mis-measurement of plant competition. *Functional Ecology*. 13(2): 285-287.
- Gadow, K. V., S. Sánchez O., O. A. Aguirre C. 2004. Manejo forestal con bases científicas. *Madera y bosques*. 10(2):3-16.
- Garcés V., P. 2018. Evaluación de diferentes intensidades de aclareos en *Pinus rudis* Endl., a seis años de su aplicación en San José de la Joya, Galeana, N. L. Tesis profesional. Departamento Forestal. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 68 p.
- Gernandt, D.S. y J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. México. 85: 126-133.

- González J. M., Piqué M. y Vericat P. 2011. Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 207 pp.
- González, L M., M. González C. y R. Ramírez. 2002. Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas. Cultivos tropicales. 23 (2):27-37.
- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos, y M. A. Hernández-Ríos. 2007. Ecología y Silvicultura en bosques templados. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 13(1):67-83.
- Hernández R., J., J. J. García M., H. J. Muñoz F., X. García C., T. Sáenz R., C. Flores L. y A. Hernández R. 2018. GUÍA DE DENSIDAD PARA MANEJO DE BOSQUES NATURALES DE *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. EN HIDALGO. Revista Mexicana De Ciencias Forestales. 4(19):62-77. Doi:10.29298/rmcf.v4i19.379.
- INEGI. 2010. Conjunto de datos vectoriales. Serie V. Disponible en <https://www.inegi.org.mx>. Consultado el 15 de enero de 2020.
- INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales. Serie VI. Disponible en <https://www.inegi.org.mx>. Consultado el 25 de enero de 2020.
- INEGI. 2015. Estadísticas a propósito del día internacional de los bosques. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en <https://www.inforural.com.mx/dia-internacional-los-bosques/>. Consultado el 24 de febrero de 2020.



- Kaźmierczak, K., M. Nawrot, P. Witold, N. Tomasz y J. Agnieszka. 2011. Effect of forest habitat type, age and biosocial position on the slenderness of European larch (*Larix decidua* Mill.). *Sylvan*. 155: 472-481.
- Kaźmierczak, K. 2012. Smukłość sosen w klasach biosocjalnych. *Forestry Letters*. 103:33-39.
- Kaźmierczak K., W. Borzyszkowski y R. Korzeniewicz. 2015. Slenderness of 35-year-old pines from a dominant stand as an indicator of a stand stability. *Forestry Letters*. 108. 32-35.
- Keddy, P. A. 2017. *Plant ecology. Origins, processes, consequences*, 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press, Cambridge. 624 p.
- Klepac, D. 1976. *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*. Departamento de bosques. Universidad Autónoma Chapingo. México. 365 pp.
- Korzeniewicz, R., P. Pikliński, G. Niedbała, M. Adamski. M. Piekutowska y K. Kaźmierczak. 2019. Smukłość modrzewia (*Larix decidua* Mill.) w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. *Nauka, Przyroda, Technologie*. 13(1):23-32. Doi: 10.17306/J.NPT.00262.
- Kraft, G. 1884. *Beiträge Zur lehre von den Durchforstungen, Schagstellungen und Lichtungshieben*, Hannover. Ed. ETH Library Zurich Hannover: Klindworth's Verlag. 148 p.

- Krajicek, J. E., K. A. Brinkman y S. F. Gingrich. 1961. Crown Competition: A Measure of Density. *Forest Science*. 7 (1):35–42. Doi: 10.1093/ciencia forestal /7.1.35.
- Kunstler G., D. Falster, D. A. Coomes, F. Hui, R. M. Kooyman, D. C. Laughlin, L. Poorter, M. Vanderwel, G. Vieilledent, S. J. Wright, M. Aiba, C. Baraloto, J. Caspersen, J. H. C. Cornelissen, S. Gourlet-Fleury, M. Hanewinkel, B. Herault, J. Kattge, H. Kurokawa, Y. Onoda, J. Peñuelas, H. Poorter, M. Uriarte, S. Richardson, P. Ruiz-Benito, I. Fang S., G. Stanl, N. G. Swenson, J. Thomson, B. Westerlund, C. Wirth, M.A. Zavala, H. Zeng, J. K. Zimmerman, N. E. Zimmermann y M. Westoby. 2016. Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature*. 529. 204:207. Doi: 10.1038/nature16476.
- Lendínez C., D., M. C. Iturre, P. A. Araujo y C. González G. 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Quebracho*. 21 (1, 2): 115-120.
- McDowell N., J. R. Brooks, S. A. Fitzgerald y B. J. Bond. 2003. Carbon isotope discrimination and growth response of old *Pinus ponderosa* trees to stand density reductions. *Plant, Cell and environment*. 26: 631-644.
- Manzanilla-Quiñones, U., O. A. Aguirre-Calderón y J. Jiménez-Pérez. 2018. ¿Qué es una conífera y cuantas especies existen en el mundo y en México? Desde el herbario, Centro de Investigación Científica de Yucatán. 10: 168-175.

- Martínez-Meier A. Sánchez L, P. M. Gallo L. y P. Rozenberg. 2008. What is hot in tree rings? The Wood density of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave. *Forest Ecology and Management*. 256:837-843.
- Martínez, M. 1948. *Los Pinos Mexicanos*. Ed. Ediciones Botas. México City: Universidad Autónoma de México.
- Martínez S. M., B. G. Quiñonez. 2015. Diagramas de manejo de la densidad con modelación de regresión frontera estocástica para mezcla de especies de la UMAFOR 0807 Guachochi, Chihuahua. Folleto técnico. 52 p.
- Martínez S. M., G. Sosa P., J. M. Chacón S., A. Pinedo A., F. Villareal G. y J. A. Prieto A. 2019. El monitoreo forestal por medio de Sitios Permanentes de Investigación Silvícola en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 10(55): 56-78. Doi:10.29298/rmcf.v10i55.511.
- Mendoza B., M. A. 1983. *Conceptos básicos de manejo forestal*. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 1ra edición. 269 p.
- Monárrez-González, J., G. Pérez-Verdín, C. López-González, M. Márquez-Linares y M. González Elizondo. 2018. Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*. 24(2). Doi: 10.21829/myb.2018.2421569.

- Müller-Using, B., R. Rodríguez y P. Gajardo. 2013. Desarrollo de una guía de manejo de la densidad en bosques de segundo crecimiento de roble (*Nothofagus obliqua*) en la región del Biobío. *Bosque* (Valdivia). 34(2):201-209.
- Muñoz F., M. Espinosa, M. Herrera y J. Cancino. 2005. Características del crecimiento en diámetro, altura y volumen de una plantación de eucaliptos en algunas ocasiones a tratamientos silvícolas de poda y raleo. *Bosque*. 26 (1):93-99.
- Nájera-Luna, J. A. y E. Hernández-Hernández. 2008. Relaciones morfométricas de un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*. 4(1):69-81.
- Návar-Cháidez, J. D. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*. 27:71-87
- Nieto de Pascual P., C., M. A. Musálem. J. Alcalá O. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (hbk) schl. et cham. *Agrociencia*.37 (5):521-531.
- Orzel S. 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. *EJPAU Forestry* 10(2). 13 p.
- Pérez L., G. 2016. Efecto de los diferentes grados de aclareos en la estructura de un rodal de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. Departamento Forestal. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 57 p.

- Pommerening, A. y A. J. Sánchez M. 2018. Tamm review: Tree interactions between myth and reality. *Forest Ecology and Management*. 424:164–176. doi:10.1016/j.foreco.2018.04.051.
- Pretzsch, H. y P. Biber. 2010. Size-symmetric versus size-asymmetric competition and growth partitioning among trees in forest stands along an ecological gradient in Central Europe. *Canadian Journal of Forest Research*. 40. 370-384. Doi: 10.1139/X09-195.
- Purves, D. W., J. W. Lichstein y S. W. Pacala. 2007. Crown Plasticity and Competition for Canopy Space: A New Spatially Implicit Model Parameterized for 250 North American Tree Species. *PLoS ONE*. 2(9). 11 p. Doi:10.1371/journal.pone.0000870.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand-density index for evenage forests. *Journal of Agricultural Research*. 46: 627–638.
- Rivero B., D.P. y E. M. Zepeda B. 1990. Principios básicos de regulación forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Serie de apoyo académico num.42. 262 p.
- Rodríguez O., G. 2010. Efectos de aclareos en el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schl. Et Cham. En Ixtlán, Oaxaca. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 149 p.
- Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. 354 p.

- Rosas L., F. 2013. Crecimiento e incremento en diámetro y altura de *Pinus rudis* Endl., en respuesta a preclareos en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. Departamento Forestal. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 87 p.
- Rubio-Camacho, E. A., M. A. González-Tagle, W. Himmelsbach, D. Y. Ávila-Flores, E. Alanís-Rodríguez y J. Jiménez-Pérez. 2017. Patrones de distribución espacial del arbolado en un bosque mixto de pino-encino del noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88:113-121.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. 1ra. Edición impresa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*. 14(1):107-120.
- Schwinning, S. y J. Weiner. 1998. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia*. 113(4):447-455. Doi:10.1007/s004420050397.
- Smith, D.M. 1962. *The practice of silviculture*. 7th ed. Wiley, New York. 527 p.
- Solís M., R., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y. y J. Corral-Rivas. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera bosques*. 12(2):49-64. Doi: 10.21829/myb.2006.1221242.

- Sosa P., G. y D. A. Rodríguez. 2003. Efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* en un área quemada. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 9 (1):34-43
- Steel, D., R. G. y J. H. Torrie. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos. Ricardo Martínez B. (Traducción) 2ª ed. 1ª ed. en español. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.
- Torres-Rojo, J., y A. Velázquez-Martínez. 2000. Relative stand density index for mixed even-aged stands. Agrociencia. 34: 497-507.
- Universidad de Chile. Chile. (Corvalán, V., P. y J. Hernández P.) 2006. Densidad de rodal. Facultad de Ciencias Forestales. 5 p.
- Vásquez B., E. 2015. Efecto de aclareos en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. Departamento Forestal. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 75 p.
- Vázquez S., L., J. Cerrano P., L. Vázquez S., D. W. Stahle, P. Z. Fulé, L. L. Yocom, O. Franco R. y J. A. Ruiz C. 2015. Red Dendrocronológica del Pino de Altura (*Pinus hartwegii* Lindl.) para estudios dendroclimáticos en México. Investigaciones Geográficas, 86: 5-14. Doi:10.14350/rig.42003.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., D. W. Stahle, J. Estrada A. y V. Constante G. 2008. Potencial dendrocronológico de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y reconstrucción de precipitación y flujo en México. Folleto Científico No. 23.

- Wang, Y., S. J. Tinus y V. M. Lemay. 1998. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal Mixedwood forests. *Aspen Bibliography*. 28:1171-1183
- Wilson, J. S., y Oliver, C. D. 2000. Stability and density management in Douglas-fir plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(6): 910–920. Doi: 10.1139/x00-027.
- Young, R. A. 1991. *Introducción a las ciencias forestales*. José Hurtado V. (Traducción). 1ª ed. Ed. Limusa, S.A. de C.V. México. 632 p.
- Zeide, B. 2004. Optimal stand density: a solution. *Canadian Journal of Forest Research*. 34(4): 846–854. Doi: 10.1139 / x03-258



## IX. ANEXOS

Anexo 1. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor tratamiento, en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Altura total media (m)	Agrupación Tukey*	
20	5.34	a	
40	5.54	a	
0	5.96		b
60	6.65		c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 2. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clases de copa	Altura total media (m)	Agrupación Tukey*	
Intermedia	4.4246	a	
Codominante	6.2627		b
Dominante	6.9109		c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 3. Comparación de la altura total media a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor año en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Altura total media (m)	Agrupación Tukey*
1997	2.6458	a
1998	3.0486	a b
1999	3.2847	a b c
2000	3.6389	b c d
2001	3.8889	c d e
2002	4.1875	d e f
2003	4.4583	e f g
2004	4.8194	f g h
2005	5.1944	g h i
2006	5.5417	h i
2007	5.9444	i j
2008	6.3333	j k
2009	6.6806	j k l
2010	6.9444	k l m
2011	7.2708	l m n
2012	7.5347	m n
2013	7.7569	n o
2014	7.9653	n o p
2015	8.3264	o p q
2016	8.6806	p q
2017	9.0417	q

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 4. Comparación de la altura total media, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción por clase de copa	Altura total media (m)	Agrupación Tukey*	
20 por Intermedia	3.8175		e
40 por Intermedia	4.4524	b	
60 por Intermedia	4.5675	b	
0 por Intermedia	4.8611	b	
20 por Codominante	5.5516		c
40 por Dominante	5.7579		c d
0 por Codominante	6.2738	a	d
40 por Codominante	6.4206	a	
20 por Dominante	6.5794	a	
0 por Dominante	6.7341	a	
60 por Codominante	6.8048	a	
60 por Dominante	8.5722		f

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 5. Comparación del incremento promedio en altura total, mediante el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por año durante el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Incremento en altura total		Agrupación Tukey*		
	media (m)				
2014	0.2083		A		
2013	0.2222		a	b	
1999	0.2361		a	b	c
2001	0.2500		a	b	c
2012	0.2639		a	b	c
2010	0.2639		a	b	c
2003	0.2708		a	b	c
1997	0.2986		a	b	c
2002	0.2986		a	b	c
1998	0.3194		a	b	c
2011	0.3264		a	b	c
2017	0.3386		a	b	c
2006	0.3472		a	b	c
2009	0.3472		a	b	c
2000	0.3542		a	b	c
2016	0.3542		a	b	c
2004	0.3611		a	b	c
2015	0.3611		a	b	c
2005	0.3750		a	b	c
2008	0.3889			b	c
2007	0.4028				c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 6. Comparación del incremento promedio en la altura total, mediante el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento y clases de copa en el periodo de 1997 al 2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Incremento en Altura total media (m)	Agrupación Tukey*
60 por Intermedio	0.2540	a
0 por Codominante	0.2738	a
20 por Intermedio	0.2778	a
40 por Codominante	0.2857	a
20 por Codominante	0.3095	a
40 por Intermedio	0.3135	a
20 por Dominante	0.3135	a
0 por Dominante	0.3294	a
40 por Dominante	0.3373	a
60 por Codominante	0.3524	a
0 por Intermedio	0.3571	a
60 por Codominante	0.3610	a

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 7. Comparación del crecimiento promedio en diámetro a 0.5 m, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) por tratamientos en el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
20	5.5241	a
0	5.8836	b
40	6.7394	c
60 %	9.0167	d

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 8. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por clase de copa, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el período 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clases de Copas	Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
Intermedio	4.9022	b
Codominante	7.6133	a
Dominante	7.8573	a

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 9. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el período 1997-2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
1997	3.9111	a
1998	4.2242	a b
1999	4.5611	a b c
2000	4.8722	a b c d
2001	5.1569	b c d e
2002	5.4972	c d e f
2003	5.8097	d e f g
2004	6.1333	e f g h
2005	6.4083	f g h i
2006	6.7069	g h i j
2007	6.9578	h i j k
2008	7.2042	h i j k l
2009	7.4181	i j k l m
2010	7.6431	j k l m
2011	7.8819	k l m n
2012	8.1097	l m n o
2013	8.3250	l m n o p
2014	8.5361	m n o p
2015	8.7764	n o p
2016	9.0792	o p
2017	9.3972	p

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 10. Comparación del diámetro promedio a 0.5 m por tratamiento y clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
0 por Intermedio	4.1230	d
20 por Intermedio	4.5833	b d
40 por Intermedio	5.2929	b c
20 por Codominante	5.3206	b c
60 por Intermedio	5.6095	c
20 por Dominante	6.6683	a
0 por Codominante	6.7619	a
0 por Dominante	6.7659	a
40 por Dominante	7.1111	a e
40 por Codominante	7.8143	e
60 por Codominante	10.5563	f
60 por Dominante	10.8841	f

\*Letras iguales=estadísticamente iguales



Anexo 11. Comparación del incremento en diámetro promedio por tratamiento, a través de la Prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Incremento en Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
0	0.2103	a
20	0.2288	a
40	0.3127	b
60	0.3765	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 12. Comparación del incremento promedio en diámetro por clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Incremento en diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*
Intermedia	0.2625	a
Codominante	0.2665	a
Dominante	0.3173	b

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 13. Comparación del incremento en diámetro promedio por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en el período de 1997-2017 en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Incremento en Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*			
2014	0.2111	a			
2009	0.2139	a	b		
2013	0.2153	a	b	c	
2010	0.2250	a	b	c	
2012	0.2278	a	b	c	
2011	0.2389	a	b	c	
2015	0.2403	a	b	c	
2008	0.2464	a	b	c	
2007	0.2508	a	b	c	
2005	0.2750	a	b	c	
2001	0.2847	a	b	c	
2016	0.3028	a	b	c	d
2006	0.3097	a	b	c	d
2000	0.3111	a	b	c	d
2003	0.3125	a	b	c	d
1998	0.3131	a	b	c	d
2017	0.3181	a	b	c	d
2004	0.3236	a	b	c	d
1999	0.3369		b	c	d
2002	0.3403			c	d
1997	0.4264				d

\*Letras iguales=estadísticamente iguales.

Anexo 14. Comparación de los incrementos promedios en diámetro por tratamiento y clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Incremento en Diámetro promedio a 0.5 m (cm).	Agrupación Tukey*
0 por Codominante	0.1873	a
20 por Codominante	0.1944	a b
0 por Dominante	0.2151	a b
0 por Intermedio	0.2286	a b c
20 por Dominante	0.2429	a b c
20 por Intermedio	0.2492	a b c
60 por Intermedio	0.2690	a b c
40 por Codominante	0.2778	b c d
40 por Intermedio	0.3032	c d
40 por Dominante	0.3571	d e
60 por Codominante	0.4063	e f
60 por Dominante	0.4540	f

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 15. Comparación del incremento promedio en diámetro 0.5 m por clase de copa y año, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$  para el periodo de 1997 al 2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa por año	Incremento en Diámetro promedio a 0.5 m (cm)	Agrupación Tukey*				
Codominante por 2011	0.1417	a				
Intermedia por 2016	0.1625	a	b			
Intermedia por 2014	0.1625	a	b			
Codominante por 2014	0.1667	a	b	c		
Intermedia por 2019	0.1667	a	b	c		
Codominante por 2012	0.1667	a	b	c		
Codominante por 2013	0.1708	a	b	c		
Codominante por 2010	0.1750	a	b	c		
Codominante por 2015	0.1792	a	b	c		
Intermedia por 2017	0.1917	a	b	c	d	
Codominante por 2009	0.2083	a	b	c	d	
Intermedia por 2013	0.2167	a	b	c	d	
Intermedia por 2012	0.2167	a	b	c	d	
Intermedia por 2011	0.2208	a	b	c	d	
Codominante por 2015	0.2208	a	b	c	d	
Intermedia por 2005	0.2292	a	b	c	d	e
Intermedia por 2008	0.2375	a	b	c	d	e
Intermedia por 2007	0.2375	a	b	c	d	e
Codominante por 2008	0.2392	a	b	c	d	e
Intermedia por 2010	0.2417	a	b	c	d	e
Codominante por 2005	0.2417	a	b	c	d	e
Codominante por 2007	0.2525	a	b	c	d	e
Codominante por 1998	0.2558	a	b	c	d	e
Codominante por 1998	0.2583	a	b	c	d	e
Dominante por 1999	0.2583	a	b	c	d	e
Dominante por 2013	0.2583	a	b	c	d	e
Dominante por 2007	0.2625	a	b	c	d	e
Dominante por 2008	0.2625	a	b	c	d	e
Dominante por 2009	0.2667	a	b	c	d	e
Dominante por 2000	0.2708	a	b	c	d	e
Codominante por 2000	0.2708	a	b	c	d	e
Dominante por 2001	0.2750	a	b	c	d	e
Codominante por 2001	0.2875	a	b	c	d	e
Codominante por 2001	0.2917	a	b	c	d	e
Intermedia por 2006	0.2958	a	b	c	d	e
Codominante por 2003	0.2958	a	b	c	d	e

Intermedia por 2004	0.2958	a	b	c	d	e
Dominante por 2012	0.3000	a	b	c	d	e
Codominante por 2006	0.3042	a	b	c	d	e
Intermedia por 2002	0.3042	a	b	c	d	e
Dominante por 2014	0.3042	a	b	c	d	e
Dominante por 2004	0.3083	a	b	c	d	e
Dominante por 2003	0.3167	a	b	c	d	e
Codominante por 2002	0.3167	a	b	c	d	e
Dominante por 2015	0.3208	a	b	c	d	e
Codominante por 2017	0.3250	a	b	c	d	e
Codominante por 2003	0.3250	a	b	c	d	e
Dominante por 2006	0.3292	a	b	c	d	e
Dominante por 1998	0.3292	a	b	c	d	e
Codominante por 2016	0.3458	a	b	c	d	e
Codominante por 1998	0.3542	a	b	c	d	e
Dominante por 2005	0.3542	a	b	c	d	e
Dominante por 2011	0.3542	a	b	c	d	e
Codominante por 2004	0.3667	a	b	c	d	e
Codominante por 1999	0.3692	a	b	c	d	e
Intermedia por 1999	0.3833	a	b	c	d	e
Codominante por 2000	0.3917		b	c	d	e
Dominante por 1997	0.3958		b	c	d	e
Dominante por 2002	0.4000		b	c	d	e
Dominante por 2016	0.4000		b	c	d	e
Intermedia por 1997	0.4125			c	d	e
Dominante por 2017	0.4375				d	e
Codominante por 1997	0.4708					e

---

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 16. Comparación del área basal a 0.5 m por tratamiento para el período 1997-2017 a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
20	0.0026	a
0	0.0030	a
40	0.0040	b
60	0.0075	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 17. Comparación del área basal a 0.5 m promedio por árbol por clase de copa y para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
Intermedio	0.0021	b
Codominante	0.0052	a
Dominante	0.0055	a

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 18. Comparación del área basal promedio por árbol por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
1997	0.0015	a
1998	0.0017	a
1999	0.0019	a b
2000	0.0021	a b c
2001	0.0024	a b c
2002	0.0027	a b c d
2003	0.0030	a b c d e
2004	0.0033	a b c d e f
2005	0.0036	b c d e f g
2006	0.0039	c d e f g h
2007	0.0042	d e f g h i
2008	0.0045	e f g h i j
2009	0.0048	e f g h i j
2010	0.0051	f g h i j k
2011	0.0054	g h i j k l
2012	0.0057	h i j k l
2013	0.0060	i j k l m
2014	0.0063	j k l m
2015	0.0067	k l m
2016	0.0072	l m
2017	0.0077	m

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 19. Comparación del área basal individual promedio por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los clareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*		
0 por Intermedia	0.0015	b		
20 por Intermedia	0.0018	b	c	
20 por Codominante	0.0023	b c		
40 por Intermedia	0.0025	a	b	c
60 por Intermedia	0.0027	a	c	
20 por Dominante	0.0037	a	d	
0 por Codominante	0.0037	a	d	
0 por Dominante	0.0037	a	d	
40 por Dominante	0.0044	d		e
40 por Codominante	0.0051	e		
60 por Codominante	0.0097	f		
60 por Dominante	0.0101	f		

\*Letras iguales=estadísticamente iguales



Anexo 20. Comparación del área basal individual promedio por tratamiento por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Año	Área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
20 por 1997	0.0008	a
20 por 1998	0.0010	a
20 por 1999	0.0012	a
40 por 1997	0.0012	a
0 por 1997	0.0013	a b
40 por 1998	0.0013	a b
20 por 2000	0.0014	a b
0 por 1998	0.0015	a b
20 por 2001	0.0015	a b c
0 por 1999	0.0016	a b c
40 por 1999	0.0016	a b c
20 por 2002	0.0017	a b c
0 por 2000	0.0018	a b c
40 por 2000	0.0018	a b c d
20 por 2003	0.0019	a b c d
0 por 2001	0.0019	a b c d
40 por 2001	0.0021	a b c d e
0 por 2002	0.0021	a b c d e
20 por 2004	0.0021	a b c d e
20 por 2005	0.0023	a b c d e f
0 por 2003	0.0023	a b c d e f
40 por 2002	0.0024	a b c d e f
20 por 2006	0.0024	a b c d e f
0 por 2004	0.0025	a b c d e f
20 por 2007	0.0026	a b c d e f g
0 por 2005	0.0026	a b c d e f g
40 por 2003	0.0026	a b c d e f g
60 por 1997	0.0027	a b c d e f g h
0 por 2006	0.0028	a b c d e f g h
20 por 2008	0.0028	a b c d e f g h
40 por 2004	0.0029	a b c d e f g h
0 por 2007	0.0030	a b c d e f g h
20 por 2009	0.0030	a b c d e f g h
60 por 1998	0.0030	a b c d e f g h i

0 por 2008	0.0031	a b c d e f g h i
20 por 2010	0.0031	a b c d e f g h i
40 por 2005	0.0032	a b c d e f g h i
60 por 1999	0.0033	a b c d e f g h i
0 por 2009	0.0033	a b c d e f g h i j
20 por 2011	0.0033	a b c d e f g h i j
0 por 2010	0.0035	a b c d e f g h i j
20 por 2012	0.0035	a b c d e f g h i j
0 por 2011	0.0036	a b c d e f g h i j k
60 por 2000	0.0036	a b c d e f g h i j k
20 por 2013	0.0037	a b c d e f g h i j k
40 por 2006	0.0037	a b c d e f g h i j k
20 por 2014	0.0038	a b c d e f g h i j k
0 por 2012	0.0038	a b c d e f g h i j k
40 por 2007	0.0040	a b c d e f g h i j k
0 por 2013	0.0040	a b c d e f g h i j k
20 por 2015	0.0040	a b c d e f g h i j k
60 por 2001	0.0040	a b c d e f g h i j k l
0 por 2014	0.0041	a b c d e f g h i j k l
40 por 2008	0.0042	a b c d e f g h i j k l
20 por 2016	0.0043	a b c d e f g h i j k l
0 por 2015	0.0043	a b c d e f g h i j k l
20 por 2017	0.0045	a b c d e f g h i j k l
40 por 2009	0.0045	a b c d e f g h i j k l
0 por 2016	0.0046	a b c d e f g h i j k l
60 por 2002	0.0046	a b c d e f g h i j k l m
40 por 2010	0.0048	a b c d e f g h i j k l m
0 por 2017	0.0048	a b c d e f g h i j k l m
40 por 2011	0.0051	a b c d e f g h i j k l m
60 por 2003	0.0051	a b c d e f g h i j k l m
40 por 2012	0.0055	b c d e f g h i j k l m n
40 por 2013	0.0058	c d e f g h i j k l m n o
60 por 2004	0.0058	c d e f g h i j k l m n o
40 por 2014	0.0061	d e f g h i j k l m n o
60 por 2005	0.0063	e f g h i j k l m n o p
40 por 2015	0.0064	f g h i j k l m n o p
60 por 2006	0.0068	g h i j k l m n o p
40 por 2016	0.0069	h i j k l m n o p q
60 por 2007	0.0073	i j k l m n o p q
40 por 2017	0.0076	j k l m n o p q
60 por 2008	0.0079	k l m n o p q r
60 por 2009	0.0083	l m n o p q r
60 por 2010	0.0089	m n o p q r s

60 por 2011	0.0095	n o p q r s
60 por 2012	0.0099	o p q r s t
60 por 2013	0.0105	p q r s t
60 por 2014	0.0112	q r s t
60 por 2015	0.0120	r s t
60 por 2016	0.0129	s t
60 por 2017	0.0139	t

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 21. Comparación de los incrementos promedio en área basal individual promedio a 0.5 m por tratamiento y para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Incremento promedio en área basal media a 0.5 m ( $m^2$ )	Agrupación Tukey*
0	0.0002	a
20	0.0002	a
40	0.0003	b
60	0.0006	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 22. Comparación de los incrementos promedio del área basal individual a 0.5 m por clase de copa para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Incremento promedio en área basal media a 0.5 m ( $m^2$ )	Agrupación Tukey*
Intermedia	0.0002	a
Codominante	0.0003	b
Dominante	0.0004	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 23. Comparación de los incrementos promedio por árbol en área basal a 0.5 m para el periodo de 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Incremento promedio en área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*			
1998	0.0002	a			
2000	0.0002	a	b		
1999	0.0002	a	b		
2001	0.0002	a	b		
1997	0.0003	a	b		
2009	0.0003	a	b		
2010	0.0003	a	b		
2007	0.0003	a	b		
2005	0.0003	a	b		
2012	0.0003	a	b		
2008	0.0003	a	b		
2003	0.0003	a	b		
2002	0.0003	a	b		
2013	0.0003	a	b		
2006	0.0003	a	b		
2011	0.0003	a	b		
2014	0.0003	a	b	c	
2004	0.0003	a	b	c	
2015	0.0004		b	c	d
2016	0.0005			c	d
2017	0.0005				d

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 24. Comparación de los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de La Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Incremento promedio en área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
0 por Intermedia	0.0001	a
20 por Intermedia	0.0001	a b
20 por Codominante	0.0002	a b
0 por Codominante	0.0002	a b
60 por Intermedia	0.0002	a b c
0 por Dominante	0.0002	a b c
40 por Intermedia	0.0002	a b c
20 por Dominante	0.0003	b c
40 por Codominante	0.0003	c d
40 por Dominante	0.0004	d
60 por Codominante	0.0007	e
60 por Dominante	0.0008	e

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 25. Comparación los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por tratamiento y año para el periodo 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L

Remoción (%) por Año	Incremento promedio en área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*	
0 por 2011	0.0001	a	
20 por 1998	0.0001	a	b
0 por 2000	0.0001	a	b
0 por 2001	0.0001	a	b
0 por 2014	0.0001	a	b
20 por 2010	0.0001	a	b
0 por 1998	0.0001	a	b
0 por 2008	0.0001	a	b
20 por 2013	0.0002	a	b
20 por 1997	0.0002	a	b
0 por 2007	0.0002	a	b
20 por 2009	0.0002	a	b
0 por 2005	0.0002	a	b c
20 por 2001	0.0002	a	b c
0 por 2013	0.0002	a	b c
0 por 2015	0.0002	a	b c
20 por 2014	0.0002	a	b c
20 por 2005	0.0002	a	b c
0 por 2002	0.0002	a	b c
20 por 1999	0.0002	a	b c
40 por 1998	0.0002	a	b c d
0 por 1999	0.0002	a	b c d
0 por 2010	0.0002	a	b c d
20 por 2007	0.0002	a	b c d
20 por 2006	0.0002	a	b c d
20 por 2011	0.0002	a	b c d
0 por 2009	0.0002	a	b c d
0 por 2004	0.0002	a	b c d
20 por 2004	0.0002	a	b c d
20 por 2003	0.0002	a	b c d
0 por 2006	0.0002	a	b c d
0 por 2003	0.0002	a	b c d
40 por 2000	0.0002	a	b c d
20 por 2002	0.0002	a	b c d

20 por 2008	0.0002	a	b c d
40 por 1997	0.0002	a	b c d
20 por 2012	0.0002	a	b c d
0 por 1997	0.0002	a	b c d
20 por 2015	0.0002	a	b c d
20 por 2000	0.0002	a	b c d
0 por 2012	0.0002	a	b c d
40 por 2001	0.0002	a	b c d
20 por 2016	0.0002	a	b c d
60 por 1999	0.0002	a	b c d e
0 por 2017	0.0002	a	b c d e
20 por 2017	0.0003	a	b c d e
0 por 2016	0.0003	a	b c d e f
40 por 2010	0.0003	a	b c d e f
40 por 2009	0.0003	a	b c d e f g
40 por 2003	0.0003	a	b c d e f g
40 por 2008	0.0003	a	b c d e f g
40 por 2002	0.0003	a	b c d e f g
40 por 2013	0.0003	a	b c d e f g
40 por 2005	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2004	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2014	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 1999	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2007	0.0003	a	b c d e f g h
60 por 1998	0.0003	a	b c d e f g h
60 por 2000	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2011	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2015	0.0003	a	b c d e f g h
40 por 2012	0.0004	a	b c d e f g h
60 por 2012	0.0004	a	b c d e f g h i
40 por 2006	0.0004	a	b c d e f g h i
60 por 2001	0.0004	a	b c d e f g h i
60 por 2009	0.0005	a	b c d e f g h i
60 por 2006	0.0005	a	b c d e f g h i
60 por 1997	0.0005	a	b c d e f g h i
60 por 2007	0.0005	a	b c d e f g h i
40 por 2016	0.0005	a	b c d e f g h i
60 por 2003	0.0005	a	b c d e f g h i
60 por 2010	0.0005		b c d e f g h i
60 por 2005	0.0006		c d e f g h i j
60 por 2008	0.0006		c d e f g h i j
60 por 2002	0.0006		d e f g h i j k
60 por 2011	0.0006		e f g h i j k

60 por 2013	0.0006	e f g h i j k
40 por 2017	0.0007	f g h i j k
60 por 2004	0.0007	g h i j k
60 por 2014	0.0007	h i j k
60 por 2015	0.0008	i j k
60 por 2017	0.0009	j k
60 por 2016	0.0010	k

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 26. Comparación de los incrementos individuales promedio en área basal a 0.5 m por clase de copa por año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa por Año		Incremento promedio en área basal media a 0.5 m (m <sup>2</sup> )	Agrupación Tukey*
Intermedia	por 1997	0.0001	a
Intermedia	por 1998	0.0001	a b
Intermedia	por 2001	0.0001	a b c
Intermedia	por 2009	0.0001	a b c
Intermedia	por 1999	0.0001	a b c
Intermedia	por 2005	0.0002	a b c
Intermedia	por 2002	0.0002	a b c
Intermedia	por 2000	0.0002	a b c
Intermedia	por 2014	0.0002	a b c
Intermedia	por 2016	0.0002	a b c
Intermedia	por 2007	0.0002	a b c
Intermedia	por 2004	0.0002	a b c
Intermedia	por 2008	0.0002	a b c
Intermedia	por 2015	0.0002	a b c
Intermedia	por 2003	0.0002	a b c
Intermedia	por 2011	0.0002	a b c d
Codominante	por 1998	0.0002	a b c d
Intermedia	por 2010	0.0002	a b c d
Intermedia	por 2012	0.0002	a b c d
Intermedia	por 2006	0.0002	a b c d
Intermedia	por 2017	0.0002	a b c d



Dominante	por 1999	0.0002	a b c d
Codominante	por 2012	0.0002	a b c d
Codominante	por 2011	0.0002	a b c d e
Intermedia	por 2013	0.0002	a b c d e f
Codominante	por 2000	0.0002	a b c d e f g
Codominante	por 2014	0.0002	a b c d e f g h
Dominante	por 2000	0.0002	a b c d e f g h
Codominante	por 2010	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 1998	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2013	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2001	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 1999	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2009	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 2001	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2005	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 2008	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 2007	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 1997	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2007	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 2003	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2002	0.0003	a b c d e f g h
Codominante	por 2003	0.0003	a b c d e f g h
Dominante	por 2009	0.0004	a b c d e f g h
Codominante	por 2006	0.0004	a b c d e f g h
Dominante	por 2004	0.0004	a b c d e f g h
Codominante	por 2008	0.0004	a b c d e f g h
Codominante	por 1997	0.0004	a b c d e f g h
Codominante	por 2015	0.0004	a b c d e f g h
Dominante	por 2010	0.0004	a b c d e f g h
Dominante	por 2006	0.0004	a b c d e f g h i
Dominante	por 2005	0.0004	a b c d e f g h i
Dominante	por 2002	0.0004	a b c d e f g h i
Dominante	por 2013	0.0004	b c d e f g h i
Dominante	por 2012	0.0004	c d e f g h i
Codominante	por 2004	0.0005	c d e f g h i
Dominante	por 2011	0.0005	d e f g h i j
Dominante	por 2015	0.0006	e f g h i j
Dominante	por 2014	0.0006	f g h i j
Codominante	por 2017	0.0006	g h i j
Codominante	por 2016	0.0006	h i j
Dominante	por 2016	0.0007	i j
Dominante	por 2017	0.0008	j

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 27. Comparación del volumen promedio por árbol por tratamiento para el período de 1997-2017, a través de la Prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
20	0.0095	a
0	0.0108	a
40	0.0161	b
60	0.0335	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 28. Comparación del volumen promedio por árbol por clase de copa, para el período de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
Intermedia	0.0060	a
Codominante	0.0219	b
Dominante	0.0245	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 29. Comparación del volumen promedio por árbol por año, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el período de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Volumen promedio por árbol de 1997-2017 (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
1997	0.0036	a
1998	0.0045	a b
1999	0.0053	a b
2000	0.0060	a b c
2001	0.0072	a b c
2002	0.0081	a b c d
2003	0.0097	a b c d e
2004	0.0108	a b c d e
2005	0.0119	a b c d e f
2006	0.0136	b c d e f g
2007	0.0155	c d e f g h
2008	0.0172	d e f g h
2009	0.0188	e f g h i
2010	0.0211	f g h i j
2011	0.0231	g h i j K
2012	0.0249	h i j K
2013	0.0272	i j K l
2014	0.0294	j K l
2015	0.0323	K l m
2016	0.0360	l m
2017	0.0401	m

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 30. Comparación del volumen promedio por árbol para la interacción de los factores tratamiento con clase de copa, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por clase de copa	Volumen promedio por árbol de 1997-2017 (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*			
0 por Intermedia	0.0044	a			
20 por Intermedia	0.0045	a			
60 por Intermedia	0.0074	a	b		
40 por Intermedia	0.0075	a	b		
20 por Codominante	0.0100	a	b	c	
0 por Codominante	0.0130		b	c	d
20 por Dominante	0.0139		b	c	d
0 por Dominante	0.0149			c	d e
40 por Codominante	0.0196				d e
40 por Dominante	0.0211				e
60 por Codominante	0.0451				f
60 por Dominante	0.0480				f

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 31. Comparación del volumen promedio por árbol en la interacción tratamiento por año, para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León

Remoción (%) por Año	Volumen promedio por árbol de 1997-2017 (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
20 por 1997	0.0023	a
0 por 1997	0.0024	a
40 por 1997	0.0026	a
0 por 1998	0.0030	a
20 por 1998	0.0030	a
40 por 1998	0.0031	a b
20 por 1999	0.0032	a b
0 por 1999	0.0035	a b
40 por 1999	0.0039	a b
20 por 2000	0.0040	a b
0 por 2000	0.0041	a b
40 por 2000	0.0045	a b c
20 por 2001	0.0045	a b c
0 por 2001	0.0045	a b c
20 por 2002	0.0046	a b c
0 por 2002	0.0052	a b c
20 por 2003	0.0054	a b c
20 por 2004	0.0056	a b c
40 por 2001	0.0058	a b c
0 por 2003	0.0058	a b c
40 por 2002	0.0063	a b c d
20 por 2005	0.0065	a b c d e
0 por 2004	0.0066	a b c d e
60 por 1997	0.0071	a b c d e
20 por 2006	0.0071	a b c d e
40 por 2003	0.0073	a b c d e
0 por 2005	0.0078	a b c d e
20 por 2007	0.0081	a b c d e
40 por 2004	0.0088	a b c d e
60 por 1998	0.0088	a b c d e
0 por 2006	0.0090	a b c d e
20 por 2008	0.0091	a b c d e f
0 por 2007	0.0096	a b c d e f

20 por 2009	0.0104	a b c d e f g
60 por 1999	0.0105	a b c d e f g
0 por 2008	0.0107	a b c d e f g
40 por 2005	0.0109	a b c d e f g
60 por 2000	0.0117	a b c d e f g
0 por 2009	0.0118	a b c d e f g
20 por 2010	0.0122	a b c d e f g h
20 por 2011	0.0125	a b c d e f g h
40 por 2006	0.0128	a b c d e f g h
0 por 2010	0.0130	a b c d e f g h
20 por 2012	0.0137	a b c d e f g h
0 por 2011	0.0139	a b c d e f g h
60 por 2001	0.0141	a b c d e f g h
40 por 2007	0.0145	a b c d e f g h
20 por 2013	0.0147	a b c d e f g h
0 por 2012	0.0154	a b c d e f g h i
20 por 2014	0.0158	a b c d e f g h i j
40 por 2008	0.0164	a b c d e f g h i j
60 por 2002	0.0164	a b c d e f g h i j
0 por 2013	0.0165	a b c d e f g h i j
20 por 2015	0.0169	a b c d e f g h i j
40 por 2009	0.0174	a b c d e f g h i j
0 por 2014	0.0180	a b c d e f g h i j
20 por 2016	0.0186	a b c d e f g h i j
0 por 2015	0.0197	a b c d e f g h i j
40 por 2010	0.0200	a b c d e f g h i j
60 por 2003	0.0201	a b c d e f g h i j
20 por 2017	0.0205	a b c d e f g h i j
0 por 2016	0.0217	a b c d e f g h i j k
40 por 2011	0.0218	a b c d e f g h i j k
60 por 2004	0.0221	a b c d e f g h i j k
60 por 2005	0.0227	a b c d e f g h i j k l
0 por 2017	0.0239	a b c d e f g h i j k l
40 por 2012	0.0244	a b c d e f g h i j k l
60 por 2006	0.0256	a b c d e f g h i j k l
40 por 2013	0.0267	b c d e f g h i j k l
40 por 2014	0.0281	c d e f g h i j k l m
60 por 2007	0.0298	d e f g h i j k l m
40 por 2015	0.0301	e f g h i j k l m
60 por 2008	0.0327	f g h i j k l m n
40 por 2016	0.0336	g h i j k l m n
60 por 2009	0.0358	h i j k l m n
40 por 2017	0.0387	i j k l m n
60 por 2010	0.0393	j k l m n o

60 por 2011	0.0442	k l m n o
60 por 2012	0.0460	l m n o
60 por 2013	0.0510	m n o p
60 por 2014	0.0556	n o p q
60 por 2015	0.0625	o p q
60 por 2016	0.0700	p q
60 por 2017	0.0772	q

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 32. Comparación del volumen promedio por árbol por clase de copa y año para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa por Año		Volumen promedio por árbol de 1997-2017 (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
Intermedia	por 1997	0.0006	a
Intermedia	por 1998	0.0009	a
Intermedia	por 1999	0.0012	a
Intermedia	por 2000	0.0014	a
Intermedia	por 2001	0.0018	a
Intermedia	por 2002	0.0023	a b
Intermedia	por 2003	0.0028	a b
Intermedia	por 2004	0.0034	a b
Intermedia	por 2005	0.0038	a b
Intermedia	por 2006	0.0043	a b c
Intermedia	por 2007	0.0049	a b c d
Dominante	por 1997	0.0051	a b c d
Codominante	por 1997	0.0051	a b c d
Intermedia	por 2008	0.0057	a b c d
Intermedia	por 2009	0.0062	a b c d
Codominante	por 1998	0.0063	a b c d
Dominante	por 1998	0.0064	a b c d e
Dominante	por 1999	0.0067	a b c d e
Intermedia	por 2010	0.0070	a b c d e
Codominante	por 1999	0.0079	a b c d e f
Dominante	por 2000	0.0079	a b c d e f
Intermedia	por 2011	0.0082	a b c d e f
Codominante	por 2000	0.0088	a b c d e f

Dominante	por 2001	0.0092	a b c d e f g
Intermedia	por 2012	0.0093	a b c d e f g h
Intermedia	por 2013	0.0104	a b c d e f g h
Dominante	por 2002	0.0106	a b c d e f g h
Codominante	por 2001	0.0107	a b c d e f g h
Intermedia	por 2014	0.0109	a b c d e f g h
Codominante	por 2002	0.0115	a b c d e f g h i
Intermedia	por 2015	0.0120	a b c d e f g h i
Dominante	por 2003	0.0125	a b c d e f g h i j
Intermedia	por 2016	0.0132	a b c d e f g h i j
Codominante	por 2003	0.0137	a b c d e f g h i j k
Dominante	por 2004	0.0143	a b c d e f g h i j k
Codominante	por 2004	0.0147	a b c d e f g h i j k l
Intermedia	por 2017	0.0148	a b c d e f g h i j k l
Codominante	por 2005	0.0149	a b c d e f g h i j k l
Dominante	por 2005	0.0171	a b c d e f g h i j k l m
Codominante	por 2006	0.0172	a b c d e f g h i j k l m
Dominante	por 2006	0.0193	a b c d e f g h i j k l m n
Codominante	por 2007	0.0198	a b c d e f g h i j k l m n
Dominante	por 2007	0.0219	b c d e f g h i j k l m n o
Codominante	por 2008	0.0219	b c d e f g h i j k l m n o
Dominante	por 2008	0.0241	c d e f g h i j k l m n o p
Codominante	por 2009	0.0242	d e f g h i j k l m n o p
Dominante	por 2009	0.0261	e f g h i j k l m n o p
Codominante	por 2010	0.0275	f g h i j k l m n o p q
Dominante	por 2010	0.0288	g h i j k l m n o p q
Codominante	por 2011	0.0290	h i j k l m n o p q
Codominante	por 2012	0.0308	i j k l m n o p q
Dominante	por 2011	0.0322	j k l m n o p q
Codominante	por 2013	0.0334	k l m n o p q r
Dominante	por 2012	0.0345	l m n o p q r
Codominante	por 2014	0.0355	m n o p q r
Dominante	por 2013	0.0379	n o p q r
Codominante	por 2015	0.0380	n o p q r
Dominante	por 2014	0.0417	o p q r s
Codominante	por 2016	0.0424	p q r s
Dominante	por 2015	0.0469	q r s
Codominante	por 2017	0.0473	q r s
Dominante	por 2016	0.0523	r s
Dominante	por 2017	0.0582	s

\*Letras iguales=estadísticamente iguales



Anexo 33. Comparación del incremento corriente anual en volumen promedio por árbol por tratamiento, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el periodo de 1997-2017 y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Aclareo o Remoción (%)	Incremento corriente anual en volumen promedio por árbol ( $m^3$ )	Agrupación Tukey*
20	0.0010	a
0	0.0011	a
40	0.0019	B
60	0.0033	c

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 34. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Incremento corriente anual en volumen promedio por árbol ( $m^3$ )	Agrupación Tukey*
Intermedia	0.0007	b
Codominante	0.0022	a
Dominante	0.0025	a

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 35. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por año, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para el periodo de 1997-2017 y después de realizados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Incremento corriente anual en volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*					
1997	0.0006	a					
2000	0.0008	a	b				
1998	0.0009	a	b	c			
1999	0.0009	a	b	c			
2004	0.0011	a	b	c			
2002	0.0012	a	b	c			
2001	0.0012	a	b	c			
2003	0.0012	a	b	c			
2006	0.0017	a	b	c	d		
2007	0.0017	a	b	c	d		
2008	0.0017	a	b	c	d		
2005	0.0017	a	b	c	d		
2009	0.0020	a	b	c	d		
2010	0.0020	a	b	c	d		
2014	0.0021		b	c	d		
2011	0.0023			c	d	e	
2013	0.0023			c	d	e	
2012	0.0023			c	d	e	
2015	0.0028				d	e	f
2016	0.0036					e	f
2017	0.0039						f

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 36. Comparación del Incremento Corriente Anual en volumen promedio por árbol por tratamiento y por clase de copa para el periodo de 1997-2017, mediante la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos de copa realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por clase de copa	Incremento corriente anual en volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*
20 por Intermedia	0.0005	a
0 por Intermedia	0.0005	a
60 por Intermedia	0.0009	a b
40 por Intermedia	0.0010	a b
20 por Codominante	0.0010	a b c
0 por Codominante	0.0011	a b c
20 por Dominante	0.0014	a b c
0 por Dominante	0.0016	b c
40 por Codominante	0.0020	c d
40 por Dominante	0.0026	d
60 por Dominante	0.0043	e
60 por Codominante	0.0048	e

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 37. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento por año en el periodo de 1997 al 2017 como resultado de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Año	Incremento corriente anual en volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> )	Agrupación Tukey*		
0 por 1999	0.00045	a		
0 por 1997	0.00046	a		
20 por 2001	0.00050	a		
20 por 1997	0.00054	a	b	
40 por 1998	0.00056	a	b	
0 por 2001	0.00058	a	b	
20 por 2004	0.00059	a	b	
40 por 2000	0.00059	a	b	
0 por 2000	0.00061	a	b	c
40 por 1997	0.00062	a	b	c
0 por 2002	0.00064	a	b	c
20 por 2006	0.00064	a	b	c
0 por 1998	0.00064	a	b	c
0 por 2003	0.00067	a	b	c
20 por 1998	0.00070	a	b	c
20 por 1999	0.00070	a	b	c
40 por 1999	0.00071	a	b	c
20 por 2000	0.00078	a	b	c
0 por 2007	0.00078	a	b	c
0 por 2004	0.00078	a	b	c
60 por 1997	0.00079	a	b	c
20 por 2003	0.00085	a	b	c
20 por 2002	0.00093	a	b	c
0 por 2011	0.00093	a	b	c
20 por 2005	0.00094	a	b	c
20 por 2008	0.00100	a	b	c
20 por 2013	0.00103	a	b	c
20 por 2011	0.00104	a	b	c
0 por 2008	0.00104	a	b	c
20 por 2007	0.00105	a	b	c
40 por 2003	0.00106	a	b	c
20 por 2012	0.00108	a	b	c

20 por 2010	0.00109	a	b	c					
0 por 2009	0.00112	a	b	c					
20 por 2015	0.00112	a	b	c					
20 por 2014	0.00113	a	b	c					
0 por 2005	0.00114	a	b	c					
0 por 2013	0.00114	a	b	c					
0 por 2010	0.00120	a	b	c					
0 por 2006	0.00121	a	b	c					
40 por 2002	0.00124	a	b	c					
60 por 2000	0.00127	a	b	c					
20 por 2009	0.00130	a	b	c					
0 por 2014	0.00143	a	b	c	d				
40 por 2004	0.00146	a	b	c	d				
0 por 2012	0.00146	a	b	c	d				
40 por 2001	0.00156	a	b	c	d				
60 por 1998	0.00168	a	b	c	d				
40 por 2007	0.00169	a	b	c	d				
20 por 2016	0.00171	a	b	c	d				
60 por 2004	0.00172	a	b	c	d				
0 por 2015	0.00172	a	b	c	d				
60 por 1999	0.00173	a	b	c	d				
40 por 2011	0.00183	a	b	c	d	e			
40 por 2008	0.00188	a	b	c	d	e			
20 por 2017	0.00192	a	b	c	d	e	f		
40 por 2009	0.00192	a	b	c	d	e	f		
40 por 2006	0.00195	a	b	c	d	e	f		
0 por 2016	0.00201	a	b	c	d	e	f		
40 por 2015	0.00204	a	b	c	d	e	f		
40 por 2005	0.00207	a	b	c	d	e	f		
60 por 2002	0.00212	a	b	c	d	e	f		
40 por 2014	0.00214	a	b	c	d	e	f		
0 por 2017	0.00217	a	b	c	d	e	f		
40 por 2013	0.00226	a	b	c	d	e	f		
60 por 2001	0.00229	a	b	c	d	e	f		
60 por 2003	0.00240	a	b	c	d	e	f		
40 por 2010	0.00261	a	b	c	d	e	f	g	
40 por 2012	0.00263	a	b	c	d	e	f	g	
60 por 2005	0.00283	a	b	c	d	e	f	g	
60 por 2006	0.00290	a	b	c	d	e	f	g	
60 por 2008	0.00295	a	b	c	d	e	f	g	h
60 por 2010	0.00315	a	b	c	d	e	f	g	h
60 por 2007	0.00336	a	b	c	d	e	f	g	h
60 por 2009	0.00357	a	b	c	d	e	f	g	h i
60 por 2014	0.00384	a	b	c	d	e	f	g	h i

40 por 2016	0.00392	b	c	d	e	f	g	h	i
60 por 2012	0.00401		c	d	e	f	g	h	i
60 por 2013	0.00472			d	e	f	g	h	i
40 por 2017	0.00515				e	f	g	h	i
60 por 2011	0.00528					f	g	h	i
60 por 2015	0.00596						g	h	i
60 por 2017	0.00631							h	i
60 por 2016	0.00682								i

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 38. Comparación del índice de esbeltez por tratamiento a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%)	Índice de esbeltez promedio en el periodo 1997-2017	Agrupación Tukey*			
60	0.7447	a			
40	0.7878		b		
20	0.9302			c	
0	1.0021				d

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 39. Comparación del índice de esbeltez por clase de copa para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Clase de copa	Índice de esbeltez promedio en el periodo 1997-2017	Agrupación Tukey*	
Codominante	0.8413		b
Intermedia	0.8740	a	
Dominante	0.8833	a	

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 40. Comparación del índice de esbeltez por año para el periodo 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Año	Índice de esbeltez promedio para el 1997-2017	Agrupación Tukey*
1997	0.6814	a
1999	0.7249	a b
1998	0.7310	a b c
2000	0.7499	a b c d
2001	0.7649	a b c d
2002	0.7769	a b c d e
2003	0.7811	a b c d e
2004	0.8024	b c d e f
2005	0.8322	c d e f g
2006	0.8477	d e f g h
2007	0.8769	e f g h i
2008	0.9026	f g h i j
2009	0.9278	g h i j
2010	0.9377	h i j
2011	0.9552	i j
2012	0.9629	i j
2013	0.9681	i j
2014	0.9733	i j
2015	0.9899	j
2016	1.0011	j
2017	1.0020	j

\*Letras iguales=estadísticamente iguales

Anexo 41. Comparación del índice de esbeltez por tratamiento y clase de copa para el periodo de 1997-2017, a través de la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) y después de aplicados los aclareos en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Índice de esbeltez promedio en el periodo 1997-2017	Agrupación Tukey*
60 por Codominante	0.6517	d
40 por Intermedia	0.7837	a
40 por Dominante	0.7874	a
60 por Intermedia	0.7895	a
40 por Codominante	0.7923	a
60 por Dominante	0.7928	a
20 por Intermedia	0.8008	a
0 por Codominante	0.9106	b
0 por Dominante	0.9737	b c
20 por Dominante	0.9793	b c
20 por Codominante	1.0105	c
0 por Intermedia	1.1218	e

\*Letras iguales=estadísticamente iguales



Anexo 42. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la interacción de los factores tratamiento por clase de copa en el periodo de 1997 al 2017 como resultado de los aclareos realizados en el P. P. Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Remoción (%) por Clase de copa	Índice de esbeltez promedio	Agrupación Tukey*
40 por 1997	0.6082	a
40 por 1999	0.6580	a b
60 por 2002	0.6626	a b
60 por 2001	0.6639	a b
60 por 1997	0.6693	a b c
60 por 2003	0.6739	a b c
60 por 2000	0.6789	a b c
60 por 2004	0.6793	a b c
60 por 1999	0.6858	a b c d
60 por 1998	0.6867	a b c d
40 por 2000	0.6950	a b c d
40 por 1998	0.6955	a b c d
60 por 2005	0.7038	a b c d e
20 por 1997	0.7084	a b c d e f
40 por 2001	0.7276	a b c d e f g
60 por 2006	0.7291	a b c d e f g
40 por 2003	0.7299	a b c d e f g
40 por 2002	0.7341	a b c d e f g
0 por 1997	0.7398	a b c d e f g h
40 por 2004	0.7560	a b c d e f g h i
60 por 2007	0.7613	a b c d e f g h i
20 por 1998	0.7681	a b c d e f g h i j
20 por 1999	0.7682	a b c d e f g h i j
0 por 1998	0.7737	a b c d e f g h i j
20 por 2000	0.7820	a b c d e f g h i j
0 por 1999	0.7874	a b c d e f g h i j
40 por 2005	0.7888	a b c d e f g h i j
60 por 2008	0.7900	a b c d e f g h i j
40 por 2006	0.7994	a b c d e f g h i j k
60 por 2010	0.8005	a b c d e f g h i j k
60 por 2014	0.8008	a b c d e f g h i j k
60 por 2017	0.8023	a b c d e f g h i j k
60 por 2016	0.8025	a b c d e f g h i j k
60 por 2015	0.8036	a b c d e f g h i j k
60 por 2009	0.8042	a b c d e f g h i j k

40	por	2017	0.8056	a b c d e f g h i j k l
60	por	2013	0.8058	a b c d e f g h i j k l
40	por	2007	0.8059	a b c d e f g h i j k l
60	por	2012	0.8165	a b c d e f g h i j k l m
20	por	2001	0.8173	a b c d e f g h i j k l m
60	por	2011	0.8174	a b c d e f g h i j k l m
40	por	2008	0.8201	a b c d e f g h i j k l m
20	por	2002	0.8307	a b c d e f g h i j k l m n
20	por	2003	0.8320	a b c d e f g h i j k l m n
0	por	2000	0.8438	a b c d e f g h i j k l m n
40	por	2009	0.8449	a b c d e f g h i j k l m n o
40	por	2010	0.8459	a b c d e f g h i j k l m n o
0	por	2001	0.8506	a b c d e f g h i j k l m n o
40	por	2011	0.8544	a b c d e f g h i j k l m n o
40	por	2012	0.8560	a b c d e f g h i j k l m n o
20	por	2004	0.8593	b c d e f g h i j k l m n o p
40	por	2013	0.8648	b c d e f g h i j k l m n o p
40	por	2014	0.8742	b c d e f g h i j k l m n o p
0	por	2002	0.8803	b c d e f g h i j k l m n o p
20	por	2005	0.8855	b c d e f g h i j k l m n o p
40	por	2015	0.8865	b c d e f g h i j k l m n o p
0	por	2003	0.8888	b c d e f g h i j k l m n o p q
40	por	2016	0.8934	b c d e f g h i j k l m n o p q r
20	por	2006	0.8950	b c d e f g h i j k l m n o p q r
0	por	2004	0.9151	c d e f g h i j k l m n o p q r s
20	por	2007	0.9288	d e f g h i j k l m n o p q r s t
0	por	2005	0.9509	e f g h i j k l m n o p q r s t
20	por	2008	0.9534	f g h i j k l m n o p q r s t u
0	por	2006	0.9671	g h i j k l m n o p q r s t u
20	por	2009	0.9864	h i j k l m n o p q r s t u
20	por	2010	0.9984	i j k l m n o p q r s t u
0	por	2007	1.0116	j k l m n o p q r s t u v
20	por	2011	1.0130	j k l m n o p q r s t u v
20	por	2012	1.0401	k l m n o p q r s t u v
0	por	2008	1.0470	k l m n o p q r s t u v
20	por	2013	1.0546	l m n o p q r s t u v
20	por	2014	1.0647	m n o p q r s t u v
0	por	2009	1.0756	n o p q r s t u v
20	por	2015	1.0937	o p q r s t u v
0	por	2010	1.1059	p q r s t u v
20	por	2016	1.1067	p q r s t u v
0	por	2011	1.1359	q r s t u v
0	por	2012	1.1390	r s t u v
0	por	2013	1.1473	s t u v

20	por 2017	1.1479	s	t	u	v
0	por 2014	1.1537	s	t	u	v
0	por 2015	1.1759		t	u	v
0	por 2016	1.2018			u	v
0	por 2017	1.2520				v

---

\*Letras iguales=estadísticamente iguales