

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Crecimiento e Incremento en Diámetro y Altura de *Pinus rudis* Endl. en Respuesta a Preclareos en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

FILIBERTO ROSAS LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento e Incremento en Diámetro y Altura de *Pinus rudis* Endl. en Respuesta
a Preamplares en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

FILIBERTO ROSAS LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA



M.C. JOSÉ ANISETO DÍAZ BALDERAS
ASESOR PRINCIPAL



DR. JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ
COASESOR



M.C. HÉCTOR DARÍO GONZÁLEZ
LÓPEZ
COASESOR



Coordinación
DR. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Saltillo, Coahuila, México
Junio 2013

El presente trabajo forma parte del Proyecto “Evaluación del efecto del crecimiento de un bosque de *Pinus rudis* Endl. en el Cerro del Potosí, Galeana, Nuevo León” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con clave 02-03-0207-2117 (en 2011), bajo la responsabilidad del M.C. José Aniseto Díaz Balderas.

DEDICATORIA

La presente está dedicada a mis padres: personas que con su ejemplo de superación y de lucha constante, cultivaron en mí la idea de luchar siempre para alcanzar mis metas. En especial a mi madre quien siempre se mantuvo al margen de mi formación y acudió a la amistad para asegurarse de lograr su propósito.

Gregorio Rosas Cribelli

Teresa López Arroyo

A mis hermanos: que han sido pieza fundamental en mi formación como persona G. de Jesús, J. Guadalupe † y L. Daniel, pero muy en especial a mi hermana Rosy; quien durante toda mi vida ha representado una figura de superación y de respaldo; su apoyo y confidencialidad serán por siempre la base de una gran amistad.

A mis sobrinos Hanna Ivette y Marco A. de Jesús: a este último de forma especial; por permitirme apadrinarle esperando ser un ejemplo de superación.

En forma de gratitud, a mi abue "Nachita", por sus atenciones, cariño y porque ha esperado este momento con entusiasmo y me ha seguido en el camino profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida en la cual me acompaña y me guía; persistiendo con su bondad y llenándome de bendiciones.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi “Alma Mater”, por haberme recibido en sus instalaciones en donde me permitió formarme como profesional, alcanzando una más de mis metas.

Al Departamento Forestal de la Universidad y a todo el personal del Programa Docente de la Carrera de Ingeniero Forestal que en él labora por compartir y transmitir sus conocimientos para un mejor desarrollo y formación profesional.

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas por la vinculación con el tema que enmarca este trabajo, además de su apoyo en la realización de las actividades de campo y la importante tarea de dirigir la asesoría en la elaboración de este documento.

Al M.C. Héctor Darío González López por sus aportaciones así como su apoyo en la revisión de este documento.

Al Dr. Jorge Méndez González por sus asesorías durante la elaboración de este trabajo y por su disposición para la revisión del mismo.

Al señor Antonio Cardona y la señora María Valero, por su hospitalidad y confianza al facilitarnos el hospedaje y alimentación durante el trabajo de campo en el ejido San José de la Joya.

A los compañeros y amigos que durante el servicio social apoyaron en el trabajo de campo para la obtención de las muestras: Paúl García Meza, Jorge García Arias y Víctor Manuel Rivas del Bosque.

A los amigos, de la generación CXV, que Dios puso en mi camino para compartir esta carrera y aprender de ellos durante mi formación profesional.

Y a los amigos que dejan huella durante el aprendizaje de la vida: Ari, Karina R. y familia, Sra. Mariana, Sra. Guadalupe, Sra. Roció, Lic. Martha, Berenice, Isabel, Griselda, Georgina, Leticia, Irene, Edelmira, Cesilia, Dilenia, Carmela, Ernesto G., Pedro C., Victoria, Miriam, Vicky, Isael M., Carlos C., Eric, Mauricio, Abraham H., Hernán y Roberto. Gracias por su amistad.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivo específico	4
2.3. Hipótesis	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Descripción de <i>Pinus rudis</i> Endl	5
3.2. Factores ambientales que interviene en el crecimiento	6
3.3. Dinámica del rodal	7
3.3.1 Sucesión vegetal.....	7
3.3.2. Competencia	8
3.3.3. Tolerancia	8
3.4. Aclareos.....	10
3.4.1 Tipos de aclareos	12
3.5. Clases de copa	12
3.6. Crecimiento e incremento de árboles forestales	13
3.6.1 Crecimiento en altura	14
3.6.2. Crecimiento en diámetro	15
3.7. Formación de anillos de crecimiento	15
3.8. Evaluación del crecimiento e incremento de árboles forestales	17
3.8.1 Análisis troncales	17
3.9.- Modelos de crecimiento.....	18
3.10. Trabajos afines	18
3.10.1. Efecto de aclareos.....	18

3.10.2. Crecimiento	21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. Descripción del área de estudio.....	24
4.2. Definición del área de estudio.....	26
4.2.1. Diseño experimental.....	27
4.3. Trabajo de campo.....	27
4.3.1. Extracción de las muestras	27
4.3.2. Control de las muestras	28
4.4. Trabajo de laboratorio y gabinete	29
4.4.1. Secado de las rodajas.....	29
4.4.2. Lijado de las rodajas	29
4.4.3. Análisis troncal	29
4.4.4. Cálculo de los incrementos	30
4.5. Análisis estadístico	31
4.6. Análisis de la dinámica de crecimiento	32
4.6.1. Diámetro.....	32
4.6.2. Altura.....	32
4.6.3. Tratamiento testigo.....	33
4.7. Criterio de selección de modelos	34
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Análisis del crecimiento e incremento en diámetro.....	36
5.1.1 Crecimiento en diámetro	36
5.1.2. Incremento corriente anual (ICA) en diámetro	41
5.1.3. Incremento medio anual (IMA) en diámetro	46
5.2. Análisis del crecimiento e incremento en altura.....	50
5.2.1. Crecimiento en altura	50
5.2.2. Incremento corriente anual (ICA) en altura	53
5.2.3. Incremento medio anual (IMA) en altura	57
5.3. Modelos de crecimiento	61
5.3.1. Crecimiento en diámetro (DN).....	61
5.3.2. Determinación del incremento en diámetro (DN)	64
5.3.2.1. Incremento corriente anual (ICA)	64
5.3.2.2. Incremento medio anual (IMA)	65

5.3.2.3 Interacción ICA e IMA en diámetro (DN) para la CC1	66
5.3.2.4. Interacción ICA e IMA en diámetro (DN) para la CC3.....	67
5.3.3. Crecimiento en altura (HT)	68
5.3.4 Determinación del incremento en altura (HT).....	70
5.3.4.1. Incremento corriente anual (ICA) en altura	70
5.3.4.2 Incremento medio anual (IMA) en altura	71
5.3.4.3. Interacción ICA e IMA en altura (HT) para la CC1	72
5.3.4.4. Interacción ICA e IMA en altura (HT) para la CC3	73
5.4. Determinación de la edad de los primeros aclareos	74
5.4.1. Crecimiento e incremento en diámetro.....	74
5.4.2. Crecimiento e incremento en altura.....	76
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES.....	80
VIII. LITERATURA CITADA	81
IX. ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Modelos de crecimiento utilizados para describir el crecimiento en diámetro y altura.	33
Cuadro 2. Ecuaciones de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA).....	34
Cuadro 3. Comparación de medias de Tukey para crecimiento en diámetro normal de <i>Pinus rudis</i> Endl.	36
Cuadro 4. Cambios en la densidad (número de árboles) presente en el año 2000 al 2010.	39
Cuadro 5. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para IMA en diámetro normal de <i>Pinus rudis</i> Endl.	46
Cuadro 6. Estadísticos de ajuste de modelos para el crecimiento en diámetro normal a de la CC1 y CC3 de <i>Pinus rudis</i> Endl., el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	61
Cuadro 7. Estadísticos de ajuste de modelos para altura para árboles dominantes (CC1) e intermedios (CC3) de <i>Pinus rudis</i> Endl.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del experimento en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León.....	24
Figura 2. Distribución de los tratamientos: T1 = 0% de remoción de número de árboles; T2 = 20% de remoción de número de árboles; T3 = 40% de remoción de número de árboles; T4 = 60% de remoción de número de árboles. I, II, III y IV son bloques. Tomado de Díaz (2002).....	27
Figura 3. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el crecimiento en diámetro a 1.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	37
Figura 4. Efecto de las intensidades de preaclareos (tratamientos) en el crecimiento en diámetro por clase de copa para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.....	37
Figura 5. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en diámetro a diferentes rangos de edad (9, 12, 15, 18, 21) en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).....	38
Figura 6. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en diámetro por rangos de edad y clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).	40

Figura 7. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el ICA en diámetro a 1.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo 0%); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).....	42
Figura 8. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el ICA en diámetro a 1.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo 0%); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).....	42
Figura 9. Efecto de las intensidades de preaclareos en el ICA promedio en DN por rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).....	43
Figura 10. Efecto de las intensidades de preaclareos en el ICA en diámetro por rangos de edad y clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).	45
Figura 11. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA del DN a 1.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).	47
Figura 12. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA en diámetro a 1.30 m por clase de copa para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.....	47
Figura 13. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA promedio en DN por rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).....	48
Figura 14. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA en diámetro a diferentes rangos de edad por clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl.,	

<p>en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1. T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).</p>	49
<p>Figura 15. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el crecimiento en altura para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).</p>	50
<p>Figura 16. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura a nivel clase de copa para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.</p>	51
<p>Figura 17. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura por rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).</p>	52
<p>Figura 18. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura por rangos de edad por y clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).</p>	53
<p>Figura 19. ICA promedio en altura por tratamiento en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).</p>	54
<p>Figura 20. ICA en altura por tratamientos y rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).</p>	54
<p>Figura 21. Efecto de las intensidades de preaclareos en ICA en altura a nivel clase de copa para <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.</p>	55

Figura 22. ICA en altura a diferentes rangos de edad comparando por clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).	56
Figura 23. IMA promedio en altura por rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).....	57
Figura 24. Efecto de las intensidades de preclareos en IMA en altura por clase de copa para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.	58
Figura 25. IMA en altura de los tratamiento por rangos de edad en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).	59
Figura 26. ICA en altura a diferentes rangos de edad por clase de copa en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).....	60
Figura 27. Curvas de crecimiento en diámetro normal de la CC1 y CC3, estimados por los modelos Chapman-Richards y Schumacher respectivamente, en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	63
Figura 28. Curvas de ICA en diámetro de las CC1 y CC3 para en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	64
Figura 29. Curvas de IMA en diámetro de las CC1 y CC3 para en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	65
Figura 30. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en diámetro para la CC1 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	66
Figura 31. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA)	67

en diámetro para la CC3 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	
Figura 32. Curva de crecimiento en altura de la CC1 y CC3, en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	69
Figura 33. Curvas de ICA en altura de las CC1 y CC3 para en <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	70
Figura 34. Curvas de IMA en altura de las CC1 y CC3 para en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	71
Figura 35. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en altura para la CC1 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	72
Figura 36. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en altura para la CC3 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	73
Figura 37. Crecimiento en diámetro (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC1 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	74
Figura 38. Crecimiento en diámetro (A). Incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (B), para la CC3 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	75
Figura 39. Crecimiento en altura (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC1 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	76
Figura 40. Crecimiento en altura (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC3 en <i>Pinus rudis</i> Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.	77

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Hoja de registro de datos de análisis troncales	88
Anexo 2. ANOVA factorial del crecimiento en diámetro normal (DN).....	88
Anexo 3. Comparación de medias Tukey para crecimiento en diámetro, analizado	89
Anexo 4. ANOVA factorial para el Incremento Corriente Anual (ICA) en DN.	89
Anexo 5. ANOVA factorial para el Incremento Medio Anual (IMA) en DN.....	90
Anexo 6. ANOVA factorial del crecimiento en Altura total (HT).	90
Anexo 7. ANOVA factorial para el Incremento Corriente Anual (ICA) en DN.	91
Anexo 8. ANOVA factorial para el Incremento Medio Anual (IMA) en HT.	91
Anexo 9. Residuales del ajuste del modelo Chapman-Richards, seleccionado para la estimaciones DN en CC1 de <i>Pinus rudis</i> Endl.	92
Anexo 10. Residuales del ajuste del modelo Schumacher, seleccionado para la estimaciones DN en CC3 de <i>Pinus rudis</i> Endl.	92
Anexo 11. Residuales del modelo Weibull, seleccionado para la estimación de altura en CC1 de <i>Pinus rudis</i> Endl.	93
Anexo 12. Residuales del modelo Weibull, seleccionado para la estimación de altura en CC3 de <i>Pinus rudis</i> Endl.	93

RESUMEN

Este estudio consistió en evaluar el crecimiento e incremento en diámetro normal (DN) y altura total (HT), en un área de regeneración de *Pinus rudis* Endl. en San José de la Joya, Galena, N. L., como respuesta a la aplicación de tres intensidades de preaclareo más un testigo (T2=20, T3=40, T4=60 y T1=0%, respetivamente) sobre tres clases de copa (CC) (CC1=Dominante; CC2=codominante y CC3=intermedio) y a diferentes rangos de edad (Edad); cada uno de estos considerados como fuentes de variación (FV) y establecidos bajo un diseño de bloques al azar. Además se ajustaron tres modelos de crecimiento: Schumacher, Chapman-Richards y Weibull, a la CC1 y CC3 para contrastar el crecimiento en DN y HT, donde los criterios de selección del modelo fueron: mayor R^2 y menor CME, C.V. y Sxy. Se colectaron 96 árboles muestra; 8 por CC y 24 por tratamiento (T). El crecimiento e incremento en diámetro y la altura fueron obtenidos mediante análisis troncal y los datos se procesaron con la ayuda de dos paquetes estadísticos; el efecto de los preaclareos en STATISTICA 7 mediante ANOVA factorial y el ajuste de modelos en el SAS (Statistical Analysis System 9.0) utilizando el PROC-NLIN. El crecimiento e incremento medio anual (IMA) en DN por tratamiento fue significativamente mayor ($P=0.0001$ y $P=0.0001$ respectivamente) en el T1, el incremento corriente anual (ICA) en DN no mostró diferencias como efecto de los tratamientos en ningún FV. Por su parte el crecimiento e incremento (ICA e IMA) en altura, no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$) para ningún FV. En DN el modelo que presentó mejor ajuste fue Chapman-Richards para la CC1; y Schumacher para la CC3. Para HT el modelo con mejor ajuste fue el de Weibull, para las dos CC. Las intensidades de preaclareo no mostraron ningún efecto en la dinámica de crecimiento en DN y HT. El ajuste de modelos permitió establecer una edad para el inicio de los aclareos.

Palabras clave: **Tratamiento (T), clase de copa (CC), rango de edades (Edad) *Pinus rudis* Endl., modelos, regeneración.**

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del manejo forestal es encaminar los bosques a condiciones en las que el hombre pueda aprovecharlos de una manera sostenible de tal forma que esto solo será posible si las prácticas de la silvicultura son encaminadas al buen manejo de los montes; ya que el hacerlo de dicha manera constituye un apoyo para la conservación de los ecosistemas forestales (Hawley y Smith, 1972); por otra parte Gadow *et al.* (2004) consideran que la aplicación de la silvicultura mejora también la productividad económica de los bosques.

Una manera de apoyar el manejo forestal, es realizando y difundiendo investigaciones que proporcionen información sobre el comportamiento del crecimiento de las masas que son susceptibles de manejo y que permiten realizar un diagnóstico para proponer las prácticas silvícolas que deben ser aplicadas a las masas (Serrada, 2008).

La planificación del manejo forestal mediante la cuantificación y medición de los ecosistemas permite obtener con cierta precisión la información confiable del desarrollo de estos (FAO, 2008). De esta manera poder realizar una estimación del incremento de las masas forestales, el cual es un elemento clave para el manejo forestal, que ofrezca determinaciones confiables de este parámetro para basar las decisiones de los aprovechamientos forestales (Flores, 1983), expresando el crecimiento de las variables dendrométricas a través del tiempo (Imaña, 2008).

El estudio de crecimiento e incremento de árboles y de bosques es de interés de los silvicultores con el propósito de determinar su respuesta y su proyección a un determinado tiempo para un mejor manejo de los bosques (Prodan *et al.*, 1997).

El incremento de cualquier variable puede conocerse de acuerdo a los cambios producidos en los crecimientos acumulados a lo largo del tiempo (Imaña, 2008) y puede ser evaluado a través de las determinaciones a base de taladro de Pressler, tablas de producción, medición en sitios permanentes, modelos matemáticos de simulación y análisis troncal (Flores, 1983). Esta última es una de las metodologías más conocidas para realizar estudios del crecimiento del arbolado (Mas, 1970), y es de gran utilidad ya que por medio de este procedimiento se puede conocer el crecimiento e incremento del árbol durante su vida o en un periodo determinado (Klepac, 1976).

Midiendo directamente los anillos de crecimiento a diferentes alturas del tronco, es posible conocer la dinámica de crecimiento de los árboles (Picos, 2008). Así como la determinación de la respuesta a los diferentes tratamientos silvícolas (Carrillo, 2008); de manera rápida y precisa, permite hacer inferencias sobre la producción de madera futura del bosque (Imaña, 2008). Se realizan con el objetivo de determinar la calidad de estación, la edad de los primeros aclareos, el turno de aprovechamiento y el tipo de productos de que es posible obtener; datos de importancia para el manejo racional de los bosques (Mas, 1970).

La aplicación de lo aclareos son intervenciones silvícolas que tienen efecto en el crecimiento de los árboles, principalmente en el diámetro, área basal, volumen y rara vez es posible lograr una alteración en el crecimiento en altura (Hawley y Smith, 1972). El comportamiento de estos crecimientos en el caso de la altura puede expresarse como una curva sigmoidea y en el caso del diámetro casi como una línea recta en relación con la edad (Álvarez y Varona, 1997).

En consecuencia de la aplicación de los aclareos se obtiene estimular el crecimiento de los árboles que quedan; distribuyendo el crecimiento potencial de un modo óptimo para lograr utilizar todo el material comerciable producido por la masa durante un turno, logrando así seguir manteniendo e incrementado las productividad de los bosques (Hawley y Smith, 1972).

González (2000) argumenta que mediante los estudios de crecimiento e incremento y utilizando las metodologías adecuadas, podrá obtenerse conocimiento de la respuesta a los tratamientos silvícolas y se podrán tomar decisiones racionales, del grado y frecuencia de los aclareos. Samek (1974) por su parte señala que desde una perspectiva económica y por regla general son los tratamientos silvícolas que proporcionan material de extracción aprovechable industrialmente.

Debido a lo anterior se destaca la importancia del presente trabajo, el cual consideró en continuar con la evaluación de la respuesta a los tratamientos aplicados en el trabajo de Díaz (2002); consistente en evaluar la dinámica del crecimiento en respuesta a las intensidades de preaclareos aplicadas en el año 1995, esta vez mediante la metodología de análisis troncal, para evaluar el incremento de las variables, diámetro normal y altura total, determinando si existen diferencias entre las intensidades de aclareos (0, 20,40 y 60% de remoción del número de árboles) y entre una diferenciación de clases de copa de acuerdo con la clasificación de Kraft en 1884 (dominante, codominante e intermedio).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Contribuir al manejo forestal de poblaciones jóvenes que encaminen al mejoramiento de la estructura del bosque y eleve su producción y productividad.

2.2. Objetivo específico

- Evaluar el crecimiento e incremento en diámetro normal y altura total de la regeneración de *Pinus rudis* Endl., en diferentes intensidades de preaclareo a través de análisis troncal.

2.3. Hipótesis

- Ho: No existen diferencias en el crecimiento e incremento de las variables diámetro normal y altura total de *Pinus rudis* Endl. entre las diferentes intensidades de preaclareo.
- Ha: Si existen diferencias en el crecimiento e incremento de las variables diámetro normal y altura total de *Pinus rudis* Endl. en cuando menos una de las intensidades de preaclareo.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Descripción de *Pinus rudis* Endl

El *Pinus rudis* Endl. es un árbol que alcanza alturas de 20 a 30 m y diámetros de 40 a 70 cm, formando una copa redonda. La apariencia del fuste es agrietada, por su corteza gruesa café-grisácea, que se divide en escamas horizontales y verticales. Sus ramas bajas tienen posición horizontal a algo penduladas y las superiores son ascendentes. Hojas generalmente en fascículos de 5, raramente 4 ó 6; gruesas, erectas y ligeramente curvas, de longitud entre 10 y 15 cm, con márgenes dentados; agrupadas, en vainas persistentes de 15 a 20 mm, de color café (Perry, 1991).

Los conos tienen forma largamente ovoide de simétricos a ligeramente curvos, de 10 a 15 cm de longitud, de color café oscuro a purpúreos. Se encuentran expuestos en el árbol en pares o grupo de 3 y 4 con pedúnculos cortos y gruesos; los cuales quedan con algunas escamas al caer el cono de la rama y son semipersistentes. Las escamas algo flexibles con el ápice redondeado. Estos conos liberan sus semillas, que son de color obscuro de 5 mm de largo, con un ala que se desprende, estrecha, de 13 cm de largo, en temporada de invierno (Perry, 1991).

En México el *Pinus rudis* Endl se distribuye en los estados de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Tlaxcala, el Distrito Federal, México, Colima, Michoacán, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en elevaciones que varían de 2200 a 3300 msnm, rara vez encontrado en elevaciones más bajas y sobre los 3300 msnm (Perry, 1991).

3.2. Factores ambientales que interviene en el crecimiento

Existen diversos factores que intervienen en el desarrollo y el crecimiento de las plantas, los cuales definen un ambiente con condiciones específicas, donde solamente pueden establecerse determinadas especies, las cuales, con el paso del tiempo forman adaptaciones para ser exitosas bajo esas condiciones definidas (Daniel *et al.*, 1982; Charles-Edwards, 1986; Young, 1991).

La variación de los suelos, la disponibilidad del agua, la oscilación de la temperatura, la duración del fotoperiodo, el intercambio de gases de la atmósfera, entre otros, son algunas condiciones de los factores que en relación conjunta intervienen y alteran el comportamiento del crecimiento de los árboles (Hocker, 1984; Daubenmire, 1990).

De acuerdo con Charles-Edwards (1986) los principales factores identificados que tienen mayor incidencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas son la temperatura y la precipitación; que determinan el clima y la gran heterogeneidad espacial de los tipos de suelo.

Al respecto, Daubenmire (1990), señala que todas las interacciones de los factores bióticos y abióticos que determinan el medio específico de desarrollo de una especie deben ser consideradas importantes, pues son éstas las que mantendrán la dinámica del crecimiento de las plantas, ya que ninguno de los factores opera de manera aislada ni constante sobre los organismos.

Klepac (1976) menciona que una masa no es la suma simple de árboles, sino una biocenosis formada por numerosos individuos comprendidos dentro de un todo, en donde las numerosas interacciones naturales o controladas pueden ocasionar que el desarrollo e incremento de una masa sea diferente al desarrollo e incremento de un árbol.

Charles-Edwards (1986) argumenta que estas interacciones afectan al crecimiento y desarrollo de los árboles, como un conjunto, donde la participación de cada uno de los factores no puede ser considerada como independiente del resto.

Por su parte Cortés *et al.* (2003) señalan que el crecimiento de los árboles está regulado por los factores ambientales que a su vez están relacionados con la herencia, con el tiempo y otros factores que alteran su comportamiento.

3.3. Dinámica del rodal

Este complejo concepto encierra un conjunto de procesos que influyen directamente en el crecimiento del rodal establecido; tal es el caso de la sucesión vegetal, la competencia y la tolerancia, por mencionar algunos. Tener conocimiento acerca de las interacciones de estos factores que afectan la dinámica del crecimiento en los bosques, permite pronosticar la forma en que se desarrollará la vegetación en el futuro y ayuda a crear fundamentos sólidos para la toma de decisiones sobre el manejo forestal, en donde la práctica de la silvicultura conlleva a la alteración de cuando menos alguno de los factores (Daniel *et al.*, 1982; Charles-Edwards *et al.*, 1986).

3.3.1 Sucesión vegetal

Este es un proceso que se define como la sustitución de una comunidad vegetal por otra, generalmente más estable. Este cambio puede suceder en tiempos o estadios lentos o ser un proceso demasiado rápido a consecuencia de los factores propios de la zona (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Tayler, 1994).

El proceso inicia en una zona desnuda donde las especies pioneras provocan cambios en el ambiente, adecuados para el desarrollo de nuevas especies, con el fin de alcanzar un clímax, a este estadio se le denomina sucesión primaria. Hacia el avance en busca de una situación clímax, el proceso puede verse interrumpido por diversas perturbaciones provocando que la sucesión vuelva a iniciarse en un estadio anterior; la recuperación del estadio original se denomina sucesión secundaria (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Tayler, 1994).

En la forestería, la comprensión de este término aunado a el conocimiento de los caracteres ecológicos de cada región con la que se trabaja, encuentra su aplicación en el manejo de los montes; donde se sugiere que deben utilizarse las prácticas silviculturales necesarias que permitan mantener los rodales en estadíos sucesionales productivos que mejoren la producción de bienes que mejor convengan para la satisfacción las necesidades de la sociedad (Daniel *et al.*, 1982).

3.3.2. Competencia

Otro concepto del que se debe tener amplio entendimiento es la competencia; que no es más que la adaptabilidad de algunas especies para ser exitosas, sobre otras con las que comparten el mismo sitio. La cantidad y forma de dispersión de la semilla producida y el desarrollo radicular profundo de algunas especies, son algunos ejemplos de las características de especies competentes. En árboles, las especies tolerantes a pesar de que las especies intolerantes acaparan el espacio del sitio, pueden crecer en competencia de espacio e incluso desplazar a las intolerantes (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Tayler, 1994).

3.3.3. Tolerancia

La competencia de algunas especies por persistir y lograr dominar un espacio, antes ocupado por especies más agresivas; nos conduce a entender el concepto de tolerancia, que dentro del manejo forestal, adquiere relevante importancia al momento de realizar la planificación de las intervenciones silvícolas. Conocer el grado de tolerancia de las especies que se encuentre bajo manejo así como sus implicaciones en la competencia y el crecimiento, hace eficientes y sólidas las decisiones silvícolas para basar cualquier opinión respecto al manejo de los rodales. El técnico forestal puede modificar este proceso mediante tratamientos que mantengan a la vegetación en un estatus productivo (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Young, 1991; Tayler, 1994).

Las especies tolerantes o aquellas que en algún estado vegetal de desarrollo demuestran algún grado de tolerancia, poseen características fisiológicas que les permiten optimizar el uso de recursos limitados como lo es la poca cantidad de luz que llega a doseles inferiores donde se desarrollan, o la competencia radicular de rodales muy densos. El grado de tolerancia se ve afectado por la riqueza o humedad del suelo, así como por la latitud que interviene en las horas luz y la edad de las especies que pueden ser tolerantes en los primeros años y una vez establecida, su tolerancia disminuye (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Tayler, 1994).

Todos los factores antes descritos que intervienen en la dinámica del rodal, deben tenerse siempre presentes al momento de realizar una evaluación silvícola; para hacer las mejores propuestas al manejo de los bosques. Aunque las prácticas silvícolas son definidas para áreas específicas que siguen objetivos bien determinados, y esto pudiera entenderse como una relación menos compleja que en un bosque completo, esto no es así, pues el hecho de cometer un atropello al no considerar alguno de los factores que intervienen en la dinámica del rodal puede hacer perder el objetivo del manejo forestal; alcanzar los mejores rendimientos con la menor inversión, por ejemplo (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Charles-Edwards, 1986; Young, 1991).

Una equivocación en la alteración de algún factor, en los que el hombre puede manipular, como la composición de especies, la densidad del rodal, la luz dentro del rodal, los nutrientes, el movimiento del viento dentro del rodal, la temperatura y la humedad del suelo durante el proceso de querer alcanzar mejores objetivos, puede colocar a cualquiera de los factores ambientales en un estatus de disposición crítica que afecte o limite el crecimiento de los árboles (Daniel *et al.*, 1982).

3.4. Aclareos

Los aclareos son prescripciones silvícolas, al igual que las cortas de saneamiento y cortas finales que utiliza el técnico forestal para el control de la densidad, composición y estructura de los rodales forestales, a través de la afectación de su crecimiento, estos tratamientos repercuten directamente en la genética de las poblaciones vegetales y en el microambiente en el que crecen las plantas seleccionadas (Chávez *et al.*, 1991).

Los aclareos se sugieren para el manejo y ordenación de bosques en los que se realiza una planificación estratégica y de acuerdo al turno del cultivo determinar su periodicidad (SHAR, 1993). De acuerdo con Daniel *et al.* (1982) se clasifican dentro de las cortas intermedias del grupo de las cortas de liberación; el grupo más amplio de un programa de manejo y sugiere que deben ser considerados como partes integrales de un plan de ordenación forestal.

Los aclareos son aplicados al bosque en el tiempo que transcurre entre dos periodos de regeneración, es decir, entre su establecimiento y la corta final (Daniel *et al.*, 1982 y SHAR, 1993), generalmente son intervenidas las masas inmaduras, que han pasado la etapa de brinzal, pero no han llegado a la etapa de fustal. Habitualmente inician dentro de rango de edad que va de los 8 ó 10 hasta los 30 años según la especie y la calidad del rodal (Hawley y Smith, 1972; Samek, 1974; Fernández y Almora, 1989).

Los aclareos basan su aplicación en el principio de la selección natural donde se aprovecha el potencial productivo del rodal seleccionando los árboles más adaptados. No necesariamente los árboles seleccionados naturalmente son los mejores desde la perspectiva del forestal; es por eso que bajo la ley biológica de la selección natural, en los aclareos, se regula el número de árboles por superficie, favoreciendo a los de mejores individuos desde el punto de vista forestal (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982).

La principal función de los aclareos es redistribuir el potencial de crecimiento en la masa residual para aumentar el rendimiento de la rotación del cultivo,

manteniendo una densidad adecuada en la que se acelere el crecimiento. Para lograr este objetivo se extraen los árboles que están en exceso, que poseen características indeseables y que generalmente ocupan clases de copas inferiores, de esta manera se favorecen aquellos árboles que presentan mejores características fitosanitarias y de conformación que se espera sean los individuos que lleguen a la corta final. Estos últimos pertenecen a las clases de copas dominantes y codominantes (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Álvarez y Varona, 1989; SHAR, 1993).

Hawley y Smith (1972) mencionan que una condicionante para comenzar la aplicación de los aclareos es que los árboles dominantes indeseables se hayan extraído en la ejecución de las otras cortas intermedias (en las limpias, cortas de mejora o cortas de liberación). De igual manera señalan que el principal objetivo de los aclareos es la distribución del espacio de crecimiento para favorecer el cultivo existente y no propiciar el establecimiento de un nuevo cultivo.

Por su parte Fernández y Almora (1989) destacan la importancia de la aplicación de los aclareos dentro de la ordenación de los bosques desde una perspectiva estructural, en la que se espera mejoren la cantidad y calidad de las masas; viéndose beneficiados los individuos prometedores a causa de la extracción de los árboles enfermos, mal conformados e indeseables. Daniel *et al.* (1982) apoyan esta importancia y destacan la aplicación de los aclareos como la técnica que aumenta el rendimiento y producción económica de las masas rescatando desde un 25 a un 35% de la producción del rodal que se perdería en la mortalidad natural de no aplicar los aclareos.

“Aunque no es posible aumentar la producción total de una masa, se puede lograr la alteración de la estructura de modo que la producción del rodal este enfocada en un número óptimo de árboles escogidos por sus potencialidades para aumentar en valor” (Hawley y Smith, 1972).

3.4.1 Tipos de aclareos

Hawley y Smith (1972) y Fernández y Almora (1989) identifican cuatro principales métodos para aplicar los aclareos: clara baja, clara de copa, clara de selección y clara mecánica; de los cuales, los primeros tres tienen como criterio primordial de aplicación, la posición de las copas y el último la selección de los árboles a cortar o conservar, está en base a un determinado espaciamiento.

Por su parte Daniel *et al.* (1982) sugieren un método más, la clara o aclareo libre que no sigue el mismo principio que los antes mencionados, en este caso los árboles extraídos son en base al criterio del técnico en cuanto a lo que considere es mejor para el desarrollo del rodal.

Considerando la naturaleza intolerante de los pinos los aclareos por lo bajo, que intervienen en las clases de copa dominada, brindan mayor protección al suelo (Hawley y Smith, 1972); por su parte Fischer (1993) señala que resultan ser el mejor método de aclareo para estas especies.

En los aclareos por lo bajo, los árboles que se cortan generalmente son de la parte inferior hacia arriba interviniendo las clases de copa superiores hasta alcanzar la severidad de la clara, con el objetivo de favorecer las clases de copa dominantes o codominantes (Hawley y Smith, 1972; Fernández y Almora, 1989; Daniel *et al.*, 1982).

3.5. Clases de copa

La reacción visible a la competencia por la sobrevivencia es la clasificación de copas también conocida como clasificación de clases de vuelo de Kraft (Fernández y Almora, 1989).

Los árboles más vigorosos que ocupan el estrato superior, tienen mayores facilidades de competir a diferencia de los que han quedado en los doseles inferiores. En la aplicación de los aclareos el posicionamiento de las copas es

importante, ya que estos tienen el propósito de modificar el ritmo de competencia (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Fernández y Almora, 1989;).

Hawley y Smith (1972) y Fernández y Almora (1989) señalan que la clasificación de copas más utilizada en la silvicultura, distingue a los siguientes individuos:

Dominantes: Son los árboles que se extienden en el dosel superior, reciben plena luz desde arriba y parcialmente a los lados, con copas bien desarrolladas; posiblemente algo apretadas a los lados.

Codominantes: Forman el estrato general del vuelo; reciben luz plena desde arriba y relativamente a los costados, con copas medianas más o menos apretadas a los costados.

Intermedios: individuos bajo el estrato general de vuelo, reciben luz directa escasa desde arriba y ninguna de los lados, generalmente de copas pequeñas y apretadas por los lados.

Dominados u oprimidos: Árboles enteramente por debajo del nivel general del vuelo, no reciben luz de ningún lado; también conocidos como ahogados.

3.6. Crecimiento e incremento de árboles forestales

La tasa de crecimiento de los árboles, provocada por la división celular en los meristemos, varía según las especies y el sitio en el que estos se desarrollan (Daniel *et al.*, 1982). Las interacciones de los factores ambientales, edáficos y genéticos intervienen en la forma en que se comporta el crecimiento de los árboles.

Klepac (1976) define el crecimiento como el desarrollo de un árbol el cual está representado por el aumento de sus dimensiones en altura, diámetro y volumen. Si se considera a cualquiera de las dimensiones como una función de la edad del árbol, las magnitudes muestran un crecimiento similar a una curva en forma de

“S”. De acuerdo como Avery y Burkhart (1983) y Chávez *et al.*, (1991) este patrón de crecimiento es representativo de las especies de clima templado.

Conforme el árbol crece, el aumento de sus dimensiones considerado en un periodo determinado, se conoce como incremento, de esta manera se identifica y se puede llamar al crecimiento periódico anual como incremento corriente y al crecimiento medio anual como el incremento medio (Klepac, 1976).

El crecimiento consiste en la elongación y engrosamiento del fuste, ramas y raíces generando notables cambios de tamaño. Este fenómeno se presenta solamente cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables para el desarrollo de los árboles (Klepac, 1976; Daniel *et al.*, 1982; Chávez *et al.*, 1991; Cancino, S.F.).

En las coníferas el crecimiento se activa en primavera y verano y disminuye en invierno; generando una capa de madera temprana y una de madera tardía de color más oscuro que la primera; de esta manera se puede medir fácilmente el incremento durante un año o periodo de crecimiento (Klepac, 1976; Daniel *et al.*, 1982; Cancino, S.F.).

3.6.1 Crecimiento en altura

Este crecimiento inicia en los meristemos apicales a partir de la producción de nuevas células en el ápice del tallo, esta elongación del tallo es conocido como crecimiento primario (Hocker, 1984; Cancino, S.F.). El crecimiento en altura inicia antes del crecimiento en diámetro y presenta los mayores índices de incremento durante la noche (Klepac, 1976).

La competencia por luz y un espacio en el dosel, ocasiona que el crecimiento en altura de cada individuo varíe de acuerdo a la posición sociológica de éste, generando así una diferenciación de copas. Cuando los árboles más débiles son cubiertos por sus asociados superiores, su crecimiento se ve reducido y cada vez se hacen más deformes (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Iturre y Araujo, 2006).

3.6.2. Crecimiento en diámetro

El crecimiento en diámetro es producto de la actividad del cambium durante el período vegetativo. La consecuencia de una acumulación de carbohidratos provoca que exista una división celular hacia adentro y hacia afuera del árbol (el xilema y el floema en una relación 6:1). Cada nueva capa de floema oprime a la capa del año inmediato anterior, convirtiéndola en disfuncional (Daniel *et al.*, 1982; Avery y Burkhart, 1983; Hocker, 1984).

Este crecimiento se manifiesta tiempo después que cesa el crecimiento en altura; una vez que ha podido desarrollar su copa y disponer de luminosidad para efectuar la fotosíntesis. La competencia por espacio, en clases de copas inferiores, y por deficiencia de nutrientes reduce o hace nulo el crecimiento en diámetro (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984).

El crecimiento en diámetro es considerado como el crecimiento secundario y su comportamiento está determinado por el ambiente y la disponibilidad de luz. La densidad del rodal, que implica una competencia y puede ser regulada con los aclareos, está estrechamente relacionada con el incremento en diámetro; en general, a menor densidad mayor es el crecimiento en esta variable (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Iturre y Araujo, 2006).

3.7. Formación de anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento son definidos por Klepac (1976) como las marcas del incremento anual de un árbol. De acuerdo con Cancino, (S.F.) y Chávez *et al.* (1991) estas marcas son visibles al hacer un corte transversal en el árbol.

Estas marcas o anillos son la consecuencia del crecimiento radial o crecimiento secundario que inicia con la hidratación de las células que se encuentran en el cambium alrededor del árbol expandiéndose de manera radial. En el cambium se

dividen células, en su mayoría, traqueidas que se producen a diferentes tasas de acuerdo con el estado fisiológico del árbol o a la disponibilidad de los factores ambientales (Daniel *et al.*, 1982; Imaña, 2008).

En las coníferas que crecen en climas templados, es posible diferenciar las traqueidas de madera temprana de las de madera tardía, a partir de las marcas del crecimiento. Las primeras tienen diámetros grandes y paredes delgadas, según avanza el periodo de crecimiento, la producción de traqueidas de primavera disminuye e inicia la formación de traqueidas de otoño; las cuales son de menor lumen y de paredes más lignificadas y gruesas (Klepac, 1972; Daniel *et al.*, 1982 y Avery; Burkhart, 1983).

Por su parte Imaña (2008) indica que esta diferencia en la producción de traqueidas, es consecuencia de un periodo de estrés fisiológico durante el año en donde disminuye el crecimiento, lo que hace posible la diferenciación y el conteo de anillos para la determinación de la edad.

Klepac (1976) y Daniel *et al.*, (1982) señalan que cada árbol produce normalmente un anillo o marca de crecimiento por año, pero es posible que, por la alteración de alguno de los factores que intervienen en el crecimiento y producción de células, se presente más de uno en un año; o bien no presentarse con esta periodicidad; como en el caso de las especies del trópico. Dichos autores definen a estos anillos como anillos falsos y relaciona su formación a un segundo periodo de floración en uno de crecimiento o después de una floración completa, así como a una helada o un periodo de sequía durante el periodo de crecimiento. Adicionalmente señalan que la presencia o ausencia de estos anillos se debe a las situaciones del rodal que alteran el desarrollo de las copas de los árboles, como lo es la densidad.

Klepac (1976) apunta que debido a la presencia de anillos falsos o la ausencia de estos a consecuencia de alguna alteración del medio o deficiencia de carbohidrato para su desarrollo, el número de anillos presentes en la sección transversa en la base del fuste no representa la edad exacta del árbol.

3.8. Evaluación del crecimiento e incremento de árboles forestales

De acuerdo con Klepac (1976) las formas para determinar el crecimiento e incremento para la ordenación de los bosques se clasifican en métodos directos y métodos indirectos. Estos últimos se pueden determinar mediante indicadores como el clima o la cubierta vegetal, pero no son recomendables ya que los resultados obtenidos mediante estos métodos no son muy satisfactorios. Los métodos directos consisten en tomar medidas del incremento directamente y estos se clasifican en cuatro grupos: tablas de producción, métodos de taladro de Pressler, el método de control y los análisis troncales (Klepac, 1976; Flores, 1983).

De estos últimos métodos, para la evaluación del crecimiento e incremento, entre los más utilizados y precisos destacan el muestreo por medio del taladro de Pressler, el cual consiste en perforar el árbol en un ángulo recto a su eje longitudinal a una altura de 1.30 m sobre el suelo; del análisis de las muestras cilíndricas obtenidas con el taladro se obtienen datos del crecimiento e incremento en diámetro del árbol durante los años de su vida, con el cual se obtendrán los incrementos en volumen sin medir directamente la altura (Klepac, 1976). Pero Mas (1970), Kiessling (1981) y Prodan *et al.* (1997) consideran como el método más conocido, útil y acertado para realizar estudios de crecimiento e incremento a los análisis troncales.

3.8.1 Análisis troncales

Este es el procedimiento por medio del cual se puede conocer el crecimiento e incremento del árbol durante su vida o en un periodo de tiempo definido, pues mediante esta técnica es posible conocer las dimensiones que tuvo el árbol en el pasado. Consiste en la medición y representación gráfica del crecimiento en diámetro y altura de los árboles (Klepac, 1976; Padilla, 1987; Prodan *et al.*, 1997).

Además, Kiessling (1981) señala que son la herramienta más adecuada para conocer la dinámica del desarrollo, su relación con el ambiente y la relación a los

estímulos naturales y de cultivo, que conlleve a una acertada toma de decisiones en los ámbitos silvícolas, administrativo y productivo. Adicionalmente Mas (1970), menciona que mediante esta metodología es posible determinar la calidad de estación, la edad de los primeros aclareos, el turno de aprovechamiento y el tipo de productos que es posible obtener de los bosques.

3.9.- Modelos de crecimiento

Para Prodan *et al.* (1997) un modelo de crecimiento, es considerado como la forma de caracterizar un sistema o parte de éste; es decir, que de manera abstracta y simplificada, el modelo, permite el estudio y análisis de un proceso natural, como por ejemplo el crecimiento. Es una síntesis de la dinámica de un conjunto de datos en el que se indica el crecimiento general de un bosque; a través de la correcta aplicación de un modelo de crecimiento es posible que se haga extensivo el manejo forestal (Prodan *et al.*, 1997).

Entre las ecuaciones más utilizadas están la función de Chapman-Richards y sus derivaciones, la función de Schumacher y su derivación que corresponde a la función de Korf, y otros múltiples modelos que tienen la propiedad de presentar una forma integral (rendimiento) y una forma diferencial (crecimiento) (Prodan *et al.*, 1997).

3.10. Trabajos afines

3.10.1. Efecto de aclareos

Rodríguez *et al.*, (2011) con el fin de analizar el efecto de aclareos en la distribución y contenido de biomasa en una plantación de *Pinus patula*, aplicaron 5 intensidades de aclareo más un testigo durante seis años, en intervalos de dos años; que variaron entre 40 y 69%. Mediante un muestreo destructivo tomaron cinco árboles por tratamiento, un total de 30 árboles. Todas las intensidades mostraron diferencias significativas en biomasa por árbol individual, pero no por

ha. Las intensidades altas de aclareo (65.3 y 68.7 %) y las respectivas densidades residuales bajas generaron la mayor acumulación de biomasa foliar (5.4 kg árbol⁻¹ y 8.0 t ha⁻¹), que superaron ($p < 0.05$) al testigo sin aclareo (1.5 kg árbol⁻¹). En la biomasa de madera con corteza del fuste los árboles con aclareo, también superaron ($p < 0.05$) al testigo (98 vs. 35.3 kg árbol⁻¹), sin presentar variación en la acumulación de biomasa por superficie.

Chávez y Mora (2010) en su trabajo evaluaron la respuesta de *Pachira quinata* (Jacq.) W.S. Alverson, a tres intensidades de aclareo, hasta 25 años de edad, en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, con 19 años de registros. Se aplicó la metodología de parcelas permanentes de aclareo y rendimiento, bajo un diseño de bloques completos, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos se fijaron dejando un área basal remanente de 14, 17 y 20 m² ha⁻¹ (aclareos fuerte, moderado y leve, respectivamente) y un tratamiento testigo. Se realizaron cuatro aclareos a las edades de 5, 7, 10 y 13 años. Los aclareos fuertes y moderados favorecieron los crecimientos en diámetro y en área basal, en contraste con los aclareos leves y las parcelas testigo (clareadas a los 13 años).

Armendáriz y Tena (2004) con el objetivo de definir la densidad que mejor respuesta proporciona en el crecimiento y desarrollo de *Pinus arizonica* m Engel. en el ejido Guadalupe y Calvo, Chihuahua, evaluaron en parcelas permanentes árboles con diámetro mayor a 5 cm y distribuidos a equidistancia de acuerdo a la densidad aplicada; simularon en parcelas de 100 m² densidades 1100, 1600, 2500 árboles ha⁻¹ y un testigo, a tres años del establecimiento del experimento; todas las parcelas intervenidas muestran mayor incremento en volumen, destacando la densidad de 1600 árboles ha⁻¹ en comparación con los testigos, en donde este último mostró incremento medio anual (IMA) fue negativo a consecuencia de la mortandad natural; sugiriendo como necesario la intervención de los aclareos.

Díaz (2002) en un trabajo realizado por que tuvo por objeto conocer la respuesta de aclareos por lo bajo con intensidades de 0, 20, 40 y 60% de remoción, en el incremento de las variables diámetro a 0.30 m, diámetro normal, área basal, altura total, volumen, área basal por hectárea y volumen por hectárea en regeneración

de *Pinus rudis* Endl. en un periodo de cuatro años, en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. En la primera evaluación el diámetro a 0.30 m y área basal presentaron los mayores incrementos siendo el tratamiento de 60% de remoción el de mayor efecto. Esto lo atribuye al tipo de aclareo y la calidad de estación. Con respecto a la altura no existen diferencias significativas ya que dicha variable no responde a cambios a la densidad, lo mismo pasa para el volumen por árbol por hectárea y área basal por hectárea, las intensidades de aclareo fueron bajas y a que la altura es una variable en el cálculo del volumen. Para el cuarto año, ningunas de las variables presentó diferencias significativas con las diferentes intensidades de aclareos; esto considera que es a causa del tipo de aclareo, las intensidades, la calidad de sitio y la etapa de desarrollo del rodal. Incluso encontró un descenso en el crecimiento en área basal y volumen por hectárea en el tratamiento testigo, debido a la mortandad natural y a la poca incorporación a la categoría de 1.30 m.

Por su parte Verkaik y Espelta (2006) evaluaron el efecto del aclareo sobre las características reproductivas de *Pinus halepensis* Mill. en masas con diferente edad de regeneración post-incendio en las comarcas del Bages y Anoia, Barcelona. Consideraron tres áreas afectadas una sola vez por incendios en diferentes años, con una cobertura superior al 90%, en las tres áreas; establecieron en cada área seis parcelas de 10 m de diámetro, de las cuales se intervinieron tres; en las cuales dejaron una densidad de 1000 árboles ha⁻¹. De cada parcela intervenida se midieron 20 árboles y se evaluaron piñas del año, inmaduras, maduras y serótinas. Los resultados de los aclareos fueron el aumento del número de pinos que produjeron piñas por primera vez; así como el número de pinos que reactivaron su reproducción, después de haber producido alguna vez piñas pero no en el último año; en el área más joven, el número de árboles con piñas abiertas no experimentó variación, mientras que se incrementó en las parcelas aclaradas de mayor edad. Concluyen que los resultados obtenidos pueden contribuir a determinar el momento óptimo para la realización de aclareos en masas jóvenes de pino carrasco, atendiendo no sólo al efecto sobre el

crecimiento sino también a su impacto en el banco de semillas en copa, un elemento vital ante la posible reiteración de nuevos incendios forestales.

Domínguez y Návar (1993) evaluaron el crecimiento radial en dos intensidades de aclareos (50 y 70 % de remoción), considerando un tratamiento más como testigo, en un bosque de pino-encino (*Pinus pseudostrobus*) en el ejido La Purísima en el municipio de Iturbide, Nuevo León. El efecto de estos mostraron diferencias altamente significativa entre sí ($P=0.0001$); la intensidad del 70% mostró un incremento en diámetro de 64.5 y 68.1 % mayor que al 50% y al testigo, respectivamente. Estas últimas intensidades no mostraron diferencias en el incremento en diámetro entre sí. Atribuyen los resultados a la ecología de la especie y a que la intensidad de la corta y la edad en la que se aplicaron no influyeron en el incremento radial.

3.10.2. Crecimiento

González (1997) menciona que las relaciones más comunes en los modelos de crecimiento se han realizado entre edad y varias características dasométricas como el diámetro, área basal, volumen y altura; también se ha relacionado la edad con el incremento corriente anual (ICA) y el incremento medio anual (IMA), para la variables diámetro, área basal y altura.

López y Valles (2009) en la publicación de una nota técnica donde ajustaron modelos de crecimiento para la estimación del índice de sitio para *Pinus duranguensis* Martínez en San Dimas, Durango. Con datos de remediciones de sitios permanentes probaron 13 modelos, de los cuales 10 fueron lineales y tres no lineales, destacando para los lineales modelos logarítmicos, cuadráticos y un modelo combinado; y en los no lineales los de Chapman-Richards, la de Schumacher y el modelo Weibull. Como resultados se encontró que el modelo que mejor estima el índice de sitio fue el modelo logarítmico ($\ln[E/H] = \beta_0 + \beta_1[1/E]$),

pues arrojó los valores más altos en la prueba de fueron de $R^2=0.7419$; el de CME fue de 0.01608 y un valor en la prueba de “F” de 221.304.

Mares *et al.* (2004) en su estudio que tuvo como objeto determinar el índice de sitio para *Pinus herrerae* Martínez en la Región de Cd. Hidalgo, Michoacán, a través de análisis troncales de 34 árboles dominantes. Para determinar el índice de sitio se utilizó el método de la curva guía, probando los modelos decrecimiento de Chapman-Richards, Gompertz, Logístico y Schumacher. El mejor modelo fue el de Chapman- Richards, ya que presentó el valor más bajo de CME=7.4891 y el valor más alto de $R^2=0.9845$; además, los residuales estudentizados presentaron una distribución uniforme.

Monárrez y Ramírez (2003) a partir de un muestreo destructivo de 47 árboles a los cuales se les realizó análisis troncal, probaron tres modelos no lineales; el análisis estadístico evidenció que para la altura total, el mejor modelo resultó ser el de Chapman-Richards y para el diámetro normal el de Schumacher, de acuerdo a los criterios de bondad de ajuste (SCE, CME, R^2 e Intervalos de confianza de los estimadores) además del análisis gráfico de residuales contra los valores predichos. Se encontró que según el modelo de Schumacher para el diámetro normal, la culminación de ICA sucede a la edad de 17 años y el máximo IMA y punto de intersección donde ICA = IMA sucede a la edad de 35 años. Para Chapman – Richards, el máximo ICA para altura total es a la edad de 15 años y el máximo IMA y punto de intersección donde ICA = IMA es a la edad de 28 años.

González (2000) en un estudio realizado en el sur de Nuevo León y sureste de Coahuila, utilizando la especie de *Pinus estevezii* Mtz., encontró que el mejor modelo de ajuste para la altura es el Chapman-Richards, en diámetro el Weibull, en área basal y volumen el de Schumacher.

González (1997) en un estudio de calidad de sitio, crecimiento e incremento de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. en la región de San José de la Joya, Galeana, Nuevo León, ajustó seis modelos de crecimiento y encontró que por su mejor ajuste y por presentar menor cuadrado medio residual (CMR) y el mayor

coeficiente de determinación (R^2) el mejor modelo de crecimiento para la altura fue el de Weibull; para la variable diámetro el de Chapman-Richards; para área basal, el de Schumacher y para el volumen el de Weibull, pero también recomienda el modelo Logístico por su alto valor en el coeficiente de determinación (R^2). Para el crecimiento en volumen seleccionó al modelo de Weibull.

Aguilar (1991) realizó un estudio en Atenquique, Jalisco, con árboles representativos de *Pinus douglasiana* Mtz. de tres calidades de estación; tuvo como objeto evaluar el ajuste de los modelos matemáticos Weibull, Schumacher, Gompertz y Logístico, aplicados al crecimiento edad-altura; para lo cual obtuvo información de edad-altura a través de análisis troncal. Los criterios de bondad de ajuste de los modelos fueron el coeficiente de regresión (r), el coeficiente de determinación (R^2), F calculad y residuales. Los modelos presentaron buenos ajustes a excepción del Logístico el cual no lo recomienda para la relación edad-altura, Schumacher fue el mejor modelo para calidad de sitio, y los tres para tarifas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra establecido en la Región prioritaria El Potosí - Cumbres de Monterrey (Arriaga *et al.*, 2000). Está en la propiedad privada del C. Víctor Caballero Valencia, al sureste del poblado San José la Joya, Galeana, Nuevo León; en las coordenadas $24^{\circ} 53' 20''$ de latitud Norte y $100^{\circ} 15' 04''$ (Figura 1).

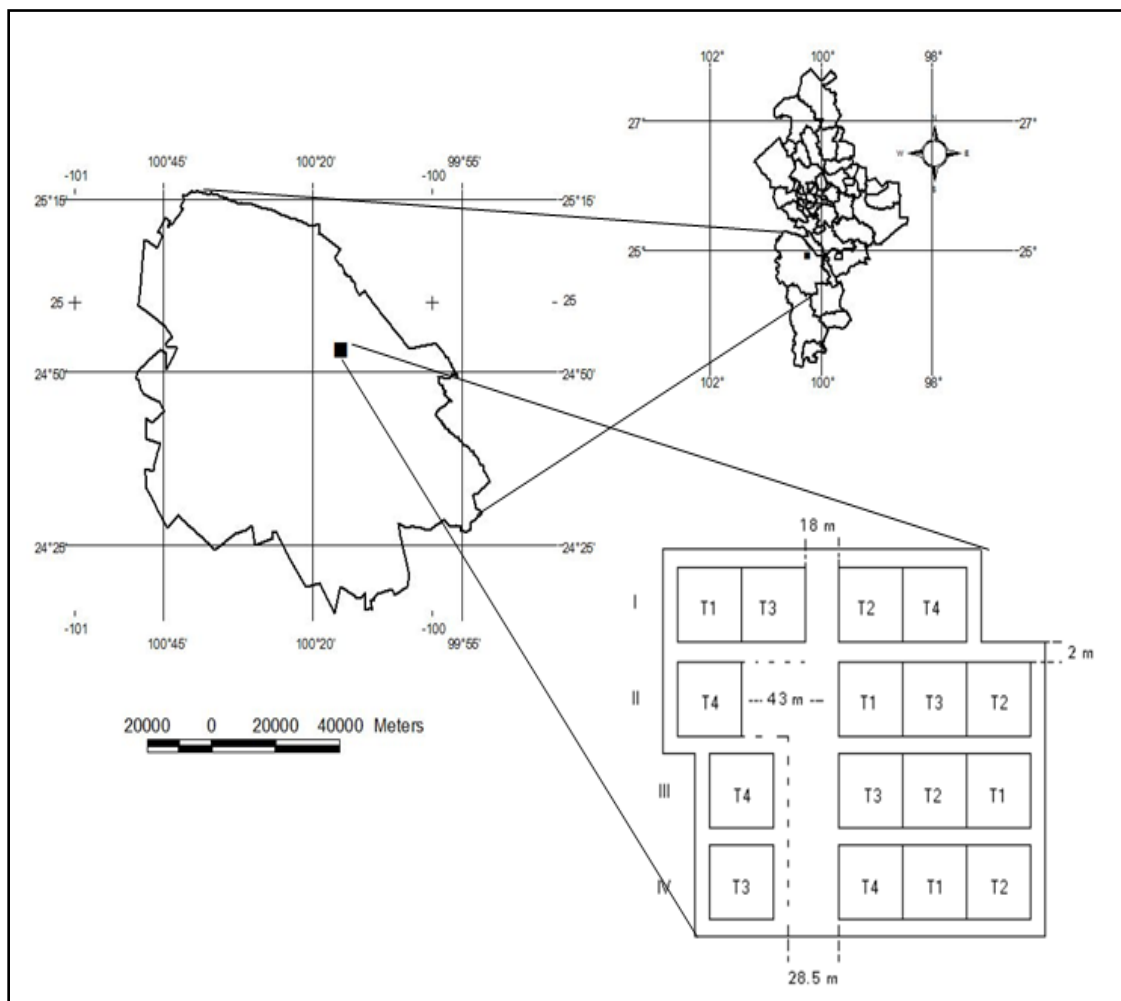


Figura 1. Ubicación del experimento en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León.

La descripción fisiográfica del lugar, de acuerdo con INEGI (2011a), la ubica en la provincia (V) Sierra Madre Oriental y sub-provincia (28) Gran Sierra Plegada; donde la variación altitudinal oscila de los 2800 a los 3760 m.s.n.m. (Huizar y Oropeza, 1989; INEGI ,2011b). El área experimental tiene una altitud promedio de 2930 m.s.n.m.

Para la región se reporta una geología de rocas sedimentarias, el suelo que se presenta es de los tipos litosol y renzina con clase textural fina (E+I /3) (DETENAL, 1977).

La variación climática en esta región, determina climas áridos, templados subhúmedos, semiáridos, secos y semisecos (Arriaga *et al.*, 2000). Al respecto Huizar y Oropeza (1989), señalan que en la parte centro occidental de la región de Galeana que corresponde a la cumbre el Cerro del Potosí, donde se encuentra el experimento, predomina el clima C(E)(w1)x' semifrío, subhúmedo con lluvias en verano, con más de un 10.2% de lluvia invernal. La precipitación total anual tiene un orden que varía entre 300 y 600 mm y temperatura media anual oscila entre 5 y 12 °C y un verano cálido (García, 1981).

Las asociaciones vegetales que se pueden apreciar en cañadas de exposición norte y por arriba de los 3000 msnm son los bosques mixtos de *Pseudotsuga menziesii-Abies vejarii*. El chaparral es la comunidad más diversa, el *Pinus cembroides* se distribuye al sur del cerro por debajo de los 2300 msnm. Otra comunidad muy importante es la de *Pinus culminicola*, que de acuerdo con García *et al.*, (1998) es una comunidad de interés para la conservación.

En la exposición sur-poniente, donde se encuentra el área experimental el tipo de vegetación que se presenta es el bosque de pino con pastizal inducido (CETENAL, 1976), presentándose con mayor dominancia la asociación de *Pinus rudis* Endl. con escasa presencia de *Pinus ayacahuite* Shaw (Díaz, 2002).

En un estudio realizado por González (1997), determina que la calidad de sitio para el rodal en donde se estableció el experimento está determinado por la ecuación $Is=7.992730716 (1-e^{-0.079813833 Eb})^{1.566743927}$ (Is=índice de sitio; e=base de

los logaritmos naturales; E_b =edad base), a la edad base de 14 años; tiene una calidad de sitio I con un índice de sitio de 5.3 m.

4.2. Definición del área de estudio

En un estudio realizado por Díaz (2002), donde los criterios utilizados para el establecimiento del experimento y delimitación de los bloques y parcelas, fueron buscar un área que no presentara variación en la exposición y que la distribución de la regeneración fuera homogénea, esquivando los árboles maduros; por lo que algunas parcelas se encuentran desplazadas. Para este trabajo se volvieron a delimitar cada una de los bloques y parcelas, colocando estacas en cada una de las esquinas.

Las dimensiones de los bloques son de 100 m de longitud y 25 m de ancho; se delimitaron cuatro bloques, separados por un camellón de 2 metros, resultando una hectárea de superficie experimental. Cada bloque fue dividido en cuatro parcelas de 25 x 25 m, a lo que se definió como unidad experimental, éstas con la finalidad de evitar el efecto de borde cuentan con una franja de protección de 5 m en cada uno de sus lados, quedando como área efectiva de la unidad experimental una superficie de 15 x 15 m denominadas sub-parcelas.

4.2.1. Diseño experimental

Los tratamientos están distribuidos en un diseño experimental de bloques al azar; cada unidad experimental representa un tratamiento y cada uno de estos tiene una repetición por bloque, estos últimos están distribuidos de acuerdo al gradiente de variación que fue la pendiente (Figura 2).

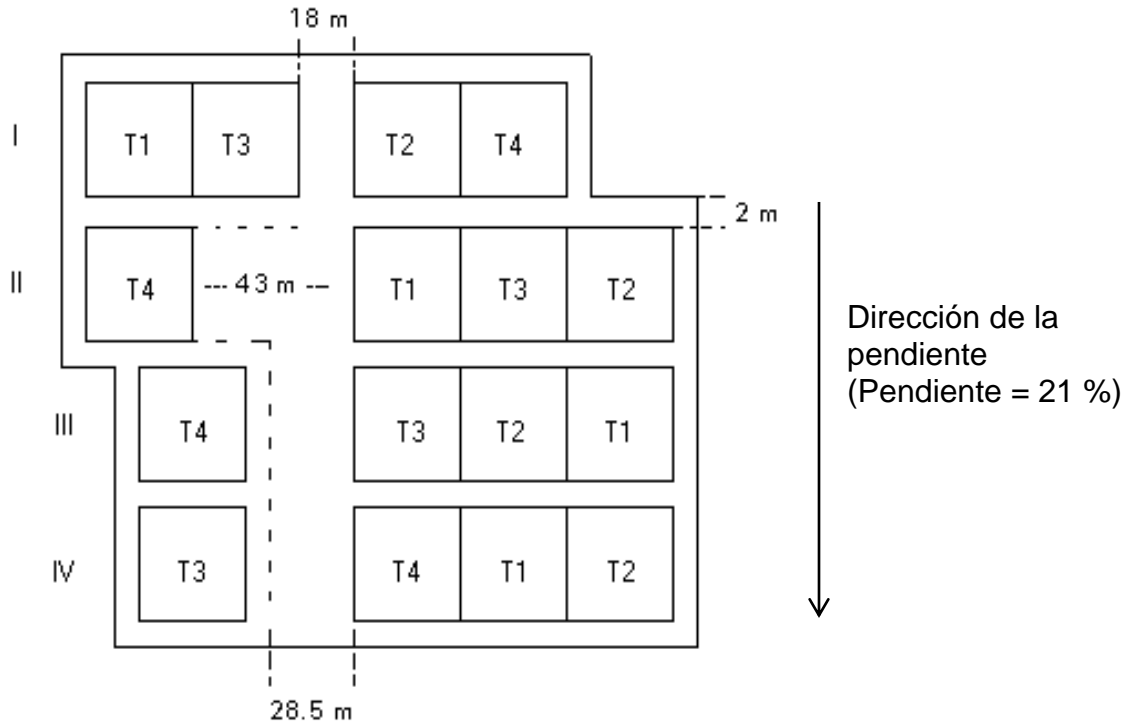


Figura 2. Distribución de los tratamientos: T1 = 0% de remoción de número de árboles; T2 = 20% de remoción de número de árboles; T3 = 40% de remoción de número de árboles; T4 = 60% de remoción de número de árboles. I, II, III y IV son bloques. Tomado de Díaz (2002).

4.3. Trabajo de campo

4.3.1. Extracción de las muestras

De acuerdo con el arreglo del diseño experimental fueron seleccionado dos árboles por cada una de las primeras tres clases de copa (dominantes (D), codominantes (C) e intermedios (I)), en cada una de las repeticiones. De esta selección resultan 96 árboles muestra; 8 por cada clase de copa y 24 por tratamiento.

Estos árboles fueron apeados, desramados y seccionados de manera transversal. Así se obtuvieron las rodajas, en las cuales posteriormente se realizaron las mediciones para el análisis troncal.

De acuerdo con la metodología propuesta por Klepac (1976) y descrita por Mas (1970); las dos primeras rodajas deben ser obtenidas a alturas precisas: a 20 ó 30 cm, generalmente altura del apeo; y a 1.30 m. En este caso la primera rodaja fue obtenida a la base o ras de suelo; debido a que los diámetros basales permitieron esta operación.

La segunda y tercer rodaja fueron obtenidas a 0.30 m y 1.30 m, respectivamente. El resto de las rodajas fueron cortadas a un metro de equidistancia; variando en ocasiones por la presencia de nudos. La última se obtuvo lo más cerca del ápice, con el fin obtener el mayor número de anillos.

4.3.2. Control de las muestras

De acuerdo con la sugerencia de Carrillo (2008), en la parte inferior de cada rodaja se anotaron, la altura del corte, número de rodaja, clase de copa del árbol (D, C, I), bloque (I, II, III o IV) y tratamiento (1, 2, 3 ó 4). En las rodajas que no permitieron hacer todas las anotaciones (por su tamaño) sólo se registró el número de rodaja y en la libreta de campo se realizó el resto del registro.

Una vez agrupadas e identificadas, cada muestra fue colocada dentro de una bolsa de papel etiquetada con los mismos datos para su posterior traslado al laboratorio en donde se llevó a cabo el proceso de secado y medición.

4.4. Trabajo de laboratorio y gabinete

4.4.1. Secado de las rodajas

Considerando la recomendación hecha por Imaña (2008), que sugiere el secado de las muestras antes de su medición, se utilizó una estufa de secado BLUE M., modelo POM-246F, Serial No. P6-800 a temperatura constante de 70 °C.

Las muestras contenidas en bolsas de papel, fueron colocadas dentro de la estufa y se monitoreó el peso durante tres días; en este tiempo las muestras alcanzaron el peso constante o peso anhidro.

4.4.2. Lijado de las rodajas

Según Imaña (2008) y Picos (2008) esta práctica debe ser realizada con la finalidad de resaltar los anillos y facilitar el conteo y medición de estos. En este caso, las rodajas fueron lijadas de manera manual y mecánica con ayuda de una pulidora, se utilizaron lijas de diferentes texturas; primero lijas de textura gruesa, para nivelar las marcas de la motosierra, y otra de textura fina, para aclarar los anillos.

Antes de realizar el análisis de las muestras, con la finalidad de resaltar y hacer más visibles los anillos de crecimiento, se aplicó diesel con la ayuda de un atomizador.

4.4.3. Análisis troncal

Una vez acondicionadas las muestras, se trazaron los diámetros promedios en cada rodaja, trazando una línea que uniera el centro de la rodaja con dos puntos de la periferia.

La determinación de la edad total del árbol, se realizó contabilizando los anillos presentes en la rodaja obtenida a la base. En la metodología descrita por Mas (1970) indica que para el cálculo de la edad a las diferentes alturas, ésta se

realice por diferencias entre la edad actual el árbol y el número de anillos encontrados en cada rodaja. Por su parte Carrillo (2008) sugiere que se calcule restando al número de anillos de la sección anterior el número de anillos de la sección y sumando la edad de la sección anterior y lo expresa en la siguiente fórmula:

$$Es = Na_{sa} - Nas + Esa$$

Donde:

Es = edad de la sección.

Na_{sa} = número de anillo de la sección anterior.

Nas = número de anillo de la sección.

Esa = edad de la sección anterior.

La medición del incremento en diámetro de los árboles partió de la agrupación de anillos. Considerando que las muestras son de árboles jóvenes y con el fin de lograr el mayor número de mediciones para hacer el análisis del incremento, esta agrupación se realizó cada tres anillos ya que hacerlas cada año puede no ser confiable, pues la formación del anillo puede deberse a un estado vegetativo o a condiciones climáticas desfavorables (Álvarez y Varona, 1997; González, 1997).

En cada una de las rodajas, se midió el incremento en diámetro a cada tres anillos utilizando una regla de 30 cm. Estos datos fueron anotados en la hoja de registro sugerida (Anexo 1) por Carrillo (2008), en donde se concentraron para calcular la tendencia del crecimiento e incremento de las variables diámetro y altura.

4.4.4. Cálculo de los incrementos

De acuerdo con Klepac (1976), Carrillo (2008) e Imaña (2008), el ICA y el IMA se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

$$ICA_{\text{altura}} = \frac{\text{altura}_2 - \text{altura}_1}{\text{edad}_2 - \text{edad}_1}$$

$$IMA_{\text{altura}} = \frac{\text{altura}}{\text{edad}}$$

$$ICA_{\text{diámetro}} = \frac{\text{diámetro}_2 - \text{diámetro}_1}{\text{edad}_2 - \text{edad}_1}$$

$$IMA_{\text{diámetro}} = \frac{\text{diámetro}}{\text{edad}}$$

Donde:

ICA= Incremento corriente anual

IMA= Incremento medio anual

Bajo estos términos, con ayuda del programa Microsoft Office Excel 2007, se calculó el ICA y el IMA, del diámetro y la altura.

4.5. Análisis estadístico

Una vez medido el crecimiento y calculados los incrementos, para el análisis de los datos se utilizó el programa STATISTICA 7 en el cual se realizaron los análisis de varianza (ANOVA) factoriales necesarios para determinar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento e incremento.

Ocupando el paquete estadístico SAS 9.0 (Statistical Analysis System) se ajustaron los modelos de Schumacher, Chapman-Richards y Weibull para predecir el crecimiento en diámetro y altura utilizando el procedimiento de regresión no lineal (NLIN).

4.6. Análisis de la dinámica de crecimiento

4.6.1. Diámetro

Para analizar el comportamiento del crecimiento, así como para sus respectivos incrementos (ICA e IMA) en respuesta a los tratamientos, se realizó un análisis de varianza de tipo factorial (4x4x3x5) con el fin de determinar si existen diferencias en el crecimiento e incremento en diámetro entre bloques (BQ), tratamientos (T), clases de copa (CC) y posteriormente se incluyó el factor de las diferentes edades (E).

Para estos análisis se consideraron las clases de edades de 9, 12, 15, 18 y 21, rangos de edades considerados en los análisis troncales, dentro de los cuales se encuentra la edad de aplicación de los preclareos (antes y después de los preclareos).

Lo anterior se cumple, ya que de acuerdo con González (1997), el rodal tenía una edad promedio de 13.7 años al momento que Díaz (2002) aplicó las diferentes intensidades de preclareo y coincide con el promedio calculado del actual análisis troncal ($\bar{x} = 13.87$ años).

En los ANOVA factoriales se analizó cada factor así como las interacciones entre los diferentes niveles de cada factor de variación, evaluando los niveles de significancia.

4.6.2. Altura

Para analizar la dinámica en el crecimiento e incremento en altura a nivel de BQ, T, CC y E, debido a la variación de edades a las alturas de los cortes, fue necesario construir rangos de edades que permitieran el análisis estadístico generando 11 rangos de edad, agrupando tres años en cada rango.

De los ANOVA factoriales (4x4x3x4) se analizaron los niveles de significancia ($P < 0.05$) de las fuentes de variación así como las interacciones de éstas, siendo de interés aquellas que consideraran a los tratamientos y las edades. Se analizó el

comportamiento del crecimiento e incremento a las diferentes edades en los rangos 4, 5, 6 y 7, pues es de interés el periodo de respuesta de los tratamientos.

4.6.3. Tratamiento testigo

Para realizar este análisis se agruparon únicamente los datos de diámetro y altura de los 8 árboles dominantes del tratamiento testigo; árboles que no se encuentran bajo la influencia de ningún tratamiento. El tamaño de esta muestra está por encima del calculado por González (1997), que para este rodal es de cuatro árboles.

Con la finalidad de obtener las curvas de crecimiento y sus respectivas curvas de ICA e IMA, se probaron modelos de crecimiento en su forma no lineal (exponencial) que pudieran predecir el comportamiento del crecimiento de estos árboles.

Los modelos probados fueron los que de acuerdo con Monárrez y Ramírez (2003) y utilizados por González (1997), García *et al.*, (1998), González (2000) y Monárrez y López, (2010) son los más empleados en área forestal para obtener curvas de crecimiento (Cuadro 1)

Cuadro 1. Modelos de crecimiento utilizados para describir el crecimiento en diámetro y altura.

No. Modelo	Nombre del modelo	Connotación
1	Schumacher	$y = \beta_0 * e^{(-\beta_1 \frac{1}{E})}$
2	Chapman- Richards	$y = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 E})^{\beta_2}$
3	Weibull	$y = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 E^{\beta_2}})$

Donde y=Variables dependientes; E= edad (años); β_0 , β_1 y β_2 ,= parámetros a ser estimados.

Una vez seleccionado el modelo de crecimiento con mejor ajuste en su forma integral; se le aplicó la primera derivada en función de la edad para ajustar la

curva del ICA. Para generar la curva del IMA se dividió la ecuación integral entre la edad tal como de muestra en Cuadro 2 (Monárrez y Ramírez, 2003).

Cuadro 2. Ecuaciones de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA).

Modelo	Incremento Corriente anual (ICA)	Incremento Medio Anual (IMA)
Schumacher	$ICA = \frac{\beta_1}{t^2}y$	$IMA = \frac{y}{t}$
Chapman-Richards	$ICA = \frac{\beta_1\beta_2e^{-\beta_1t}}{(1 - e^{-\beta_1t})}y$	$IMA = \frac{y}{t}$
Weibull	$ICA = \beta_1\beta_2t^{-\beta_1t}(\beta_0 - y)$	$IMA = \frac{y}{t}$

Donde: y=Función integral; ICA= Incremento Corriente Anual; IMA= Incremento Medio Anual; t=Edad (años); β_0 , β_1 y β_2 =Parámetros de regresión.

4.7. Criterio de selección de modelos

Dentro del SAS 9.0 (Statistical Analysis System) se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (NLIN), por medio del cual se ajustaron 3 modelos, por el método de los cuadrados mínimos para regresiones no lineales con el fin de buscar la menor suma de los cuadrados de residuales.

Para la comparación de modelos para seleccionar el de mejor ajuste se utilizó la metodología utilizada por Bautista (2001) en un estudio de crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. en la Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila, determinando como estadísticos de selección: los cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R^2), Error estándar (Sxy) y coeficiente de variación (CV) y para determinar el mejor ajuste se seleccionaron los valores menores del CME, Sxy y CV y los mayores en la R^2 .

La obtención de dichos estadísticos fue a partir del análisis de varianza, el cual se obtuvo con el paquete estadístico SAS.

El coeficiente de variación se calculó de la siguiente manera:

$$\text{C.V.} = \frac{\sqrt{\text{CME}}}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

C.V.= Coeficiente de variación

$\sqrt{\text{CME}}$ = Raíz cuadrada de los cuadrados del error (CME)

\bar{X} = Media muestral de diámetro y altura

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis del crecimiento e incremento en diámetro

5.1.1 Crecimiento en diámetro

En el ANOVA factorial (Anexo 2) entre bloques, tratamientos, clases de copas y edad mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) para el factor tratamiento sobre el crecimiento en diámetro. El análisis de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), mostró tres grupos de medias, siendo el T3 el de menor crecimiento promedio y T1 el de mayor crecimiento promedio; estos dos son los que presentan mayor diferenciación de medias de acuerdo a dicha prueba (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de Tukey para crecimiento en diámetro normal de *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)	Media (cm)	Agrupación Tukey**
3 (40%*)	3.974370	a
4 (60%*)	4.121714	ab
2 (20%*)	4.431739	bc
1 (0%*)	4.671795	c

*Porcentaje de remoción; **Agrupación Tukey, letras iguales representan los crecimiento estadísticamente similares.

La diferencias en el comportamiento del crecimiento en diámetro analizado (Figura 3), se atribuye a que son los promedios de todos los árboles evaluados, sin hacer ninguna distinción en clases de copa. En la Figura 4 se muestra la interacción de los tratamientos y clases de copa (T*CC) donde el crecimiento reducido de la clase de copa intermedia (CC3) en el T3 ocasionó interacciones altamente significativas ($P=0.0075$), lo cual produjo un efecto en la disminución del crecimiento en diámetro promedio del T3, como se muestra en la Figura 3; quiere decir que el factor clase de copa tiene influencia sobre el crecimiento en diámetro.

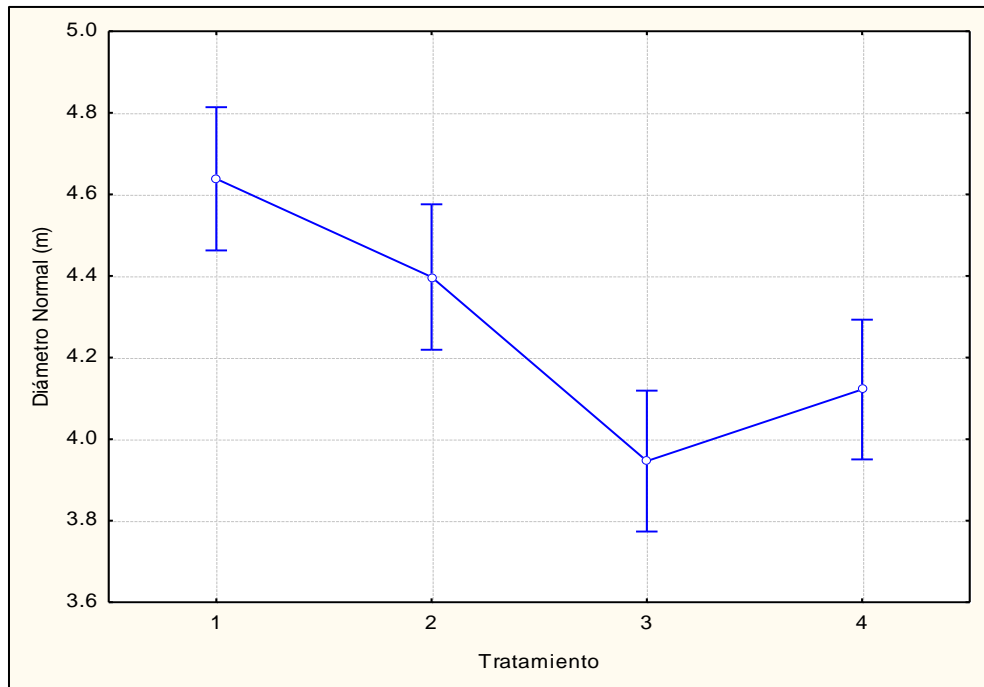


Figura 3. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el crecimiento en diámetro a 1.30 m para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

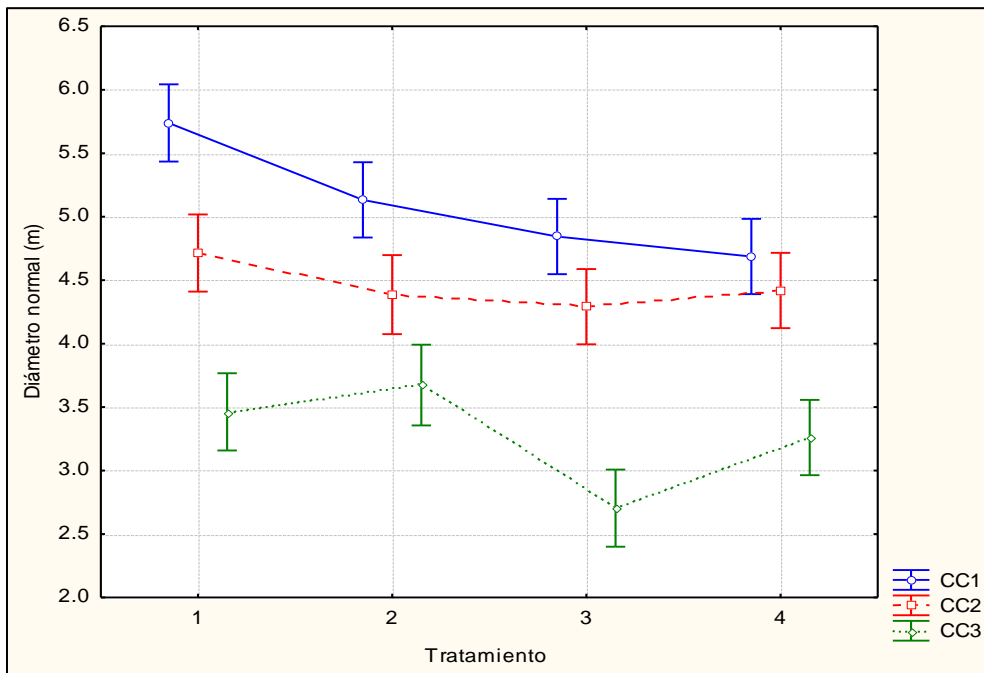


Figura 4. Efecto de las intensidades de preaclareos (tratamientos) en el crecimiento en diámetro por clase de copa para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.

Las diferencias encontradas entre tratamientos (Figura 3) difieren a lo que Klepac (1976) y Daniel *et al.* (1982) consideran, ya que mencionan que el crecimiento en diámetro, en los tratamientos donde la densidad residual es menor; (T3 y T4), este debe ser mayor que en los que se hace menos remoción.

El análisis del crecimiento en diámetro de la interacción T*edad no mostró interacción significativa ($P=0.99821$) (Figura 5).

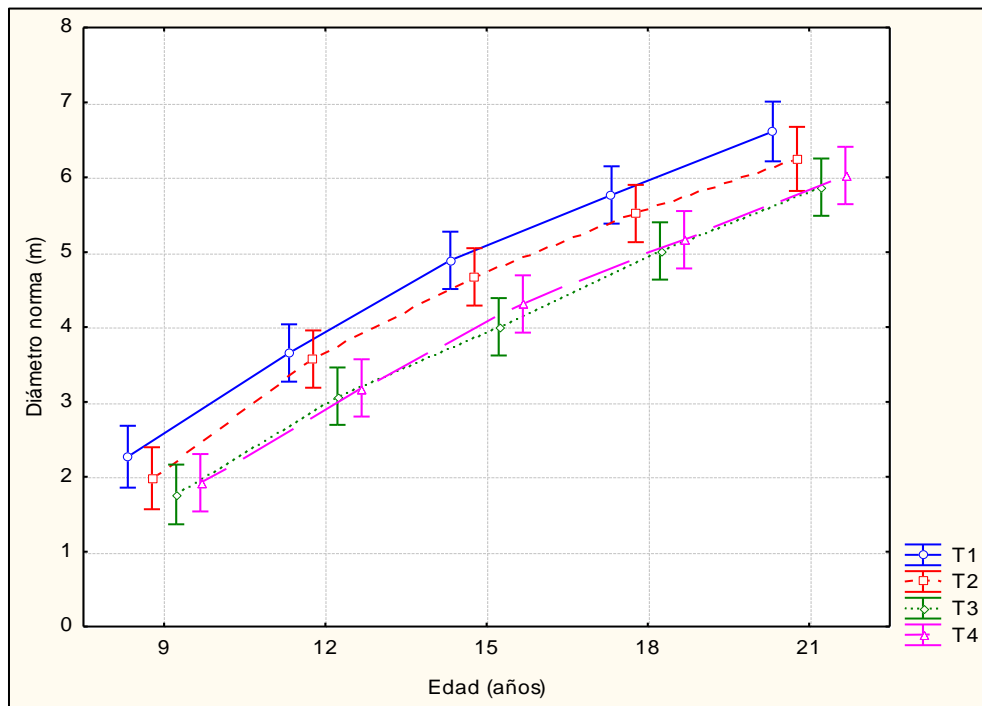


Figura 5. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en diámetro a diferentes rangos de edad (9, 12, 15, 18, 21) en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

En las Figuras 5 se puede observar que la tendencia del crecimiento en diámetro del T1 está por encima del resto de los tratamientos; esto contrasta totalmente con lo encontrado por Chávez y Mora (2010) que en la aplicación de aclareos encontraron que los aclareos fuertes y moderados favorecieron los crecimientos en diámetro en contraste con los aclareos leves y la parcela testigo. El hecho de que el T1 haya presentado mayor crecimiento en diámetro puede atribuirse a que ha mantenido un bajo número de individuos promedio (Cuadro 4), lo que de

acuerdo con Klepac (1976) favorece el crecimiento en diámetro. El T3 no mostró el mismo comportamiento a pesar de la variación en el número promedio de individuos.

Cuadro 4. Cambios en la densidad (número de árboles) presente en el año 2000 al 2010.

Tratamiento	Número de árboles por ha año ⁻¹	
	2000*	2010**
1 (0%*)	8,667	4,368
2 (20%*)	8,867	5,196
3 (40%*)	8,667	4,532
4 (60%*)	8,733	4,936

*Tomado de Díaz 2002; ** tomado en campo.

La interacción del T*CC*edad (Figura 6) no mostró significancia ($P=0.99965$), indicando que el crecimiento del diámetro promedio por tratamiento no muestra ninguna variación estadística al comparar las clases de copas en los diferentes rangos de edad. En el comportamiento del crecimiento de la CC1 (Figura 6a), los tratamientos mantienen una tendencia promedio en las diferentes edades como se mostró en la Figura 5; en la CC2 (Figura 6b), la variación entre tratamientos fue menos evidente, pero el T1 se mantuvo en mejor posición; en la CC3 (Figura 6c); la tendencia de los T1 y T2 es muy similar en contraste con el T4 que se posicionó por encima del T3 durante los rangos de edades analizados.

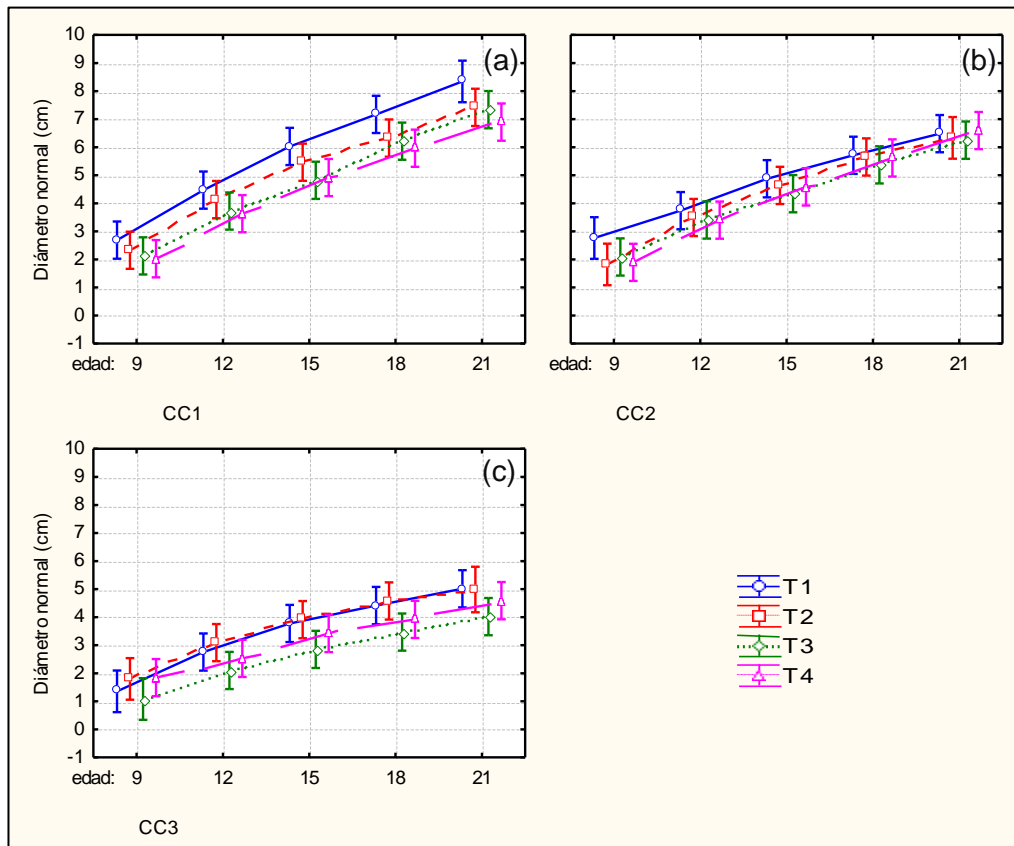


Figura 6. Efecto de las intensidades de preclareos en el crecimiento en diámetro por rangos de edad y clase de copa en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.1.2. Incremento corriente anual (ICA) en diámetro

El ANOVA factorial (Anexo 4) en el análisis del ICA no mostró diferencias significativas para el factor tratamiento ($P=0.11017$) (Figura 7). De igual forma para las interacciones T*CC (Figura 8), T*Edad (Figura 9) y T*CC*Edad (Figura 10), presentaron interacciones no significativas ($P=0.63234$, $P=0.12334$ y $P=67069$, respectivamente).

El comportamiento del ICA en diámetro del T3 mostró el promedio más bajo de los tratamientos (Figura 7). Los resultados encontrados para el ICA en diámetro, difieren con lo reportado por Domínguez y Návar (2006) quienes aplicaron dos intensidades de aclareo (50 y 70%), demostraron que la intensidad del 70% presentó un incremento mayor en diámetro con respecto a la intensidad de 50% y del testigo (64.5 y 68.1%, respectivamente).

Esta pequeña variación de ICA en diámetro del T3 (Figura 7) puede atribuirse a lo reportado por Díaz (2002) en su trabajo de tesis, donde al año 2000, cuatro años después de la aplicación de los preaclareos, el número de árboles se igualó (Cuadro 4) y las variables evaluadas (incremento del DN, altura, área basal y volumen) no presentaron diferencias significativas; esto, el mismo autor lo atribuye al tipo de aclareo, las bajas intensidades aplicadas, la calidad de sitio y la etapa de desarrollo del rodal.

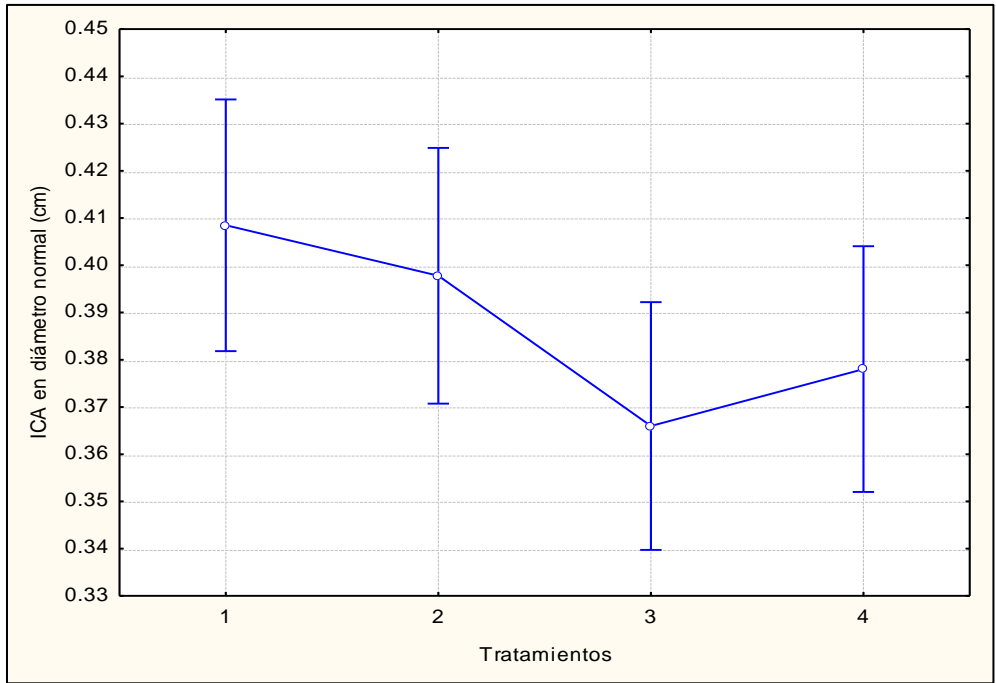


Figura 7. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el ICA en diámetro a 1.30 m para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo 0%); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

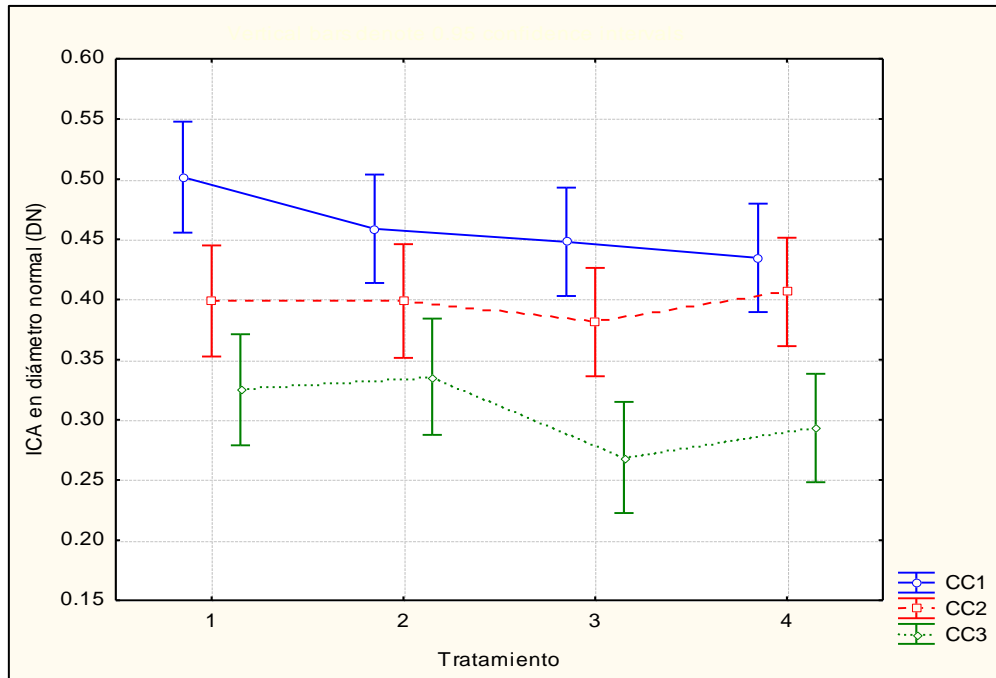


Figura 8. Efecto de diferentes intensidades de preaclareo en el ICA en diámetro a 1.30 m para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo 0%); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

Por otra parte el ICA en DN evaluado a los diferentes rangos de edad (T*Edad) no mostró diferencias significativas ($P=0.12334$). Sin embargo, se observa una tendencia a la baja en todos los tratamientos, conforme aumenta la edad (Figura 9). Esta tendencia, puede ser atribuida al incremento de la competencia a nivel árbol en cada uno de los tratamientos.

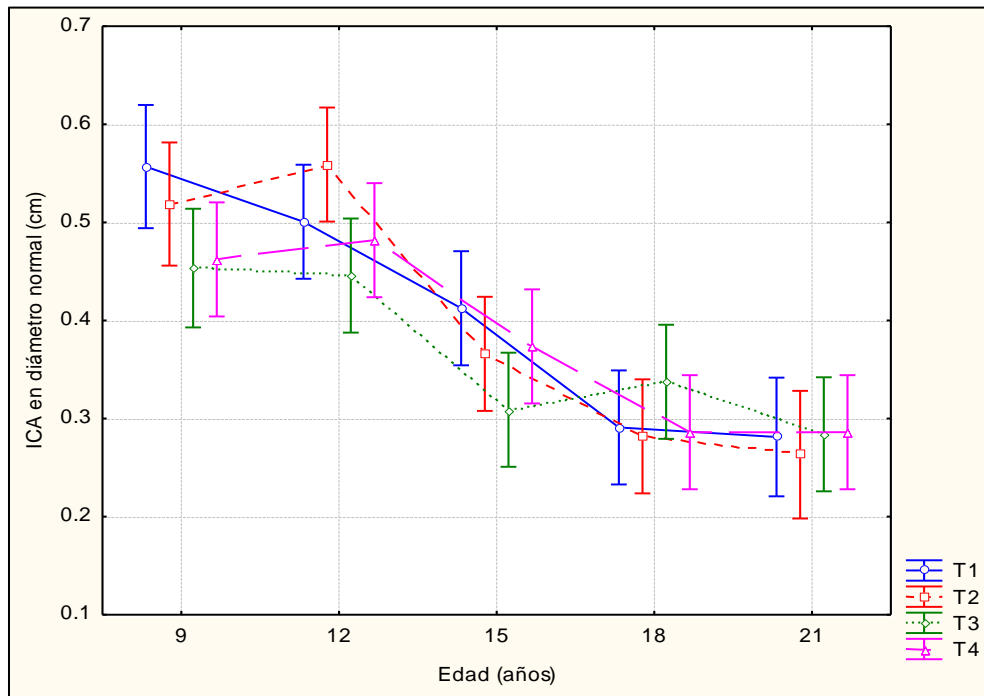


Figura 9. Efecto de las intensidades de preaclareos en el ICA promedio en DN por rangos de edad en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

La variación del ICA por tratamiento tiene la misma tendencia en las diferentes edades; con una excepción a la edad de 18 en donde el T3 se posiciona por encima de los demás, estabilizándose nuevamente a la edad de 21, pero mostrando siempre una tendencia a la baja al aumentar la edad en todos los tratamientos. Sin embargo el T2 mostró ICA promedio más alto que el resto de los tratamientos en el rango de edad 12, poco antes de la aplicación de los preaclareos, y disminuyó drásticamente al rango los 15 años (Figura 9).

De acuerdo con Klepac (1976) la tendencia a la baja del ICA en DN conforme aumenta la edad se debe a que el incremento en diámetro en los primeros años es pequeño hasta llegar a una etapa de alta actividad que disminuye gradualmente conforme aumenta la edad del árbol o bien, esta dinámica puede responder a los requerimientos de luz y el espacio de cada especie. Bajo este principio es que los silvicultores manipulan los incrementos de las masas adelantando o retrasando la aplicación de los tratamientos silvícolas.

En la interacción de T*CC*Edad (Figura 10), mostró que el factor clase de copa no tiene efecto altamente significativo ($P=0.67069$) sobre el ICA en diámetro, el ICA en la CC1 (Figura 10a) del T1 estuvo por encima del resto de los tratamientos, con excepción de la edad de 18 años en donde el T3 mostró un incremento mayor, igualándose con los otros tratamientos a la edad de 21 con tendencia a la baja. En la CC2 el T2 fue el que presentó un ICA mayor a la edad de 12 años a diferencia del resto de los tratamientos. En la CC3 los ICA en diámetro de los tratamientos mantuvieron una tendencia que disminuyen conforme aumenta la edad.

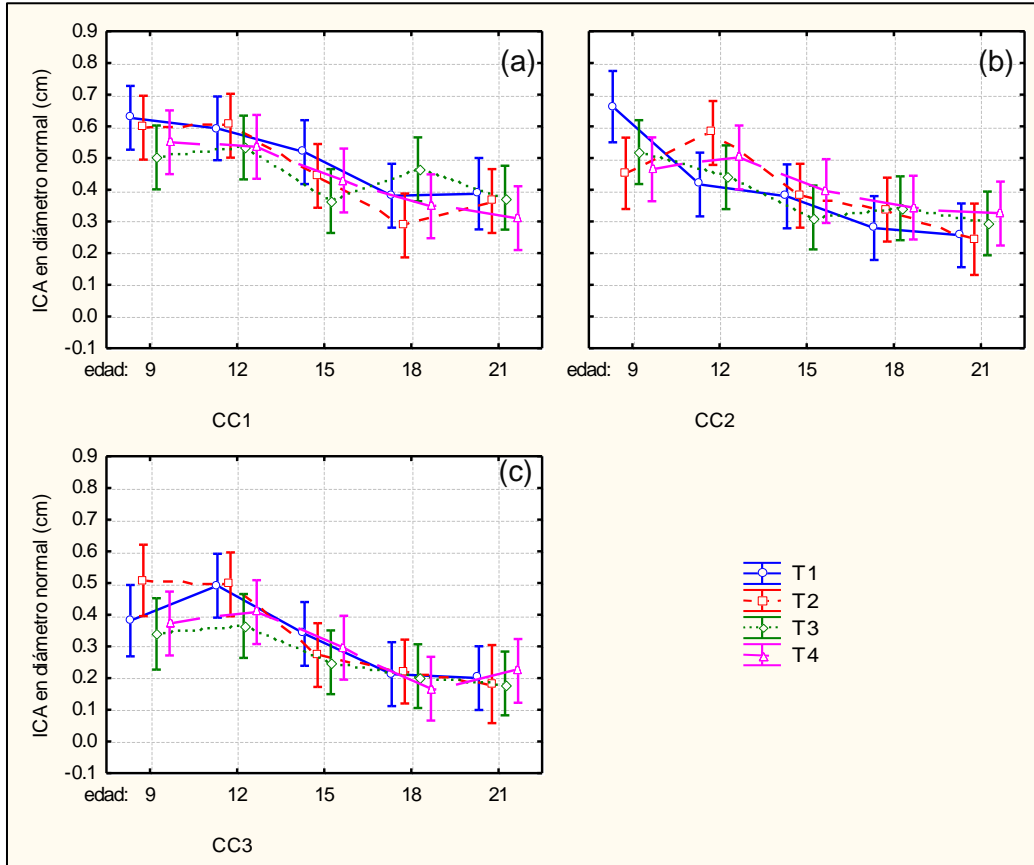


Figura 10. Efecto de las intensidades de preaclareos en el ICA en diámetro por rangos de edad y clase de copa en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo 0%); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.1.3. Incremento medio anual (IMA) en diámetro

El ANOVA factorial (4x4x3x5) mostró que las diferencias del IMA son altamente significativas ($P=0.0001$) (Anexo 5); donde el T3 presenta un incremento menor al resto de los tratamientos siendo el IMA del T1 el que sobresale de entre todos (Figura 11). La prueba de comparación de medias Tukey (Cuadro 5), demuestra lo anterior generando tres grupos de medias, donde el T3 y T4 son estadísticamente iguales así como el T4=T2 y T2=T1; evidenciando las diferencias altamente significativas entre el T1 y el T3.

Cuadro 5. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para IMA en diámetro normal de *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento	Media (cm)	Agrupación Tukey**
3 (40%*)	0.257107	a
4 (60%*)	0.268048	ab
2 (20%*)	0.290491	bc
1 (0%*)	0.305763	c

*Porcentaje de remoción; **Agrupación Tukey, letras iguales son estadísticamente similares.

La dinámica del IMA en diámetro mostró un comportamiento igual que al del crecimiento en DN (Figura 3), esto se explica por la definición de IMA; que es el promedio anual del incremento total (Klepac, 1976).

La interacción T*CC es altamente significativa (0.00873)(Figura 12), se puede observar que el comportamiento del IMA promedio se ve afectado por la CC3. Por su parte el T1 se colocó por encima de los tratamientos 2,3 y 4 lo cual se atribuye al grado menor de densidad que ha mantenido el T1 con respecto a los demás tratamientos desde la última evaluación de los preclareos (Díaz, 2002).

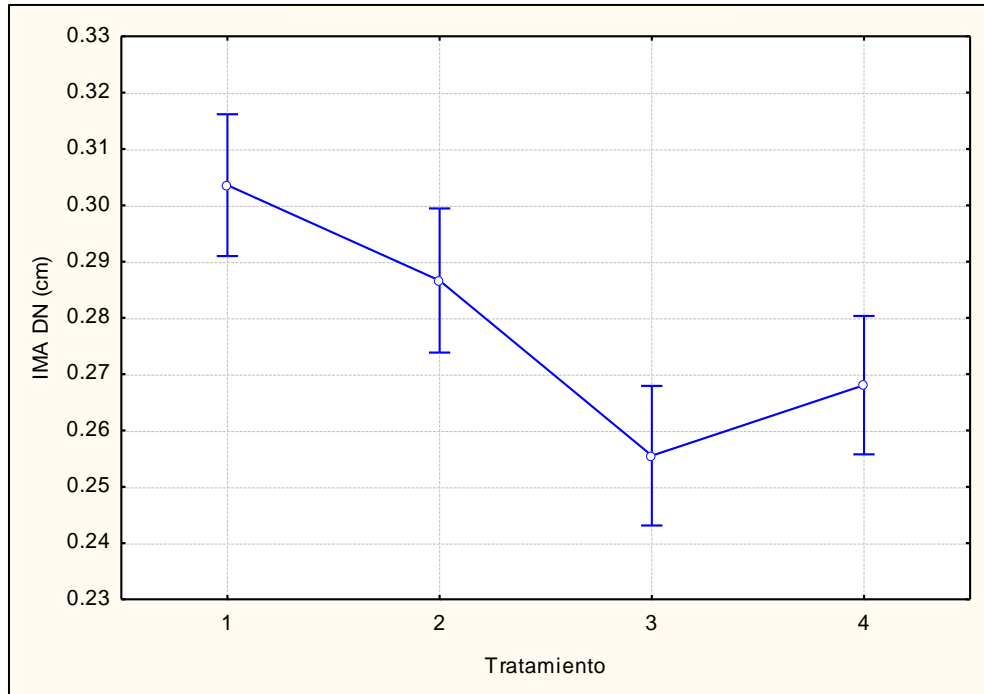


Figura 11. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA del DN a 1.30 m para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

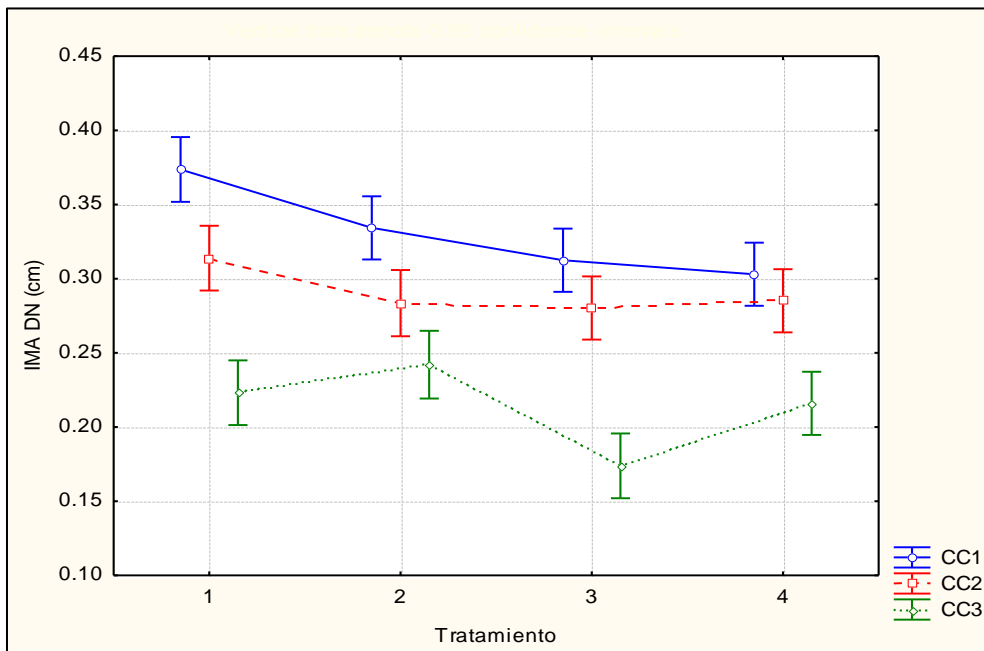


Figura 12. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA en diámetro a 1.30 m por clase de copa para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.

La interacción T*edad para el análisis del IMA en diámetro no mostró significancia (P=0.99865) al comparar los promedios de cada tratamiento a las diferentes edades (Figura 13).

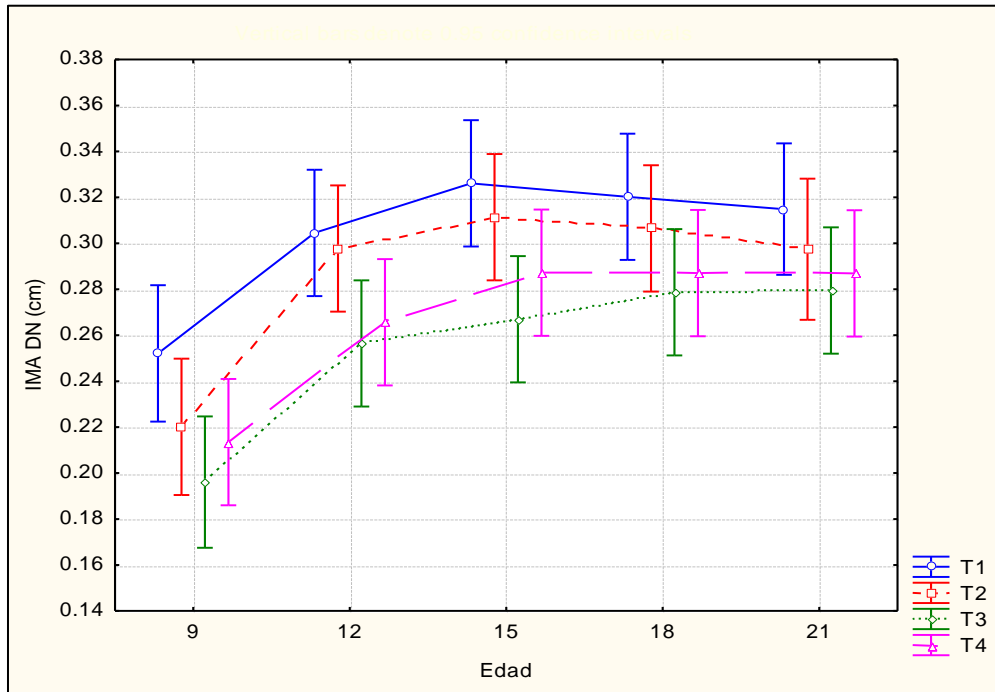


Figura 13. Efecto de las intensidades de preaclareos en el IMA promedio en DN por rangos de edad en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

En la Figura 13 se puede observar que la tendencia del IMA en diámetro del T1 se sobrepuso al resto de los tratamientos; este efecto también se mostró en el crecimiento en diámetro (Figura 5), se observa que el T4 se sobrepone al T3 en todos los rangos de edad. Las variaciones del IMA en diámetro entre tratamientos pueden suponerse al bajo número de individuos que ha mantenido el T1; misma causa a la que se atribuye la variación en crecimiento.

La interacción T*CC*Edad (Figura 14) del IMA en diámetro, no mostró significancia entre los tratamientos (P=0.98994); al agrupar los T por CC, el IMA en diámetro se comporta sin diferencias a las diferentes edades. En la CC1 el T1 el incremento está por encima del resto de los tratamientos (Figura 14 a), tal como en el análisis en crecimiento e ICA en diámetro. La CC2 presentó menor variación de IMA en diámetro entre tratamientos; después de los 12 años el IMA para esta clase de copa es muy similar (Figura 14 b). En la CC3 el T2 fue el que presentó mayor IMA en diámetro, el T4 se colocó por encima del T3, sin ser mayor que el T1; las ligeras variaciones en esta clase de copa pueden ser atribuibles a la dinámica del rodal, por ejemplo la mortalidad natural por competencia.

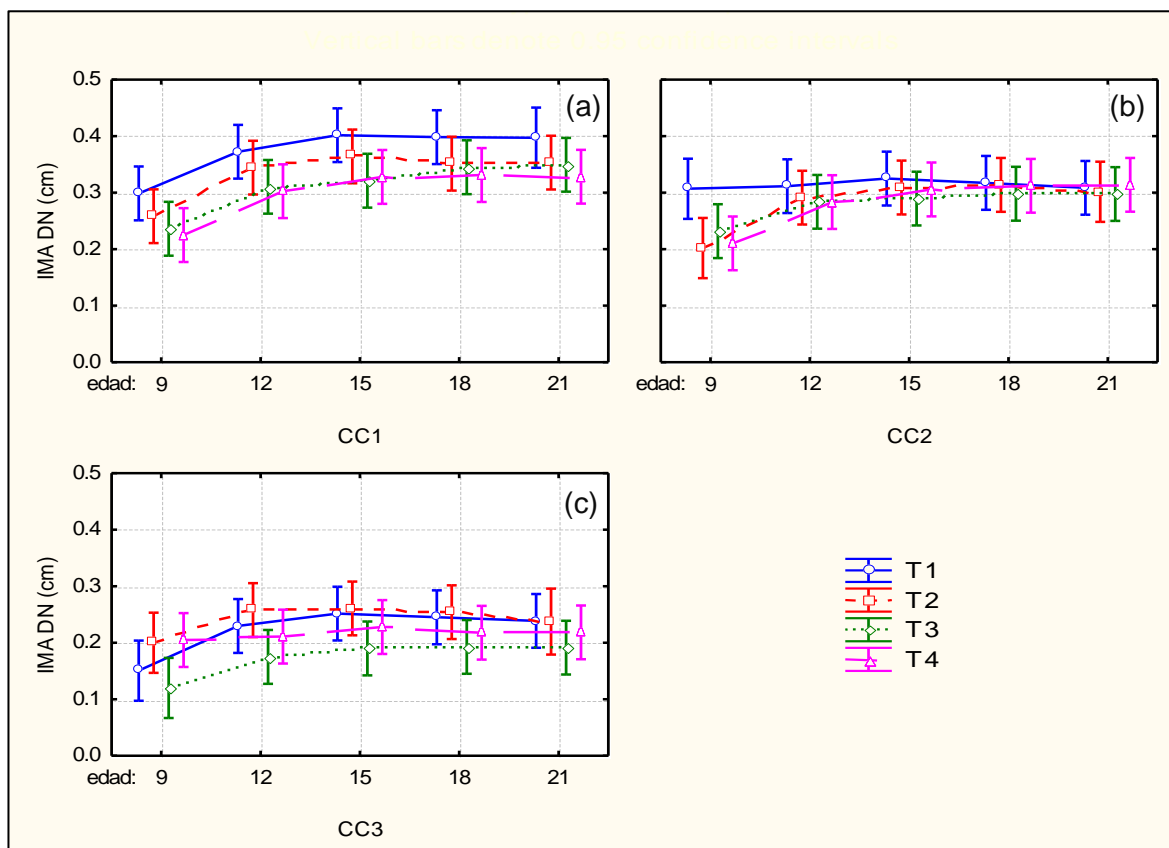


Figura 14. Efecto de las intensidades de preclareos en el IMA en diámetro a diferentes rangos de edad por clase de copa en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1. T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.2. Análisis del crecimiento e incremento en altura

5.2.1. Crecimiento en altura

El ANOVA factorial (4x4x3x4) mostró que para el factor tratamiento, las diferencias en crecimiento en altura no son significativas ($P= 0.11854$) (Anexo 6), sin embargo el crecimiento en altura del T2 se mostró por encima de los otros tratamientos sin llegar a ser significativo (Figura 15).

Cancino (S.F.) y Daniel *et al.* (1982) mencionan que la altura es una variable que no es afectada por la competencia a menos que esta sea extremadamente alta o baja.

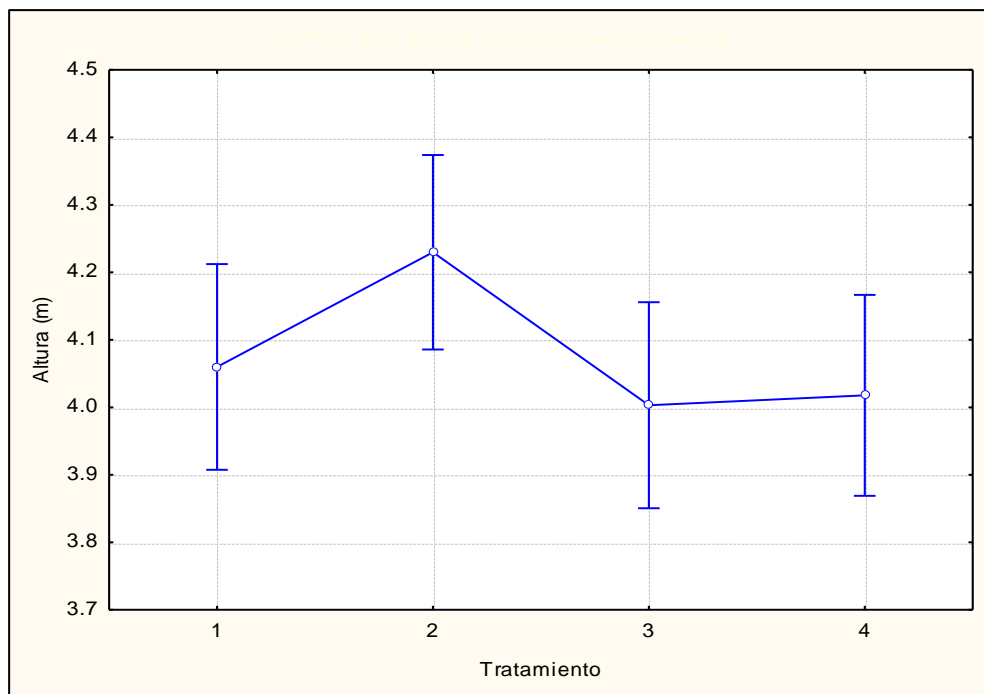


Figura 15. Efecto de diferentes intensidades de preclareo en el crecimiento en altura para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

La interacción T*CC mostró que no hubo significancia en el crecimiento promedio en altura ($P=0.10956$), pero se puede notar que el crecimiento en altura de la CC3 se vio favorecido en el T2 (Figura 16). Por su parte los árboles de la CC2 mostraron un crecimiento en altura muy similar. Los árboles dominantes (CC1) mostraron mayor altura en el T1 y T2 en comparación a los T3 y T4.

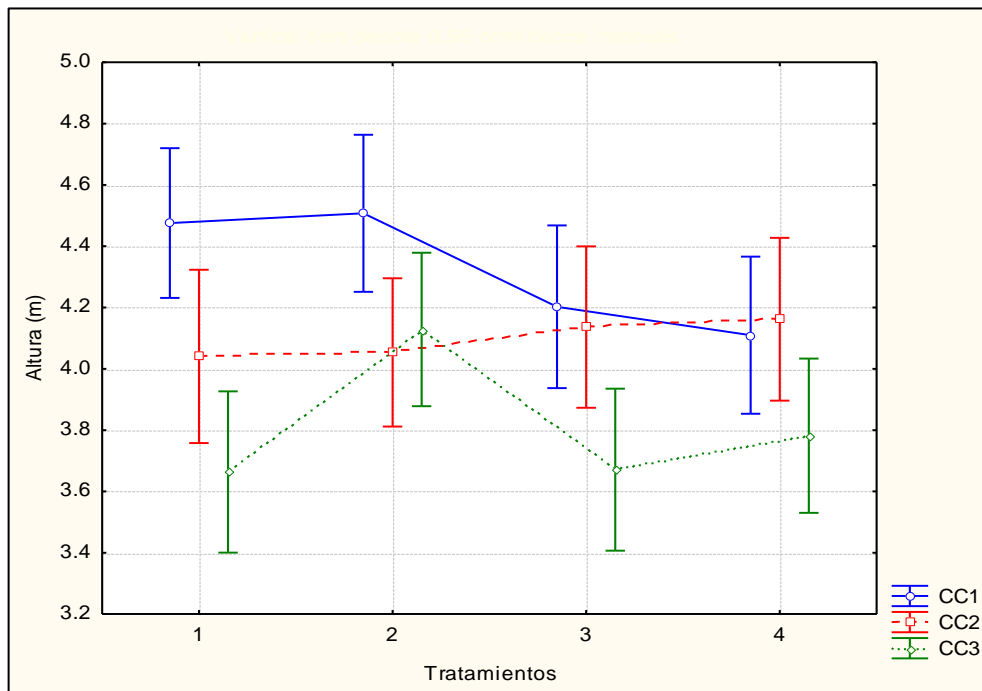


Figura 16. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura a nivel clase de copa para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.

La interacción T*edad no mostró significancia ($P=0.71587$), pero es notorio que el crecimiento en altura del T1 disminuye después del rango 5, mientras que el resto de los tratamientos continua con la misma tendencia (Figura16). El efecto en el tratamiento T1 puede deberse a una apertura en el dosel por mortandad natural, puesto que es el tratamiento sin intervención, lo que conllevó a una disminución en el crecimiento en altura, ocupándose en crecer en diámetro (Daniel *et al.*, 1982; Armendáriz y Tena, 2004).

La tendencia del crecimiento en altura para todos los tratamientos y clases de copa se mostró similar al paso del tiempo (Figura 17). Lo anterior coincide con lo reportado por Chávez y Mora (2010), donde al aplicar tres intensidades de preaclareo las variaciones en altura no fueron significativas entre los tratamientos en el transcurso de los años.

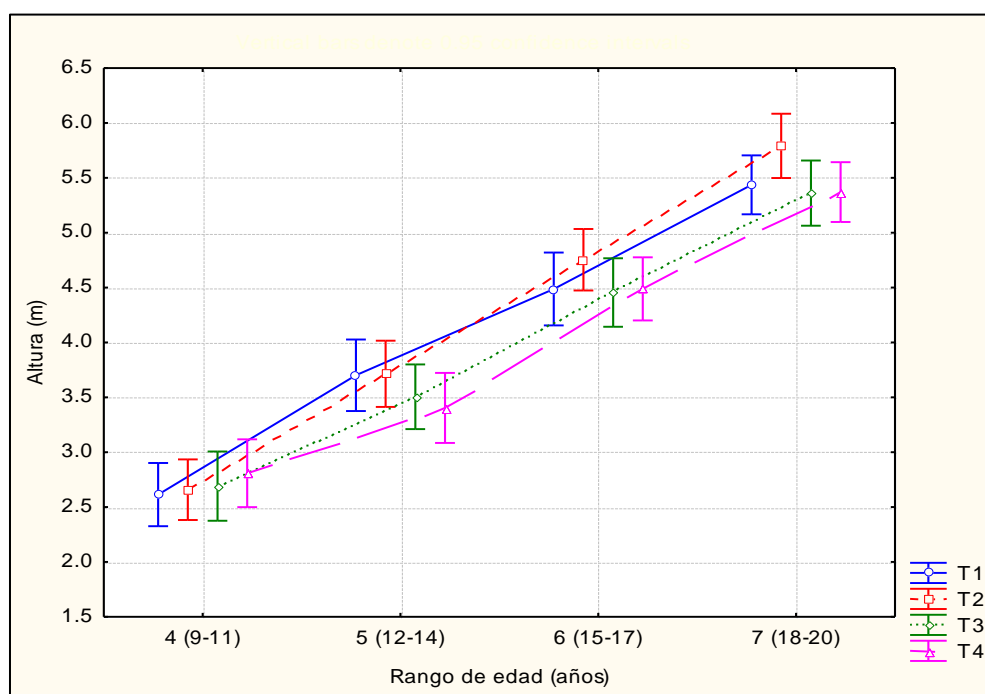


Figura 17. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura por rangos de edad en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

El crecimiento en altura para la interacción T*CC*Edad no mostró significancia ($P=0.71121$) (Figura 18); lo cual indica que el crecimiento evaluado para los diferentes tratamientos al mismo rango de edad no se ve afectado por los tratamientos ni la clase de copa. La CC2 mostró un crecimiento muy homogéneo para todos los tratamientos en todos los rangos de edad evaluados (Figura 18 b); mientras que la CC1 y CC3 presentaron ligeras variaciones en los rangos de edad (Figura 18a y 18c respectivamente).

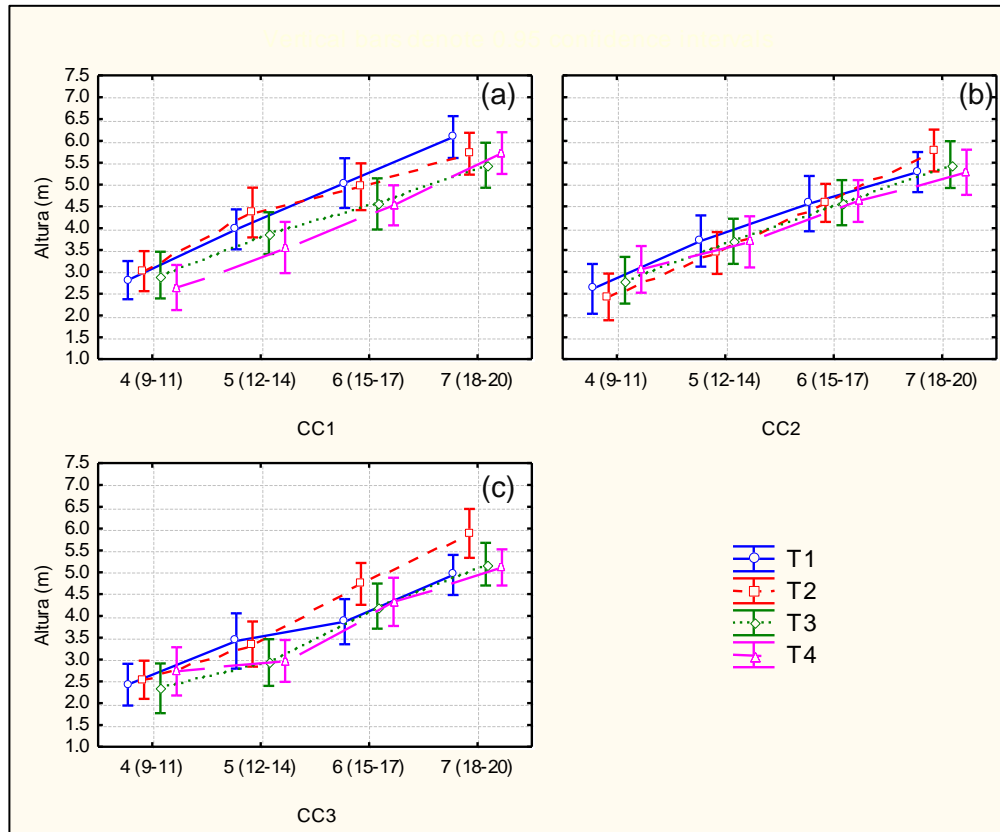


Figura 18. Efecto de las intensidades de preaclareos en el crecimiento en altura por rangos de edad por y clase de copa en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.2.2. Incremento corriente anual (ICA) en altura

El ANOVA factorial para el ICA en altura no mostró diferencias significativas para el factor tratamientos ($P=0.72992$) (Anexo 7) (Figura 19), así como para la interacción T*edad ($P=0.96349$) (Figura 20). Lo anterior coincide con Díaz (2002) quien reportó que no hay variación en el incremento en altura a un año de la aplicación de los tratamientos; ya que dicha variable no responde a cambios en la densidad (Daniel *et al.*, 1982).

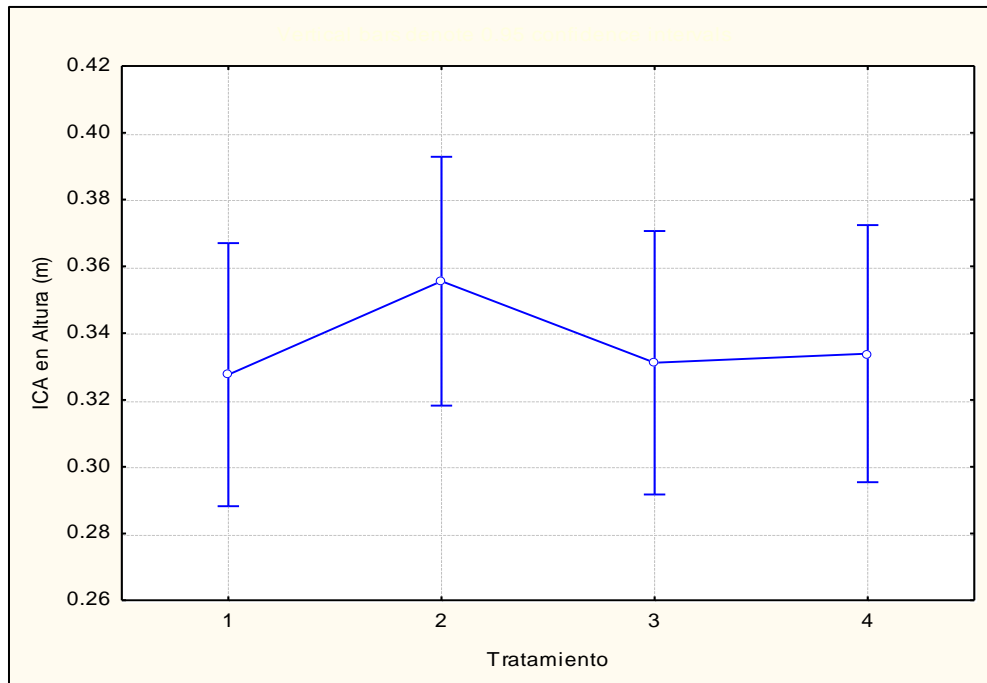


Figura 19. ICA promedio en altura por tratamiento en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

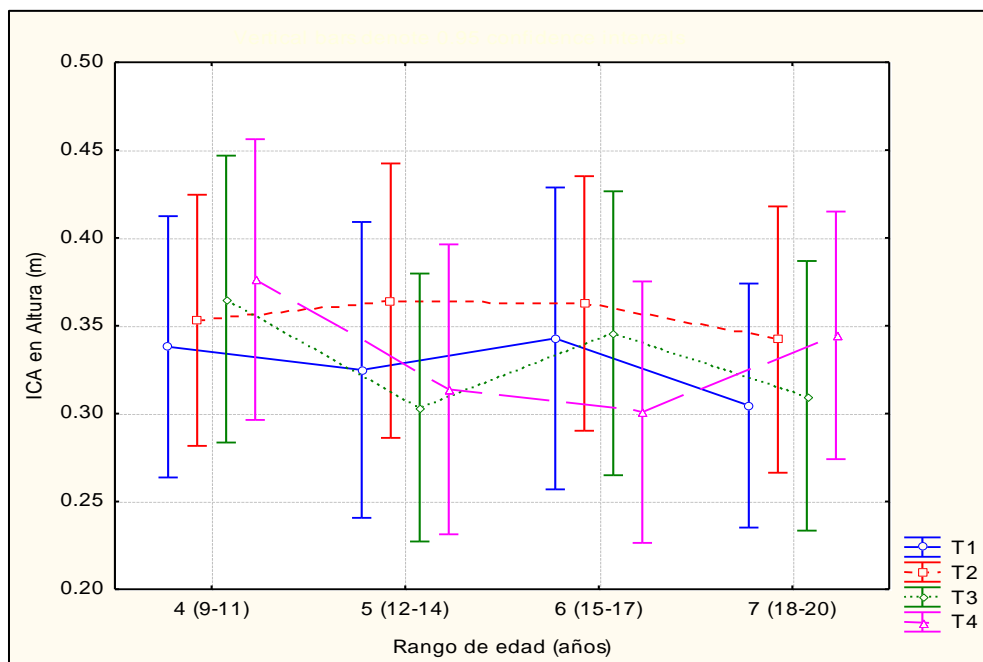


Figura 20. ICA en altura por tratamientos y rangos de edad en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. 1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

La no significancia de la interacción T*edad coincide con lo reportado por Chávez y Mora (2010) que en su ensayo no encontraron variación en el incremento en altura entre los tratamientos que aplicaron, y hacen mención de que ese efecto se debe a que la altura se considera como independiente de la densidad.

Por otra parte la interacción de T*CC (Figura 21) no mostró significancia (P=0.71085); sin embargo en la gráfica se observa que el ICA promedio de la CC3 en el T1 es mayor que el ICA promedio de la CC2 y poco menor que la CC1; en el T2 y T3 el ICA promedio de la CC3 se mostró por encima de las CC1 y CC2; en el T4, la CC2 se mostró por encima de las CC1 y CC3 presentando poca variación en el incremento.

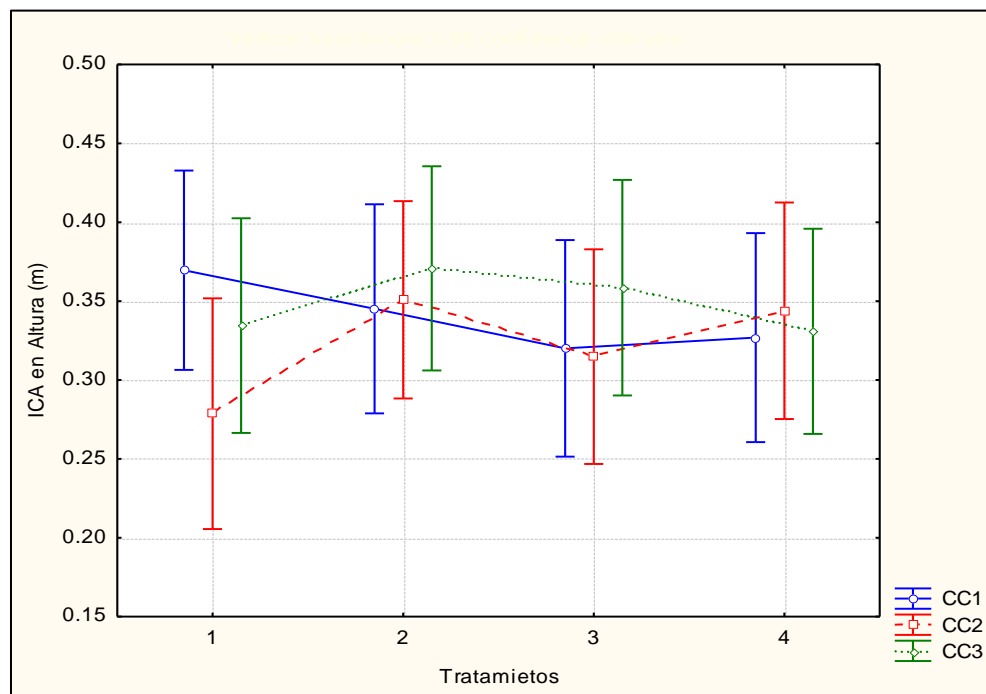


Figura 21. Efecto de las intensidades de preaclareos en ICA en altura a nivel clase de copa para *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.

Las interacciones del ICA entre T*CC*edad, no fueron significativas ($P=0.22134$) al transcurso de los años, sin embargo el ICA en altura en la CC1 el T1 mostró una incremento importante en el rango de 6 (Figura 22a); en la CC2 los tratamientos muestran una tendencia homogénea y constante, pero en el último rango se muestra un descenso del T3 en comparación con el resto de los tratamientos (Figura 22b); en la CC3 el T2 mostró un ICA mayor en el 6 (Figura 22c).

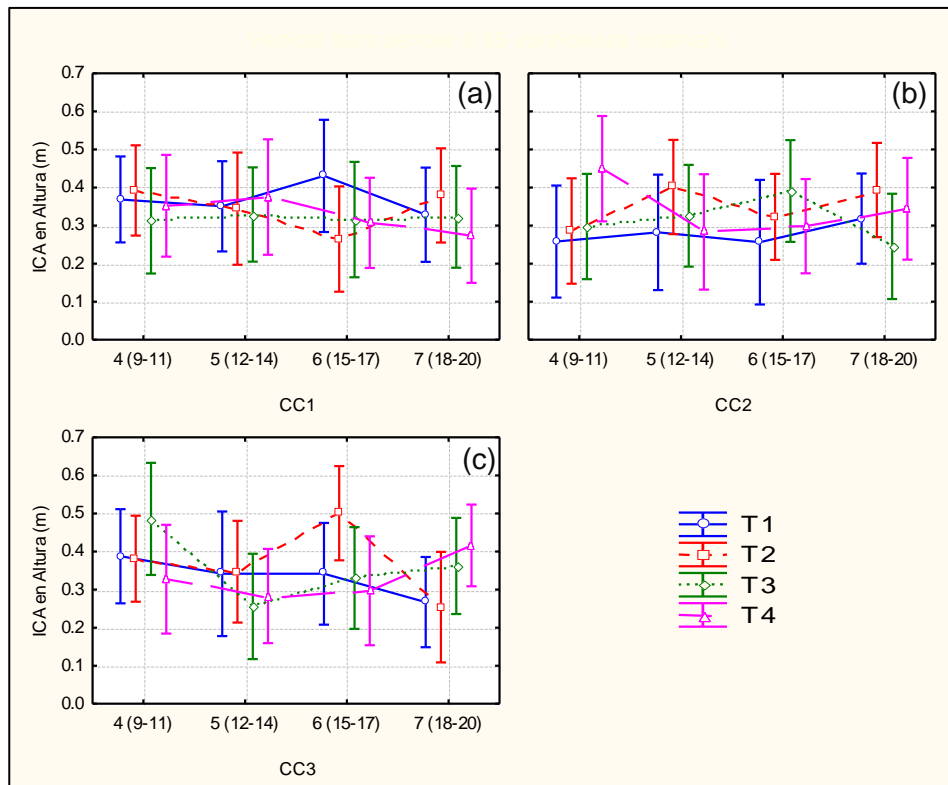


Figura 22. ICA en altura a diferentes rangos de edad comparando por clase de copa en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.2.3. Incremento medio anual (IMA) en altura

El ANOVA factorial para IMA en altura (Anexo 8) no mostró diferencias significativas para el factor tratamiento ($P=0.07980$) (Figura 23), pero el T2 mostró el mayor IMA; el tendencia del IMA en los diferentes tratamientos es la mismo que en el crecimiento en altura, pues el IMA es el promedio del crecimiento acumulado entre la edad (Padilla, 1987).

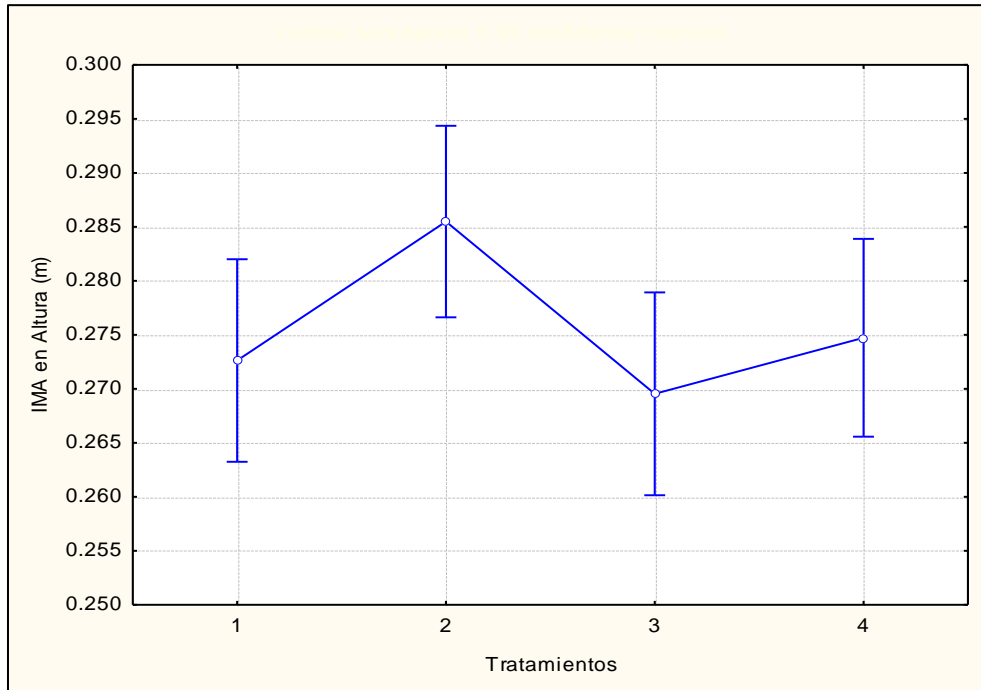


Figura 23. IMA promedio en altura por rangos de edad en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; 1 (Testigo); 2 (20% de remoción); 3 (40% de remoción); 4 (60% de remoción).

Las intersecciones entre T*CC, T*edad y T*CC*edad no mostraron significancia ($P=0.24316$), ($P=0.61111$) y ($P=0.77018$) respectivamente. En la interacción T*CC (Figura 24) el IMA de la CC2 fue mayor para todos los tratamientos; mientras que CC3 mostró mayor IMA que la CC3 en el T2.

En la interacción T*edad se puede observar que el IMA promedio en el T2 se fue superior durante los rangos de edad 5, 6 y 7. Los T3 y T4 mostraron un ascenso en el IMA en el rango 6 con respecto al 5 manteniéndose en el rango 7. El T1

mantuvo una tendencia de incremento durante los años evaluados con valores inferiores al T2 sin descender a los valores del T3 y T4. Para el último rango de edad evaluado la tendencia del IMA es seguir incrementando en los T1 y T2; mientras que el T3 y T4 tienden a mantenerse (Figura 25).

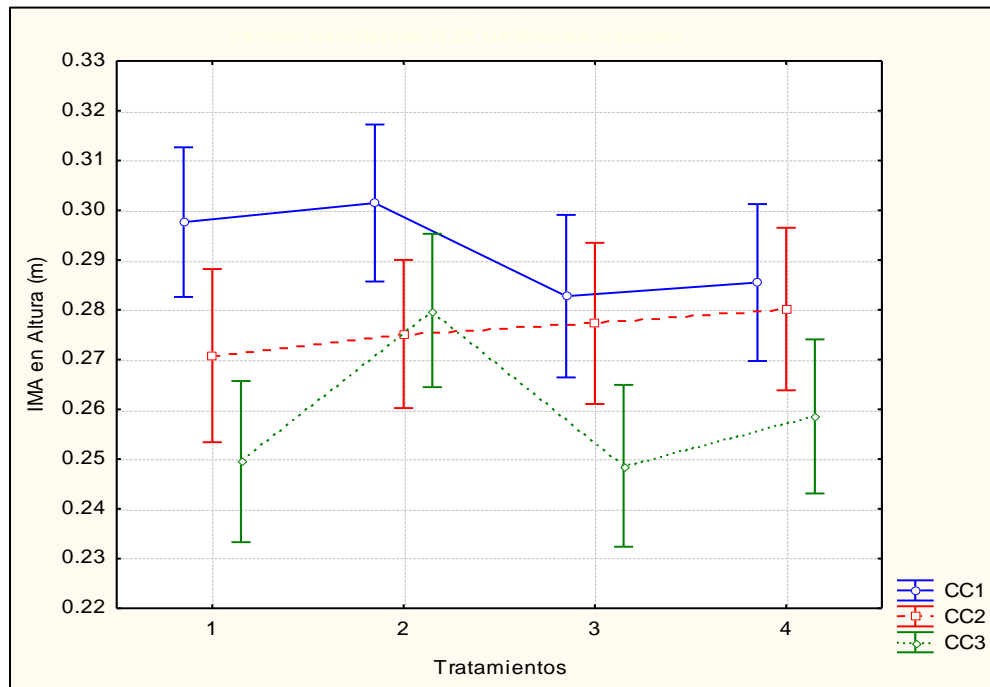


Figura 24. Efecto de las intensidades de preclareos en IMA en altura por clase de copa para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. CC1= Clase de copa dominante; CC2= Clase de copa codominante; CC3= Clase de copa intermedia.

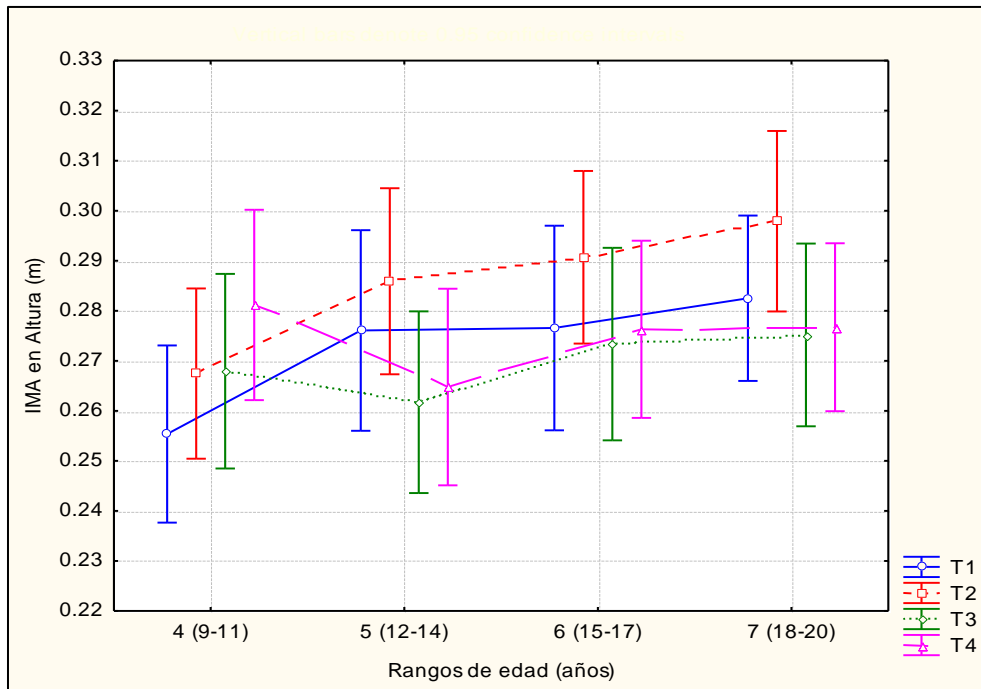


Figura 25. IMA en altura de los tratamiento por rangos de edad en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción).

El análisis de la interacción T*CC*Edad no mostró significancia ($P=0.77018$). La tendencia del ICA de los tratamientos por clase de copa a las diferentes edades mantiene un crecimiento constante, con ligeras variaciones (Figura 26a y 25b), siendo estas más visibles en la CC3 donde el T2 mostró un IMA por encima de los otros tratamientos; coincidentemente este incremento se presenta en el rango 6, periodo en que se aplicaron los aclareos (Figura 26c).

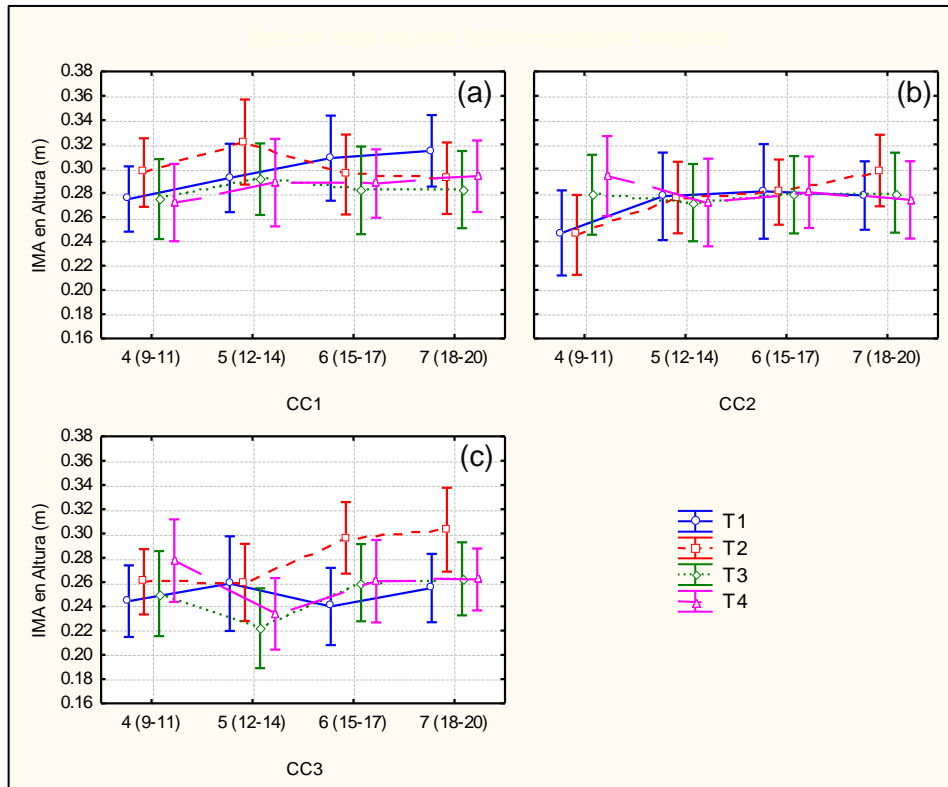


Figura 26. ICA en altura a diferentes rangos de edad por clase de copa en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.; T1 (Testigo); T2 (20% de remoción); T3 (40% de remoción); T4 (60% de remoción); CC1 (Clase de copa dominante); CC2 (Clase de copa codominante); CC3 (Clase de copa intermedia).

5.3. Modelos de crecimiento

5.3.1. Crecimiento en diámetro (DN)

De acuerdo con los criterios de selección, de los tres modelos ajustados para estimar el crecimiento en diámetro en la CC1, el modelo Chapman-Richards fue el que presentó el mejor ajuste; mientras que la CC3 el mejor ajuste lo tuvo el modelo de Schumacher al mostrar los menores valores de CME, CV, Sxy, así como valor de R^2 más alto (Cuadro 6) y una distribución uniforme de los residuales (Anexos 9 y 10 respectivamente).

Cuadro 6. Estadísticos de ajuste de modelos para el crecimiento en diámetro normal de la CC1 y CC3 de *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

CC1									
Modelo	β_0	β_1	β_2	\overline{DN}	R^2	CME	C.V.	Sxy	Pr > F
Schumacher	22.6244	19.9082		6.43	0.96557	1.9055	21.4681	1.38040	<.0001
Chapman-Richards	19.6230	0.0512	1.9701	6.43	0.96638	1.8927	21.3958	1.37575	<.0001
Weibull	17.1934	0.00512	1.6130	6.43	0.96622	1.9023	21.4500	1.37924	<.0001
CC3									
Schumacher	11.684	17.534		4	0.97256	0.5421	18.4068	0.73627	<.0001
Chapman-Richards	7.1488	0.1095	3.1485	4	0.97247	0.5546	18.6178	0.74471	<.0001
Weibull	6.6526	0.0044	1.911	4	0.97217	0.5600	18.7082	0.74833	<.0001

β_0 , β_1 y β_2 = parámetros de ajuste del modelo; \overline{DN} = diámetro promedio; R^2 = coeficiente de determinación; CME=cuadrados medios del error; C.V.=coeficiente de variación; Sxy=error estándar.

En contraste con los árboles dominantes (CC1), el crecimiento de los árboles de la CC3 está mejor estimado por el modelo Schumacher, los parámetros de ajuste mostraron que la dinámica de crecimiento de la CC3 no puede ser estimada por el mismo modelo que describe el comportamiento de la CC1, por tal motivo se destaca la importancia de recolectar muestras de los diferentes estratos y el uso de los análisis troncales, que indiquen el comportamiento del crecimiento en cada uno de ellos a diferentes edades.

Los resultados en la selección del modelo coinciden con lo reportado con González (1997) para la región de Galeana, Nuevo León, en *Pinus rudis* Endl. donde reportó que el modelo de mejor ajuste para la variable diámetro fue el de Chapman-Richards, presentando éste los mejores parámetros estadísticos; mientras que para *Pinus estevezii*, González (2000) encontró que el mejor modelo de ajuste al crecimiento en diámetro fue el Weibull, por presentar los mejores parámetros de ajuste para poblaciones del sur de Nuevo León y sureste de Coahuila .

En contraste con el crecimiento en diámetro normal de la CC1, Monárrez (2003) en un estudio de predicción del rendimiento en masas de densidad excesiva de *Pinus durangensis* Mtz. en el estado de Durango, encontró que para esta variable el modelo de Schumacher es el que mejor predice el crecimiento.

Calvillo *et al.* (2005) en un estudio sobre crecimiento en altura y diámetro de árboles de *Pinus herrerae* Martínez en cd. Hidalgo, Michoacán encontraron que para el diámetro el mejor modelo fue el de Gompertz, presentando los mejores estadísticos de selección (CME=26.8730 y $R^2=0.9697$).

Por otra parte, el crecimiento en diámetro para la CC1 mostró un crecimiento acelerado y continuo desde los primeros años (Figura 27); esto puede deberse a la productividad del sitio clasificada como calidad de sitio I (González, 2007).

De esta manera, es evidente que la dinámica del crecimiento en diámetro normal (DN) de la CC3 en comparación con la CC1, mostró un comportamiento de menor crecimiento en DN a partir de los 13 años; la forma de la curva comenzó a declinar, mientras que la CC1 no presentó indicios de decremento en DN (Figura 27). De acuerdo con Klepac (1976) el crecimiento en diámetro está fuertemente afectado por la densidad, en este caso el crecimiento de la CC3 comenzó a disminuir a temprana edad; por lo que se puede considerar que dentro del sitio inició una competencia intraespecífica la que de acuerdo con Hocker (1984) se ve reflejada en el decremento de la pendiente de la curva ajustada.

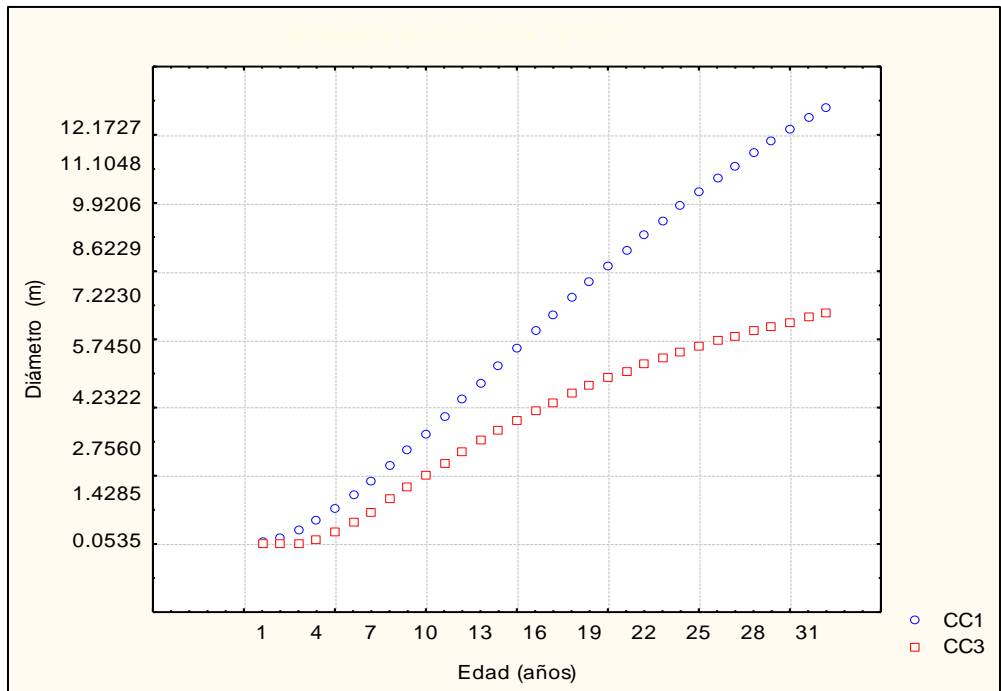


Figura 27. Curvas de crecimiento en diámetro normal de la CC1 y CC3, estimados por los modelos Chapman-Richards y Schumacher respectivamente, en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Hawley y Smith (1972) consideran que la aplicación de los aclareos persigue el incremento de la productividad de la masa residual, de acuerdo con esto puede inferirse que a partir de la edad de 13 años se está perdiendo el capital del sitio ya que el crecimiento en diámetro de la CC3 está siendo mermado por la competencia de la CC1.

De acuerdo al decremento en la curva de crecimiento de la CC3 y a que la mayor parte de los árboles en campo pertenecen a esta clase de copa, podemos suponer que una intervención por lo alto, en la actualidad, de acuerdo con Daniel *et al.*, (1982) podría enfocarse en remover individuos de la CC1 con la finalidad de proporcionar mayor espacio de desarrollo a la CC3 estimulando nuevamente el crecimiento en diámetro en esta clase de copa.

5.3.2. Determinación del incremento en diámetro (DN)

5.3.2.1. Incremento corriente anual (ICA)

El resultado de comparar ICA en diámetro de la CC1 con la CC3 (Figura 28), refleja que el máximo ICA en diámetro en la CC3 ($0.36048 \text{ cm año}^{-1}$) hasta esta etapa de desarrollo se alcanza cinco años antes que el ICA máximo de la CC1 ($0.50523 \text{ cm año}^{-1}$), es decir a la edad de nueve años. De este análisis se puede decir que la CC3 entró en un periodo de alta competencia desde la edad de nueve años, que conllevó a disminuir su potencial de incremento, este efecto ejerce una presión sobre la CC1, obligando a ésta a disminuir su incremento por el mismo efecto de competencia.

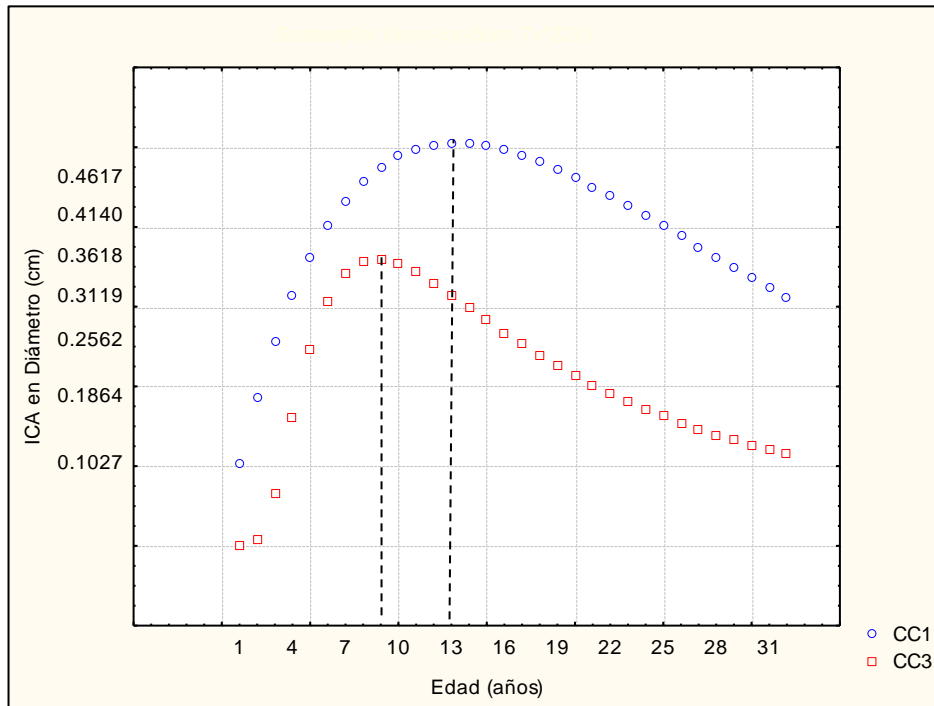


Figura 28. Curvas de ICA en diámetro de las CC1 y CC3 para en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Lo anterior de acuerdo con Aguilar (1991), la culminación del ICA en diámetro puede dar una idea del comportamiento del rodal y tomar la decisión de adelantar o retardar el inicio de las intervenciones silvícolas, con el propósito de enfocar el incremento en diámetro de las árboles prometedores.

5.3.2.2. Incremento medio anual (IMA)

El IMA máximo de la CC3 (0.24505 cm año⁻¹) hasta esta etapa de desarrollo se presentó a la edad de los 18 años seis años antes que el IMA de la CC1, es decir a los 24 años (0.41335 cm año⁻¹) (Figura 29).

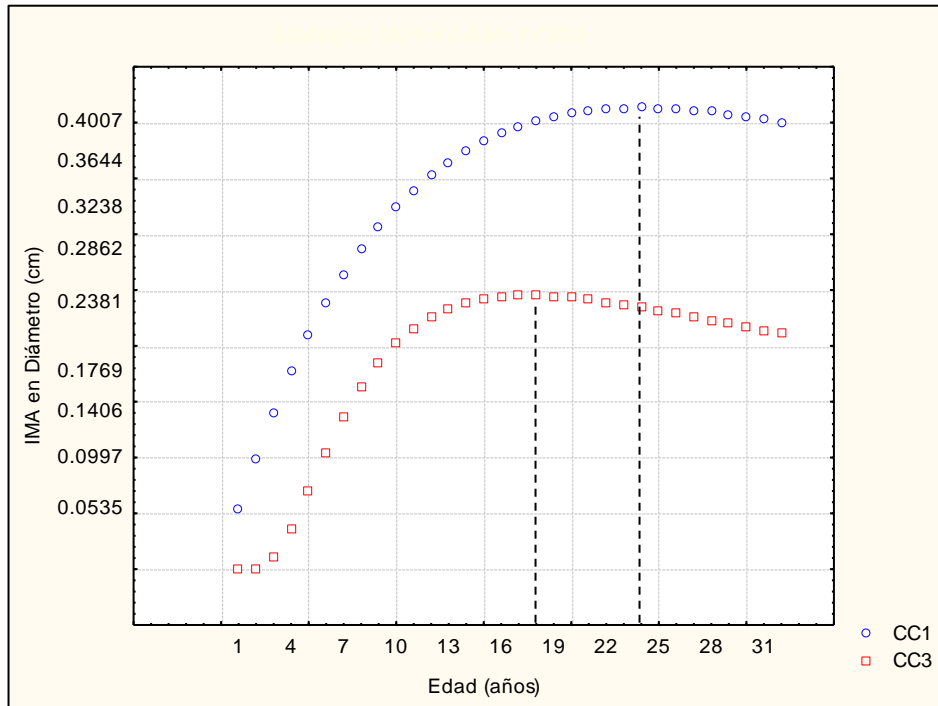


Figura 29. Curvas de IMA en diámetro de las CC1 y CC3 para en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Las curvas en ambas clases de copa mostraron comportamientos similares, pero alcanzan sus valores máximos a edades diferentes; se puede observar que la tendencia de IMA en la CC1 es por encima de los valores del IMA de la CC3. Este comportamiento en el IMA en la CC3 es atribuible a la clase de copa de estos individuos dentro del dosel, pues su conformación en las copas es más reducida y limita la fotosíntesis y el crecimiento en diámetro consecuentemente (Daniel *et al.*, 1982). Caso contrario a la CC1 que por su posición en el dosel mantiene mayores incrementos por más tiempo alcanzando su IMA máximo a la edad de 24 años seguido de una disminución gradual de sus valores. Esta disminución en el IMA en la CC3 puede deberse a que las copas de los árboles han alcanzado un límite de

tolerancia por espacio y esperan ser liberados para reactivar el crecimiento (Daniel *et al.*, 1982; Álvarez y Varona, 1997).

5.3.2.3 Interacción ICA e IMA en diámetro (DN) para la CC1

Las curvas de ICA e IMA en diámetro para la CC1 (Figura 30) siguen una tendencia normal, la curva de ICA inicia con un incremento acelerado en los primeros años, hasta los 13 años donde alcanza su máximo valor (0.5053 cm año⁻¹) a esta edad; al respecto Aguilar (1991) sugiere iniciar la intervención con preaclareos, pues la reducción de éste incremento puede deberse a la necesidad de espacio para satisfacer sus necesidades de luz y nutrientes.

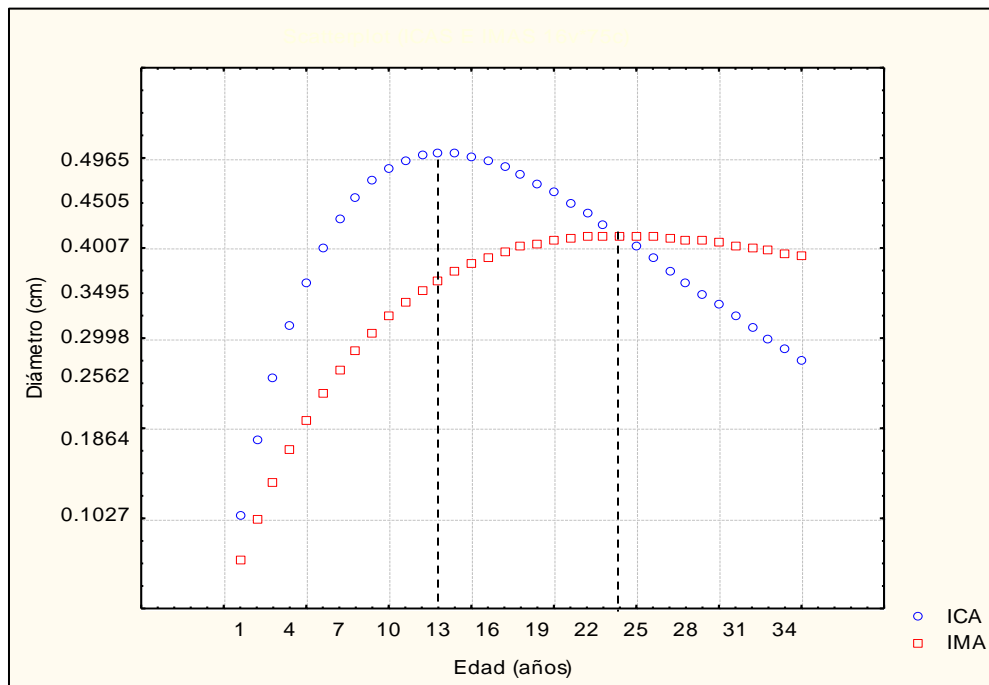


Figura 30. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en diámetro para la CC1 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Por otra parte se puede observar que a la edad de 24 años, ambas curvas se cruzan, donde la curva del IMA alcanzó su máximo valor (0.4133 cm año⁻¹), después de este cruce la curva de ICA disminuye con mayor velocidad; este cruce de ICA e IMA a una edad temprana, Bautista (2001) menciona que puede deberse

al efecto de la competencia entre el arbolado, pues él encontró que el cruce de ICA e IMA en diámetro para *Pinus rudis* Endl. en etapa de latizal se presentó poco antes de los 24 años, con sus resultados, sugiere que a esta edad se realice un aclareo, debido a la respuesta de esta variable a los cambios en la densidad.

5.3.2.4. Interacción ICA e IMA en diámetro (DN) para la CC3

El ICA e IMA en de la CC3 mostraron un comportamiento acelerado en los primeros años, alcanzando su valor promedio máximo a la edad nueve y 18 años con valores de $0.36048 \text{ cm año}^{-1}$ y $0.24505 \text{ cm año}^{-1}$ respectivamente. En el ICA se observa que a la edad de nueve años tendió a disminuir de una forma acelerada; mientras que el IMA a su culminación (18 años), no disminuyó tan drásticamente (Figura 31). La edad a la que se alcanzan el ICA e IMA máximos en diámetro de la CC3 es de esperarse ya que se trata de árboles intermedios y sus condiciones de crecimiento son limitadas por la competencia de luz, espacio y nutrientes por las clases de copas superiores (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984).

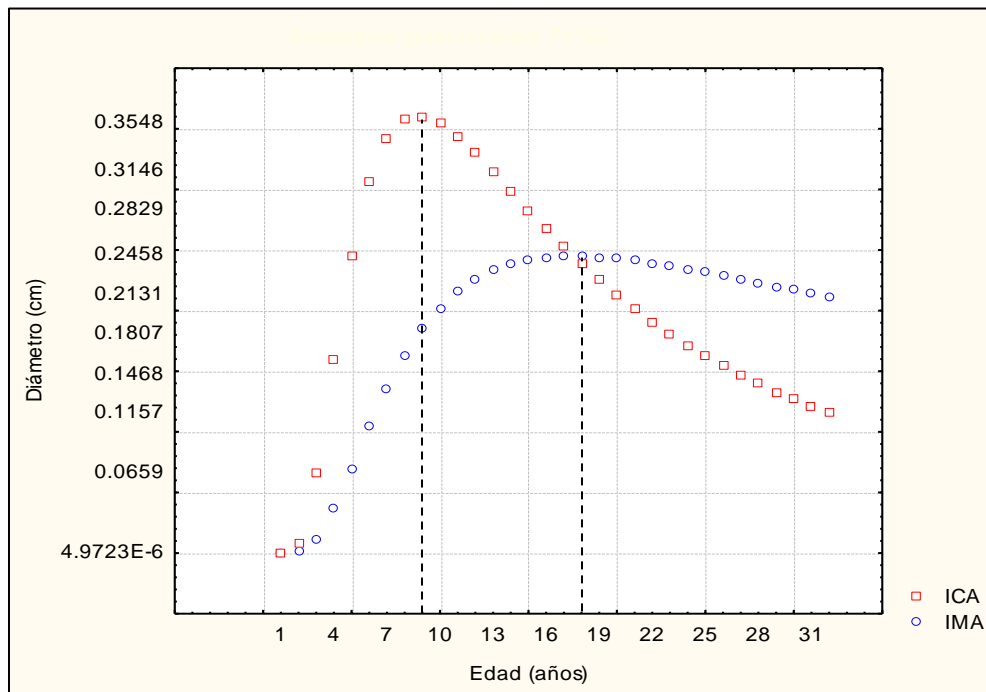


Figura 31. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en diámetro para la CC3 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

5.3.3. Crecimiento en altura (HT)

Para la CC1 del T1, el modelo Weibull fue el que presentó el mejor ajuste con los menores valores de CME, CV y Sxy y el mejor R^2 con valor de 0.99144. En el caso de la CC3, fueron 2 modelos los que presentaron mayor R^2 , el modelo de Chapman-Richards y Weibull con un $R^2 = 0.97298$ eligiéndose este último por su menor CME, CV y Sxy (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estadísticos de ajuste de modelos para altura para árboles dominantes (CC1) e intermedios (CC3) de *Pinus rudis* Endl.

CC1									
Modelo	β_0	β_1	β_2	\overline{HT}	R^2	CME	C.V.	Sxy	Pr > F
Schumacher	15.4483	17.4273		4.65	0.98665	0.3895	13.4214	0.62410	<.0001
Chapman-Richards	21.4232	0.02630	1.3788	4.65	0.99140	0.2538	10.8341	0.50379	<.0001
Weibull	16.8861	0.00850	1.3331	4.65	0.99144	0.2528	10.8127	0.50279	<.0001
CC3									
Schumacher	11.9988	14.2556		3.85	0.96707	0.8364	23.7545	0.91455	<.0001
Chapman-Richards	23.2271	0.0165	1.1149	3.85	0.97298	0.6959	21.6676	0.83421	<.0001
Weibull	20.9816	0.0114	1.1053	3.85	0.97298	0.6958	21.6661	0.83415	<.0001

β_0 , β_1 y β_2 = parámetros de ajuste del modelo; \overline{HT} =altura promedio; R^2 = coeficiente de determinación; CME=cuadrados medios del error; C.V.=coeficiente de variación; Sxy=error estándar.

La selección del modelo coincide con González (1997) en un estudio de regeneración de *Pinus rudis* Endl. encontró que el mejor modelo de crecimiento para la variable altura fue el de Weibull. Esto permite sugerir a este modelo como el mejor para la estimación en la altura de los árboles para la zona evaluada.

Por su parte Monárrez (2003) y Calvillo *et al.* (2005), encontraron que para la estimación de la altura total, el mejor modelo resultó ser el de Chapman-Richards de acuerdo con los criterios de bondad de ajuste; mientras que Aguilar (1997) encontró, a través de análisis troncal, el modelo de mejor ajuste para predecir el crecimiento en altura fue el modelo de Schumacher.

El crecimiento en altura para la CC1 presentó una tendencia lineal, esta tendencia también la presentó la CC3, pero con valores inferiores a partir de los 13 años. Se puede observar que en la CC1 el crecimiento en altura es acelerado con pendientes casi constantes durante los años (Figura 32); es decir que aún no se muestra un decremento en altura esto puede deberse a la productividad del sitio, clasificada como calidad de sitio I (González, 2007). Por su parte la CC3 mostró un comportamiento de menor crecimiento a partir de los 13 años; la curva comenzó a declinar su crecimiento tendiendo a representarlo en una curva sigmoidea; esto se debe a que los árboles que se evaluaron en el experimento están en una etapa joven de desarrollo. La tendencia de las curvas de crecimiento en altura es semejante al encontrado por Bautista (2001) en la Sierra de las Alazanas, Arteaga, Coahuila que trabajo con la misma especie.

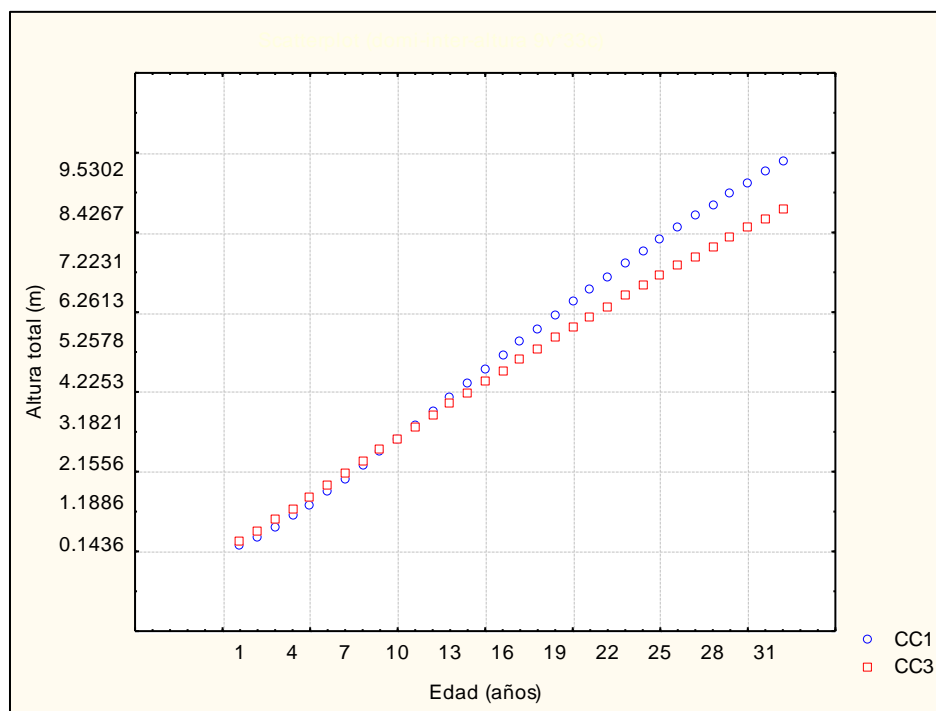


Figura 32. Curva de crecimiento en altura de la CC1 y CC3, en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

5.3.4 Determinación del incremento en altura (HT)

5.3.4.1. Incremento corriente anual (ICA) en altura

La tendencia de las curvas de ICA para las CC1 y CC3, muestran los valores más altos de ICA en la CC1, misma que alcanza su valor máximo la edad de 13 años; seis años después que el ICA de las CC3 alcanzó su culminación (Figura 33).

Este comportamiento no se debe más que al posicionamiento de las copas; de acuerdo con Álvarez y Varona (1997) los árboles intermedios (CC3) bajo el dosel de árboles dominantes, crece en condiciones de mayor competencia lo que ocasiona que sus niveles de incremento sean menores ocasionando que en esta etapa del rodal, la culminación del ICA de la CC3 se alcance a una edad más temprana que la CC1.

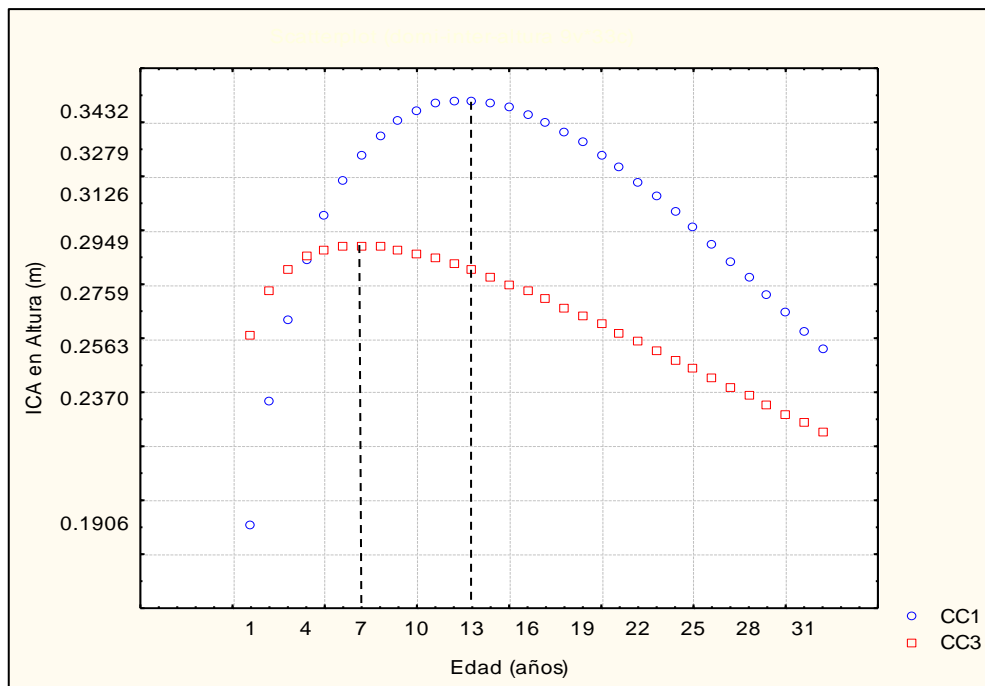


Figura 33. Curvas de ICA en altura de las CC1 y CC3 para en *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

5.3.4.2 Incremento medio anual (IMA) en altura

La tendencia de las curvas de IMA para ambas clases de copa mostró que los valores de la CC3 son mayores que la CC1 durante los primeros años, igualándose a los 10 años y menor durante los años siguientes. La CC3 alcanzó el IMA máximo (0.28481 m) a los 13 años a diferencia de la CC1 que alcanzó el IMA máximo (0.31404 m) a la edad de 23 años (Figura 34).

Este comportamiento del IMA también puede notarse en la gráfica de crecimiento (Figura 32); esto nos puede dar una idea que a la edad de 10 años; antes de que el crecimiento de la CC3 fuera menor que la CC1, no existía una diferenciación de la posición social de los individuos; es decir que solo era distinguible un estrato de altura.

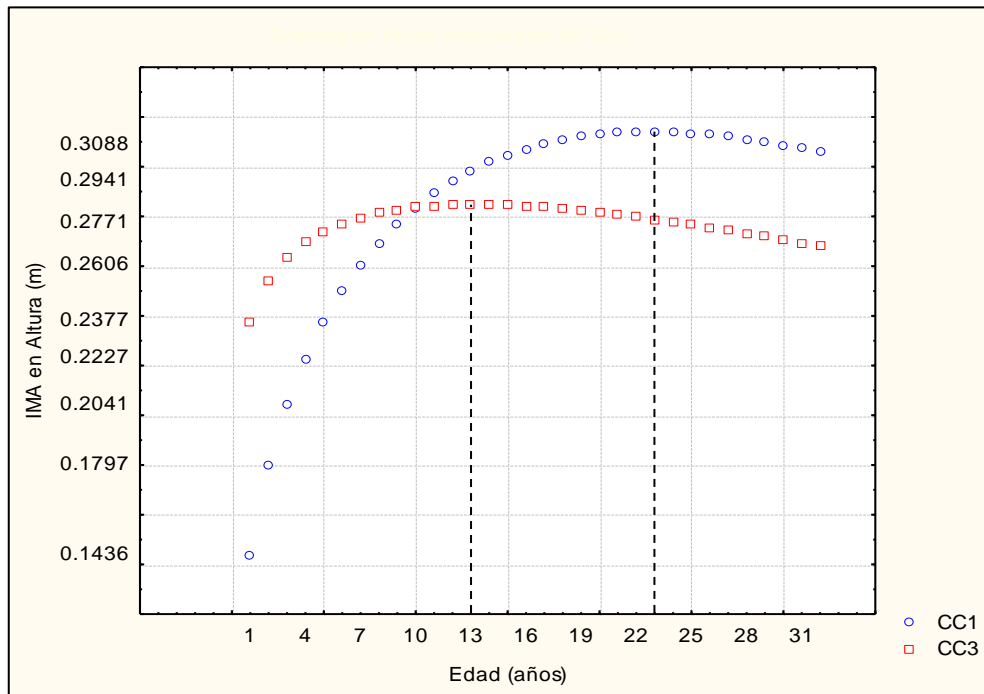


Figura 34. Curvas de IMA en altura de las CC1 y CC3 para en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

5.3.4.3. Interacción ICA e IMA en altura (HT) para la CC1

El ICA máximo en altura para la CC1 se alcanzó a los 13 años con un valor de 0.348 m año^{-1} ; esta reducción del incremento a temprana edad, puede deberse a la competencia por luz y nutrientes; según Aguilar (1991) cuando el ICA máximo de las variables altura y diámetro se alcancen, puede utilizarse la edad promedio para determinar la edad del primer aclareo, que en este caso la culminación del ICA en ambas variables coincide a la edad de 13 años, también considera que no es la mejor manera de determinar la edad del primer aclareo. Por su parte el IMA máximo ($0.3140 \text{ m año}^{-1}$) se alcanzó a la edad de 23 años (Figura 35).

Mas (1970) y Velarde (2002) sugieren que considerando la curva de crecimiento de los árboles dominantes, la aplicación del primer aclareo se realice cuando la curva del ICA culmina, es decir alcanza su valor máximo.

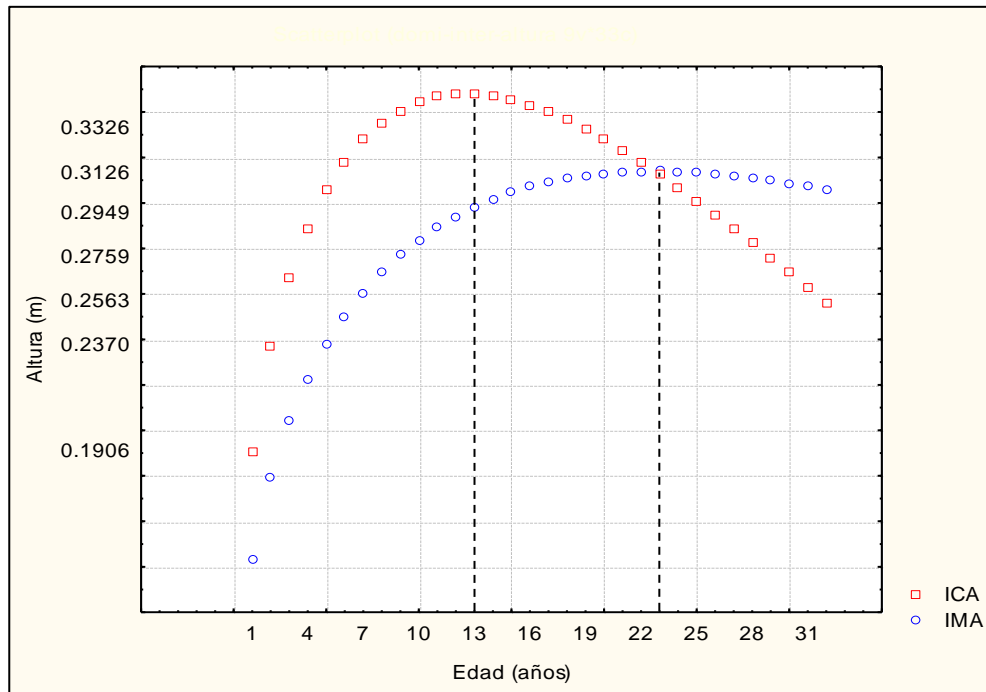


Figura 35. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en altura para la CC1 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

De acuerdo con lo anterior se puede considerar que a la edad de 13 años, cuando el ICA en altura ha alcanzado su máxima velocidad de crecimiento y al ser una masa de espesura serrada en etapa de latizal, los árboles han iniciado el crecimiento en diámetro con mayor rapidez pues es un indicativo de la probable existencia de competencia por luz y nutrientes; es justamente en esa edad en la que se hace necesaria la aplicación del primer aclareo; para liberar la masa y favorecer un mayor crecimiento en diámetro.

5.3.4.4. Interacción ICA e IMA en altura (HT) para la CC3

La CC3 alcanzó a edades más tempranas la culminación de sus incrementos; como resultado de la competencia por luz y espacio que inicia más pronto al crecer por debajo de las copas de la CC1 y CC2. En la Figura 36 se puede observar que el valor de ICA máximo (0.29422 m) es alcanzado a los siete años y el IMA máximo (0.28481m) lo alcanzó a los 13 años.

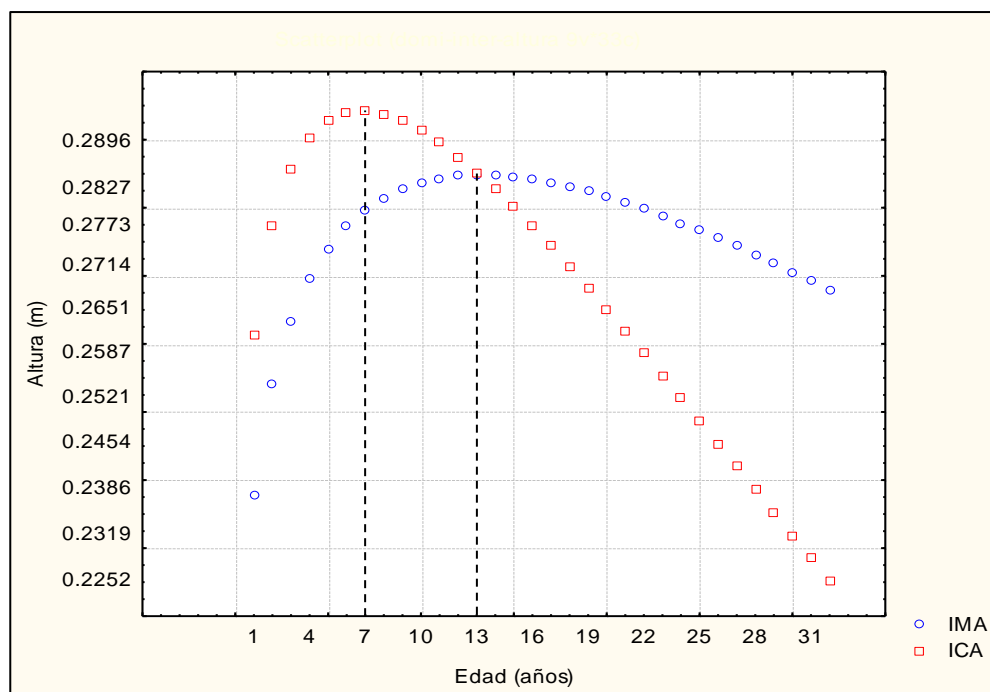


Figura 36. Curvas de incremento corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) en altura para la CC3 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

El contraste con la CC1, el cruce de las curvas de ICA e IMA en la CC3 se observó a la edad de 13 años; esto nos puede dar la idea que a partir de esta edad el crecimiento en altura para la CC3 disminuye conforme pasan los años, lo cual de acuerdo con Hernández (2012) después de un crecimiento acelerado de ICA e IMA, al cruzarse inicia una disminución del crecimiento en altura.

5.4. Determinación de la edad de los primeros aclareos

5.4.1. Crecimiento e incremento en diámetro.

En la Figura 37a se observa que en la curva de crecimiento y las curvas de incremento (Figura 37b) de la CC1, la culminación del ICA en diámetro coincide con la máxima pendiente de la curva de crecimiento a la edad de 13 años, aunque la curva de crecimiento no tiende a disminuir.

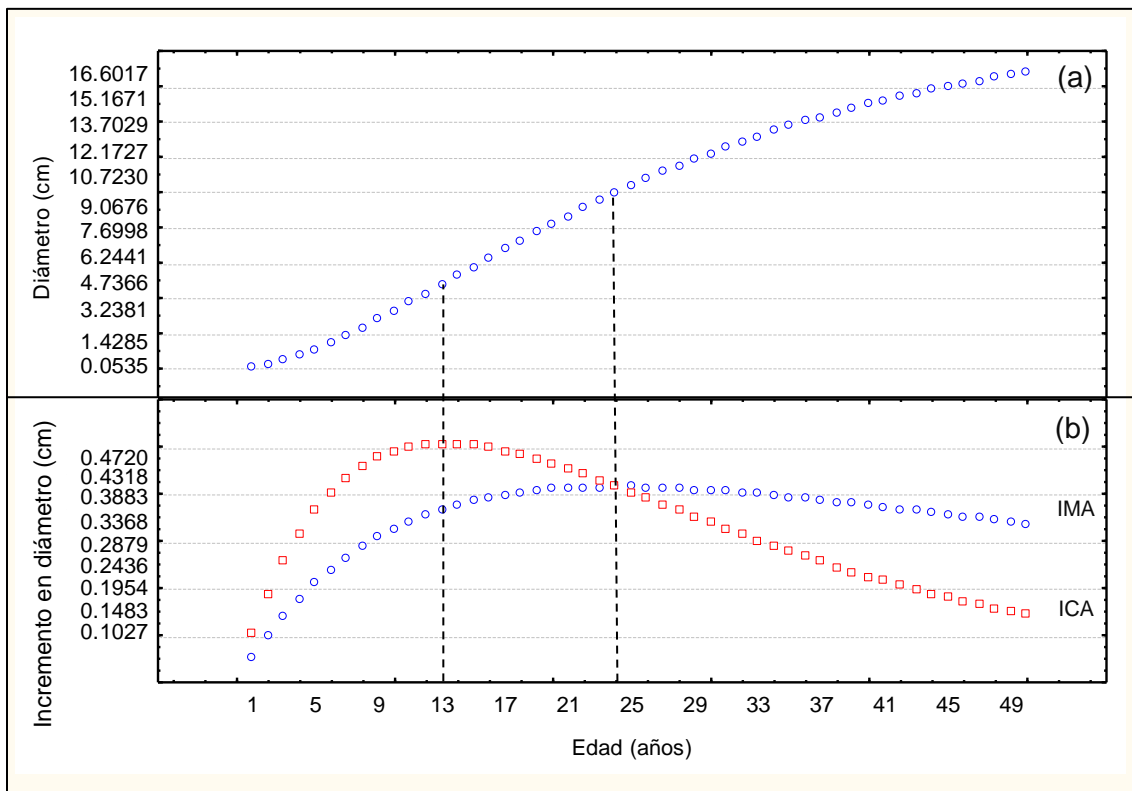


Figura 37. Crecimiento en diámetro (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC1 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Por su parte el IMA máximo se alcanzó a la edad de 23 años donde se cruza con el ICA. Este cruce de curvas se le denomina turno absoluto.

Lo anterior se asemeja a lo encontrado por Bautista (2001) que encontró que el ICA e IMA en diámetro de *Pinus rudis* Endl. se cruzan poco antes de los 24 años; recomendando un aclareo.

En contraste el máximo ICA de la CC3 es alcanzado a los 9 años y el IMA máximo a los 18, donde también se cruza con la curva del ICA (Figura 38). Esto es debido a la posición de copas, pero el comportamiento de este estrato tiene suma importancia pues el que más tiene predominancia en campo.

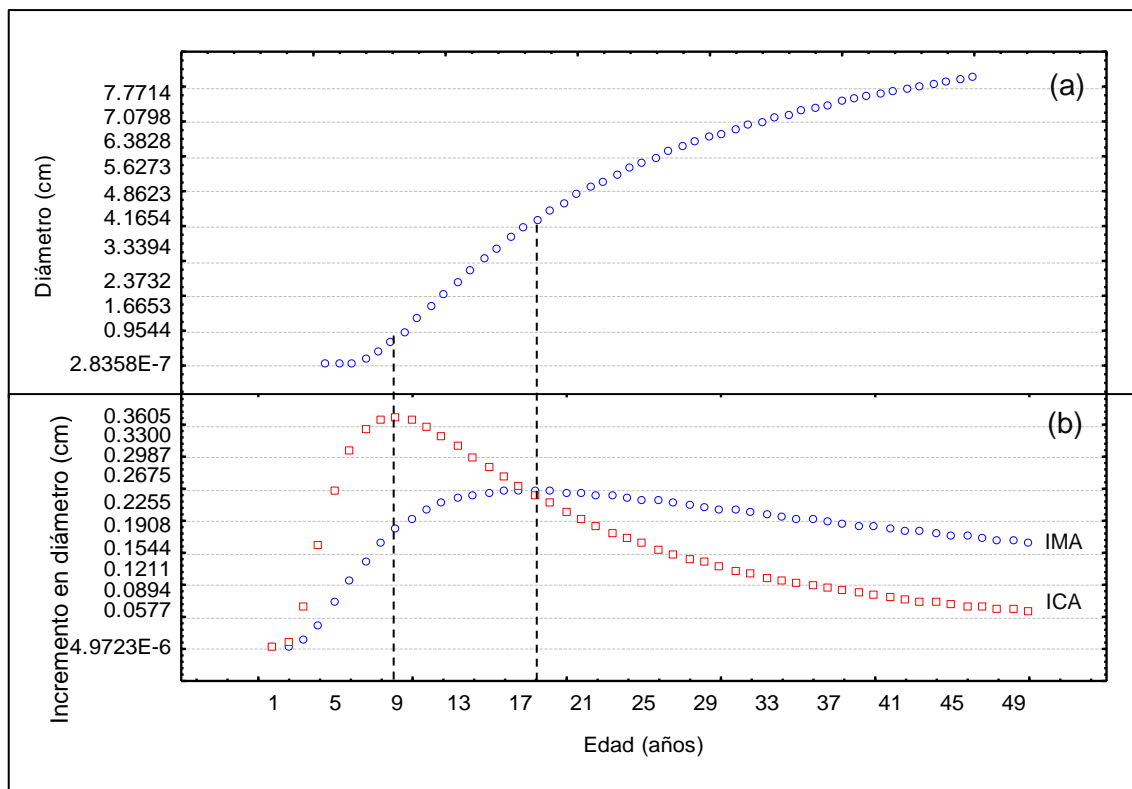


Figura 38. Crecimiento en diámetro (A). Incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (B), para la CC3 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Conociendo lo anterior se pueden definir los rangos de edad en los que se pueden hacer las primeras intervenciones para estimular el incremento en diámetro; considerando lo que dice Aguilar (1991), se puede utilizar la culminación del ICA en diámetro para hacer un primer aclareo y la culminación del IMA para un segundo aclareo.

5.4.2. Crecimiento e incremento en altura

El crecimiento en altura se mostró con tendencia creciente y hasta los años evaluados no mostró decremento (Figura 39a). La edad a la que se alcanza el ICA máximo en altura, 13 años, para la CC1 (Figura 39b), coincide con el ICA máximo en diámetro (Figura 38b).

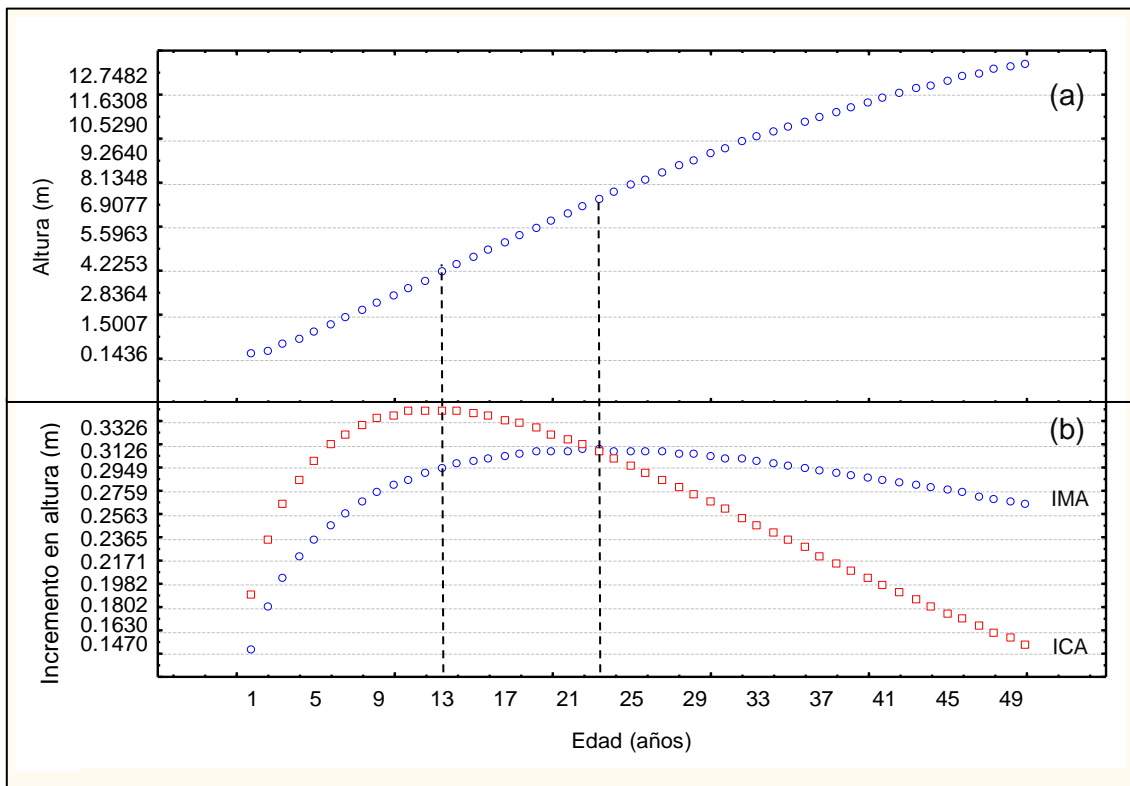


Figura 39. Crecimiento en altura (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC1 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

De acuerdo con lo reportado por Aguilar (1991), la edad a la que se alcanzan los ICA máximos en diámetro y altura puede utilizarse como criterio de aplicación del primer aclareo; sin ser la mejor manera de hacerlo ya que Mas (1970) y Velarde (2002) opinan que la edad de culminación del ICA en altura es el mejor criterio para la aplicación del primer aclareo, en este caso el diámetro y la altura coinciden como lo sugiere Aguilar (1991). Por su parte el IMA máximo se alcanzó a la edad de 23 años.

En comparación con la CC1 el crecimiento en altura de la CC3, la culminación del ICA se dio a los 7 años y la culminación del IMA a los 13 (Figura 40b), este último coincide con la culminación del ICA de en altura de la CC1. Esto indica que, aunque la altura no sea una variable afectada por la densidad, el posicionamiento de las copas, marca una tendencia diferente en el crecimiento e incremento de los individuos.

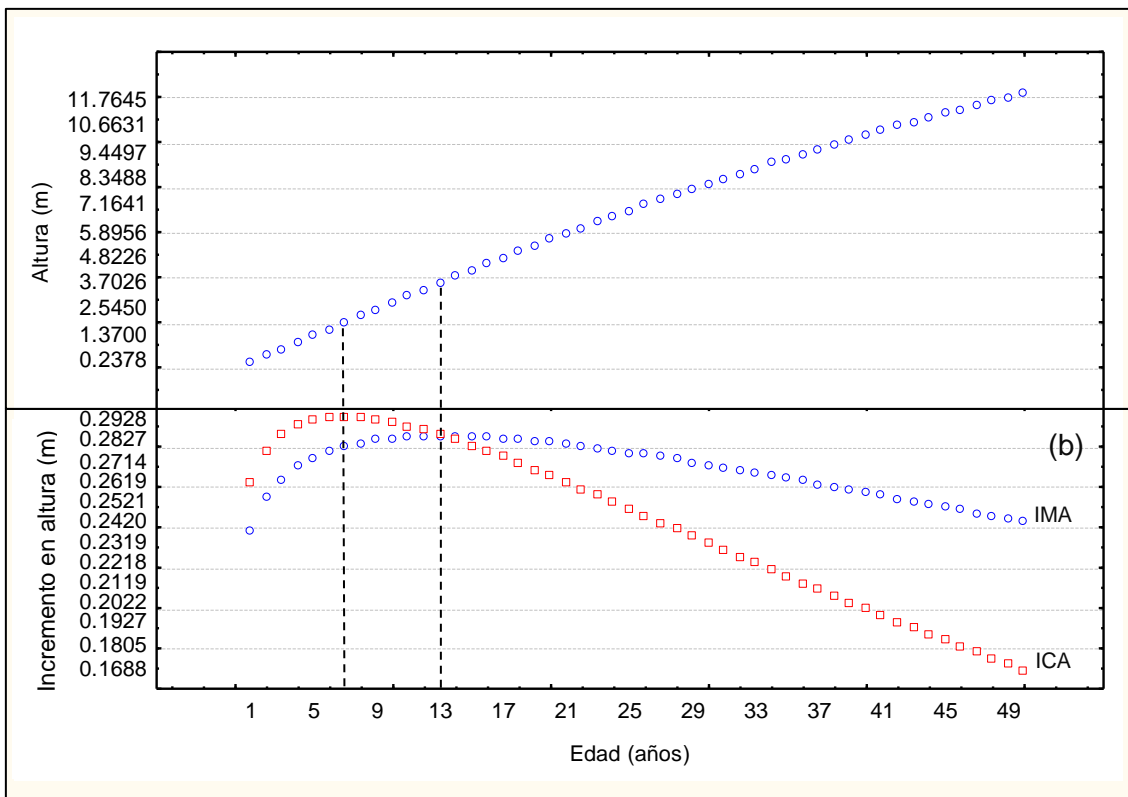


Figura 40. Crecimiento en altura (a), incrementos corriente anual (ICA) y medio anual (IMA) (b), para la CC3 en *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Analizado lo anterior y de acuerdo con Mas (1970) y Velarde (2002) puede determinarse que la edad más apropiada para la aplicación del primer aclareo es a la edad de 13 años.

Daniel *et al.* (1982) mencionan que los aclareos tempranos se deben aplicar para evitar la competencia, cuando la población es relativamente alta, evitando así el riesgo de estancamiento del desarrollo y aseveran que el momento de aplicación del primer aclareo estará en función de la población inicial del rodal (densidad), las condiciones de manejo y de la situación de mercado.

VI. CONCLUSIONES

Al no encontrar diferencias significativas en el crecimiento e incremento en diámetro y altura como respuesta a las tres intensidades de preaclareo, se acepta la hipótesis nula.

Las intensidades de los preaclareos no fueron lo suficientemente altas para provocar un efecto o alteración en la dinámica de crecimiento de los árboles.

La calidad de sitio y la etapa de desarrollo del rodal favoreció la recuperación de la masa; homogeneizándose en su número de individuos a los pocos años de la intervención.

La evaluación de un preaclareo en etapas tempranas del desarrollo del rodal, no refleja efectos en la dinámica de crecimiento evaluando grupos de tres anillos.

La culminación del ICA en altura determinó la aplicación del primer aclareo.

El estudio de la dinámica de crecimiento permite conocer el patrón de crecimiento de los árboles y las masas a través del tiempo; permitiendo hacer propuestas de mejores prácticas silvícolas que apoyen el manejo de los bosques.

VII. RECOMENDACIONES

Es recomendable que estos estudios se apliquen a otras calidades de sitio, para contribuir de forma integral a los programas de manejo.

Aplicar preaclareos de mayor intensidad (en este caso >60%), según la productividad y la etapa del rodal, con el fin de afectar severamente la densidad y evaluar la respuesta de los tratamientos. Esto permitiría considerar la intensidad de los aclareos que se pueden aplicar a favor del crecimiento de los árboles.

Considerar la densidad residual u otro indicador de la densidad como el área basal (AB) o grados de densidad al momento en la aplicación de los aclareos, en lugar de porcentajes de remoción; ya que de esta manera solo se consideran el número de árboles en por ciento de acuerdo a cada parcela y este varía en cada parcela, pues se trata de una población natural y no de una plantación, donde el número de árboles es el mismo por unidad de superficie.

La medición de anillos de crecimiento cada año en rodales jóvenes, puede resultar más conveniente para evaluar la respuesta inmediata de la aplicación de tratamientos; asumiendo la desventaja de que se producen anillos falsos.

Los aclareos se deberían aplicar con cierta periodicidad para evaluar el efecto a las diferentes edades; pudiendo encontrar más efecto en edades mayores, que en etapa juvenil.

Evaluar otras variables como la altura del fuste limpio, diámetro de copa, volumen o área basal. De modo que se sirva de esta información para hacer recomendaciones al manejo forestal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar R, M. 1991. Comparación de cuatro modelos matemáticos aplicados al crecimiento forestal. *Ciencia Forestal en México*. 16(70): pp 87-108.
- Álvarez, O., P. A. y Varona, T., J.C. 1997. *Silvicultura*. Ed. Pueblo y Educación. Cd. de la Habana. Cuba. 354.
- Armendáriz, O. R. y Tena V. M. 2004. Respuesta de *Pinus arizonica* a diferentes densidades de aclareos. Fundación Produce Chihuahua, A. C – INIFAP. Chihuahua, México. 38 p.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Avery T. E. and H. E. Burkhart. 1983. *Forest Measurements*. McGraw-Hill, New York. 456 p.
- Bautista M., J. L. 2001. Crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. en la Sierra las Alazanas, Arteaga, Coah. Tesis profesional. U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 74 p.
- Calvillo G. J.C., Cornejo O. E. H., Valencia M. S. y Flores L. C. 2005. Estudio epidométrico para *Pinus herrerae* Mtz. en la región Cd. Hidalgo, Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*. 7(1): pp 5-10.
- Cansino, J. (sin fecha). *Dendrometría básica*. Disponible en: <http://ebookbrowse.com/udec-dendrometria-basica-pdf-d184120961> [2013, febrero 17]

- Carrillo, E. G. 2008. Casos prácticos para muestreos e inventarios forestales. División de Ciencias Forestales. U.A.Ch. Chapingo Edo. de México. 172 p.
- CETENAL. 1976. Carta de uso de suelo. G14C56 Galeana. Escala 1: 50,000. SPP. México, D. F.
- Charles-Edwards. 1986. Modelling plant growth and development. Academic press. Australia. 235 pp.
- Chávez, O. D., S. D. Sánchez y Cetina, A. V. M. 1991. Bases biológicas sobre el crecimiento e incremento de las masas forestales. Universidad del Estado de Puebla (UPAEP). Series temas forestales. Puebla, México. 63 p.
- Chávez S., E. y F. Mora C. 2010. Incrementos en diámetro, área basal y altura en un ensayo de aclareos para *Pachira quinata* (Jacq.) W.S. Alverson, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Revista Forestal Venezolana. 54(2): pp 131-146.
- Cortés, G., Velásquez, A., Torres A. y Bocco, G. 2003. Contribución al plan de manejo forestal de la comunidad. En: Las Enseñanzas de San Juan. INE-SEMARNAT, México, DF. pp. 273-488.
- Daniel, T. W., A. J. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. Ed. McGraw –Hill. México. 493 p.
- Daubenmire R. F. 1990 Ecología Vegetal. Tratado de Autoecología de Plantas. Editorial Limusa S.A. de C.V. pp. 496.
- 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 U. A. A. A. N. Coahuila, México. 43 p.
- DETENAL. 1977. Carta edafológica. G14C56. Galeana N. L. Escala 1:50,000. SPP. México, D.F.
- Domínguez, P.A. and J. Návar. 1993. El efecto de los aclareos en el crecimiento radial en un bosque de pino-encino en Iturbide, Nuevo León. Resumen de

- Ponencias. *In* I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. p. 38. Saltillo, Coahuila, México.
- FAO. 2008. Planificación e Implementación del Manejo Forestal al Nivel Operacional en Centro América: compendio técnico de los planes de manejo forestal en Centro América (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, y Panamá); basado en el trabajo realizado por José Aroldo Santos Zelaya, consultor. Documento de trabajo sobre ordenación forestal FM/34; Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales; Dirección de Ordenación Forestal; FAO, Roma. 93 p.
- Fernández, P. J. R., y Almora, D. V. 1989. Silvicultura. SALVAT Editores S. A. de C. V. Barcelona-Madrid. 378 p.
- Fischer, M. 1993. El tratamiento silvícola. Facultad de Ciencias Forestales, U. A. N. L. Linares, Nuevo León, México. 89 p.
- Flores R., J. L. 1983. Situación de los estudios de crecimiento en masas forestales en México. *In*. Primera reunión sobre modelos de crecimiento de árboles y masas forestales. Colegio de Posgraduados. COLPOS. (comp.). Instituto de Investigaciones Forestales. México D. F. 5-8 p.
- Gadow, K., S. S. Orois, y O. A. Aguirre C. 2004. Manejo forestal con bases científicas. *Maderas y Bosques*. 10(2): pp 3-16.
- García M., G. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana. UNAM, Instituto de geografía. 252 pp.
- García, C. J., H. Ramírez M., C. Rodríguez F., J. Jasso M., C. A. Ortiz. 1998. Índices de sitio para caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Quintana Roo, México. *Ciencia Forestal en México*. 23(84): pp 9-18.
- González L., H. D. 1997. Calidad de sitio, crecimiento e incremento de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. de la región de San José de la Joya,

- Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 70 p.
- González Z., M. 2000. Crecimiento e incremento en regeneración de *Pinus stevezii* (Mtz) Perry y su relación con características ambientales al sur de Nuevo León. Tesis profesional. U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 91 p.
- Hawley C. R. y Smith D. M. 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega S.A. de C.V. Barcelona, España. p 544.
- Hocker W. H. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor. S.A. de C. V. pp. 446.
- Huizar-Álvarez, R. y Oropeza-Orozco, O. (1989). Geomorfología Kárstica de la región de Galeana, Estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de México; Instituto de Geología, 8 (1), 71-83.
- Imaña, E. 2008. Epidometría Forestal. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal. 72 p.
- INIGI, 2011a. Anuario Estadístico de Nuevo León 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Nuevo León, México. INEGI, c2011. 519 p.
- INEGI, 2011b. Carta topográfica. G14C56. Galeana N. L. Escala 1:50,000. SPP. Aguascalientes, México.
- Iturre M. C. y Araujo P. A. 2006. Crecimiento y producción del rodal regular. Facultad de ciencias forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Serie didáctica No. 23. 75p
- Kiessling, D., F. J. 1981. Análisis troncales. "Una alternativa del estado para el desarrollo de los campesinos forestales de Chihuahua". Ed. PROFORTARAH. Chihuahua, Méx. 43 p.

- Klepac, D. 1976 Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Ed. de la E. N. A. (UACH). México. 365 pp.
- López H., J. A. y Valles G., A. G. 2009. Modelos para la estimación de índices de sitio para *Pinus duranguensis* Martínez en San Dimas Durango. Ciencia Forestal en México. 34(105): 187-198 pp.
- Mares A., O., Cornejo O., E. H., Valencia M., S. y Flores L., C. 2004. Índices de sitio para *Pinus herrerae* Mtz. en C. Hidalgo Michoacán. Revista Fitotecnia Mexicana. (27) 77-80 pp.
- Mas, J. M. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Boletín divulgativo. INIF. No.23. México.
- Monárrez G., J. C., y J. A. López. 2010. Modelos matemáticos para predecir el crecimiento, como herramienta en el manejo de los recursos maderables. SAGARPA-INIFAP.
- Monárrez-González, J. C. y Ramírez-Maldonado, H. 2003. Predicción del rendimiento en masas de densidad excesiva de *Pinus durangensis* Mtz. en el estado de Durango. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9(1): 45-56.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Ed. Limusa. U. A Ch. Chapingo. México. 273 p.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America, Oregon. Timber press, U.S.A. 231 pp.
- Picos M., J. 2008. Apuntes de dasonomía. Universidade de Vigo. Dasometría e Ordenación de Montes. Escola Universitaria de Enxeñería Técnica Forestal. Pontevedra España.
- Prodan M., R. Peters, F. Cox, y P. Real. 1997. Mensura Forestal. GTZ. GMBH. IICA. Costa Rica. 586 p.

- Rodríguez-Ortíz, G., A. Aldrete, V. A. González-Hernández, H. M. De Los Santos-Posadas, A. Gómez-Guerrero y A. M. Fierros-González. 2011. ¿Afectan los aclareos la acumulación de biomasa aérea en *Pinus patula*? *Agrociencia* 45: 719-732.
- Samek, V. 1974. Elementos de silvicultura de los bosques latifolios. Instituto cubano del libro. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana. 291 p.
- Serrada, R. 2008. Apuntes de Silvicultura. Capítulo III.- Estudio dinámico de las masas. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid. 55-81 pp.
- SHAR. 1993. Guía técnica para la aplicación del Método de Desarrollo Silvícola (MDS). México D. F. 1993. 38 p.
- Taylor, M. C. Jr. 1994. Ecología y medio ambiente. Grupo editorial Iberoamérica. S. A. de C. V. 867 pp.
- Velarde R., J.C. 2002. Estudio de crecimiento y elaboración de tablas de volumen para *Pinus lawsoni* y *Pinis ocarpa*. Diplomado: "Aprovechamiento, conservación y restauración de recursos forestales". UACH. División de ciencias forestales. Chapingo, Méx.
- Verkaik I. y Espelta J. M. 2006. Efecto del aclareo sobre las características reproductivas de *Pinus halepensis* Mill. en masas con diferentes edad de regeneración post-isendio. *Foest Ecology and Management*. 231(1-3): pp 155-163.
- Young. R. A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Limusa S.A. de C.V. México. 632 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de registro de datos de análisis troncales

Sección	Diámetro sin corteza a la edad de:									*Dcc	*Gc	*Dsc	Anillos	Edad
	3	6	9	12	15	18					
0,00														
0,30														
1,30														
2,30														
.														
.														

*Dcc=diámetro con corteza; *Gc =Grosor de corteza; *Dsc =diámetro sin corteza. . Tomado de Carrillo (2008).

Anexo 2. ANOVA factorial del crecimiento en diámetro normal (DN).

FV	GL	SC	CME	F	P
BQ	3	83.886	27.962	30.837	0.000001
T	3	32.316	10.772	11.880	0.000001
CC	2	262.961	131.481	145.001	0.000001
E	4	976.588	244.147	269.252	0.000001
BQ*T	9	42.326	4.703	5.187	0.000002
BQ*CC	6	29.558	4.926	5.433	0.000028
T*CC	6	16.346	2.724	3.004	0.007590
BQ*E	12	6.120	0.510	0.562	0.870803
T*E	12	2.219	0.185	0.204	0.998209
CC*E	8	39.163	4.895	5.399	0.000003
BQ*T*CC	18	41.630	2.313	2.551	0.000727
BQ*T*E	36	27.437	0.762	0.841	0.728267
BQ*CC*E	24	3.466	0.144	0.159	0.999999
T*CC*E	24	6.297	0.262	0.289	0.999646
BQ*T*CC*E	72	8.776	0.122	0.134	1.000000
Error	231	209.461	0.907		

FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F= P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.

Anexo 3. Comparación de medias Tukey para crecimiento en diámetro, analizado a diferentes rangos de edad.

T	E	DN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	9	1.815217	****											
4	9	1.921069	****											
2	9	2.068182	****											
1	9	2.347727	****	****										
3	12	3.077083		****	****									
4	12	3.187500		****	****									
2	12	3.572917			****	****								
1	12	3.654167			****	****								
3	15	4.004167			****	****	****							
4	15	4.308333				****	****	****						
2	15	4.670833					****	****	****					
1	15	4.891667					****	****	****	****				
3	18	5.016667						****	****	****	****			
4	18	5.166667						****	****	****	****	****		
2	18	5.516667							****	****	****	****	****	
1	18	5.764583								****	****	****	****	****
3	21	5.868750									****	****	****	****
4	21	6.025000										****	****	****
2	21	6.376190											****	****
1	21	6.586957												****

Anexo 4. ANOVA factorial para el Incremento Corriente Anual (ICA) en DN.

FV	GL	SC	CM	F	p
BQ	0.33915	3	0.11305	5.409	0.001297
T	0.12742	3	0.04247	2.032	0.110168
CC	1.86604	2	0.93302	44.638	0.000000
E	4.05454	4	1.01364	48.495	0.000000
BQ*T	0.56006	9	0.06223	2.977	0.002261
BQ*CC	0.07610	6	0.01268	0.607	0.724754
T*CC	0.09054	6	0.01509	0.722	0.632339
BQ*E	0.38406	12	0.03201	1.531	0.113920
T*E	0.37735	12	0.03145	1.504	0.123339
CC*E	0.07505	8	0.00938	0.449	0.890548
BQ*T*CC	0.24501	18	0.01361	0.651	0.856108
BQ*T*E	1.42976	36	0.03972	1.900	0.002652
BQ*CC*E	0.53324	24	0.02222	1.063	0.387971
T*CC*E	0.42616	24	0.01776	0.850	0.670685
BQ*T*CC*E	0.86945	72	0.01208	0.578	0.996463
Error	4.82833	231	0.02090		

FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F=P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.

Anexo 5. ANOVA factorial para el Incremento Medio Anual (IMA) en DN.

FV	GL	SC	CM	F	p
BQ	0.39664	3	0.13221	28.307	0.000001
T	0.15450	3	0.05150	11.026	0.000001
CC	1.08674	2	0.54337	116.336	0.000000
E	0.38977	4	0.09744	20.863	0.000000
BQ*T	0.19468	9	0.02163	4.631	0.000012
BQ*CC	0.14911	6	0.02485	5.321	0.000037
T*CC	0.08244	6	0.01374	2.942	0.008730
BQ*E	0.02267	12	0.00189	0.405	0.961011
T*E	0.01079	12	0.00090	0.193	0.998653
CC*E	0.02435	8	0.00304	0.652	0.733604
BQ*T*CC	0.23116	18	0.01284	2.749	0.000263
BQ*T*E	0.11982	36	0.00333	0.713	0.888275
BQ*CC*E	0.03271	24	0.00136	0.292	0.999619
T*CC*E	0.04958	24	0.00207	0.442	0.989937
BQ*T*CC*E	0.08773	72	0.00122	0.261	1.000000
Error	1.07893	231	0.00467		

FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F=
P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.

Anexo 6. ANOVA factorial del crecimiento en Altura total (HT).

FV	GL	SC	CM	F	p
BQ	23.142	3	7.714	16.37	0.000000
T	2.798	3	0.933	1.98	0.118545
CC	14.701	2	7.350	15.60	0.000001
E	376.903	3	125.634	266.61	0.000000
BQ*T	42.602	9	4.734	10.05	0.000000
BQ*CC	15.617	6	2.603	5.52	0.000027
T*CC	4.975	6	0.829	1.76	0.109563
BQ*E	2.074	9	0.230	0.49	0.880809
T*E	2.934	9	0.326	0.69	0.715866
CC*E	1.585	6	0.264	0.56	0.761267
BQ*T*CC	36.299	18	2.017	4.28	0.000000
BQ*T*E	8.556	27	0.317	0.67	0.888727
BQ*CC*E	3.315	18	0.184	0.39	0.988356
T*CC*E	6.695	18	0.372	0.79	0.711211
BQ*T*CC*E	10.405	54	0.193	0.41	0.999892
Error	88.120	187	0.471		

FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F=
P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.

Anexo 7. ANOVA factorial para el Incremento Corriente Anual (ICA) en DN.

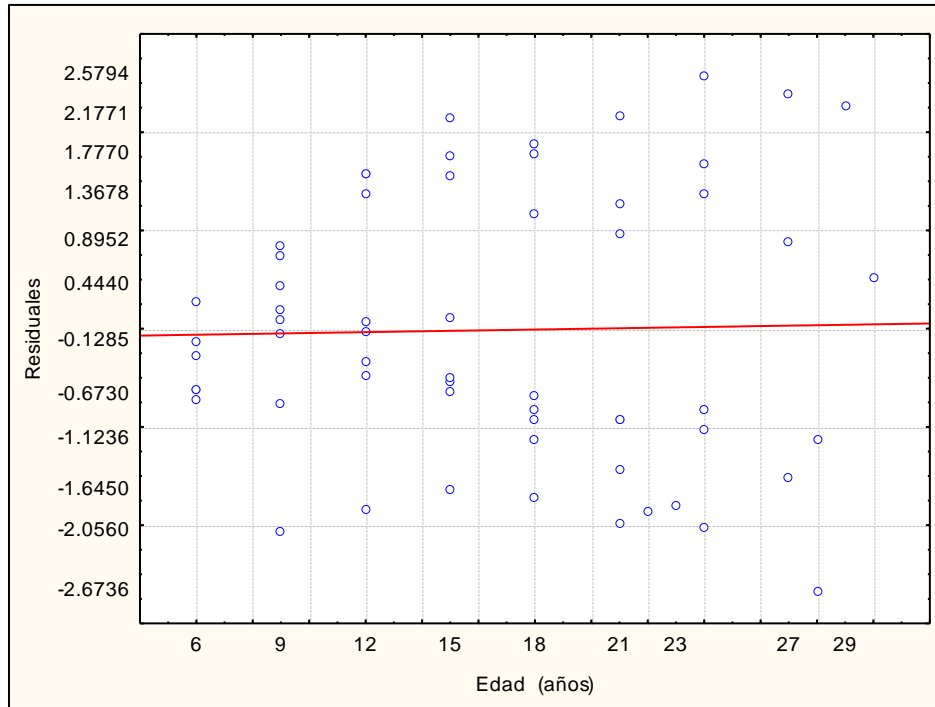
FV	GL	SC	CM	F	p
BQ	0.06860	3	0.02287	0.726	0.537835
T	0.04089	3	0.01363	0.433	0.729919
CC	0.03992	2	0.01996	0.633	0.531875
E	0.05777	3	0.01926	0.611	0.608617
BQ*T	0.26114	9	0.02902	0.921	0.508261
BQ*CC	0.11680	6	0.01947	0.618	0.715965
T*CC	0.11800	6	0.01967	0.624	0.710848
BQ*E	0.33648	9	0.03739	1.186	0.305847
T*E	0.09418	9	0.01046	0.332	0.963489
CC*E	0.09229	6	0.01538	0.488	0.816703
BQ*T*CC	0.29064	18	0.01615	0.512	0.950195
BQ*T*E	1.17654	27	0.04358	1.383	0.109850
BQ*CC*E	0.41318	18	0.02295	0.728	0.779136
T*CC*E	0.71259	18	0.03959	1.256	0.221341
BQ*T*CC*E	1.61796	54	0.02996	0.951	0.574935
Error	5.89276	187	0.03151		

FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F=
P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.

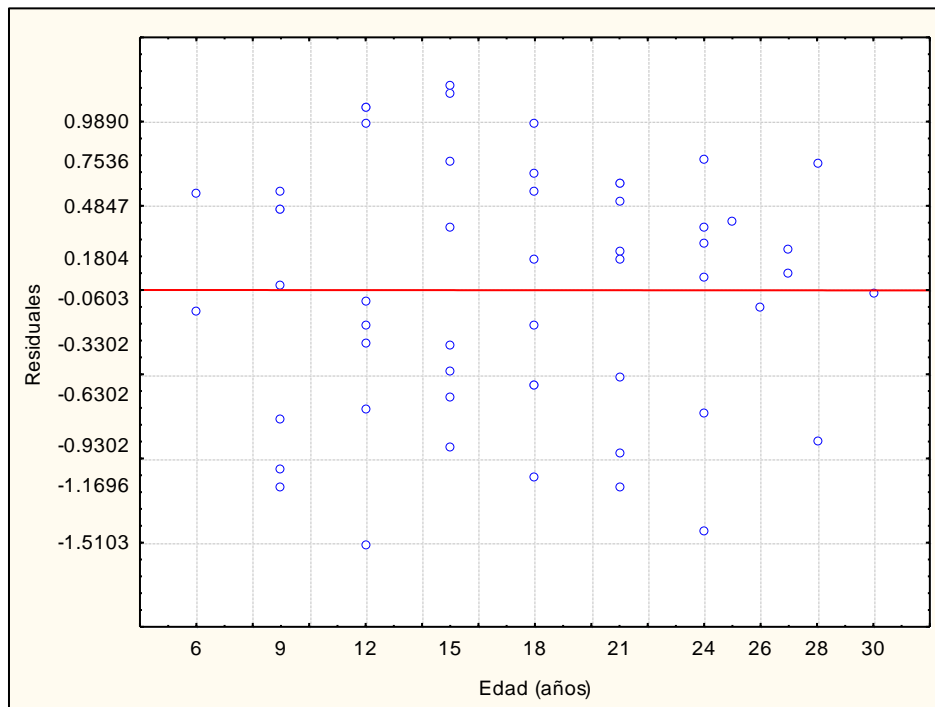
Anexo 8. ANOVA factorial para el Incremento Medio Anual (IMA) en HT.

FV	GL	SC	CM	F	p
BQ	0.13692	3	0.04564	25.56	0.000000
T	0.01226	3	0.00409	2.29	0.079803
CC	0.05952	2	0.02976	16.67	0.000000
E	0.01187	3	0.00396	2.22	0.087632
BQ*T	0.19862	9	0.02207	12.36	0.000000
BQ*CC	0.07426	6	0.01238	6.93	0.000001
T*CC	0.01431	6	0.00238	1.34	0.243155
BQ*E	0.02143	9	0.00238	1.33	0.222030
T*E	0.01295	9	0.00144	0.81	0.611114
CC*E	0.00949	6	0.00158	0.89	0.506594
BQ*T*CC	0.17636	18	0.00980	5.49	0.000000
BQ*T*E	0.05095	27	0.00189	1.06	0.395876
BQ*CC*E	0.02164	18	0.00120	0.67	0.834652
T*CC*E	0.02368	18	0.00132	0.74	0.770185
BQ*T*CC*E	0.07419	54	0.00137	0.77	0.869995
Error	0.33385	187	0.00179		

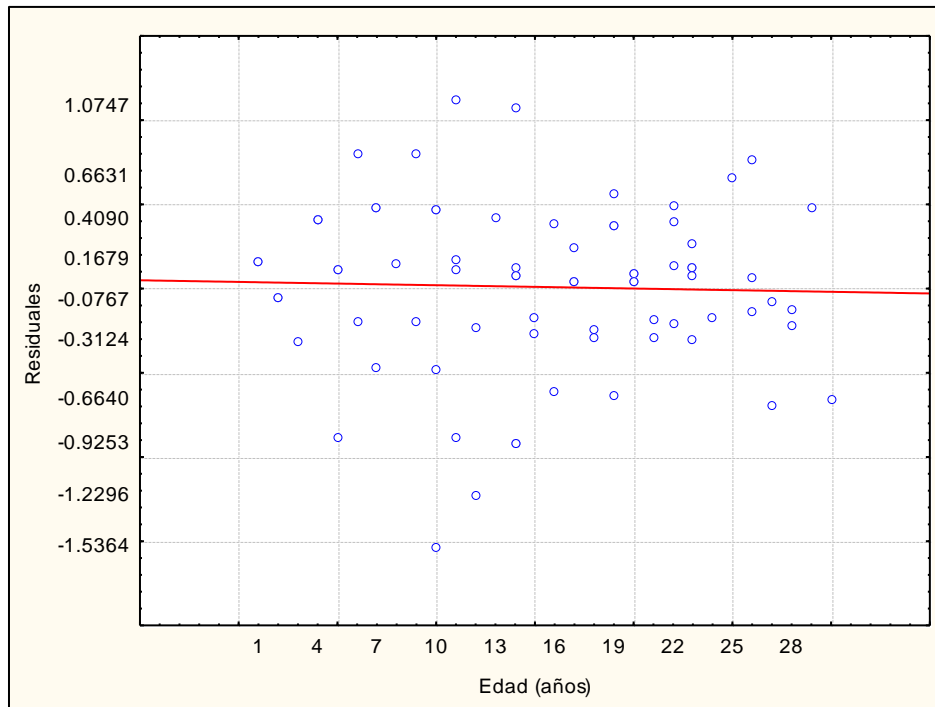
FV=factor de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; F=
P=probabilidad; BQ=bloque; T=Tratamiento; CC=clase de copa; E=edad.



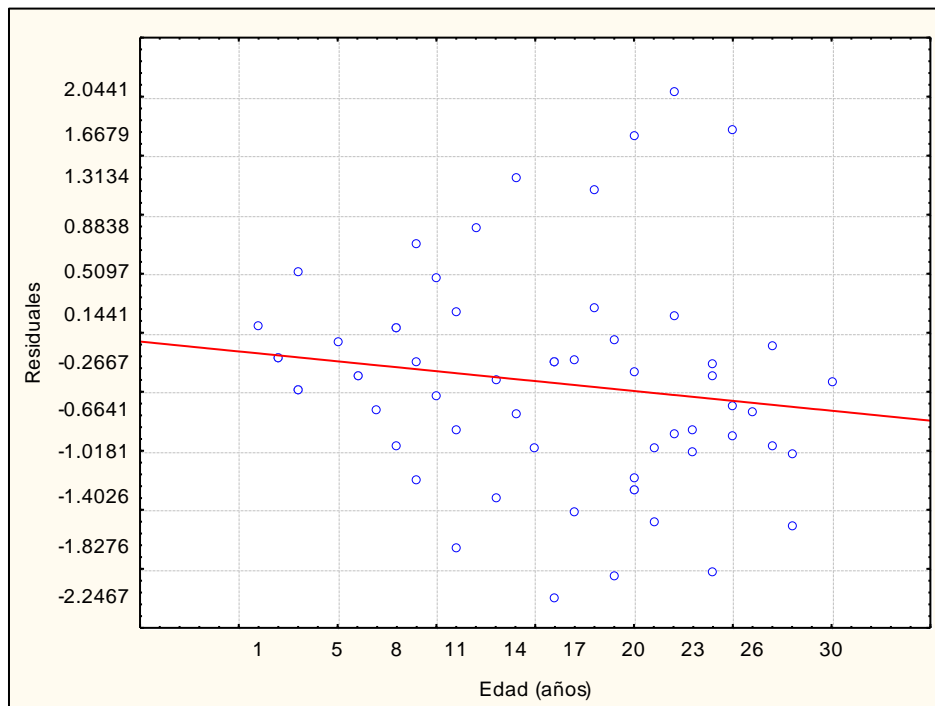
Anexo 9. Residuales del ajuste del modelo Chapman-Richards, seleccionado para la estimaciones DN en CC1 de *Pinus rudis* Endl.



Anexo 10. Residuales del ajuste del modelo Schumacher, seleccionado para la estimaciones DN en CC3 de *Pinus rudis* Endl.



Anexo 11. Residuales del modelo Weibull, seleccionado para la estimación de altura en CC1 de *Pinus rudis* Endl.



Anexo 12. Residuales del modelo Weibull, seleccionado para la estimación de altura en CC3 de *Pinus rudis* Endl.