

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Efecto de Aclareos en Una Regeneración Natural de *Pinus rudis* Endl. en San José de  
La Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

**EUNICE VÁSQUEZ BAUTISTA**

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto de Aclareos en Una Regeneración Natural de *Pinus rudis* Endl. en San José de  
La Joya, Galeana, Nuevo León

Por:

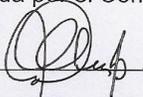
**EUNICE VÁSQUEZ BAUTISTA**

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M. C. José Aniseto Díaz Balderas

Asesor Principal



Dr. Celestino Flores López

Coasesor



M.C. José Armando Nájera Castro

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Cordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2015

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

## DEDICATORIA

A mi hijo NOÉ EHÉCATL PÉREZ VÁSQUEZ, el principal motor para no rendirme en el camino, mi inspiración, mi alegría de cada día y el regalo más preciado que tengo.

En especial a las personas que me dieron la vida, dándome la fuerza para alcanzar mis metas con su ejemplo de lucha, su cariño brindado, respeto, su apoyo incondicional, los sabios consejos en todo momento pero sobre todo su gran amor y paciencia a los señores:

ROQUE MÁXIMO VÁSQUEZ GARCÍA y  
LUIA MODESTA BAUTISTA BAUTISTA

Por todo el amor brindado, por ser parte de mi vida y por cada uno de los momentos vividos de dicha y de felicidad a mi pequeña gran familia:

A mis hermanos: Alejandro, Amada, Adán, Jeremías, Nehemías, Loida, Olga y Roque

A mis sobrinos: Betzy, Fanny, Alexander, Itzel y Alyssa.

A todos y cada uno de mis amigos, compañeros y demás conocidos dentro y fuera de la universidad, pero sobre todo de manera especial a los amigos que compartieron conmigo enojos, tristezas, llantos, alegrías, fracasos y éxitos: Armando, Inés, Judith, José Luis Antonio, Ubaldo, Idalia, Jesús Alberto y muchos más que olvido mencionar.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi "ALMA MATER" La Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", que me abrió las puertas al conocimiento, que me brindó la oportunidad de formarme como profesionalista egresado de esta institución.

A los profesores y personal del Departamento forestal, por la amistad, apoyo y conocimientos brindados que forman parte de mi profesión.

Al M. C. José Aniseto Díaz Balderas por el tiempo y paciencia dedicados para el asesoramiento, revisión y dirección de este trabajo, así como los conocimientos, consejos y amistad brindados.

Al Dr. Celestino Flores López por su apoyo y las aportaciones en la revisión de este trabajo.

Al M. C. José Armando Nájera Castro por la disposición en la revisión y participación de este trabajo.

A mis compañeros de carrera: LETICIA, JOSÉ LUIS ANTONIO, MARINO, ERICK, LEOPOLDO Y VÍCTOR, por el apoyo en las evaluaciones de campo para este trabajo.

A los señores Antonio Cardona Peña y María Valero, por la hospitalidad, facilidad de hospedaje y alimentación durante el trabajo de campo en el ejido San José de la Joya.

A mi hermano Nehemías por ser mi ejemplo a seguir y regalarme de su tiempo, paciencia, conocimientos y sobre todo los sabios consejos.

A todos y muchos otros que no mencioné.

¡Muchas Gracias!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página.
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
I INTRODUCCIÓN .....	1
II OBJETIVO .....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
2.3 Hipótesis .....	3
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Descripción de la especie .....	4
3.2 Densidad .....	5
3.3 Aclareos.....	5
3.3.1 Tipos de Aclareos.....	7
3.3.2 Efecto de los Aclareos.....	8
3.4 Variables dasométricas .....	8
3.4.1 Diámetro.....	8
3.4.2 Altura.....	9
3.4.3 Diámetro de copa .....	9
3.4.4 Área de copa .....	9
3.5 Crecimiento e Incremento.....	10
3.5.1 Crecimiento en Diámetro.....	10
3.5.2 Crecimiento en altura .....	11
3.5.3 Crecimiento en área basal.....	11
3.5.4 Crecimiento en volumen.....	12
3.6 Tolerancia .....	13
3.7 Competencia.....	14
3.8 Trabajos afines .....	14

IV	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1	Descripción del área de estudio.....	18
4.2	Fisiografía.....	19
4.3	Geología.....	19
4.4	Tipo de suelo.....	19
4.5	Clima.....	20
4.6	Vegetación.....	20
4.7	Redelimitación del área de estudio.....	20
4.8	Variables evaluadas y equipo utilizado.....	22
4.9	Diseño experimental y análisis estadístico.....	23
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5.1	Densidad del Rodal.....	25
5.2	Análisis de covarianza.....	26
5.3	Variables Dasométricas.....	27
5.3.1	Diámetro a 0.30 m promedio por árbol.....	27
5.3.2	Diámetro a 1.30 m promedio por árbol.....	28
5.3.3	Altura Total promedio por árbol.....	29
5.3.4	Área Basal Promedio por árbol.....	31
5.3.5	Área Basal por hectárea.....	32
5.3.6	Volumen promedio por árbol.....	35
5.3.7	Volumen por Hectárea.....	36
5.3.8	Incremento en diámetro a 0.30 m.....	38
5.3.9	Incrementos de diámetros a 1.30 m.....	41
5.3.10	Incremento en Altura total.....	43
5.3.11	Incremento en Área basal promedio por árbol.....	45
5.3.12	Incremento en Área basal por hectárea.....	46
5.3.13	Incremento en volumen promedio por árbol.....	47
5.3.14	Incremento en volumen por hectárea.....	48
VI	CONCLUSIONES.....	50
VII	RECOMENDACIONES.....	51
VIII	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	52
	ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Variables dasométricas evaluadas .....	22
Cuadro 2. Densidad del rodal antes de aplicar los tratamientos (Individuos ha <sup>-1</sup> ) .....	25
Cuadro 3. Comparación de medias a través de la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para densidad (Individuos ha <sup>-1</sup> ) después de aplicar los tratamientos de <i>Pinus rudis</i> Endl.....	26
Cuadro 4. Comparación de medias de Tukey para el Área Basal por hectárea antes de aplicar los aclareos en <i>Pinus rudis</i> Endl.....	33
Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el Área Basal por hectárea a dos años de aplicación de los aclareos en <i>Pinus rudis</i> Endl.....	34
Cuadro 6. Comparación de medias de Tukey para el volumen por hectárea inicial de <i>Pinus rudis</i> Endl.....	36
Cuadro 7. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el Volumen por hectárea a dos años de aplicados los aclareos de <i>Pinus rudis</i> Endl. ....	37
Cuadro 8. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la covarianza en el incremento en diámetro a 0.30 m en <i>Pinus rudis</i> Endl. ....	39
Cuadro 9. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la covarianza en el incremento en diámetro a 1.30 m en <i>Pinus rudis</i> Endl. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Mapa de localización del área experimental P.P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León (Fuente: Rivas, 2013) .....	18
Figura 2. Distribución de los tratamientos en cada una de las parcelas de los bloques. I, II, III y IV indican el número de bloque (Fuente: Díaz, 2002).....	21
Figura 3. Representación gráfica de una parcela (25 m x 25 m), constituida por los cuadrantes (muestras) enumeradas del 1 al 25. El área efectiva de medición está constituida por los cuadrantes del 17 al 25, en gris. Las muestras restantes constituyen la franja de protección. (Fuente: Díaz, 2002).....	22
Figura 4. Densidad de las parcelas antes y después de aplicados los tratamientos en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	26
Figura 5. Diámetro a 0.30 m promedio por árbol inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	27
Figura 6. Diámetro a 1.30 m inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	29
Figura 7. Altura total inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para <i>Pinus rudis</i> Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	30
Figura 8. Área Basal promedio por árbol inicial y a dos años de aplicados los aclareos para <i>Pinus rudis</i> Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	32
Figura 9. Área Basal por hectárea inicial y a dos años para <i>Pinus rudis</i> Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	33
Figura 10. Volumen promedio por árbol inicial y a dos años para <i>Pinus rudis</i> Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	35
Figura 11. Volumen por hectárea inicial y a dos años de aplicados los aclareos	

para <i>Pinus rudis</i> Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.....	38
Figura 12. Incremento en diámetro a 0.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	40
Figura 13. Incremento en diámetro a 1.30 m para <i>Pinus rudis</i> Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	42
Figura 14. Incremento en Altura Total para <i>Pinus rudis</i> Endl., como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	44
Figura 15. Incremento en Área Basal individual para <i>Pinus rudis</i> Endl como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	45
Figura 16. Incremento en Área basal por hectárea para <i>Pinus rudis</i> Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	47
Figura 17. Incremento en volumen por árbol para <i>Pinus rudis</i> Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	48
Figura 18. Incremento en Volumen por hectárea para <i>Pinus rudis</i> Endl. como resultados de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L. ....	49

## RESUMEN

En el presente trabajo, se evaluó el efecto de cuatro intensidades de aclareo en las variables dasométricas de un rodal joven de *Pinus rudis* Endl., en el Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León, como respuesta a dos años de aplicados los tratamientos, establecidos bajo un diseño de bloques completos al azar. Los resultados se obtuvieron efectuando mediciones en campo de las variables dasométricas de interés y fueron sometidos a pruebas de comparación de medias (Pruebas de Tukey) y Análisis de varianza (ANOVA). Los incrementos fueron obtenidos mediante la medición de las variables diámetro a 0.30 m, a 1.30 m, altura total, área basal promedio por árbol, área basal por hectárea, volumen promedio por árbol, volumen por hectárea a dos años de la aplicación de los tratamientos, procesándolos con la ayuda del paquete estadístico STATISTICA 7. El mejor incremento en todas las variables evaluados fue el tratamiento cuatro (40%), pero las variables que mostraron diferencias altamente significativas fueron el área basal por hectárea ( $P > 0.000602$ ) y en el volumen por hectárea ( $P > 0.005973$ ); la densidad del rodal inicialmente no afectó a las variables, sin embargo tuvo diferencias significativas para los incrementos en diámetro a 0.30 m ( $P > 0.044281$ ) y en el incremento en diámetro a 1.30 m ( $P > 0.024652$ ). Los resultados sugieren que la mejor respuesta se dió en el tratamiento con mayor intensidad de aclareo, lo que permite suponer que la especie estudiada, durante su etapa juvenil, se ve afectado por la competencia.

Palabras clave: **Intensidad de aclareos, Tratamiento (T), Incremento, *Pinus rudis* Endl.**

Correo electrónico; Eunice Vásquez Bautista, [roma\\_lui31@hotmail.com](mailto:roma_lui31@hotmail.com)

## ABSTRACT

In this paper, the aim was evaluate the effect of four thinning intensities in dasometric variables of young stands of *Pinus rudis* in the "Cerro El Potosí", Galeana, Nuevo León. This evaluation was response after two years of the application of different thinning intensities, under the randomized complete block experimental design. The treatments were three intensities of thinning and a witness. Results were obtained measuring the dasometric variables in field and were analized by comparison of mean test (Tukey test) and analysis of variance (ANOVA). The increments were obtained by measuring of the variables: diameter in 0.3 and 1.3 m, total height, basal area average by tree, basal area average by ha, average total volume by tree and average total volume by ha, after treatments application. The data were processed with statistical package STATISTICA 7 by ANOVA and Tukey tests. The fourth treatment (40%) showed the best increment in all variables, but the significant differences more important were in average basal area by ha ( $p>0.000602$ ) and average volume by ha ( $p>0.005973$ ). The variables are not affected by the initial density of the stand, however they showed significant differences in the increments into diameters at 0.3 m ( $p>0.044281$ ) and 1.3 m ( $p>0.024652$ ). Results suggest that the best response occurred in major intensity treatment of thinning, this allow supposed that the studied specie, in the young stage, is affected for the competition.

## I INTRODUCCIÓN

El crecimiento de un árbol o una masa está representado por su desarrollo, por tanto, se puede hablar del desarrollo del árbol en altura, diámetro y volumen; a medida que el árbol crece, sus dimensiones aumentan, a este crecimiento en un periodo de tiempo determinado se le llama incremento (Klepac, 1976).

Es por ello que estudiar el crecimiento e incremento de los árboles y de los bosques es importante para el manejo forestal. El silvicultor tiene particular interés en dichos valores, ya que le permite conocer la respuesta de la masa forestal ante la aplicación de tratamientos (Prodan *et al.*, 1997). El aclareo es una intervención directa que se realiza al rodal para liberar espacio eliminando ciertos árboles y colocando a los individuos restantes en una mejor posición de competencia, con esta labor, se redistribuye el potencial de crecimiento del rodal (Prodan *et al.*, 1997; Santiago, 2013). Esta actividad, tiene influencia directa en la densidad de un rodal, ya que saber aplicarlos favorece la distribución espacial en los procesos regenerativos del bosque utilizando a la densidad como variable de decisión o como variable predictor; para ello existen índices existen índices absolutos y relativos, entre los índices de densidad absolutos está el número de árboles y el área basal por hectárea; un índice relativo puede ser el cociente del área basal actual y el área basal de un rodal equivalente de densidad normal. Existen cuatro tipos de índices de densidad: densidad del rodal, densidad puntual, competencia para rodales, de competencia para arboles individuales (Prodan, 1997).

Por lo tanto el objetivo de los aclareos aplicados a una masa forestal es producir un mayor volumen comercial de madera por unidad de superficie (Hummel y Hummel, 2004); esto se logra porque al reducir la densidad de plantación, los árboles residuales obtienen mayor espacio de crecimiento y pueden crecer más en diámetro, con lo cual se aumenta la proporción extraída de productos maderables (Montagu *et al.*, 2003).

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), se realizó en la propiedad del C. Víctor Caballero Valencia, en el Rancho San José de la Joya, en el municipio de Galeana, Nuevo León; consistente en evaluar la dinámica del crecimiento en respuesta a las intensidades de pre-aclareos aplicadas en el año 1995, mediante la metodología del crecimiento e incremento en las variables

dasométricas que son: diámetro a 0.30 m, diámetro a 1.30 m, altura total, área basal promedio por árbol, área basal por hectárea, volumen promedio por árbol y volumen por hectárea, determinando si existen diferencias en el crecimiento e incremento entre las diferentes intensidades de aclareos (0, 20, 40 y 60 % de remoción del número de árboles), obtenidos con la ayuda del paquete estadístico STATISTICA 7 mediante procesos de análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Es importante ya que los aclareos el sitio teniendo una mayor productividad entre los individuos, el rodal tiene un mayor espacio para obtener luz, nutrientes y espacio principalmente para su crecimiento.

## II OBJETIVO

### 2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de cuatro intensidades de aclareo por lo bajo a dos años de aplicar los tratamientos en las variables dasométricas de los árboles que conforman un rodal de *Pinus rudis* Endl., en el Cerro del Potosí, Galeana, Nuevo León.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Analizar la densidad inicial y final en las parcelas para describir su influencia en el comportamiento de las variables dasométricas.
2. Evaluar el efecto de diferentes intensidades de aclareo en el crecimiento a nivel árbol en las variables dasométricas: diámetro a 0.30 m, diámetro normal (1.30 m), altura total (m), área basal (AB), volumen ( $m^3$ ) a nivel árbol; y el incremento en volumen ( $m^3$ ) y área basal por hectárea (AB/ha).
3. Evaluar el efecto de las diferentes intensidades de aclareo en el incremento de las variables dasométricas: diámetro a 0.30 m, diámetro normal (1.30 m), altura total (m), área basal (AB), volumen ( $m^3$ ) a nivel árbol; y el incremento en volumen ( $m^3$ ) y área basal por hectárea (AB/ha).

### 2.3 Hipótesis

**Ho:** Las diferentes intensidades de aclareos no tienen efecto alguno sobre las variables dasométricas a nivel árbol y por hectárea evaluadas en rodales de *Pinus rudis* Endl.

**Ha:** Las diferentes intensidades de aclareos tiene por lo menos en una variable dasométrica a nivel árbol y por hectárea evaluadas en rodales de *Pinus rudis* Endl.

### III REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Descripción de la especie

El *Pinus rudis* es un pino alto, bien formado de 20-30 m de altura y 40-70 cm de diámetro, las ramas horizontales inferiores son de forma caída, las ramas superiores son ascendentes formando una copa espesa y redondeada. La corteza es gruesa de color claro marrón y grisáceo, dividida en placas escamosas por las fisuras horizontales y verticales. En los árboles jóvenes, es rugosa y escamosa aunque no es clara. Las hojas se encuentran generalmente en fascículos de 5, raramente 4 o 6; son gruesas, rígidas y erectas, ligeramente curvadas de 10-15 cm de largo, aunque en su mayoría de unos 14 cm, los márgenes gruesamente aserrados, estomas en la superficie dorsal y ventral; canales resiníferos 3-5, ocasionalmente 6, las paredes exteriores del endodermo son haces fibrovasculares engrosadas (2) contiguas pero distintas. Fascículos con vainas persistentes 15-20 mm de largo, café oscuro. Los conos son largo-ovoides, casi simétricos, ligeramente curvados, en su mayoría erectos de 10-15 cm de largo en su mayoría de unos 12 cm, de color marrón oscuro a color casi morado-marrón; pueden encontrarse en parejas o en grupos de 3 y 4. Pedúnculos gruesos y cortos (unos 10 mm), que permanecen unidos a las ramitas cuando el cono se cae. Se abren en la madurez durante los meses de invierno y son semi-persistentes. Las semillas son pequeñas, oscuras, de unos 5 mm de largo, con un ala derecha articulada de 13 mm de largo, con 5 o 6 cotiledones (Perry, 1991).

Los usos que se reportan para la especie son: madererías, para la construcción, pulpa para papel y de aserrío, durmientes, cercas, leña, postes de luz (Perry ,1991; CONAFOR-CONABIO, 2008).

Es una especie de amplia distribución, pues se le reporta en los estados de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla y Oaxaca (Martínez (1948). Otros autores, señalan también que se encuentra en los estados de Veracruz, Tlaxcala, Distrito Federal, Colima, Guerrero, Chiapas, Chihuahua y Durango (Perry, 1991; Farjon, 1997).

Es una especie adaptadas a elevaciones altas, pues por lo general crecen en 2,200-3,300 msnm, aunque también se pueden encontrar en elevaciones más bajas pero rara vez por encima de 3,300 msnm (Perry, 1991).

### **3.2 Densidad**

La densidad abarca tres conceptos: cantidad de vegetación en crecimiento, grado de ocupación del sitio y grado de competencia entre los árboles por los elementos del medio (Davis y Johnson, 1987); Becerra (1986), menciona que el concepto de densidad no es más que una medición que refiere a la presencia de árboles sobre un área determinada.

La densidad sugiere la distribución espacial que tiene importancia en los procesos regenerativos del bosque y está asociado a la ocupación de espacio disponible (Husch *et al.*, 1993; Prodan, 1997). Es por ello que la densidad se utiliza como variable de decisión o como variable predictor. Una medida de densidad debe ser clara, consistente, objetiva y fácil de aplicar y puede expresarse en términos absolutos o relativos. Por ello, para medirla existen índices absolutos y relativos, entre los índices de densidad absolutos está el número de árboles y el área basal por hectárea; un índice relativo representativo es el cociente del área basal actual y el área basal de un rodal equivalente de densidad normal. Existen cuatro tipos de índices de densidad: densidad del rodal, densidad puntual, competencia para rodales, de competencia para árboles individuales (Prodan, 1997).

El concepto de densidad de un rodal está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer; así existirán rodales en densidad normal, sobredensos y subdensos (Husch *et al.*, 1993). Para determinar con objetividad el nivel de ocupación del espacio es necesario establecer mediciones y construir índices. Casi todos ellos se relacionan con la cantidad de árboles, su tamaño y la distribución espacial que estas tengan.

### **3.3 Aclareos**

El aclareo es una intervención directa al rodal que libera espacio de crecimiento al eliminar ciertos árboles colocando a los individuos restantes en una posición de

competencia, redistribuyendo el potencial de crecimiento del rodal (Smith *et al.*, 1997). Los individuos que quedan en pie, al contar con mayor capacidad productiva del sitio, tendrán mayor disponibilidad de radiación fotosintética y de nutrientes en el suelo (Rodríguez, 2010).

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 en las cortas intermedias dentro 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 establecimientos 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 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; SHAR, 1993; Álvarez y Varona, 1997).

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).

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) destacan la importancia de 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.

### **3.3.1 Tipos de Aclareos**

Hawley y Smith (1972) y Fernández y Almora (1989) identifican cuatro principales tipos de aclareos: aclareo por lo bajo, aclareo de copa, aclareo de selección y aclareo mecánico; de los cuales, los primeros tres tienen como criterio primordial de aplicación, la posición de las copas y el último de la selección de los árboles a cortar o conservar, está en base a un determinado espaciamiento.

Por su parte Daniel *et al.* (1982) sugiere 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 copas superiores hasta alcanzar la severidad de la clara, con el objetivo de favorecer las clases de copas dominantes o codominantes (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Fernández y Almora, 1989).

### **3.3.2 Efecto de los Aclareos**

Después de la calidad de sitio, el manejo de la densidad por medio del aclareo es el segundo factor en importancia para determinar la productividad de un sitio forestal. El aclareo es la técnica utilizada por el silvicultor, con la intención de mejorar el crecimiento y calidad de los árboles; es muy conocido que mediante aclareos se redistribuye la capacidad productiva del sitio entre los individuos que quedan en pie, los cuales tienen una mayor disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. Los efectos del aclareo son múltiples, porque puede influir en el establecimiento de especies, la calidad del fuste y la tasa de crecimiento, al modificar las condiciones del sitio, el suelo y los factores fisiológicos (Rodríguez, 2010).

## **3.4 Variables dasométricas**

### **3.4.1 Diámetro**

Es una variable que se expresa en centímetros o milímetros. El llamado diámetro normal o diámetro a la altura del pecho es la medición más común en árboles en pie (Diéguez *et al.*, 2003). El mayor crecimiento en diámetro ocurre en mayores espacios y presencia de luz (Klepac, 1976).

El diámetro es una de las dimensiones arbóreas directamente mensurable que constituye un insumo básico para el cálculo del área basal, el volumen de fuste y la

biomasa aérea de los árboles (Brown, 1997); comparado con otros parámetros forestales su medición es más fácil, precisa e ideal para el desarrollo de ecuaciones alométricas. Por ello, ha sido descriptor de la estructura forestal más utilizado en la ecología y la dasometría (Husch *et al.*, 2003).

### **3.4.2 Altura**

Es la distancia mediada sobre el eje del árbol, existe entre la zona de la base que está en contacto con el terreno y su ápice. En el caso de árboles con ramificación monopódica o verticilada, la altura coincide con la longitud del tronco cuando éste es recto (Diéguez *et al.*, 2003). La altura es la variable que presenta mayor crecimiento en mejores calidades de estación (Hocker, 1984).

### **3.4.3 Diámetro de copa**

También llamado anchura de copa, se calcula proyectando los dos extremos de la copa del árbol sobre el terreno, y midiendo la distancia entre ambos puntos proyectados con la ayuda de una cinta métrica. Su crecimiento está regulado por efecto de la competencia con árboles cercanos; en las masas con densidades altas, las copas tienden a ser más excéntricas e irregulares, esto se debe a la desigual competencia en las diferentes direcciones; es uno de los componentes del árbol que influyen en la producción primaria, ya que sus dimensiones reflejan el vigor del individuo (Diéguez *et al.*, 2003). La conformación de la copa de cada árbol depende de la especie, edad, composición, densidad y calidad de la localidad en la cual está creciendo, pero se presenta mejor forma en aquellos árboles que se encuentran creciendo en localizaciones abiertas donde la corona no ha sido modificada por la competencia o el daño (Klepac, 1976).

### **3.4.4 Área de copa**

Se define como el área externa de la copa del árbol. Puede utilizarse como indicador de crecimiento potencial de un árbol (Diéguez *et al.*, 2002).

El desarrollo de las copas de los árboles se estimula cuando la densidad del rodal disminuye, por lo que en rodales fuertemente poblados este cierre de copas es más rápido, por lo tanto la densidad inicial del rodal es el principal factor que condiciona el desarrollo de las copas del arbolado (Sterba y Amateis, 1998).

### **3.5 Crecimiento e Incremento**

El crecimiento de un árbol o de una masa está representado por su respectivo desarrollo, a medida que un árbol crece, sus dimensiones aumentan en diámetro, altura y volumen, este crecimiento del árbol en un periodo de tiempo se le llama incremento; en los árboles individuales está influenciado por sus características genéticas y su interrelación con la calidad de sitio (Klepac, 1976). Por su parte Carrillo (2008) menciona que el incremento es el crecimiento que experimenta un árbol o una masa forestal en un tiempo determinado, expresado como un aumento de su diámetro o grosor, de su altura o longitud y, por lo tanto de su peso o volumen, siempre referido a un tiempo dado.

Hocker (1984) menciona que el crecimiento es el incremento gradual de un organismo u objeto en un tiempo o periodo determinado. El crecimiento consiste en la elongación y engrosamiento del fuste, ramas y raíces generando notables cambios de tamaño, esto se presenta solamente cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables para el desarrollo de los árboles (Klepac, 1976; Daniel *et al.*, 1982; Chávez *et al.*, 1991; Cansino, S.F.).

#### **3.5.1 Crecimiento en Diámetro**

El crecimiento radial se atribuye al incremento en la masa celular alrededor del meristemo lateral (cambium), el cual cada año produce las células xilemáticas hacia el interior del tallo y las células floemáticas hacia el exterior (Hocker, 1984).

El incremento en diámetro depende de la cantidad de reservas acumuladas por el árbol durante el año, pero depende más del medio ambiente que el crecimiento e incremento en altura, el incremento es mayor cuando hay más espacio, sucediendo lo mismo con la

luz; este incremento se manifiesta en los anillos de crecimiento, ya que son más anchos en la parte superior del fuste (Klepac, 1976).

El principal efecto de la reducción de la densidad sobre los árboles residuales es el incremento en diámetro, teniendo como consecuencia el incremento en el valor de la madera, ya que se aumenta el volumen utilizable de los árboles individuales, lo que también ocasiona la disminución de los costos de corta, extracción y transporte por unidad de volumen (Hawley y Smith, 1972; Clutter *et al.* 1983).

### **3.5.2 Crecimiento en altura**

El crecimiento en altura inicia antes del crecimiento en diámetro y presenta los mayores índices de incremento durante la noche; la altura del árbol está determinada por el medio ambiente, es decir, árboles en masas densas crecen más rápido mostrando un incremento mayor que árboles en desarrollo en las masas aclaradas (Klepac, 1976). 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).

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 este, generando 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).

### **3.5.3 Crecimiento en área basal**

El crecimiento del área basal es más consistente que el incremento en diámetro, aunque el incremento en diámetro del fuste se mantenga igual, el área basal aumentará siendo el volumen proporcional al diámetro cuadrado (Klepac, 1976).

Daniel *et al.* (1982), mencionan que el crecimiento en área basal es una medida de la capacidad de árboles o rodales para producir elementos del xilema, que está controlada

por los factores genéticos, biótico, físicos y químicos del ambiente. A medida que se desarrollan los rodales, el área basal se acumula y alcanza su máximo crecimiento. Los tratamientos silvícolas pueden reducir y redistribuir el área basal en rodales de edad uniforme.

Cuando el número de árboles aumenta por hectárea, el área basal aumentará con cada árbol, sumando al final una cantidad total de área basal. Existen diferencias entre las especies en sus áreas basales, a una edad fija, esta variación puede deberse a la tolerancia de las especies, lo que constituirá en el área basal, una correlación suficiente para garantizar que la tolerancia ejerce influencia sobre el área basal, pero resulta errático porque los árboles tolerantes pierden esta cualidad al avanzar su edad. El área basal es una de las características más importantes en la descripción de un rodal, debido a que presenta una de las tasas de crecimiento más notables que se reconocen en la silvicultura (Daniel *et al.*, 1982).

#### **3.5.4 Crecimiento en volumen**

La estimación del volumen del árbol individual, es un problema relevante en dendrometría e inventarios forestales. La dificultad en la determinación directa del volumen mediante la cubicación de secciones, hace conveniente contar con expresiones matemáticas que, basadas en una muestra objetivamente seleccionada y cuidadosamente medida, permitan calcular el volumen de los árboles sobre la base de mediciones simples (Prodan *et al.*, 1997).

El incremento total en volumen del árbol consta de la parte leñosa, del follaje, frutos y del sistema radicular; este aumenta con la altura y el diámetro desde su nacimiento hasta su muerte. El incremento en volumen siempre culmina después del incremento en altura, diámetro y área basal (Klepac, 1976).

Imaña y Encinas (2008) mencionan que es el aumento que presenta un árbol o una masa forestal en un tiempo determinado de cualquier variable dendrométrica (diámetro,

altura, volumen, área basimétrica), que pueden ser evaluados de acuerdo al crecimiento acumulado a lo largo del tiempo.

El incremento del volumen del tronco depende del crecimiento en altura y en diámetro y del grado de conicidad. La variación en el grado de crecimiento de cada lugar provoca que la especie presente variaciones en el volumen de madera que produce (Hocker, 1984).

### **3.6 Tolerancia**

La competencia de algunas especies por resistir y lograr dominar un espacio, 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 (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984).

Las especies tolerantes o aquellas que en algún estado vegetal de desarrollo demuestran algún grado de tolerancia, poseen características fisiológicas que les permite el uso de los recursos limitados como la poca cantidad de luz que llega a doseles inferiores donde se desarrollan, o la competencia radicular de rodales muy densos (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984).

Una equivocación en la alteración de algún factor, en los que el hombre puede manipular como son la composición de especies, densidad del rodal, luz dentro del rodal, 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).

### 3.7 Competencia

La competencia es la adaptabilidad de algunas especies para ser exitosas sobre otras que comparten el mismo sitio. Las especies tolerantes, a pesar de que las especies intolerantes acaparan el espacio del sitio, pueden crecer en competencia de espacio, desplazando a las intolerantes (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Tayler, 1994).

La competencia es provocada por un constante crecimiento y demanda por espacio y recursos. En rodales de edad uniforme la competencia por luz, humedad y nutrientes dependen en gran medida de la densidad de dicho rodal (Spurr y Barnes, 1982).

La competencia por la supervivencia comienza cuando dos organismos que ocupan la misma localización establecen una demanda sobre un factor simple por encima del abastecimiento normal de este factor. Las especies que sobreviven sobre una localización particular son aquellas capaces de mantener una superioridad de crecimiento de tal forma que sus coronas dominen la localización o crezcan lo suficientemente bien (Hocker, 1984).

### 3.8 Trabajos afines

En una plantación de *Pinus caribea* var. *Hondurensis* de 8 y 11 años ubicada en La Sabana, Oaxaca, Ruíz *et al.* (1996) evaluaron el efecto de niveles de aclareo (0%, 20%, 40%, 60% y 80%), sobre la densidad inicial (2 500 árboles ha<sup>-1</sup>). En las mayores intensidades de aclareo encontraron mayores incrementos absolutos en diámetro normal (3.70 cm), AB (8.321 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y volumen (47.84 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); los dos últimos indicadores se incrementaron en forma inversa con la densidad residual del rodal, de manera que decrecieron en los altos niveles de aclareo.

Por su parte Costas *et al.* (2002) evaluaron los efectos de la densidad, la altura de poda y la interacción entre 3 niveles de densidad y 11 niveles de altura de poda realizado por sobre la producción de la masa de *Pinus taeda* L. a los 5 años de edad en la localidad de Garuhape-mí, Dto. Gral. Libertador Gral. San Martín, Misiones, Argentina; donde las variables evaluadas fueron volumen por unidad de superficie, el

área basal, el volumen individual, el diámetro a la altura de pecho y la altura, para las variables, excepto la altura, se observaron mayores volúmenes por unidad de superficie y área basal y menores volúmenes individuales y los diámetros a la altura de pecho en los tratamientos con mayor densidad. La interacción entre la densidad y altura de poda no fue significativa para ninguna de las variables respuestas.

Por su parte, Díaz (2002) realizó un trabajo con el objeto de conocer la respuesta de aclareos por lo bajo con intensidades de 0, 20, 40 y 60% de remoción, en el incremento de variables dasométricas en una regeneración de *Pinus rudis* Endl., en un periodo de cuatro años, en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. En la primera evaluación del diámetro a 0.30 m y área basal presentaron los mayores incrementos siendo el tratamiento de 60% de remoción el de mayor efecto. Esto se le atribuye al tipo de aclareo y la calidad de estación. Con respecto a la altura no encontró 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, ninguna 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.

Así también 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 Barcelona. Se consideraron tres áreas afectadas una sola vez por los incendios en años diferentes (1982, 1986 y 1994), con una cobertura superior al 90% en las tres áreas; se establecieron en cada área seis parcelas de 10 m de diámetro, de las cuales tres fueron intervenidas; en ellas se dejó una densidad de 1000 árboles ha<sup>-1</sup>. Por cada parcela intervenida se midieron 20 árboles y se evaluaron piñones del año, inmaduros, maduros y serótinicos. Los resultados de los aclareos fueron

el aumento del número de pinos que produjeron piñones por primera vez; al igual que con el número de pinos que reactivaron su reproducción, después de haber producido alguna vez piñones pero no en el último año; en el área más joven el número de árboles con más piñones abiertos 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.

Armendáriz y Tena (2004) con el objetivo de definir la densidad que mejor respuesta proporciona en el crecimiento y desarrollo de *Pinus arizonica* Engel., en 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 m<sup>2</sup> densidades 1100, 1600, 2500 árboles ha<sup>-1</sup> 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 por ha<sup>-1</sup> 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.

Con el fin de analizar el efecto de aclareos en la distribución y contenido de biomasa en una plantación de *Pinus patula* en Ixtlán, Oaxaca, Rodríguez (2010); aplicaron 5 intensidades de aclareo más un testigo durante seis años, en intervalos de dos años; mediante un muestreo destructivo tomaron cinco árboles por tratamiento, con un total de 30 árboles. Evaluaron el efecto de niveles de aclareo (0, 20, 40, 60 y 80 %), sobre la densidad inicial (2 500 árboles ha<sup>-1</sup>). El aclareo del 40 al 69 % de la densidad inicial de plantación generó un incremento en diámetro y altura de los de 75 y 52 %, respectivamente en relación con el testigo, reduciendo el área basal y volumen, diferencias que se minimizaron ante una mayor edad de la aplicación del aclareo. El aclareo modificó las tasas de acumulación y distribución de biomasa foliar y la cantidad de biomasa de madera con corteza en el fuste, pero no afectó la distribución de este componente ni el de ramas.

Por su parte Chávez y Mora (2010) 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 registro. 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 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (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 el crecimiento en diámetro y en área basal, en contraste con los aclareos leves y las parcelas testigo (clareadas a los 13 años).

## IV MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo surge como seguimiento al trabajo realizado en 1995 y reportado por Díaz (2002), quien analizó el efecto de los pre aclareos bajo diferentes intensidades de corta en una regeneración de *Pinus rudis* Endl. en un predio ubicado en el Cerro el Potosí, en Galeana, Nuevo León. El trabajo se estableció como parcelas permanentes de experimentación silvícola bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos (0%, 20%, 40% y 60% de remoción del número de individuos presentes en cada parcela) y cuatro repeticiones. Se evaluó durante un periodo de cuatro años.

### 4.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el área experimental ubicada en la pequeña propiedad (P.P.) Rancho San José de la Joya, cerca del poblado San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Se encuentra entre las coordenadas  $24^{\circ} 53' 20.6''$  y  $24^{\circ} 53' 21.9''$  de Latitud Norte y  $100^{\circ} 15' 02.9''$  y  $100^{\circ} 15' 08.7''$  de Longitud Oeste, a 35 km al noroeste de la cabecera municipal de Galeana, Nuevo León, a una altitud de 2800 a los 3700 msnm (Figura 1).

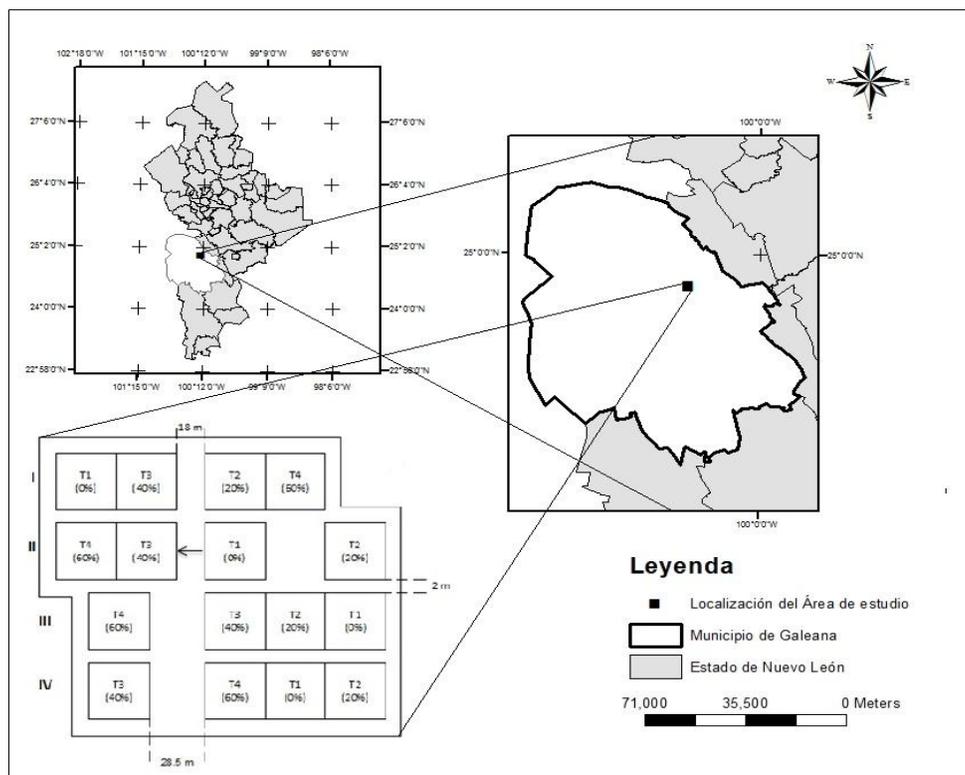


Figura 1. Mapa de localización del área experimental P.P. Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León.

Previo al establecimiento, el área se encontraba bajo el régimen de manejo con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS); la densidad de árboles padres fue baja dada las intervenciones por infestación de muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum*).

Los tratamientos (intensidades de aclareo) que fueron aplicados en el estudio reportado por Díaz (2002), fueron 0 % (Testigo o sin remoción), 20 % (T2 o remoción baja), 40 % (T3 o remoción intermedia), 60 % (T4 o remoción alta).

#### **4.2 Fisiografía**

El sitio se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (V), Subprovincia Gran Sierra Plegada (28) (INEGI, 2012). Los sistemas de topoformas que predominan son los denominados Sierra Pliegue Flexionada (IX4S3) Cerro el Potosí, presentando una altitud entre los 2000-3700 msnm respectivamente (CETENAL, 1993); hidrográficamente se ubica dentro de la región hidrológica 24 (Bravo – Conchos), así como en la cuenca Rio Bravo – San Juan dentro de la sub cuenca Río Pílon (INEGI, 2012).

#### **4.3 Geología**

El material geológico predominante es roca caliza de origen sedimentario marino, con yeso y lutita pertenecientes a la era del mesozoico, con relieve de montaña, el espesor de las capas es grueso, fracturamiento intenso, intemperismo somero y permeabilidad baja (CETENAL, 1971).

#### **4.4 Tipo de suelo**

El tipo de suelo es la rendzima con una clase textural fina (E+Kh/3), que presenta un horizonte de aproximadamente 60 cm de profundidad, limitada por presencia de roca, la forma del suelo es en bloques de tamaño grueso y desarrollo fuerte. Es un suelo rico en materia orgánica sobre roca caliza. Como suelo secundario está presente el Litosol con textura fina (I+E/3), el cual aparece normalmente en escarpes y afloramientos rocosos, su espesor es menor a 10 cm (CETENAL, 1977).

#### **4.5 Clima**

El tipo de clima lo describe la fórmula  $C(w_0)x'$  que es un semifrío subhúmedo, con lluvias en verano y sequías en invierno, % de lluvia invernal menos de 10.2 del total anual. La precipitación total anual varía entre los 400-600 mm, presentándose la mayor parte en los meses de mayo a octubre y la menor en el mes de marzo. El rango de temperatura media anual fluctúa entre los 12 y 18 °C; los meses más cálidos son Junio y Agosto con una temperatura media entre 18 y 20 °C (INEGI, 2012).

#### **4.6 Vegetación**

El tipo de vegetación corresponde a bosque de pino asociado con pastizal inducido, aunque también está presente la agricultura de temporal, chaparral asociado con bosque de pino, matorral inerme, así como bosque de pino-encino (CETENAL, 1977). La especie dominante es *Pinus rudis* Endl., con poca presencia de *Pinus ayacahuite* Shaw (Díaz, 2002). Las especies arbóreas que se desarrollan en el área de estudio son *Pinus rudis* Endl., *Pinus ayacahuite* Ehren., *Pinus culminicola* Andresen & Beaman, *Pinus hartwegii* Lindl., *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. & Cham. y *Populus tremuloides* Michx (Díaz, 2002).

#### **4.7 Redelimitación del área de estudio**

Se ubicaron los vértices del área experimental establecido en 1995, se colocó estacas, se limpiaron los callejones y se ubicaron los bloques. En total se ubicaron las 16 parcelas (unidades experimentales) distribuidos en cuatro bloques en todo el experimento. Siendo que cada bloque contiene cuatro parcelas cuadradas, de 25 m por lado, el área de cada parcela fue de 625 m<sup>2</sup>; mientras cada una de ellas contó con 225 m<sup>2</sup> de área efectiva de medición, ya que se dejó una franja de 5 m alrededor, para eliminar el efecto de orilla.

La distribución e identificación de los tratamientos se realizó revisando los registros del establecimiento del sitio experimental (Figura 2).

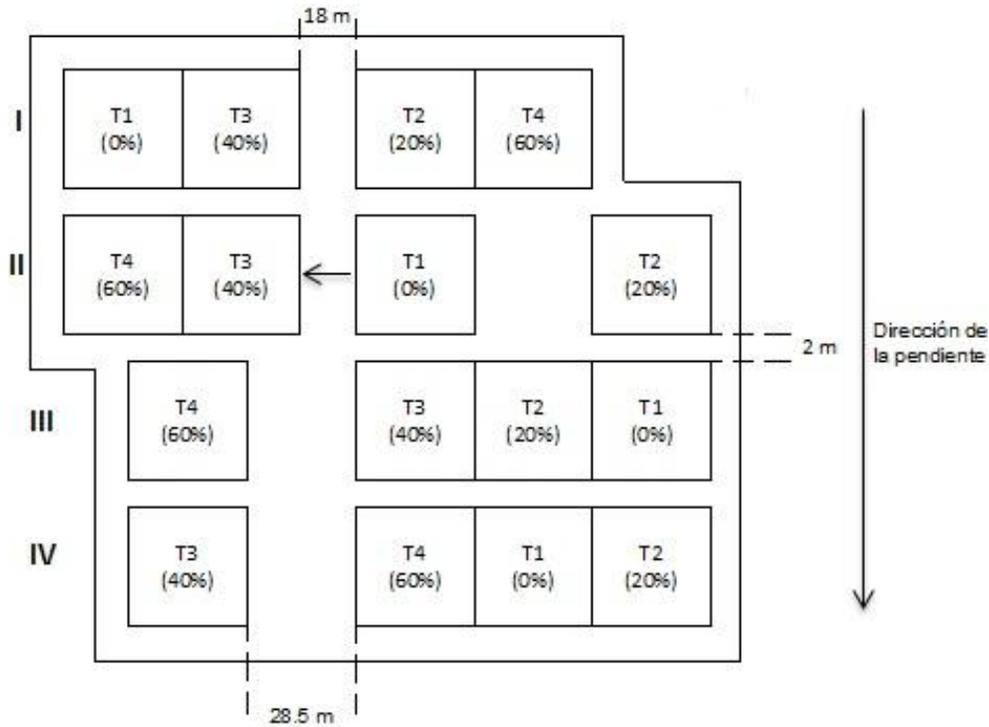


Figura 2. Distribución de los tratamientos en cada una de las parcelas de los bloques. I, II, III y IV indican el número de bloque (Fuente: Díaz, 2002).

Posteriormente y para facilitar el conteo de los árboles y aplicar los tratamientos, se utilizó la metodología aplicada por Díaz (2002), que consistió en dividir cada parcela en 25 cuadrantes, cada cuadrante midió cinco metros x cinco metros, enumerados de manera ascendente y en forma de espiral. De tal forma que el cuadrante número 25 quedara en el centro de la parcela (Figura 3).

Para elegir a los árboles a medir se utilizaron los cuadrantes 17 al 25 (unidad efectiva de medición), asumiendo que los demás, funcionaron como franja de protección para evitar el efecto de borde (Figura 3). De los nueve cuadrantes, evaluaron tres cuadrantes que presentaran mayor distribución de los individuos (árboles).

1	2	3	4	5
16	17	18	19	6
15	24	25	20	7
14	23	22	21	8
13	12	11	10	9

Figura 3. Representación gráfica de una parcela (25 m x 25 m), constituida por los cuadrantes (muestras) enumeradas del 1 al 25. El área efectiva de medición está constituida por los cuadrantes del 17 al 25, en gris. Las muestras restantes constituyen la franja de protección. (Fuente: Díaz, 2002).

#### 4.8 Variables evaluadas y equipo utilizado

Las variables dasométricas medidas en los árboles en campo se enlistan en el Cuadro siguiente (cuadro 1):

Cuadro 1. Variables dasométricas evaluadas.

Variable	Unidad de medida	Nivel de precisión	Equipo de medición
Diámetro a la base (db) 0.30 m*	cm	mm	Cinta de sastre
Diámetro normal (dn) (1.3 m)*	cm	mm	Cinta de sastre
Altura total (ht)	m	mm	Regla telemétrica

\*Medidos a través del perímetro.

La conversión a diámetro (d), se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$d = \frac{\text{Perímetro (cm)}}{\pi}$$

Con las variables medidas se calculó el área basal para cada individuo en cada tratamiento mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \frac{\pi}{4} d^2$$

Donde:

AB= Área basal

d=Diámetro (m)

El volumen individual para cada tratamiento, diferenciando el inicial del volumen a 1 año de aplicación del tratamiento, se calculó empleando el modelo de Schumacher ajustado por Santiago (2013) que se presenta a continuación:

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

Donde:

V= Volumen

dn= Diámetro normal

ht= altura total

Los árboles medidos se pintaron con un cinturón blanco. Las variables que se consideraron fueron, diámetro a 0.30 m, diámetro normal a 1.30 m, altura total, volumen individual, volumen por hectárea, Área Basal individual y Área Basal por hectárea.

#### **4.9 Diseño experimental y análisis estadístico**

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, se aplicaron cuatro tratamientos distribuidos en forma aleatoria dentro de los bloques. El factor de bloqueo fue el gradiente de variación de la pendiente. El modelo experimental se muestra a continuación (Montgomery, 2014):

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

Donde:

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

$\mu$  = Media poblacional.

$\tau$  = Efectos de tratamientos.

$\beta$  = Efecto de bloques.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental.

Se aplicaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones para cada caso. Las diferencias entre tratamientos se discriminaron a partir del análisis de varianza (ANOVA) ( $\alpha=0.05$ ). Se realizó también la comparación de medias a través de una prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), para los casos en los que se encontraron diferencias significativas.

Se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) ( $\alpha=0.05$ ), para cada una de las variables evaluadas; definiendo como covariable a la densidad inicial con que contaba cada parcela de cada tratamiento, para descartar la influencia de la densidad con la que se desarrollaron los árboles antes de aplicar los tratamientos.

Previo a los análisis de varianza de las variables dasométricas, se evaluó la densidad de las parcelas (antes y después de aplicar los tratamientos) mediante el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen o no diferencias estadísticas antes de la remoción y conocer si la densidad residual en los tratamientos estaban con diferencias entre los diferentes tratamientos.

El análisis estadístico implicó el manejo y organización de las variables en bases de datos y después procesados con el software Statistica 7 (StatSoft Inc, 2004). Los procesos ANOVA se realizaron para cada variable dasométrica.

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Densidad del Rodal

El Análisis de Varianza (ANOVA) (Anexo 1) no mostró diferencias significativas ( $P>0.795032$ ), esto para la densidad promedio del rodal antes de aplicar los tratamientos (individuos/ha). La densidad de cada parcela antes de aplicar la remoción contenía en promedio 6100 individuos por hectárea (ha). Una vez aplicados los tratamientos, el promedio de individuos  $ha^{-1}$  cambió quedando distribuida la densidad de acuerdo al siguiente cuadro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad del rodal antes de aplicar los tratamientos (Individuos  $ha^{-1}$ ).

Tratamiento	Densidad promedio de las parcelas antes de aplicar los tratamientos (Individuos $ha^{-1}$ )	Densidad promedio las parcelas después de aplicar los tratamientos (Individuos $ha^{-1}$ )
T1	6133	6133
T2	6667	5333
T3	7200	4320
T4	6600	2627

T1= testigo (0% de remoción); T2=tratamiento dos (20% de remoción); T3=tratamiento tres (40% de remoción); T4=tratamiento cuatro (60% de remoción).

Por otra parte el Análisis de Varianza (ANOVA) (Anexo 2) para la densidad promedio del rodal después de aplicar los tratamientos (Individuos  $ha^{-1}$ ) existen diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P>0.000476$ ), por lo que el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), mostró dos grupos de medias (Cuadro 3), donde el primer grupo está formado por los T1, T2 y T3, siendo el T1 el que mostró mayor densidad promedio y el T3 el de menor densidad promedio en este grupo, mientras que el segundo grupo está formado por los T3 y el T4 siendo el T4 el de menor valor promedio; sin embargo los tratamientos T1 y T4 son los que presentan las diferencias de acuerdo a dicha prueba.

Cuadro 3. Comparación de medias a través de la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para densidad (Individuos  $ha^{-1}$ ) después de aplicar los tratamientos de *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)	Media ( Individuos $ha^{-1}$ )	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	6133.33	a
T2 (20%)	5333.33	a
T3 (40%)	4320.00	ab
T4 (60%)	2626.67	b

\*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

En la Figura 4 se muestra el cambio de las densidades inicialmente y después de dos años de aplicados los tratamientos.

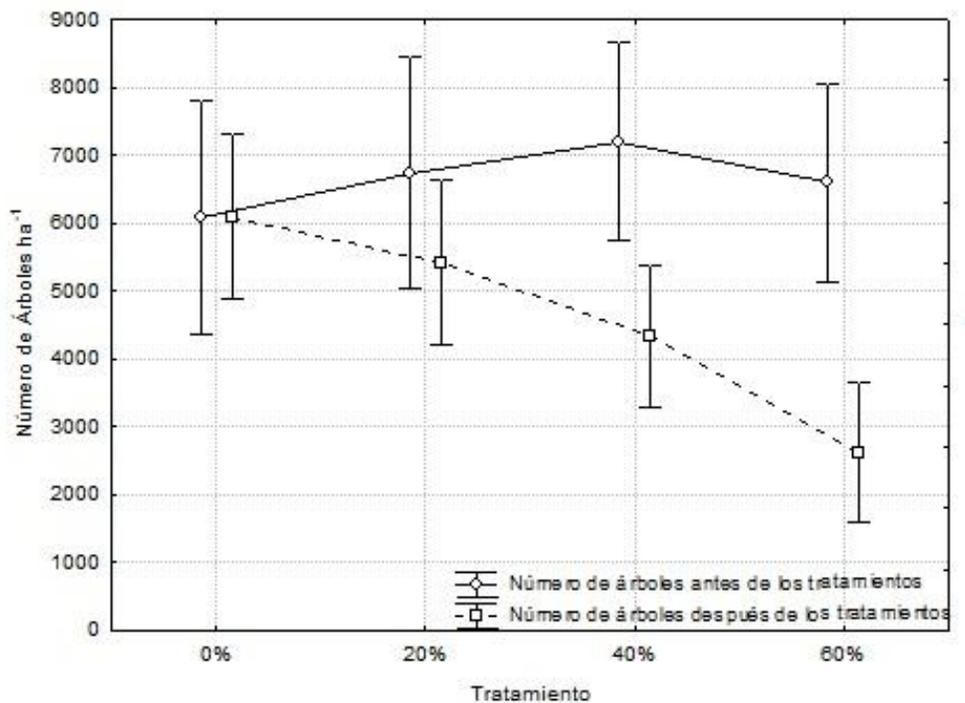


Figura 4. Densidad de las parcelas antes y después de aplicados los tratamientos en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

## 5.2 Análisis de covarianza

Con el análisis de covarianza considerando a la densidad inicial de cada parcela, se encontró que solo existen diferencias significativas ( $P>0.044281$ ) (Anexo 3) esto para la

variable incremento en diámetro a 0.30 m sin embargo, no se evidenció el efecto de la covariable; mientras que para el incremento en diámetro a 1.30 m si mostró diferencias significativas y también el efecto de la covariable ( $P>0.002938$ ) (Anexo 4).

### 5.3 Variables Dasométricas

#### 5.3.1 Diámetro a 0.30 m promedio por árbol

De acuerdo al ANOVA (Anexo 5), antes de aplicar los tratamientos no se presentaron diferencias significativas ( $P>0.488861$ ) para el diámetro a 0.30 m, sin embargo la gráfica muestra que el mayor promedio es en el T2 con 11.34 cm, mientras que el valor más bajo está en el T4 con un promedio de 10.56 cm (Figura 5).

Por otro lado el ANOVA (Anexo 6) para el diámetro a 0.30 m después de dos años de aplicados los tratamientos no presentó diferencias significativas ( $P>0.567236$ ), sin embargo la gráfica muestra que el T4 tiene un diámetro promedio de 12.96 cm, mientras que el T2 con un diámetro promedio de 12.29 cm tiene valores similares al T3 con un diámetro promedio de 12.32 cm.

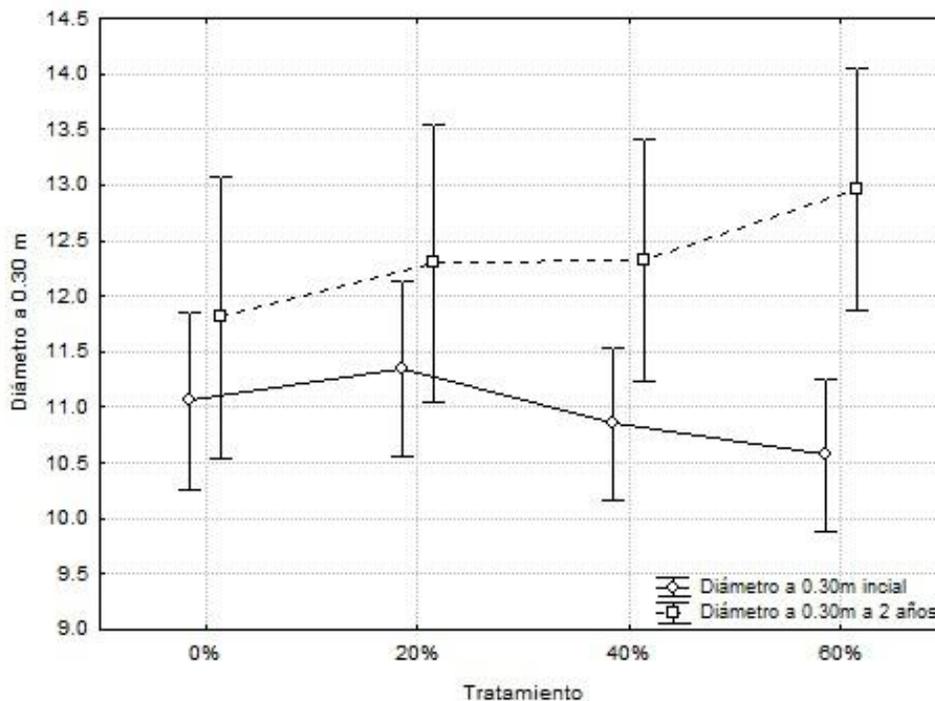


Figura 5. Diámetro a 0.30 m promedio por árbol inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

A pesar de no haber presentado diferencias significativas el diámetro, la gráfica anterior muestra como fue el desplazamiento a dos años de la aplicación de los tratamientos (Figura 5).

Daniel *et al.* (1982) menciona que el crecimiento en diámetro es uno de los factores importantes sobre los cuales el técnico forestal puede ejercer un considerable control. Un pequeño efecto en el incremento en el número de árboles puede ocasionar una reducción en el diámetro promedio del rodal. El número de árboles por unidad de superficie también ejerce influencia en diámetro promedio del rodal. El aclareo bajo tiene el mismo efecto sobre el diámetro promedio que la mortalidad normal en los rodales silvestres. El no haberse encontrado diferencias significativas en el crecimiento en el diámetro a 0.30 m, puede deberse a que el diámetro tiene gran relación con el espacio en el que crece, y a que no haya tenido un buen desarrollo de copa, ya que al aplicarse los aclareos, la primera parte donde se ve reflejada la elongación es en la copa del arbolado, ya que existe un mayor espacio de crecimiento y por lo tanto mejores nutrientes y luz en el suelo.

### **5.3.2 Diámetro a 1.30 m promedio por árbol**

De acuerdo al ANOVA (Anexo 7) no presentó diferencias significativas ( $P > 0.682654$ ), esto para el diámetro a 1.30 m inicial, sin embargo el mayor valor promedio lo tiene el T2 con 9.5 cm, seguido por el T1 con un valor de 9.30 cm, el T3 con 9.21 cm, y por último al T4 con un valor de 9.04 cm.

Por otra parte el ANOVA (Anexo 8) para el diámetro a 1.30 m a dos años de la aplicación de los tratamientos no presentó diferencias significativas ( $P > 0.298736$ ). El mayor valor promedio por tratamiento para el diámetro a dos años es el T4 con 11.99 cm, seguido del T2 con un valor de 11.38 cm, el T3 con un valor de 11.22 cm y por último al T1 con un valor de 10.68 cm.

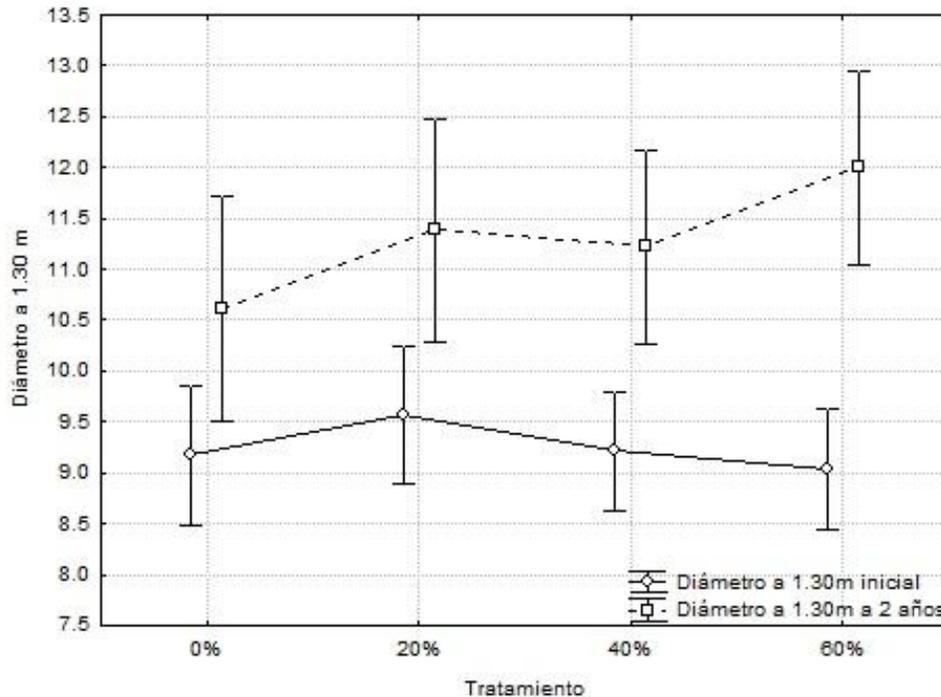


Figura 6. Diámetro a 1.30 m inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Las tendencias de los resultados coinciden con los obtenidos por Díaz (2008) donde en un estudio comparativo en el rendimientos de parcelas de *Pinus caribea*, intervenida a la edad de 12 años, con diferentes intensidades de aclareos del 33%, 23%, 19%, 65% y un testigo, los resultados reflejados de los aclareos sobre la masa remanente, fueron que en la parcela de mayor intensidad de aclareo mostró un mayor crecimiento en el diámetro, donde inicialmente (año 1998) tenía un valor promedio de 15 cm y a dos años (año 1990) de la evaluación el crecimiento fue de 17.4 cm promedio, menciona que la intensidad de aclareo fuerte sería conveniente en parcelas que han sido expuestas a daños, enfermedades u ocupación ilegal o donde se realizan aclareos tardíos.

### 5.3.3 Altura Total promedio por árbol

De acuerdo al ANOVA (Anexo 9) no se presentó diferencias significativas ( $P > 0.539672$ ), esto para la altura total inicial. El valor promedio más alto por tratamiento

es en el T2 con 6.97 m, seguido por el T4 con un valor de 6.88 m, el T1 con 6.53 m y por ultimo al T3 con un valor promedio de 6.43 m (Figura 7).

Por otro lado el ANOVA para la altura total a dos (Anexo 10) años de la aplicación de los tratamientos, no mostró diferencias significativas ( $P > 0.796659$ ); sin embargo se observó que ahora los valores promedios por tratamiento más alto lo tiene el T4 con un valor de 7.60 m, seguido por el T2 con un valor de 7.49 m, el T3 con 7.42 m, dejando al valor bajo al T1 con 7.10 m (Figura 7).

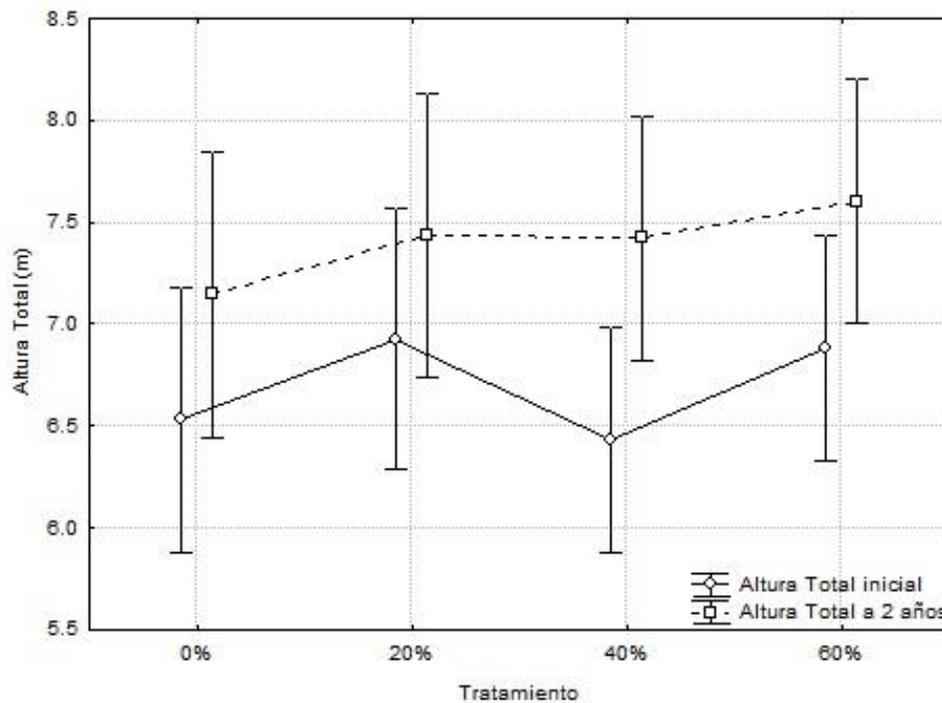


Figura 7. Altura total inicial y a dos años de la aplicación de los aclareos para *Pinus rudis* Endl. en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

La grafica muestra que el mejor cambio lo tiene el T3, ya que inicialmente la altura total era menor que en los demás tratamientos, pasando de una altura promedio de 6.43 m a 7.42 m a los dos años de la aplicación de los tratamientos, un aproximado de 1 m, lo cual hace que alcance una altura similar a los demás tratamientos.

Los resultados contrastan con los obtenidos por Rosas (2013) en *Pinus rudis* Endl., en su evaluación de crecimiento e incremento en diámetro y altura en respuesta a precalareos en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Encontró en el ANOVA factorial para el factor tratamiento no mostró diferencias significativas ( $P=0.11854$ ), sin embargo el T2 mostró un valor promedio por encima de los demás tratamientos, como se tiene en este trabajo para el T2 inicialmente sin llegar a ser significativo. Por otra parte Daniel *et al.* (1982) y Cansino (S. F.) mencionan que la altura es una de las variables que no es afectada por la competencia, a menos que esta sea extremadamente alta o baja.

#### **5.3.4 Área Basal Promedio por árbol**

De acuerdo al ANOVA (Anexo 11) no se presentaron diferencias significativas ( $P>0.531309$ ) para el factor Área Basal promedio por árbol inicial, teniendo como valor más alto por tratamiento al T2 con  $0.008056 \text{ m}^2$ , el T1 con un valor de  $0.007394 \text{ m}^2$  seguido por el T3 con un valor de  $0.007380 \text{ m}^2$ , el T4 mostró un valor similar a los demás tratamientos con  $0.007079 \text{ m}^2$  (Figura 8)

Por otra parte el ANOVA para el Área Basal promedio por árbol a los dos años de haber aplicados los tratamientos (Anexo 12) no presentó diferencias significativas ( $P>0.390431$ ) (Figura 8).

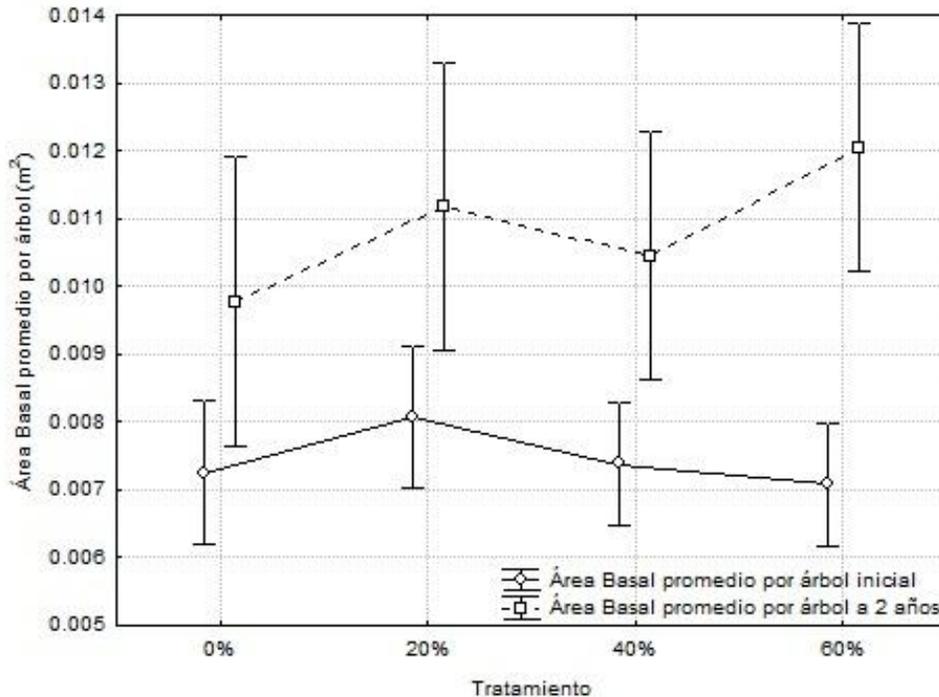


Figura 8. Área Basal promedio por árbol inicial y a dos años de aplicados los aclareos para *Pinus rudis* Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Lo anterior difiere con lo reportado por Chaves y Chinchilla (1990) obtenido en este trabajo, ya que no se presentaron diferencias significativas en el crecimiento en el Área Basal promedio por árbol inicial y a los dos años de haberse aplicado los aclareos, y que el mejor resultado lo obtuvo el T4 con el mayor valor en el crecimiento ya que en Paraíso, Costa Rica, el efecto de los tratamientos, para la variable de Área Basal se encontraron diferencias significativas en todos los ciclos de aclareo, ya que el área basal mantuvo un valor más alto para el testigo ante los demás tratamientos y en Tabarca solo se encontraron diferencias significativas en los tres primeros ciclos, disminuyendo para el último ciclo de aclareo, esto hizo que disminuyera el efecto de las densidades.

### 5.3.5 Área Basal por hectárea

De acuerdo al ANOVA (Anexo 13) se presentaron diferencias altamente significativas ( $P > 0.000141$ ) para el Área Basal por hectárea inicial, donde la prueba de comparación

de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos de medias, en el cual el primer grupo lo forman teniendo el promedio más alto el T1 con un valor promedio por tratamiento de  $44.38682 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , seguido por el T2 con un valor promedio de  $40.86625 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , el T3 con  $31.18467 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  siendo los tres estadísticamente iguales, dejando en el segundo grupo de medias al T3 y al T4 como el de menor valor promedio por tratamiento con  $18.88456 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . Las diferencias se presentan entre el T1 y el T4.

Cuadro 4. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el Área Basal por hectárea antes de aplicar los aclareos en *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media (cm)	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	44.38682	a
T2 (20%)	40.86625	a
T3 (40%)	31.18467	ab
T4 (60%)	18.88456	b

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

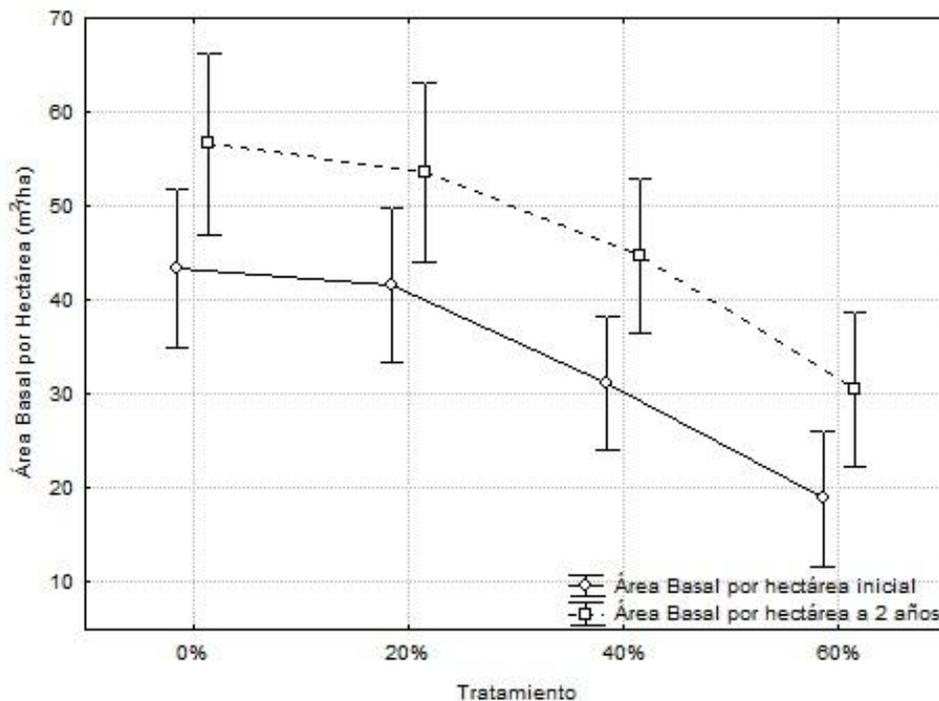


Figura 9. Área Basal por hectárea inicial y a dos años para *Pinus rudis* Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Por otra parte el ANOVA (Anexo 14) también mostró diferencias altamente significativas ( $P>0.000602$ ), esto para el Área Basal por hectárea a los dos años de la aplicación de los tratamientos, por lo que la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos de medias en las que el primer grupo está el T1 con un valor promedio por tratamiento de  $57.83475 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , seguido por el T2 con un valor de  $52.69392 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , dejando por últimos a los T3 con un valor de  $44.75585 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y el T4 con un valor de  $30.58645 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , siendo estadísticamente iguales; los T1 y el T4 son estadísticamente diferentes entre sí. Cabe destacar que existe un desplazamiento en el Área Basal a los dos años de haber aplicado los aclareos, teniendo el rodal su dinámica de crecimiento.

Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el Área Basal por hectárea a dos años de aplicación de los aclareos en *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media ( $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ )	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	57.83475	a
T2 (20%)	52.69392	a
T3 (40%)	44.75585	ab
T4 (60%)	30.58645	b

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

Estos resultados en el Área Basal por hectárea coinciden con lo obtenido por Espinosa *et al.* (1994), donde en su evaluación del efecto de diferentes intensidades de aclareo de *Pinus radiata* D. Don, en la localidad de Collipulli, Chile, con densidades para cada tratamiento fueron: T1=400 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , T2=600 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , T3=800 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , T4=1200 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y T0=1550 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , evaluados durante los años de 1985 a 1991, se encontraron diferencias significativas en el aclareo, el nivel de aclareo más suave T4 ( $17.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y las parcelas sin aclareo T0 ( $13.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) lograron áreas basales mayores y significativamente superiores a las parcelas más severas (T1 y T2). El crecimiento en área basal tiende a decrecer a medida que la intensidad de aclareo aumenta.

### 5.3.6 Volumen promedio por árbol

De acuerdo al ANOVA (Anexo 15) no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.555586$ ) para el Volumen promedio por árbol inicial. El valor más alto lo mostró el T2 con un valor promedio de  $0.037440 \text{ m}^3$ , seguido del T4 con un valor de  $0.32987 \text{ m}^3$ , mientras que con similares valores el T1 ( $0.31972 \text{ m}^3$ ), y el T3 con el valor de  $0.31855 \text{ m}^3$ .

El ANOVA para el Volumen promedio por árbol a los dos años de haber aplicado los tratamientos (Anexo 16) no presentó diferencias significativas ( $P > 0.514859$ ). Sin embargo la siguiente grafica (Figura 10) muestra como a los dos años de haber aplicados los tratamientos, hay un crecimiento en el volumen, que fue de aproximadamente  $0.02 \text{ m}^3$  por árbol, teniendo un mayor valor el T4 a los dos años de la aplicación de los tratamientos, pasando de un valor promedio por tratamiento de  $0.32987$  a  $0.56809 \text{ m}^3$  por árbol (Figura 10).

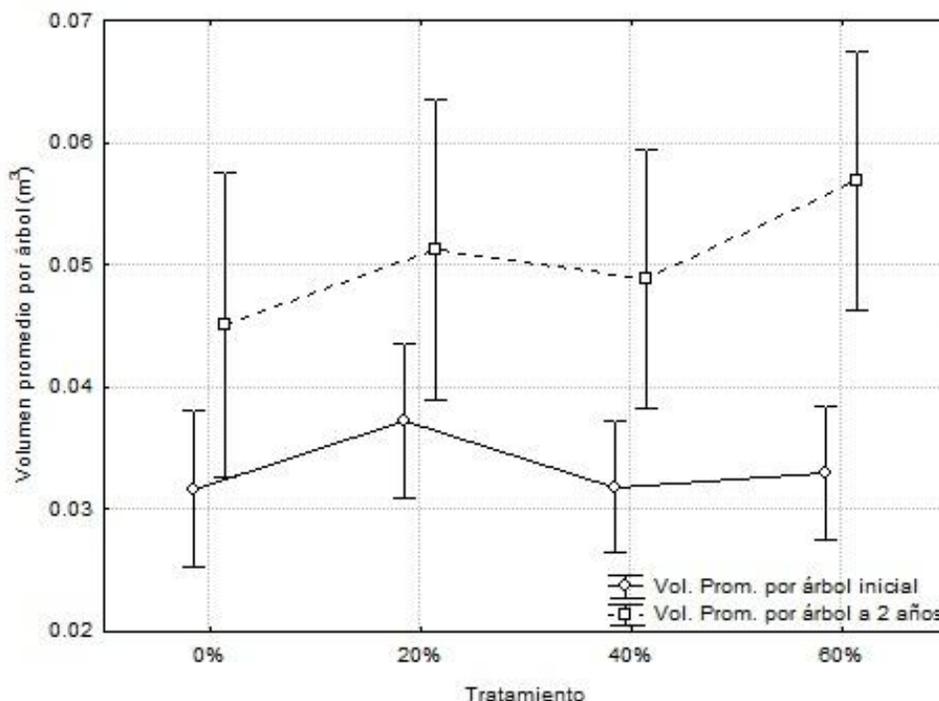


Figura 10. Volumen promedio por árbol inicial y a dos años para *Pinus rudis* Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Los resultados obtenidos difieren con lo reportado por Costas *et al.* (2002) en un ensayo con tres niveles de densidad y 11 niveles de altura de poda evaluaron los efectos de la densidad, la altura de poda y la interacción entre ambas sobre la producción de la masa de *Pinus taeda* L., a los 5 años de edad, las densidades fueron 525 árboles ha<sup>-1</sup> (D1), 760 árboles ha<sup>-1</sup> (D2) y 1480 árboles ha<sup>-1</sup> (D3), donde en el análisis de varianza observaron que existieron diferencias significativas entre las densidades, se observaron mayores volumen por unidad de superficie y área basal y menores volúmenes individuales y los diámetros a la altura de pecho en los tratamientos con mayor densidad, de los resultados se desprende que ya a la edad de 5 años las densidades más bajas producen volúmenes individuales promedios mayores.

### 5.3.7 Volumen por Hectárea

De acuerdo al ANOVA (Anexo 17) se presentaron diferencias altamente significativas ( $P > 0.000799$ ) para el Volumen promedio por hectárea inicial. Por otro lado el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mostró dos grupos de medias, siendo el T2 el de mayor crecimiento promedio con un valor de 190.6049 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y al T4 como el de menor valor promedio (90.0661 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Cuadro 6. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para el volumen por hectárea inicial de *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	189.7680	a
T2 (20%)	190.6049	a
T3 (40%)	131.2296	ab
T4 (60%)	90.0661	b

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

Por otro lado el ANOVA para el volumen por hectárea a los dos años de haberse aplicado los tratamientos (Anexo 18) se presentaron diferencias altamente significativas ( $P > 0.005973$ ). Donde el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mostro

dos grupos de medias, teniendo al T1 con el mayor crecimiento promedio con un valor de  $263.76 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , siendo estadísticamente diferente y con el menor valor el T4 con un crecimiento promedio de  $148.41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Cuadro 7. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el Volumen por hectárea a dos años de aplicados los aclareos de *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	263.7630	a
T2 (20%)	246.7542	a
T3 (40%)	204.1493	ab
T4 (60%)	148.4199	b

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

De acuerdo a la Figura 11 el tratamiento dos refleja el mayor crecimiento, pues es aproximadamente de  $260 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a los dos años de aplicados los aclareos. Llama la atención que intensidades de corta severas (tratamiento tres y tratamiento cuatro), mejoran el incremento, afectando el comportamiento de esta variable, ya que el crecimiento en volumen depende del crecimiento en diámetro y del crecimiento en la altura, y los tratamientos menos severos, que son el tratamiento uno y el tratamiento dos mostró similar comportamiento, aumentando el crecimiento en el tratamiento uno, que es el testigo, en el cual no se removi6 individuos, teniendo en cuenta que el rodal tiene du dinámica al paso del tiempo.

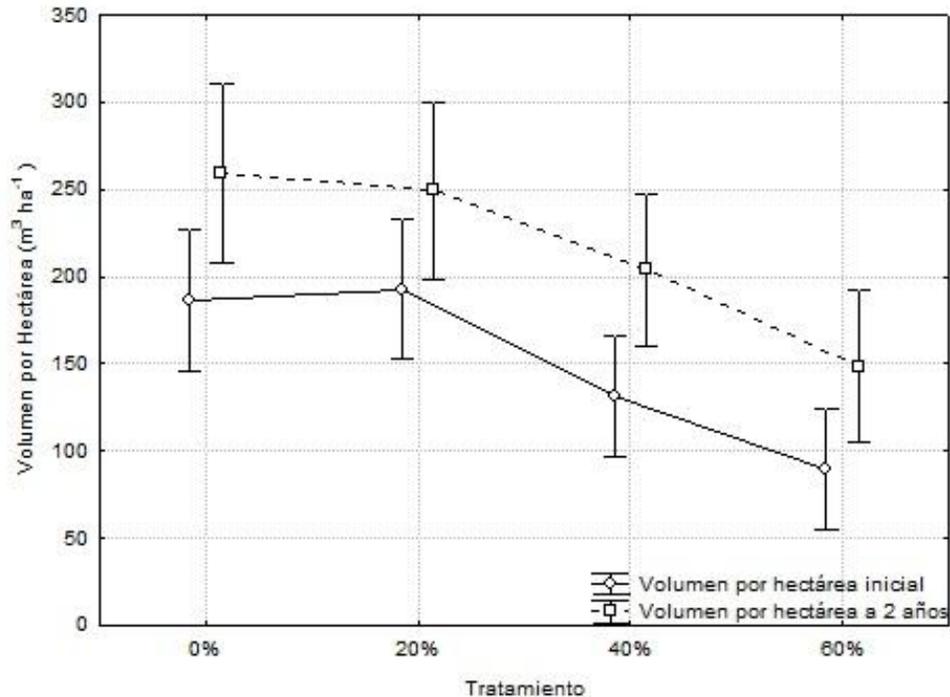


Figura 11. Volumen por hectárea inicial y a dos años de aplicados los aclareos para *Pinus rudis* Endl. En el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Las diferencias entre tratamientos encontrados coinciden con lo encontrado por Espinosa *et al.* (1994), donde en su evaluación del efecto de diferentes intensidades de aclareo de *Pinus radiata* D. Don, en la localidad de Collipulli Chile, donde las densidades de cada tratamiento fueron: T1=400 árboles ha<sup>-1</sup>, T2=600 árboles ha<sup>-1</sup>, T3=800 árboles ha<sup>-1</sup>, T4=1200 árboles ha<sup>-1</sup> y T0=1550 árboles ha<sup>-1</sup>. Las diferencias en el crecimiento en volumen fueron grandes y significativas durante los años de evaluación que fueron de 1985 a 1991, y fueron en las parcelas con aclareo moderado y de aquellas parcelas donde la reducción de la densidad fue mayor, teniendo que el crecimiento fue mayor en las parcelas testigo y en las moderadamente aclaradas y menor en las parcelas fuertemente intervenidas. Esto sugiere que los árboles mayores en dimensión aun no son afectados por el espaciamiento.

### 5.3.8 Incremento en diámetro a 0.30 m

El análisis de covarianza no mostro que existió efecto de la densidad inicial sobre el incremento en el diámetro a 0.30 m en los diferentes tratamientos, ( $P > 0.072933$ ; Anexo

3); sin embargo si se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.044281$ ) para el incremento en diámetro a 0.30 m (Anexo 3). Donde de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mostró un solo grupo de medias, teniendo al T4 como el de mayor incremento con un valor de 2.39 cm, seguido por los T3 con un valor de 1.55 cm, el T2 con un valor de 0.97 cm, dejando como el menor valor en crecimiento al T1 con un valor de 0.88 cm.

Cuadro 8. Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para la covarianza en el incremento en diámetro a 0.30 m en *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media (cm)	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	0.897624	a
T2 (20%)	0.967334	a
T3 (40%)	1.547762	a
T4 (60%)	2.394356	a

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

El tratamiento cuatro refleja el mayor incremento, pues es aproximadamente de 2.5 centímetros, la gráfica también muestra que el incremento en el tratamiento dos se similar al testigo (Figura 12), esto puede deberse a que tengan la misma densidad el T1 (6133 individuos  $ha^{-1}$ ) y T2 (5333 individuos  $ha^{-1}$ ) en el rodal, y haga que no haya cambiado mucho en el crecimiento. Con ellos de acuerdo al ANOVA (anexo 19) para el incremento en diámetro a 0.30 m no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.074865$ ).

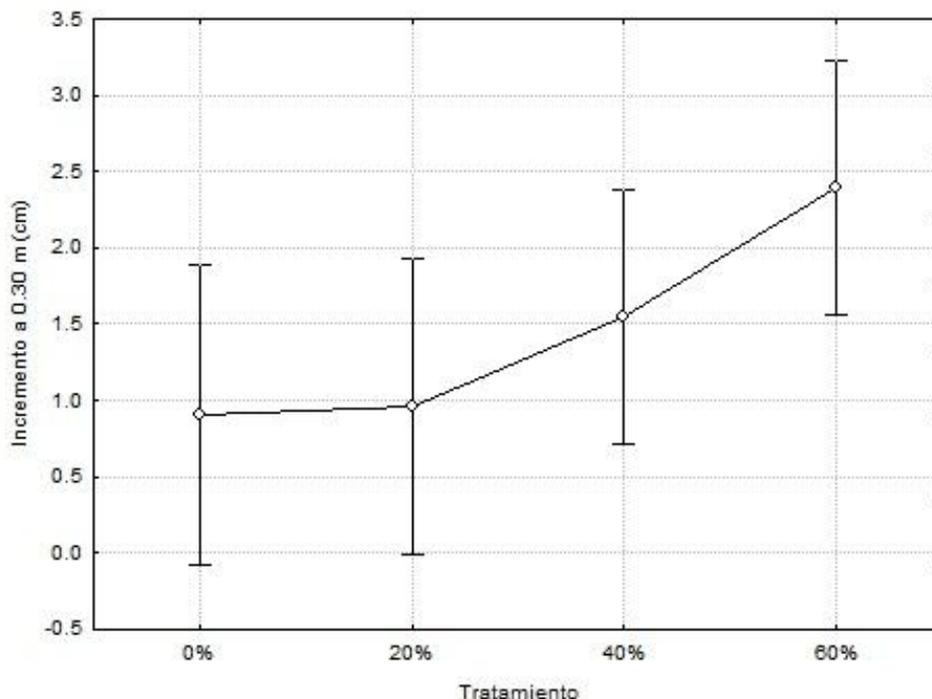


Figura 12. Incremento en diámetro a 0.30 m para *Pinus rudis* Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Las diferencias entre tratamientos reportadas difieren con los obtenidos por Díaz (2002), en su evaluación de aclareos en una regeneración natural de *Pinus rudis* Endl., en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León, donde para el primer año de evaluación en el análisis de varianza existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P > 0.0063$ ), y en la prueba de separación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), presentó dos grupos de medias, dejando al T4 como diferente al resto de los tratamientos, considerándolo como el mejor. Los resultados también difieren con los encontrados por Rodríguez (2010) en una plantación con *Pinus patula*, donde los efectos de los aclareos del 40 al 69% aplicados generó un incremento en el diámetro y la altura, modificando así las tasas de acumulación y distribución de biomasa foliar, pero esto no afectó la distribución de la biomasa y de las ramas. Por otro lado también difieren con los resultados obtenidos por Chávez y Mora (2010) donde los aclareos fuertes y moderados favorecen el crecimiento en diámetro, contrastando a los aclareos leves y de la parcela testigo.

El hecho de que el T2 haya presentado un mayor incremento en el diámetro puede deberse a que haya mantenido una similar densidad que al T1, es decir el mismo número de individuos promedio (cuadro 1), lo que difiere con lo mencionado por Klepac (1976) donde el crecimiento en diámetro aumenta conforme sea mayor la intensidad de aclareo, eliminando la competencia y aumentando el consumo de agua y nutrientes. Lo reportado por Díaz (2002) muestra que con mayor espaciamiento, el crecimiento e incremento de éstas variables es mejor, sin embargo las remediciones que efectuaron, se realizaron después de cuatro años de la aplicación de los aclareos, en este caso, el intervalo entre mediciones fue de solo un año. Algunos investigadores como Díaz (2002), Rodríguez (2010) y Ruíz *et al.* (1996) han empleado periodos de 4, 6, 8 y 11 años, en donde han encontrado respuestas significativas favorables en aclareos con mayor intensidad para las mismas variables consideradas en este estudio. Por esta situación, es probable, que la respuesta a los aclareos severos, se muestren a mediano y largo plazo o bien, que el tiempo de evaluación fue muy corto (dos años). Y mientras más intenso es el aclareo, más pronunciado es el incremento en el diámetro promedio del rodal residual.

### **5.3.9 Incrementos de diámetros a 1.30 m**

El análisis de covarianza mostro que existió efecto de la densidad inicial sobre el incremento en el diámetro a 1.30 m en los diferentes tratamientos, ( $P > 0.002938$ ; Anexo 4); mientras que en los tratamientos si presentaron diferencias significativas ( $P > 0.024652$ ) (Anexo 4). Donde de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mostró un dos grupo de medias, el primer grupo lo forman el T1 con el menor incremento con un valor de 1.38 cm, seguido por los T2 con un valor de 1.83 cm, el T3 con un valor de 2.01 cm, siendo estadísticamente iguales, dejando en el segundo grupo con el menor valor en crecimiento al T2 (1.82 cm), seguido por el T3 (2.01 cm), dejando con el mayor valor al T4 con 2.96 cm, sientos estos tres valores estadísticamente iguales, pero los T1 y T4 son estadísticamente diferentes entre sí. Pero para el ANOVA (Anexo 20) para el incremento en el diámetro a 1.30 m, no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.087817$ ).

Cuadro 9. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la covarianza en el incremento en diámetro a 1.30 m en *Pinus rudis* Endl.

Tratamiento (T)*	Media (cm)	Agrupación Tukey**
T1 (0%)	1.382097	a
T2 (20%)	1.828470	a
T3 (40%)	2.008787	ab
T4 (60%)	2.960499	b

\*Porcentaje de remoción; \*\*Agrupación Tukey, letras iguales representan las densidades estadísticamente similares.

Figura 13 muestra que en el T4 tiene un mayor incremento respecto al diámetro a 1.30 m alcanzando un valor promedio de 2.96 cm, seguido por el T3 que alcanzó un valor promedio de 2.01 cm, después el T2 con un valor promedio de 1.83 cm, dejando por ultimo al T1 con un valor promedio de 1.38 cm.

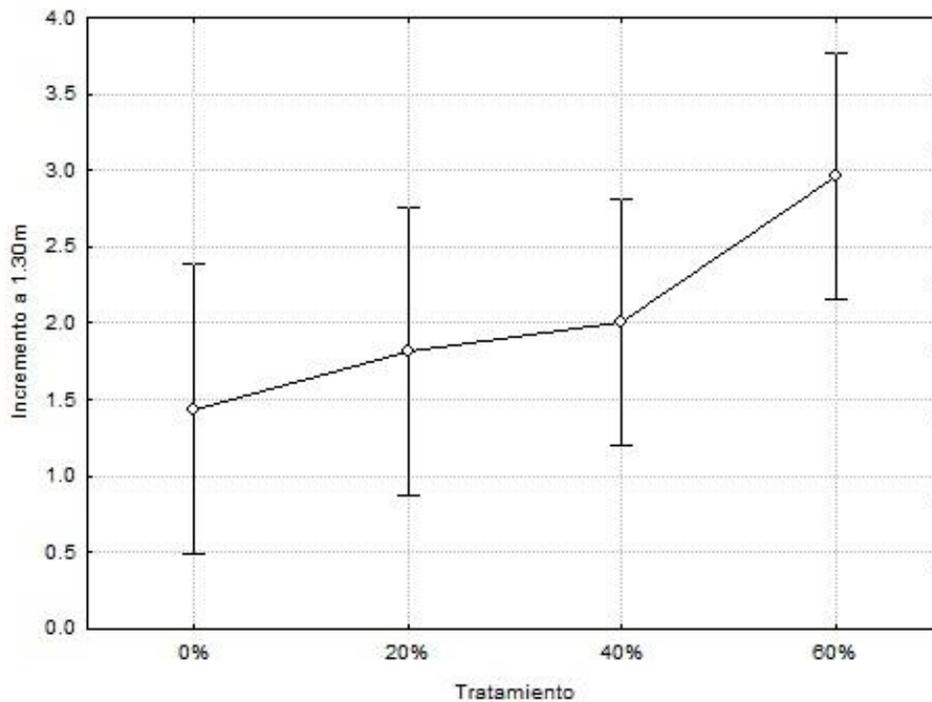


Figura 13. Incremento en diámetro a 1.30 m para *Pinus rudis* Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Los aclareos afectan drásticamente el crecimiento en diámetro, esto en respuesta de la aceleración de la expansión de la copa (Smith *et al.*, 1997). El aumento del crecimiento en diámetro se atribuye a la reducción de individuos, aumento de espacio que depende de la rapidez con lo que los árboles vecinos vuelven a cerrar sus copas (Daniel *et al.*, 1982). El mejor incremento en diámetro a 1.30 m lo tuvo el tratamiento cuatro a los dos años de evaluación, esto fue el tratamiento del 60 % de remoción, donde se dejó el espacio necesario para el crecimiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rosas (2013), en donde el ANOVA factorial entre bloques, tratamientos, clases de copa y edad mostró diferencias altamente significativas ( $P=0.0001$ ) para el factor crecimiento en diámetro. Los incrementos entre los tratamientos difieren con lo señalado por Klepac (1976) y Daniel *et al.* (1982), 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.

#### **5.3.10 Incremento en Altura total**

De acuerdo al ANOVA (Anexo 21) no se presentaron diferencias significativas ( $P>0.170723$ ), esto para la Altura Total. Sin embargo el T3 mostró valor más alto en incremento en la Altura total, alcanzando un valor promedio de 0.99 m, seguido por el T4 que alcanzó un valor promedio de 0.72 m, después el T2 con un valor promedio de 0.57 m, dejando por último al T1 con un valor promedio de 0.49 m (Figura 14).

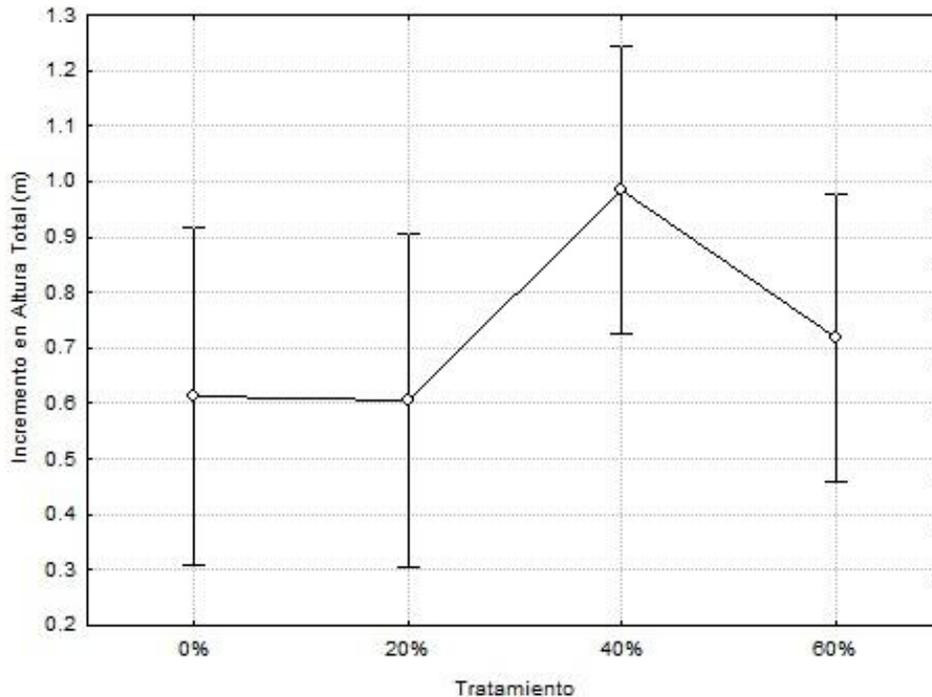


Figura 14. Incremento en Altura Total para *Pinus rudis* Endl., como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por Chávez y Mora (2010), donde al aplicar tres intensidades de preaclareo en plantaciones de pochote (*Pachira quinata*), las variaciones en altura no fueron significativas entre los tratamientos durante el transcurso de los años. Por otro lado, estos resultados también coinciden con los encontrados por Costas *et al.*, (2002) en *Pinus taeda* ya que no mostraron diferencias significativas sobre la densidad. Es probable que esta situación ocurra por el mayor espaciamiento que fue propiciado por el aclareo, lo que permitió el desarrollo lateral, más que vertical, esto último que es consecuencia de la alta competencia. Sin embargo, tal como lo señala Díaz (2002), la altura no necesariamente responde a los cambios de densidad, por lo que es probable que la variación encontrada no obedezca al tratamiento. La altura de un árbol depende del clima y la calidad del suelo del sitio, excepto cuando la afecta la densidad del rodal. El crecimiento se ve afectado por la presencia de rodales muy abiertos como por los rodales muy densos (Daniel *et al.*, 1982). Esta condición, coincide con el comportamiento de los árboles sometidos a alta

competencia, en la que el individuo prioriza el crecimiento en altura; en condiciones de mayor espaciamiento, incrementa su tamaño de copa (Díaz, 2002).

### 5.3.11 Incremento en Área basal promedio por árbol

De acuerdo al ANOVA (Anexo 22) no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.141282$ ), esto para el incremento en Área Basal por árbol. El T4 tiene un mayor valor en Área basal promedio por árbol, seguido del T3, el T2 tiene un similar incremento al T3 (Figura 15). Estos resultados coinciden con los incrementos obtenidos en diámetro de la base descrito previamente, donde el Testigo, mostró los valores más bajos de esta variable.

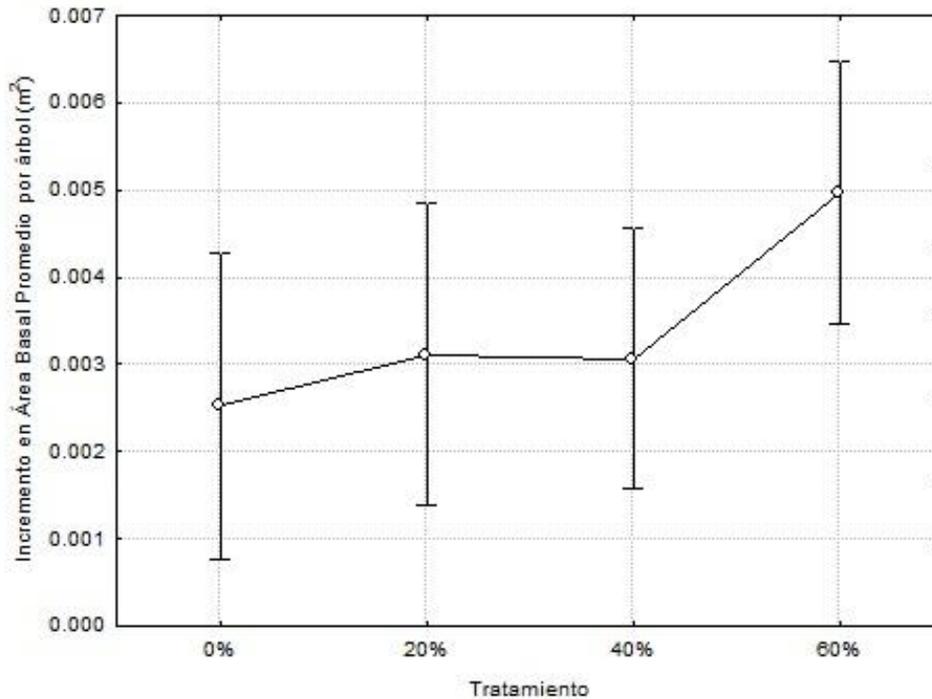


Figura 15. Incremento en Área Basal individual para *Pinus rudis* Endl como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Ruíz *et al.* (1996) en la Sabana, Oaxaca, donde los análisis efectuados de dos plantaciones de *Pinus caribea* var. *Hondurensis*, para la variable de Área basal a dos años después de aplicar los aclareos, los

tratamientos presentaron diferencias significativas en las pruebas de medias de Duncan. Si se es exigente en términos de la unidad de medida, se observa que las diferencias en la realidad son mínimas; esto muestra que los parámetros no deben analizarse por separado del fenómeno de estudio, pues el tiempo de lectura de datos es de solo un año. En poblaciones naturales, existen efectos que reflejan bajo ciertas condiciones y en ciertos periodos de tiempo. Por otro lado estos resultados también difieren con los obtenidos por Díaz (2002), en su evaluación de aclareos en la misma área ya que encontró en el análisis de varianza diferencias altamente significativas en el incremento de los tratamientos para el Área Basal ( $P > 0.0055$ ), teniendo que el mejor incremento lo tuvo el tratamiento cuatro para el primer año de evaluación, alcanzando un valor promedio por árbol de  $0.00071 \text{ m}^2$ . Esto puede deberse al crecimiento en la copa, ya que influye sobre la producción primaria del árbol, reflejando el vigor del individuo. Y a que el Área Basal depende del incremento en el diámetro, y sin embargo en los incrementos en el diámetro no se encontraron diferencias significativas para esta variable.

### **5.3.12 Incremento en Área basal por hectárea**

De acuerdo al ANOVA (Anexo 23) no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.952392$ ), esto para el incremento en Área Basal por hectárea. El T3 tiene un valor promedio más alto en el Área Basal por hectárea ( $113.57 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), seguido del T1 con un valor promedio de  $13.45 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , el T2 con  $11.83 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y el T4 tienen un valor similar al T2 con un valor de  $11.70 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Díaz (2002), en su evaluación de aclareos en dicha área, donde para el primer años de evaluación no se presentaron diferencias contrastantes en el incremento de los tratamientos uno, dos y tres, mientras que el tratamiento cuatro tiene el mayor incremento con un valor promedio de  $1.174 \text{ m}^2$ , así en el análisis de varianza no presentaron diferencias significativas entre los incrementos de los tratamientos ( $P > 0.3520$ ). Cuando el número de árboles aumenta por hectárea, el área basal aumentará con cada árbol, sumando una cantidad total de área basal (Daniel *et al.*, 1982).

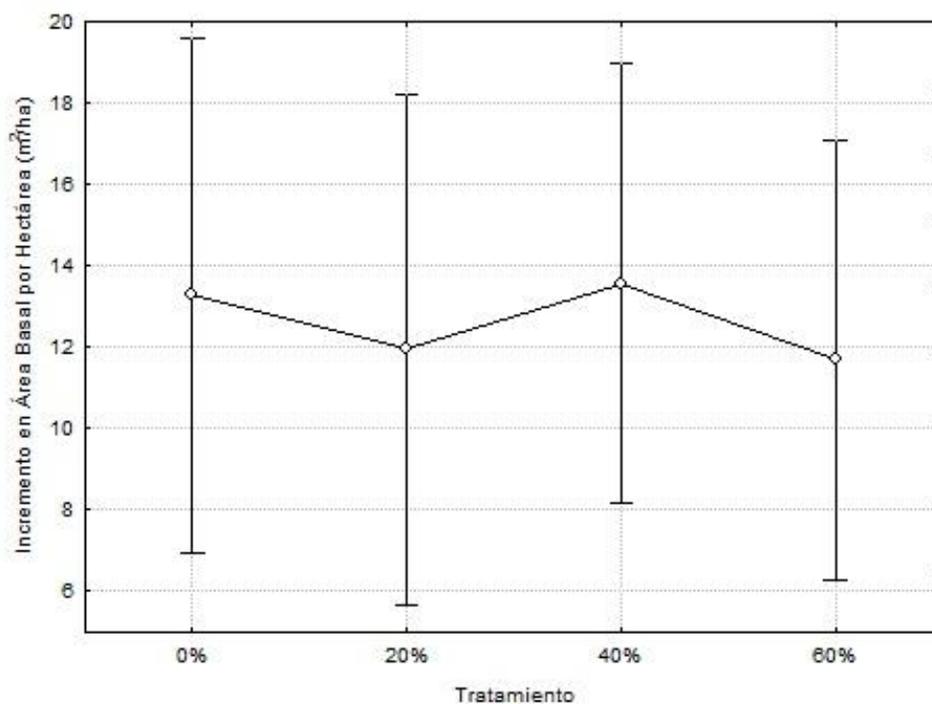


Figura 16. Incremento en Área basal por hectárea para *Pinus rudis* Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

### 5.3.13 Incremento en volumen promedio por árbol

El análisis de covarianza para el primer año de evaluación indica que no hay efecto de la densidad inicial sobre el incremento en volumen por árbol para los diferentes tratamientos, tampoco se presentaron diferencias significativas para el incremento en volumen promedio por árbol ( $P > 0.212550$ ); (Anexo 24). Sin embargo el T4 mostró un incremento promedio por encima de los otros tratamientos respecto al volumen por árbol, con un valor de  $0.024 \text{ m}^3$ ; seguido por el T3 con un valor promedio de  $0.017 \text{ m}^3$ ; después el T2 con un valor de  $0.014 \text{ m}^3$ ; por último el T1 con un valor de  $0.013 \text{ m}^3$  (Figura 17).

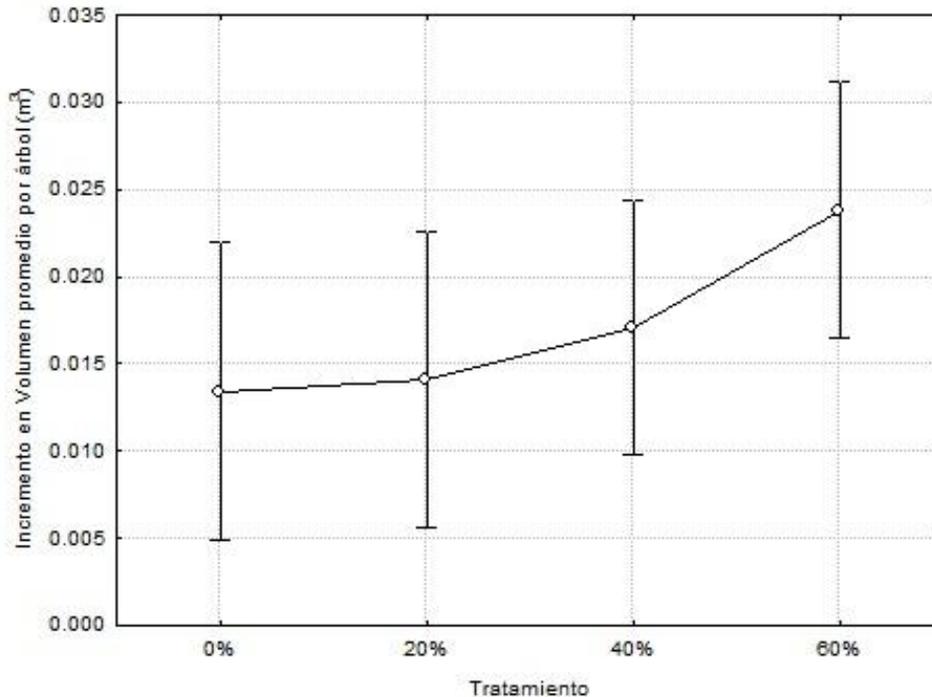


Figura 17. Incremento en volumen por árbol para *Pinus rudis* Endl. como resultado de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Díaz (2002), en su evaluación de aclareos en la misma área, donde en su análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los incrementos de los tratamientos ( $P > 0.0905$ ), coincidiendo también que el mayor incremento lo tuvo el Tratamiento cuatro al primer año de evaluación con un valor promedio por árbol de  $0.00188 \text{ m}^3$ , manteniendo la misma posición hasta el cuarto años con un valor de  $0.00330 \text{ m}^3$ , dejando así con el menor valor promedio al tratamiento 1 con  $0.00210 \text{ m}^3$ .

### 5.3.14 Incremento en volumen por hectárea

De acuerdo al ANOVA (Anexo 25) no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.708216$ ), esto para el Volumen por hectárea, sin embargo los resultados muestran que el incremento más alto lo tiene el T1 con un valor de  $74 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , seguido por el T3 con un valor promedio por hectárea de  $73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , con los valores bajos para el T4 con un valor de  $58 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y por último al T2 con un valor promedio de  $56 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

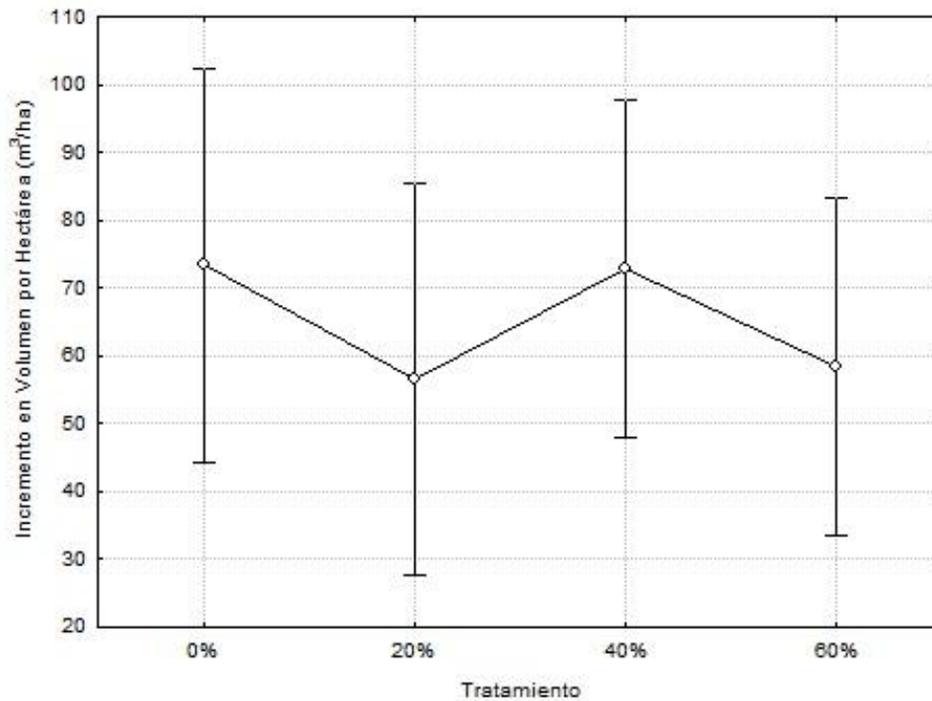


Figura 18. Incremento en volumen por hectárea para *Pinus rudis* Endl. como resultados de la aplicación de diferentes intensidades de aclareo en el Rancho San José de la Joya, Galeana, N. L.

Díaz (2002), en su evaluación de aclareos en la misma área, pero en la etapa de monte bravo y las intensidades de 0%, 20%, 40% y 60% de remoción, en su análisis de varianza para el volumen por hectárea no encontró diferencias significativas entre los incrementos de los tratamientos ( $Pr > 0.6698$ ), esto para el primer año de evaluación, teniendo el mismo resultado para el cuarto año de evaluación, no se presentaron diferencias significativas ( $Pr > 0.0874$ ). Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con lo reportado por Díaz (2002), ya que no existieron diferencias significativas en el incremento en volumen por hectárea. Esto se atribuye a que las diferencias en los incrementos en la altura total no fueron significativas y que posiblemente las remociones fueron bajas Díaz (2002).

## VI CONCLUSIONES

La hipótesis nula planteada para este trabajo, se rechaza, puesto que en las variables de Volumen por hectárea, Área basal por hectárea en el incremento ofrece resultados con diferencias significativas entre los tratamientos uno y el tratamiento cuatro.

El crecimiento promedio en diámetro a 0.30 m y a 1.30 m inicial y a los dos años de aplicar los aclareos, no tuvo efecto de los diferentes intensidades de aclareos.

Sin embargo en el incremento en diámetro a 0.30 m y a 1.30 m influye la densidad inicial, ya que se observaron diferencias significativas en los diferentes tratamientos aplicados.

Pese a la importancia que la altura tiene en el cálculo de volumen, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el incremento de este parámetro, considerando también que es una variable que no muestra respuesta activa a la reducción de la densidad.

Sin embargo para el crecimiento en Área Basal por hectárea y el Volumen por hectárea, presentaron diferencias altamente significativas a los dos años de aplicados los tratamientos en comparación de la evaluación inicial.

Los resultados que arroja el presente trabajo de investigación sugieren que reducir la densidad del rodal no tiene influencia en las variables dasométricas medidas en un periodo tan corto de tiempo, puesto que el tratamiento con mejor respuesta, lo obtuvo el tratamiento cuatro que es de la intensidad de aclareo del 60% de remoción. Además, el testigo, al que no se aplicó remoción, presentó en la mayoría de los casos, una mejor respuesta de incremento.

## **VII RECOMENDACIONES**

Aplicar los aclareos en intervalos de tiempo más largos, a diferentes edades del crecimiento del rodal y para otras calidades de sitio, pudiendo encontrar mayores efectos.

Aplicar preaclareos con mayor intensidad (en nuestro caso >60%), según la edad del rodal, con el fin de tener una mayor precisión a la respuesta de los tratamientos.

Considerar el área y distribución de copa del árbol, ya que la primera respuesta a la aplicación de los tratamientos depende del desarrollo de la copa, y esta tiene una fuerte relación con el incremento.

Medir las respuestas a los aclareos en variables como altura de fuste limpio, diámetro de copa y área de copa, así permitir conocer cuál es la respuesta en el crecimiento e incremento en cierto lapso de tiempo y saber qué porcentaje de remoción es el más recomendable para futuros estudios de los aclareos.

## VIII REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Álvarez, O., P. A. y Varona, T., J. C. 1997. Silvicultura. Ed. Pueblo y Educacion. 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.
- Becerra L., F. 1986. Determinación de una Guía de Densidad para *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región de Chignahuapan-Zacatlan, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 82 p.
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: Primer. Forest Resources Assessment. FAO Forestry Paper 134. Roma, Italia. 55 p.
- 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 Muestreo e inventarios forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 172 pp.
- CETENAL. 1971. Carta Geológica. G14C56 Galeana. Escala 1:50,000. INEGI.
- CETENAL. 1977. Carta de uso de suelo. G14C56. Galeana. Escala 1:50,000. SPP. México.
- CETENAL. 1993. Carta Topográfica. G14C56 Galeana. Escala 1:50, 000. INEGI.
- CONAFOR-CONABIO. 2008. SIRE-Paquetes tecnológicos. *Pinus rudis* Endl. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/982Pinus%20rudis.pdf>. (Julio de 2015). 6 p.
- Costas R., Mac D. P., Weber E., Irschick P., Palavecino J. 2002. Efectos de la Densidad de Plantación y la altura de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 5 años de edad. Revista Floresta. Misiones, Argentina. 19-87 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.

- Chaves, E. y O. Chinchilla. 1990. Ensayos de aclareos en plantaciones de ciprés *Cupressus lusitánica* en Costa Rica. Actas del grupo de trabajo IUFRO Guatemala. S1.07-09.CATIE. Guatemala. Pp. 233-246.
- 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.
- Clutter J. L., Fortson J. C., Pineaar L. V., Brister G. H. y Bailey R. I. 1983. Timber Management: A quantitative approach. John Wiley, New York. 333 p.
- Davis L. S. y Johnson K. N. 1987. Forest Management. Third ed. McGraw Hill, New York. 790 p.
- Daniel T. W., Helms J. A. y Baker F. S. 1982. Principios de silvicultura. Primera edición en español. Ed. McGraw-Hill. México. 490 p.
- 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. N. Coahuila, México. 43 p.
- Díaz S., E. 2008. Régimen de aclareos en plantaciones de *Pino caribe*. Sabana de Raya, Estado Zulia, Venezuela. Trabajo de ascenso. Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG), Venezuela. 32 p.
- Diéguez, A.U.; Barrio, A.M.; Castedo, D.F.; Ruíz, G.A.D.; Álvarez, T.M.F.; Álvarez, G.J.G.; Rojo, A.A. (2003). Dendrometría. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 310 pp.
- Espinosa B., M.; García S., J.; Valeria E., O. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de Pino radiata. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Casilla 154-C, concepción 3, Chile. 11 p.
- Farjon A. and, B. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden. New York. 298 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.

- Hawley, C. y Smith, D. 1972. *Silvicultura práctica*. Traducción al español por J. Terradas. Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hummel, S. and R. Hummel. 2004. Five- year thinning response of an overgrown Douglas-fir Christmas tree plantation. *Western Journal of Applied Forestry* 19: 171-175.
- Husch B, Beers T, Kershaw J. (2003) *Forest Mensuration*. 4<sup>th</sup> ed. Wiley. New Jersey, EEUU. 443 p.
- Husch, B., Miller, Ch. I. and Beers T. 1993. *Forest Mensuration*. Krieger Publising Company, Third Edition Malabar, Florida.
- Hocker W. H. 1984. *Introducción a la biología forestal*. A. G. T. Editor. S. A. de C. V. pp. 446.
- Imaña, E. J. y Encinas, B. O. 2008. *Epidometría Forestal*. Universidad de Brasilia. Departamento de Ingeniería forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Brasil, 70 p.
- INEGI. 2012. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. “Simulador de Flujos de agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL)”. Recuperado el 17 de diciembre de 2012 de <http://www.inegi.org.mx>
- 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 75 p.
- Klepac, D. 1976. *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 13-50 pp.
- Martínez, M. 1948. *Los pinos mexicanos*. 2<sup>a</sup> ed. Ed. Botas. México. 361 p.
- Montagu, K. D., D. E. Kearney and R. G B. Smith. 2003. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear Wood production-a review. *Forest ecology an Management* 179: 1-3.
- Montgomery, D.C. (2014). *Diseño y análisis de experimentos*. 2a. ed. México. LIMUSA WILEY.
- Perry, J. P. 1991. *The Pines of México and Central America*, Oregon. Timber press, U. S. A. 231 pp.

- Prodan M., R. Peters, F. Cox, y P. Real. 1997. Mensura Forestal. GTZ. GMBH. IICA. Costa Rica. 586 p.
- Rivas del Bosque V. M. 2013. Análisis de biomasa Aérea en un Rodal Joven de *Pinus rudis* Endl. En San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional U. A. A. A. N. Coahuila, México. 16-21 pp.
- Rodríguez O. G. 2010. Efecto de aclareos en el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schl. Et Cham. En Ixtlan, Oaxaca. Tesis para Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 149 p.
- Rosas L., F. 2013. Crecimiento e Incremento en Diámetro y Altura de *Pinus rudis* Endl., en respuesta a Preaclareos en San José de la Joya, Galeana, N. L. tesis Profesional. U. A. A. A. N. Saltillo, Coahuila. 110 p.
- Ruíz M, M., M. A. Fierros G. y H. Ramírez M. 1996. Efecto inicial del aclareo en plantaciones de *Pinus caribea* var. *Hondurensis* Barr. Y Golf. En La Sabana, Oaxaca. Ciencia Forestal en México 21: 25-38.
- Samek, V. 1974. Elementos de silvicultura de los bosques latifolios. Instituto cubano del libro. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana. 291 p.
- Santiago G. E., 2013. Elaboración de una tabla de volumen para la Especie de *Pinus rudis* Endl., en el Rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional U. A. A. A. N. Coahuila, México. 45 pp.
- SHAR. 1993. Guía técnica para la aplicación del Método de Desarrollo Silvícola (MDS). México D. F. 1993. 38 p.
- Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty y P. M. S. Nshton. 1997. The practice of silviculture applied forest ecology. Novena edicion. U. S. A. 535 p.
- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología forestal. AGT. Editor. México. 446 p.
- Sterba, H. y R. L. Amateis. 1998. Crown efficiency in loblolly pine (*Pinus taeda* spacing experiment. Can. J. For. Res. 28:1344-1351.
- StatSoft, Inc. 2004. Statistica 7. 2300 E. 14th St. Tulsa, OK 74104, USA. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Tayler, M. C. Jr 1994. Ecología y medio ambiente. Grupo editorial Iberoamérica. S. A. de C. V. 867 pp.

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-incendio. *Forest Ecology and Management* 231 (1-3): pp 155-163.

## ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la densidad (Individuos ha<sup>-1</sup>) antes de aplicar los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	2.041646E+07	6.805486E+06	1.0919	0.365388
Tratamiento	3	6.396094E+06	2.132031E+06	0.3421	0.795032
Error	35	2.181435E+08	6.232673E+06		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 2. Análisis de varianza para la densidad (Individuos ha<sup>-1</sup>) después de aplicar los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	19837295	6612432	2.0876	0.119571
Tratamiento	3	72413392	24137797	7.6205	0.000476
Error	35	110861372	3167468		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 3. Análisis de covarianza para el Incremento en diámetro (cm) a 0.30 m.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	1	0.05997	0.059970	0.032915	0.857052
Nº árboles	1	6.21762	6.217616	3.412573	0.072933
Tratamiento	3	16.27183	5.423943	2.976961	0.044281
Error	36	65.59102	1.821973		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 4. Análisis de covarianza para el Incremento en diámetro (cm) a 1.30 m.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	1	2.88130	2.88130	1.97209	0.168795
Nº árboles	1	14.87683	14.87683	10.18239	0.002938
Tratamiento	3	15.41872	5.13957	3.51776	0.024652
Error	36	52.59723	1.46103		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 5. Análisis de varianza para el diámetro promedio a 0.30 m inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	16.327	5.442	4.074	0.013922
Tratamiento	3	3.307	1.102	0.825	0.488861
Error	35	46.755	1.336		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 6. Análisis de varianza para el diámetro promedio a 0.30 m a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	17.306	5.769	1.688	0.187330
Tratamiento	3	7.022	2.341	0.685	0.567236
Error	35	119.591	3.417		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 7. Análisis de varianza para el diámetro a 1.30 m inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	15.008	5.003	5.036	0.005254
Tratamiento	3	1.499	0.500	0.503	0.682654
Error	35	34.765	0.993		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 8. Análisis de varianza para el diámetro a 1.30 m a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	11.273	3.758	1.433	0.249665
Tratamiento	3	10.014	3.338	1.273	0.298736
Error	35	91.775	2.622		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 9. Análisis de varianza para Altura Total (m) inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	10.476	3.492	3.920	0.016339
Tratamiento	3	1.957	0.652	0.732	0.539672
Error	35	31.178	0.891		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 10. Análisis de varianza para la Altura Total (m) a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	7.483	2.494	2.391	0.085225
Tratamiento	3	1.064	0.355	0.340	0.796659
Error	35	36.515	1.043		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 11. Análisis de varianza para Área Basal por árbol inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.000024	0.000008	3.3129	0.031081
Tratamiento	3	0.000005	0.000002	0.7472	0.531309
Error	35	0.000084	0.000002		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 12. Análisis de varianza para Área Basal por árbol a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.000041	0.000014	1.4264	0.251541
Tratamiento	3	0.000030	0.000010	1.0318	0.390431
Error	35	0.000338	0.000010		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 13. Análisis de varianza para el Área Basal por hectárea inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	606.44	202.15	1.3615	0.270553
Tratamiento	3	4035.75	1345.25	9.0602	0.000141
Error	35	5196.79	148.48		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 14. Análisis de varianza para el Área Basal por hectárea a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	804.56	268.19	1.3610	0.270679
Tratamiento	3	4346.94	1448.98	7.3535	0.000602
Error	35	6896.59	197.05		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 15. Análisis de varianza para el volumen promedio por árbol inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.000789	0.000263	3.0420	0.041644
Tratamiento	3	0.000183	0.000061	0.7048	0.555586
Error	35	0.003027	0.000086		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 16. Análisis de varianza para el volumen promedio por árbol a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.001816	0.000605	1.8546	0.155338
Tratamiento	3	0.000761	0.000254	0.7768	0.514859
Error	35	0.011422	0.000326		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 17. Análisis de varianza para el volumen por hectárea inicial en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
BL	3	5790.1	1930.0	0.5490	0.652165
TR	3	74212.3	24737.4	7.0361	0.000799
Error	35	123052.1	3515.8		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 18. Análisis de varianza para el volumen por hectárea a dos años en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	8005	2668	0.4812	0.697454
Tratamiento	3	81628	27209	4.9071	0.005973
Error	35	194073	5545		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 19. Análisis de varianza para el incremento en diámetro a 0.30 m en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.42366	0.14122	0.06922	0.975964
Tratamiento	3	15.34700	5.11567	2.50754	0.074865
Error	35	71.40403	2.04012		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 20. Análisis de varianza para el incremento en diámetro a 1.30 m en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	2.9736	0.9912	0.51893	0.672016
Tratamiento	3	13.5453	4.5151	2.36388	0.087817
Error	35	66.8516	1.9100		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 21. Análisis de varianza para el incremento en Altura Total en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	1.37734	0.45911	2.3487	0.089309
Tratamiento	3	1.03839	0.34613	1.7707	0.170723
Error	35	6.84151	0.19547		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 22. Análisis de varianza para el incremento en Área Basal por árbol en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.000006	0.000002	0.33027	0.803477
Tratamiento	3	0.000038	0.000013	1.93898	0.141282
Error	35	0.000228	0.000007		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 23. Análisis de varianza para el incremento en Área Basal hectárea en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	14.813	4.938	0.05804	0.981345
Tratamiento	3	28.636	9.545	0.11220	0.952392
Error	35	2977.509	85.072		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 24. Análisis de varianza para el incremento en volumen promedio por árbol en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	0.000270	0.000090	0.58001	0.632043
Tratamiento	3	0.000735	0.000245	1.57614	0.212550
Error	35	0.005437	0.000155		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 25. Análisis de varianza para el incremento en volumen por hectárea en cada uno de los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Bloque	3	266.0	88.7	0.04933	0.985259
Tratamiento	3	2509.6	836.5	0.46548	0.708216
Error	35	62898.6	1797.1		

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de Cuadrados; CM= Cuadrados medios; F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.