

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Comparación de la Proporción de Madera Tardía en Dos Áreas Semilleras de *Pinus arizonica* Engelm. en el Estado de Chihuahua

Por:

**JOSÉ LUIS PÉREZ DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Comparación de la Proporción de Madera Tardía en Dos Áreas Semilleras de *Pinus arizonica* Engelm. en el Estado de Chihuahua

Por:

**JOSÉ LUIS PÉREZ DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada



M.C. José Anisetó Díaz Balderas

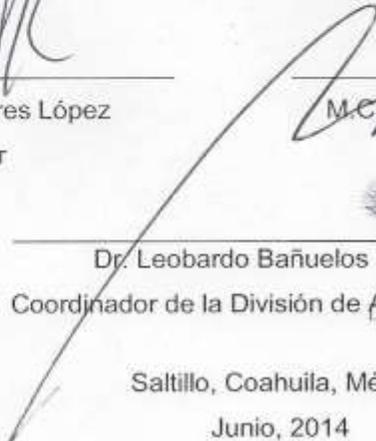
Asesor Principal



Dr. Celestino Flores López  
Coasesor



M.C. Héctor Darío González López  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2014

Esta tesis ha sido apoyado por el Proyecto de “Aproximación molecular para la evaluación genética de áreas productoras de semillas y de conservación en especies del genero *Pinus*” con clave176167, a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López participante y coordinador de la zona Norte del proyecto.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Por darme la oportunidad de vivir y la luz para guiarme por el buen camino a lo largo de mi vida.

### **A mi Madre con mucho amor y cariño: Georgina Díaz García**

A mi Madre que es el ser más maravilloso de todo el mundo, gracias por el apoyo moral, el cariño y la comprensión que desde pequeño me ha brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles. Me enseñaste que la humildad y el respeto son un tesoro invaluable, porque siempre fuiste una madre tan padre en todo momento.

### **A mis hermanos(a): Marco Antonio, Erika Magali y Hugo Arbey**

Por sus palabras de aliento que me motivaron en el transcurso de mi formación profesional.

Pero gracias principalmente por ayudarme a terminar mi Carrera Profesional que representa para mí la mejor de las herencias.

### **A mis abuelos: Antonio Díaz Álvarez y Natividad García López (†)**

Por todos sus sabios consejos que me han dado, alentándome para lograr cada una de mis metas de mi vida.

### **A mis amigos (as)**

De los que guardare lindos recuerdos: Ana Abel Martínez Guevara, Migdalia yerandi Barrios Guzmán, Ilse Iturbide Andrés, Concepcion Domínguez Benítez, Alejandra Luna Jiménez, María Del Pilar Estrada García, Gabriel Eduardo Cervantes Ángel, Rodrigo Montoya Vázquez, Juan Hernández Pachuca, Lose Luis De la Cruz García, Leonel Domínguez Ríos, Santos Cruz Ortiz.

## AGRADECIMIENTOS

A mi "**Alma Mater**", la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas de sus instalaciones para que yo pudiera formarme profesionalmente.

Al **Departamento Forestal** de la Universidad y a todo el personal del Programa Docente que en él labora por sus conocimientos transmitidos y que sin duda serán una herramienta básica en mi ámbito laboral.

De manera muy especial al **M.C. José Aniseto Díaz Balderas**, por su amistad, apoyo, confianza, disposición de tiempo y paciencia necesaria durante la realización de este trabajo.

Al **Dr. Celestino Flores López**, por su amistad, y valiosas aportaciones para mejorar este trabajo, además de su apoyo brindado para cubrir los gastos en la toma de datos.

Al **M.C. Héctor Darío González**, por colaborar en la revisión de este trabajo, sus consejos, sugerencias y correcciones.

Al **Dr. Jorge Méndez González**, por su amistad, apoyo y consejos para lograr una meta más en mi vida.

Al **Ing. Gil Cabrera**, por su apoyo y amistad brindada

A la **T. A. Angélica Martínez Ortiz**, por su gran apoyo y confianza en el trabajo de laboratorio

Al **C. Juan Hernández Pachuca**, en la recolección de muestras, que sin ello este trabajo no se hubiese llevado a cabo.

A **mis amigos**, No acabaría de mencionarlos uno por uno; de los que ya no están, de los que hoy están aquí y de los que me han de admitir:

A cada uno de mis compañeros de la generación CXVII por compartir estos cinco años en los que viví momentos muy gratos de los que guardare lindos recuerdos.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	3
1.1.1 Objetivo general .....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
1.2 Hipótesis .....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Descripción de la especie <i>Pinus arizonica</i> Engelm. ....	4
2.1.1 Descripción .....	4
2.1.2 Ecología .....	4
2.1.3 Suelos .....	5
2.1.4 Precipitación y temperaturas .....	5
2.1.5 Distribución .....	5
2.1.6 Característica y uso de la madera .....	6
2.2 Factores que afectan la formación de la madera.....	6
2.3 Cortas intermedias .....	7
2.3.1 Los aclareos .....	7
2.3.2 Limpias.....	8
2.3.3 Corta de liberación .....	8
2.3.4 Corta de mejora.....	8
2.3.5 Cortas de recuperación .....	9
2.3.6 Poda.....	9
2.4 Efecto de aclareos en las variables dasométricas .....	9
2.4.1 Diámetro .....	9
2.4.2 Área basal (AB) .....	11

2.4.3	Altura.....	11
2.4.4	Volumen.....	13
2.4.5	Densidad de la madera .....	14
2.4.5.1	Importancia de la densidad de la madera.....	14
2.4.6	Proporción de madera temprana y tardía.....	16
2.5	Propiedades de la madera.....	17
2.5.1	Propiedades básicas .....	17
2.5.2	Propiedades físicas .....	17
2.5.3	Propiedades mecánicas .....	18
2.6	Anillos de crecimiento .....	18
2.6.1	Formación de los anillos .....	18
2.6.2	Ancho de anillos .....	19
2.6.3	Relación entre el ancho del anillo y densidad básica .....	20
2.6.7	Porcentaje de madera tardía y densidad básica.....	20
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1	Descripción del área de estudio .....	22
3.1.1	Suelos .....	22
3.1.2	Clima.....	23
3.1.3	Vegetación.....	23
3.2.	Antecedentes de las áreas de estudio .....	24
3.3	Metodología del estudio.....	25
3.3.1	Trabajo de campo .....	25
3.3.2	Trabajo de laboratorio .....	26
3.3.3	Medición de anillos.....	26
3.3.4	Procesamiento de datos y análisis estadístico .....	27
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1	Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov de la proporción de madera tardía (PMTD) para el área Nicolás Bravo y El Ranchito .....	30
4.2	Proporción de madera tardía (PMTD) promedio por año en Nicolás Bravo y El Ranchito .....	33

4.2.1 Proporción de madera tardía (PMTD) promedio por año y por área semillera.....	40
4.2.2 Proporción de madera tardía (PMTD) por clases de edad en el área de Nicolás Bravo y El Ranchito.....	46
4.5 Ancho de madera temprana por año en Nicolás Bravo y El Ranchito .....	49
4.6 Ancho de madera tardía por año en Nicolás Bravo y El Ranchito .....	52
4.7 Incremento corriente anual en diámetro (ICA) por clases de edad en el área de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	56
5 CONCLUSIONES.....	59
6 RECOMENDACIONES .....	60
7 LITERATURA CITADA.....	61
8 ANEXOS.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la sección longitudinal del fuste. Klepac (1983).....	19
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en el Estado de Chihuahua, México .....	22
Figura 3. Medición de la proporción de la madera A = ancho de la madera temprana B = ancho de la madera tardía .....	27
Figura 4. Distribución no estándar de los datos de proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua. ....	31
Figura 5. Distribución estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua. ....	31
Figura 6. Distribución no estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Madera, Chihuahua .....	32
Figura 7. Distribución estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua.....	33
Figura 8. Proporción de madera tardía promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México. ....	36
Figura 9. Proporción de madera tardía promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México .....	37

Figura 10. Proporción de madera tardía promedio para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida .....	38
Figura 11. Proporción de madera tardía promedio para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. del área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida .....	39
Figura 12. Proporción de madera tardía promedio para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. del área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	41
Figura 13. Proporción de madera tardía promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	42
Figura 14. Proporción de madera tardía por clases de edad para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	47
Figura 15. Proporción de madera tardía para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clases de edad en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	48
Figura 16. Ancho de madera temprana promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida .....	49
Figura 17. Ancho de madera temprana promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida .....	50

Figura 18. Ancho de madera tardía promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida.....	53
Figura 19. Ancho de madera tardía promedio por año para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida.....	55
Figura 20. Incremento corriente anual (ICA) en diámetro para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clase de edad en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua. ....	56
Figura 21. Incremento Corriente Anual (ICA) en diámetro para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clases de edad para el área semillera de El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	34
Cuadro 2. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para la proporción de madera tardía por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	34
Cuadro 3. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	36
Cuadro 4. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía de Nicolás Bravo siete años antes y siete años después de establecida el área semillera .....	38
Cuadro 5. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía en el área semillera El Ranchito siete años antes y siete años después de establecida el área semillera .....	39
Cuadro 6. Análisis factorial ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	40
Cuadro 7. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía para las localidades de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	40
Cuadro 8. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la proporción de madera tardía por año y localidad para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito .....	43

Cuadro 9. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para la proporción de madera tardía en <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clases de edad para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua.....	46
Cuadro 10. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de la proporción de madera tardía por clases de edad para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	46
Cuadro 11. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía por clases de edad para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	47
Cuadro 12. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera temprana del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida .....	49
Cuadro 13. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera temprana del área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida .....	50
Cuadro 14. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida .....	52
Cuadro 15. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el ancho de madera tardía por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	52
Cuadro 16. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía del área semillera El Ranchito, Madera, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida .....	54

Cuadro 17. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el ancho de madera tardía por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	54
Cuadro 18. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) en diámetro para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clases de edad para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua .....	56
Cuadro 19. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) en diámetro para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por clases de edad para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua .....	57
Cuadro 20. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) por clases de edad para El Ranchito.....	58

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos áreas semilleras de *Pinus arizonica* Engelm. del Estado de Chihuahua, denominadas Nicolás Bravo y El Ranchito en los municipios de Madera y Bocoyna respectivamente; el objetivo fue comparar la proporción de madera tardía (PMTD) y el incremento corriente anual (ICA). Se seleccionaron 33 árboles en área semillera de Nicolás Bravo y 32 en el área de El Ranchito, se tomaron muestras de madera a 1.30 m de altura del fuste con un Taladro de Pressler, se midió el ancho de la madera temprana y el ancho de la madera tardía y con ello se determinó la PMTD; el ICA se determinó midiendo los anillos de crecimiento en las muestras de madera. Los datos de PMTD, ancho de madera temprana y ancho de madera tardía e ICA se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño experimental completamente aleatorio, mientras que para la comparación de PMTD e ICA promedios entre áreas semilleras, se utilizó un ANOVA factorial, ambos con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ ; en los casos en que el ANOVA mostró diferencias significativas, se realizó un análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Los resultados encontrados para la PMTD promedio por año en el área de Nicolás Bravo mostró que hay diferencias altamente significativas ( $P=0.0000$ ) entre los años 1966 y 2004; mientras que para el área El Ranchito la PMTD no mostró diferencias significativas ( $P=0.932401$ ). Dentro de los resultados del ICA el área semillera de Nicolás Bravo no mostró diferencias significativas ( $P=0.297622$ ); por otra parte en el ICA en diámetro para el área El Ranchito mostró diferencias altamente significativas ( $P=0.000121$ ) en la clase de edad de 75 y 50 años. En el análisis ANOVA factorial de la PMTD promedio por año entre localidades mostró diferencias significativas ( $P=0.013677$ ) donde el área El Ranchito presentó la menor PMTD promedio por año respecto al área de Nicolás Bravo en los años de 1967 y 2004 respectivamente.

### Palabras claves

*Pinus arizonica*, áreas semilleras, proporción de madera tardía, incremento corriente anual.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in two areas semilleras of *Pinus arizonica* Engelm. of the State of Chihuahua, denominated Nicolás Bravo and El Ranchito in the Madera municipalities and Bocoyna respectively; the objective was to compare the late wooden proportion (PMTD) and the annual average increment (ICA). 33 trees were selected in area semillera of Nicolás Bravo and 32 in the area of El Ranchito, they took wooden samples to 1.30 m of height of the shaft with a Drill of Pressler, it was measured the width of the early wood and the width of the late wood and with the PMTD it was determined it; the ICA was determined measuring the rings of growth in the wooden samples. The data of PMTD, wide wooden early and wide wooden late and was ICA analyzed by means of a variance analysis (ANOVA) under a totally random experimental design, while for the comparison of PMTD and ICA averages among areas semilleras, was a factorial ANOVA used, both with a significance level of  $\alpha=0.05$ ; in the cases in that the ANOVA showed significant differences, was he/she carried out an analysis of comparison of stockings through the test of Tukey ( $\alpha=0.05$ ). The opposing results for the PMTD average per year in Nicolás Bravo area it showed that there are highly significant differences ( $P=0.0000$ ) among the years 1966 and 2004; while for the area El Ranchito the PMTD didn't show significant differences ( $P=0.932401$ ). Inside the results of the ICA Nicolás Bravo area semillera didn't show significant differences ( $P=0.297622$ ); on the other hand in the ICA in diameter for the area El Ranchito showed highly significant differences ( $P=0.000121$ ) in the class of age of 75 and 50 years. In the analysis factorial ANOVA of the PMTD average per year among towns showed significant differences ( $P=0.013677$ ) where the area The Ranch the smallest PMTD average presented per year regarding Nicolás' area Well done in the years of 1967 and 2004 respectively.

### Key words

*Pinus arizonica*, areas semilleras, late wooden proportion, I increase current yearly.

## 1 INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo un programa de mejoramiento genético se deben involucrar dos fases; mejoramiento genético y tecnología de la madera (Zamudio, 2002). Una alternativa para el alcance de la primera fase es el establecimiento de rodales y áreas semilleras donde se obtendrán una producción masiva de semilla mejorada con el objetivo de incrementar, en lo posible la producción y el mejoramiento de la calidad de madera (Flores, 1987).

La disciplina que se involucra en la fase de mejoramiento genético es la silvicultura (Zamudio, 2002), sin embargo las prácticas silviculturales que influyen en la calidad de madera son el espaciamiento, la poda, la competencia, la calidad de sitio, etc. La anatomía de la madera influye en la toma de decisiones sobre la oportunidad e intensidad de tales prácticas, dependiendo esto del tipo de producto a obtener (Giménez *et al.*, 2005).

Debido a que la calidad de la madera es dependiente de las propiedades como la densidad básica y ancho de los anillos, el estudio de dichas propiedades define para qué propósitos se destinará la madera a obtener.

La información existente sobre efectos de aclareos en la calidad de la madera, en términos de densidad y su relación con las proporciones de madera temprana y madera tardía en los anillos de crecimiento es escasa. Tampoco existe suficiente información disponible en relación a la duración de los efectos del aclareo sobre las características anteriores (Hernández *et al.*, 1996). Debido a que la formación y crecimiento de la madera puede verse influenciada por diversos factores (Creber y Chaloner, 1984); ya que se ha encontrado que existe una relación inversamente proporcional entre ancho de los anillos de crecimiento y la densidad básica de madera (García, 2005).

Dentro de su área de distribución *Pinus arizonica* presenta potencial a repoblarse forma natural; sin embargo se desconocen aspectos silvícolas que lo condicionan (Chacón *et al.*, 1998).

El uso es muy variado debido a que es una madera muy apreciada, de calidad y uniforme en su característica anatómica y fácil de trabajar es considerada una especie muy prometedora en plantaciones comerciales (Pérez y Olvera, 1981).

No existen estudios suficientes relacionados al conocimientos de las propiedades, características de crecimiento, adaptabilidad y resistencia de la especie (Canul, 2005); es por eso que se destaca la importancia del presente estudio sobre la proporción de madera tardía e incremento corriente anual (ICA) en *Pinus arizonica* dentro de dos áreas semilleras en el Estado de Chihuahua.

El estudio consistió en extraer una viruta con la ayuda de un taladro de Pressler para cada árbol dentro del área semillera. La primera área se encuentra en el municipio de Madera, denominada Nicolás Bravo, donde se extrajo una muestra de 33 árboles; la segunda área se ubica en el municipio de Bocoyna, con el nombre El Ranchito, donde se extrajo una muestra de 32 árboles. Para cada muestra se midió el ancho total de cada anillo correspondiente a cada año, identificando el último anillo completo del 2011.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este estudio es analizar el comportamiento de la proporción de madera tardía y del incremento corriente anual (ICA) por año para cada área semilleras de *Pinus arizonica* Engelm.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Determinar la proporción de madera tardía por grupo de edad y para cada área semillera

Calcular el incremento corriente anual por clase de edad en las áreas semilleras.

## 1.2 Hipótesis

Las hipótesis propuestas para este trabajo son:

Ho: No hay diferencia en la proporción de madera tardía por año e incremento corriente anual (ICA) de las áreas semilleras.

Ha: Hay diferencia en la proporción de madera tardía por año e incremento corriente anual (ICA) en al menos un área semillera.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción de la especie *Pinus arizonica* Engelm.

#### 2.1.1 Descripción

Es un árbol con alturas de 25 a 35 m y diámetros mayores de 100 cm; fuste recto, copa densa y piramidal en árboles jóvenes y redondeada en árboles maduros. La corteza en árboles maduros es gruesa, con profundas fisuras que forman placas largas e irregulares de color café rojizo (Perry, 1991).

Para su identificación se debe considerar lo siguiente; presenta una semilla con ala bien desarrollada, hojas en fascículos de tres agujas y en ocasiones de cuatro y cinco; de 12 a 22 cm de largo, erguidas, rígidas, agrupadas al final de las ramitas, estomas presentes en las superficies dorsal y ventral, márgenes finamente aserrados, de cinco a diez canales resiníferos medios. Las vainas son de color café, persistentes de 15 a 20 mm de largo. Las yemas de los conos son largamente ovoides y acuminadas, crecen solitarios o en grupos de dos o tres en pedúnculos cortos, cúspide cenicienta con espinita recurvada (Perry, 1991; Favela, 1996).

Los conos son ovoides a cónicos, simétricos, erguidos o ligeramente reflejados, de 5 a 9 cm de largo, color morenos oscuro con tinte rojizo, ligeramente lustrosos y con resina ambarina en algunos casos. Tienen pedúnculos fuertes de 10 mm de largo, ocultos en las escamas basales (Perry, 1991; Favela, 1996).

#### 2.1.2 Ecología

Eguiluz Piedra (1982) menciona que la distribución altitudinal para esta especie varía de 1700 a 2650 metros sobre el nivel del mar. En el lado de la Sierra Madre Occidental, en su porción correspondiente a Chihuahua y Sonora se ostenta amplias extensiones de pinares, sobre todo entre 1800 y 3000 m. s. n. m.; en este rango las

especies más abundantes son *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* asociadas con *P. ponderosa*, *Quercus spp.*, *Arbutus spp.*, *P. chihuahuana*, *P. durangensis*, *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea*. Mientras que para el lado de la Sierra Madre Oriental *Pinus arizonica* se encuentra asociados con *Pinus patula* Shiede & Deppe y especies de *Quercus*, al Poniente de La sierra Madre Oriental entre Rio Verde y San Luis Potosí, a una altitud de 1500 a 2500 m (Rzedowski, 1983).

### 2.1.3 Suelos

*P. arizonica* suele encontrarse en suelos profundos y bien drenados (Perry, 1991). Sin embargo se han observado en suelos superficiales y rocosos, derivados de andesitas y conglomerados andesíticos, así como también de granito y riolita (Eguiluz Piedra, 1978; Perry, 1991).

### 2.1.4 Precipitación y temperaturas

La precipitación favorable para la especie de *Pinus arizonica* va de 400 a 1000 mm y temperaturas extremas de -23 a 40°C (Perry, 1991).

### 2.1.5 Distribución

Se distribuye naturalmente en las Sierras Madre Occidental y al norte de la Oriental desde los 22°30' hasta los 31°05' de latitud norte. Se encuentra en el sur este de Arizona y el sur oeste de Nuevo México en los Estados Unidos; en México a través de la Sierra Madre Occidental en el noreste de Sonora, oeste de Chihuahua y el este de Sinaloa y Durango (Perry, 1991).

Crece en rodales abiertos de la Sierra Madre Occidental desde Sonora hasta Durango. Probablemente considerada una de las especies que forma rodales puros de mayor extensión al igual que *P. hartweggi*, *P. engelmannii*, *P. durangensis*, *P.*

*oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. patula*, sin ser necesariamente una especie con mayor distribución estatal (Eguiluz Piedra, 1982).

#### 2.1.6 Característica y uso de la madera

El uso es muy variado debido a que es una madera muy apreciada, de calidad y uniforme en su característica anatómica y fácil de trabajar. Se utiliza la madera aserrada para postes de líneas de transmisión, cajas para empaque, durmientes, celulosa y papel, chapa, triplay y tableros de partículas, construcción, muebles, decoración de interiores, closets, lambrin y duela, puertas, persianas y molduras, madera para pirograbar, cuadrados para mangos, lomos para cepillo y cajas para productos hortícolas y es considerada una especie muy prometedora en plantaciones comerciales (Pérez y Olvera, 1981). Siendo Chihuahua y Durango, los principales productores de madera de esta especie a nivel nacional (Elizondo, 2005).

#### 2.2 Factores que afectan la formación de la madera

La formación de la madera puede verse influenciada por diversos factores. Un factor importante es el clima, que determina el nivel de agua en los árboles, la duración del crecimiento estacional y la temperatura ambiental. El clima es producto de la altitud, la radiación solar y la ubicación geográfica de sitio; en relación con los factores internos del árbol como la fotosíntesis, fotoperiodo, factores genéticos y reguladores del crecimiento, intervienen de manera importante en el crecimiento y formación de la madera (Creber y Chaloner, 1984).

La variabilidad de los elementos estructurales de la madera y sus propiedades físico-mecánicas, reconoce diversas fuentes que abarcan las variaciones originadas por razones geográficas, así como las variaciones entre y dentro de individuos (Giménez *et al.*, 2005).

Melandri *et al.* (2007) menciona que existe una relación entre la edad del árbol y el número de anillos, así como entre el clima y el ancho de anillos, dado que el crecimiento de las plantas es afectado por condiciones del medio ambiente.

Además puede estar influenciada por los siguientes factores según Jayawickrama (1992):

1. Factores genéticos: procedencias/fuentes de semilla, árboles individuales.
2. Factores de sitio: área geográfica, sitios dentro de una misma región, clima, disponibilidad de humedad en el suelo, temperatura.
3. Factores silviculturales: establecimiento de plantaciones, régimen de elementos nutritivos y fertilización, espaciamiento, raleo y podas.

## 2.3 Cortas intermedias

### 2.3.1 Los aclareos

Para Hawley y Smith (1972) consideran que los aclareos son cortas hechas con el fin de estimular el crecimiento de los árboles que restan y aumentar la producción total de la masa

Adicionalmente Armendáriz y Tena (2004) consideran que se realizan a lo largo del ciclo productivo, totalmente necesarias para el adecuado desarrollo de la masa arbolada que debe llegar a la corta final, evitando la excesiva competencia por la luz, agua, y nutrientes entre los árboles de una masa, favoreciendo su crecimiento en diámetro, eliminando árboles defectuosos como torcidos, bifurcados, dominados, secos o con heridas en el fuste presentes en la masa. De igual manera estos autores consideran que los aclareos se diferencian de las claras ya que estas son cortas de mejora en las que se obtiene madera con valor comercial y que persiguen rebajar gradualmente la densidad. Se extraen árboles más desfavorecido en su crecimiento,

que morirán antes de ser aprovechados, y evitando a su vez que compitan con los mejores formados y desarrollados.

### 2.3.2 Limpias

Corta realizada en un masa que no haya superado la edad de renuevo con el fin de liberar los árboles mejores de los indeseables de la misma edad que le recubren o pueden llegar hacerlo (Hawley y Smith, 1972). Esto con el propósito de liberar a una especie de la dominancia (Daniel *et al.*, 1982).

### 2.3.3 Corta de liberación

Corta realizada para liberar una masa joven de la competencia de individuos más viejos que la recubren y que no haya superado la fase de renuevo, (Hawley y Smith, 1972).

Sin embargo Daniel *et al.* (1982) mencionan que la corta de liberación se hace cuando los individuos de la especie deseada se encuentran en el estadio de plántulas o menores y se diferencia de la limpieza por el hecho de que los árboles eliminados pertenecen a una clase de edad superior. El objetivo que se persigue es liberar el sotobosque.

### 2.3.4 Corta de mejora

Corta realizada en una masa después de la fase de renuevo con el fin de mejorar la composición y la calidad, extrayendo árboles de especies o estado indeseable del vuelo principal (Hawley y Smith, 1972).

Una corta de mejoramiento se realiza en rodales de edad uniforme o no uniforme, en los cuales los árboles liberados tienen ya las dimensiones correspondientes al estadio de árbol o son aún mayores. El propósito es liberar aquellos árboles que

mejoraran la composición, la forma y el crecimiento del rodal residual (Daniel *et al.*, 1982).

### 2.3.5 Cortas de recuperación

Corta hecha con la finalidad de extraer árboles muertos o dañados por diversos agentes perjudiciales. El objetivo de tales cortas es de obtener una cierta ganancia económica antes de que pierdan su posible valor (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982).

Sin embargo las operaciones realizadas con el propósito de evitar la formación de focos de infección tales como: insectos o de hongos desde los árboles perjudicados se denominan cortas de saneamiento (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982).

### 2.3.6 Poda

Corta en que las ramas de los árboles en pie se quitan con el fin de aumentar la calidad del producto final (Hawley y Smith, 1972). Mediante la poda se eliminan las ramas de los árboles maduros con madera libre de nudos (Daniel *et al.*, 1982).

## 2.4 Efecto de aclareos en las variables dasométricas

### 2.4.1 Diámetro

El crecimiento en diámetro es uno de los factores importantes sobre los cuales se puede ejercer un considerable control en los rodales. El efecto de un pequeño aumento en el número de árboles ocasiona una considerable reducción del diámetro promedio del rodal (Daniel *et al.*, 1982)

Según Klepac (1983) los factores que influyen tanto en el crecimiento e incremento del árbol en altura, también actúan en diámetro. Este incremento depende de la cantidad de reservas acumuladas por el árbol durante el año. Sin embargo el crecimiento e incremento en diámetro depende más del medio ambiente que el crecimiento e incremento en altura; dentro de ciertos límites el incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio, lo mismo sucede con la luz. El incremento anual en diámetro del árbol se ven reflejados en los anillos de crecimiento.

Espinoza *et al.* (1994) reportan que en respuesta al raleo, el crecimiento en diámetro de los árboles en todos los tratamientos se incrementó, mostrando diferencias significativas de las intensidades de raleo con el testigo y ninguna entre estos, cualquiera que sea el nivel de intervención. Sin embargo en todos los tratamientos el incremento medio anual en diámetro tiende a decrecer con la edad y en forma más marcada mientras mayor es el nivel de densidad.

Un estudio realizado por Armendáriz y Tena (2004) en áreas de *Pinus arizonica* bajo diferentes densidades producto de aclareos, obtuvieron como resultado que el arbolado alcanzó un incremento desde un centímetro de diámetro anual, detectándose que de los seis a los 12 años de edad el incremento fue favorable.

Armendáriz y Chacón (1999) señalan que para el caso del crecimiento en diámetro, cuando incrementa el desarrollo en altura se reduce el crecimiento en diámetro. En el análisis realizado el comportamiento del desarrollo diamétrico demostró un crecimiento medio anual de un centímetro, mostrando los mayores crecimientos de los cinco a los ocho años de edad (5.5 cm) y una reducción, de los ocho a los once años, deduciendo que a esta edad se inicia una fuerte competencia entre individuos, donde la alta densidad de plantación (2500 árboles/ha) influye de manera directa.

#### 2.4.2 Área basal (AB)

Romahn *et al.* (1994) definen al área basal como el área de la sección transversal tomada a 1.30 m de altura en un fuste, o sea a la altura del diámetro normal. Se mide a 1.30 m de altura y se calcula por  $AB=0.7854*d^2$  (Rivas, S/F).

Daniel *et al.* (1982) describen que el incremento del área basal es una medida de la capacidad que tienen los árboles o los rodales para la producción de elementos de xilema. Controlada por los factores genéticos, pero sufre también la influencia de todos los componentes bióticos físicos y químicos del ambiente.

La tasa de crecimiento del diámetro y por supuesto del área basal (AB) será determinada por el espacio de crecimiento de que dispone cada árbol. Debido a que los árboles compiten por el espacio para las raíces y la copa. Si algunos árboles son removidos, los otros pueden extender su sistema radicular y aéreo consiguiendo así una mayor cantidad de agua y sales minerales (Vásquez, 2001).

Espinoza *et al.* (1994) reportan que el crecimiento en área basal tiende a decrecer a medida que la intensidad del raleo aumenta. Demostrando que el nivel de raleo más suave (T4) y las parcelas sin raleo (T0) los que logran áreas mayores y significativamente superiores a las parcelas más severamente raleadas (T1 y T2).

#### 2.4.3 Altura

El incremento en altura se manifiesta en la primavera. Dura de dos a tres semanas, posteriormente decrece gradualmente y en algunas especies se interrumpe, mientras que en otras especies se presenta sin interrupción hasta septiembre u octubre. El aumento en altura en árboles individuales puede ser menor debido a un verano seco y frío, pero puede alargarse con un verano húmedo y caluroso. La variación en el incremento en altura en árboles individuales se debe probablemente a su diferente reacción al fotoperiodo (Klepac, 1983).

Daniel *et al.* (1982) mencionan que la altura es dependiente del suelo y el clima, excepto cuando la afecta la densidad del rodal. Este se ve afectado negativamente tanto por la presencia de rodales muy abiertos, como de rodales muy densos.

Un estudio realizado por Chacón *et al.* (1998) sobre el comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm. bajo diferentes coberturas, demostró que los crecimientos en altura se observaron entre las edades de 6 y 12 meses, en las coberturas más abiertas.

Armendáriz y Tena (2004) observaron que el crecimiento en alturas en *Pinus arizonica* a la edad de 17 años, presentó un promedio de 7.54 m de altura; obtuvieron un incremento anual de 0.44 cm, sin embargo por la competencia entre individuos tal vez sea una de las causas de que los árboles buscaran el desarrollo en este parámetro, influenciados por la búsqueda de luz y nutrientes.

Otro estudio realizado por Armendáriz y Chacón (1999) en la caracterización de una plantación de *Pinus arizonica* Engelm. el comportamiento en la altura manifestó un promedio anual de 0.33 cm, teniendo un crecimiento medio de 0.18 cm del primer año al séptimo y de los siete a los 16 años creció a 0.47 cm anuales. Indicando que a los siete años de establecida la plantación se presentó la competencia entre individuos y la planta acumula sus energías en el desarrollo de altura.

Un estudio realizado por Espinoza *et al.* (1994) evaluaron el efecto del raleo en el crecimiento de los árboles, con niveles de raleo como tratamientos que se describen a continuación: (T1) 400 árboles/ha, (T2) 600 árboles/ha, (T3) 800 árboles/ha, (T4) 1200 árboles/ha y (T0) 1550 árboles/ha testigo sin raleo. Reportando que al cabo de 6 años después de realizar el raleo, el crecimiento en altura no se ve afectada por la densidad. Excepto al tratamiento (T2) que muestra una altura promedio significativamente mayor al testigo (T0).

#### 2.4.4 Volumen

El incremento en volumen no solo consiste de la parte leñosa, sino también del follaje, frutos, sistema radicular, etc. Sin embargo una porción considerable se pierde a causa de la transpiración. Con los anterior se asume que el incremento total en volumen consiste de tres partes: La primera se refiere a la parte leñosa; la segunda, al follaje, semillas y frutos; la tercera a la parte que se pierde por medio de la transpiración (Klepac, 1983).

Daniel *et al.* (1982) mencionan que el volumen en pies cúbicos de un rodal es función de su área basal y su altura, mientras que el volumen de pies de tabla depende del diámetro promedio del rodal, el número de árboles por unidad de superficie y su altura, es decir si se quiere mejorar la producción en volumen, la manipulación silvícola debe de ser capaz de modificar uno o más de estos factores para favorecer el crecimiento.

Una investigación realizada por Velázquez y Román (1999) demostraron que la reducción del volumen con respecto al inicial por efecto del aclareo no supero el 35% y la condición estructural del rodal mejoró, las características fueron más uniformes y se redujo a cero la tasa de mortalidad del rodal. Confirmando que para los aprovechamientos subsecuentes, un rodal adecuadamente intervenido garantizara la cantidad y la calidad de los volúmenes deseados.

Espinoza *et al.* (1994) reportaron que las parcelas en contraste con el crecimiento en diámetro y al igual que el crecimiento en área basal, el crecimiento en volumen fue mayor en las parcelas testigo y moderadamente raleadas y menor en las parcelas fuertemente intervenidas.

#### 2.4.5 Densidad de la madera

La densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen. Por ser un material higroscópico la masa y volumen de la madera varía con el contenido de humedad. Es considerada una de las propiedades físicas más importantes, ya que está relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera (CORMA, S/F).

La densidad de la madera, con exclusión de agua es muy variable dentro y entre especies. La densidad de la mayoría de las especies cae entre aproximadamente 320 y 720 kg m<sup>-3</sup> (Simpson y Tenwolde, 1999).

Meza *et al.* (2005) mediante un estudio de las características tales como la proporción de madera tardía, longitud de traqueidas y densidad de la madera en una plantación de *Pinus patula*, encontraron que durante los primeros años, la densidad de la madera cerca del centro tienen un descenso gradual desde valores de 0.47 g cm<sup>-3</sup> en el primer año, hasta valores de 0.33 g cm<sup>-3</sup> a los 4 años de edad; señalan que las características estudiadas presentan un comportamiento radial típico al de las otras especies de coníferas, en particular del género *Pinus*.

Un estudio realizado por Goche *et al.* (2003) demostraron que los factores de calidad de estación y el aclareo no tuvieron influencia significativa sobre los valores encontrados en la densidad básica; mostrando valores de 0.45 y 0.44 g cm<sup>-3</sup> para una calidad de estación alta, antes y después del aclareo.

##### 2.4.5.1 Importancia de la densidad de la madera

Es uno de los parámetros de más frecuente utilización en la cuantificación de las plantaciones y la caracterización de sus propiedades. Se utiliza tanto en ambientes madereros como en la industria de la pulpa y papel; ya que tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final (madera aserrada,

calidad de pulpa para papel), su versatilidad se debe a que es un buen indicador de calidad y su determinación es sencilla y económica (Valencia y López, 2001; Núñez, 2003).

La densidad de la madera tiene gran importancia en programas de plantaciones forestales comerciales con mejoramiento genético forestal, por consiguiente presenta un patrón hereditario más o menos establecido y una alta heredabilidad, con un grado de variación suficiente y es factible de manipular genéticamente (Zobel y Talbert, 1988).

La densidad es una de las propiedades más importantes de la madera, por que influye y tiene relación directa con cada una de las propiedades físicas –mecánicas y químicas de este material (Díaz-Vaz, 1981; Carmona *et al.*, 1998).

De acuerdo con CORMA (2003) las diferencias de composición, entre especies y dentro de ellas, es la primera causa de la variación de la densidad. La densidad de la madera varía aún dentro del mismo árbol.

La estimación de la densidad básica de la madera de las especies arbóreas es un parámetro íntimamente relacionado con el aprovechamiento, mantenimiento y conservación de los bosques (García y Villers, 2005).

Los métodos prácticos para estimar la densidad según CORMA (2003) son:

1. Pesando un trozo de madera y determinando su volumen. Evitando madera con nudos, resina o corteza
2. Determinando la cantidad de madera de primavera. A mayor proporción de madera de verano, mayor densidad.
3. Velocidad de crecimiento por unidad de longitud, mayor densidad.

#### 2.4.6 Proporción de madera temprana y tardía

La madera temprana o de primavera se caracteriza por tener fibras anchas y de paredes finas y muchos vasos para la conducción de líquidos para la formación de la nueva copa. Una vez que todas las hojas están en su lugar, la planta sigue generando madera pero en este caso las fibras son de paredes más gruesas y los vasos menos abundantes para cumplir la función de sostén, es lo que se denomina madera tardía o de otoño (Núñez, 2005).

Díaz-Vaz (1981) señala que cada especie presenta formas de crecimiento diferente. La formación de madera juvenil es variable y de allí la importancia de su determinación, considerando que su presencia afecta las características de la mayoría de los productos a obtener.

Los cambios en sentido radial que la madera presentan, permite diferenciar los dos tipos de madera. Sin embargo, estos cambios son irregulares, lo que hace difícil la delimitación. La madera formada al inicio del periodo vegetativo (madera temprana) difiere de la madera tardía, formada al término del periodo anual; al respecto Creber y Chaloner (1984), señalan que el índice de madera tardía y madera temprana varía mucho con cada anillo.

Meza *et al.* (2005) reportan como resultado del estudio en la determinación de la de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* schl.et cham. Que la proporción de madera tardía fue relativamente baja durante los primeros cuatro años de crecimiento. Mostró un aumento gradual, hasta alcanzar de 32-33 % a los 13-14 años de edad, con un aumento promedio de alrededor de 2.4% por año y en los últimos años una mayor velocidad de cambio entre 6-8 % por año.

## 2.5 Propiedades de la madera

### 2.5.1 Propiedades básicas

Existen tres propiedades que se deben tener en cuenta cada vez que se hable de la madera; anisotropía, higroscopicidad y polaridad (Vignote y Jiménez ,1996) donde se define:

Anisotrópico: según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección de sus fibras y anillos de crecimiento (CORMA, S/F)

Higroscópico: tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente (CORMA, S/F).

Polaridad: tiene la afinidad con sustancias que también tengan esta cualidad como el agua, el disolvente, el barniz, adhesivos (Vignote y Jiménez ,1996).

### 2.5.2 Propiedades físicas

Son aquellas que determinan su comportamiento en el medio ambiente (CORMA, 2003); En muchos de los casos, más de una propiedad de la madera es importante para el producto, el valor de las propiedad de apariencia, tales como la textura, patrón del grano, o color, puede ser evaluada respecto a la influencia de características como el maquinado, estabilidad dimensional, o resistencia a la pudrición (Simpson y Tenwolde, 1999). Dentro de las propiedades físicas más importantes se encuentran: contenido de humedad, densidad, contracción y expansión de la madera, propiedades eléctricas, propiedades acústicas y propiedades térmicas (CORMA, S/F).

### 2.5.3 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas. Entendiendo por fuerza externa cualquier sollicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme. De acuerdo a esta capacidad serán los usos a que los materiales son destinados y las secciones transversales necesarias para asegurar una adecuada estabilidad estructural en las construcciones. (CORMA, S/F; CORMA, 2003).

### 2.6 Anillos de crecimiento

Cada anillo está constituido por madera de primavera, formada en el crecimiento que se produce al comenzar la estación y la madera de otoño que se forma al final del periodo (Rueda, 2014).

Giménez *et al.* (2005) definen a los anillos de crecimiento como representación anual en incremento, determinando la edad del árbol. Un análisis de los anillos de crecimiento, indicará si el árbol tuvo un crecimiento rápido (anillos bien espaciados), o lento (pequeño espacio entre anillos); aquellos años que han sido desfavorables para la planta (espesores menores), o más favorables (espesores mayores). La distribución de los anillos de crecimiento es una característica que permite una rápida apreciación de la clase y calidad de la madera.

#### 2.6.1 Formación de los anillos

El anillo de crecimiento consta de dos partes: leño de primavera que corresponde al crecimiento del árbol al inicio del periodo vegetativo, normalmente en primavera, época en que las plantas reinician su actividad vital con toda intensidad luego de un periodo de dormancia; presentan paredes delgadas, lumen grande y adquieren en conjunto una coloración clara. Al final del periodo vegetativo, normalmente el otoño, las células van disminuyendo su actividad vital y como consecuencia las paredes se

toman más espesas y sus lúmenes menores, tomando un aspecto más oscuro, constituyendo el leño de otoño o tardío (Giménez *et al.*, 2005).

Los límites entre anillos están formados por pequeñas células que forman la pared gruesa denominada madera tardía, formada al final de la temporada de crecimiento, y la temprana formada al principio temporada del cultivo, de paredes grandes y delgadas. Estos anillos se ven sobre todo en los árboles que crecen en zona templada, latitudes donde la actividad cambial cesa durante el invierno, lo que produce una correspondencia entre los anillos y años (Creber y Chaloner, 1984).

### 2.6.2 Ancho de anillos

Klepac (1983) menciona que el ancho de los anillos no es igual a lo largo del fuste. Los anillos de crecimiento son más anchos en la parte superior del fuste inmediatamente debajo de las primeras ramas, más abajo el ancho de los anillos decrece y en la base del árbol se ensancha otra vez, lo que le da a la porción inferior una forma especial (Figura 1).

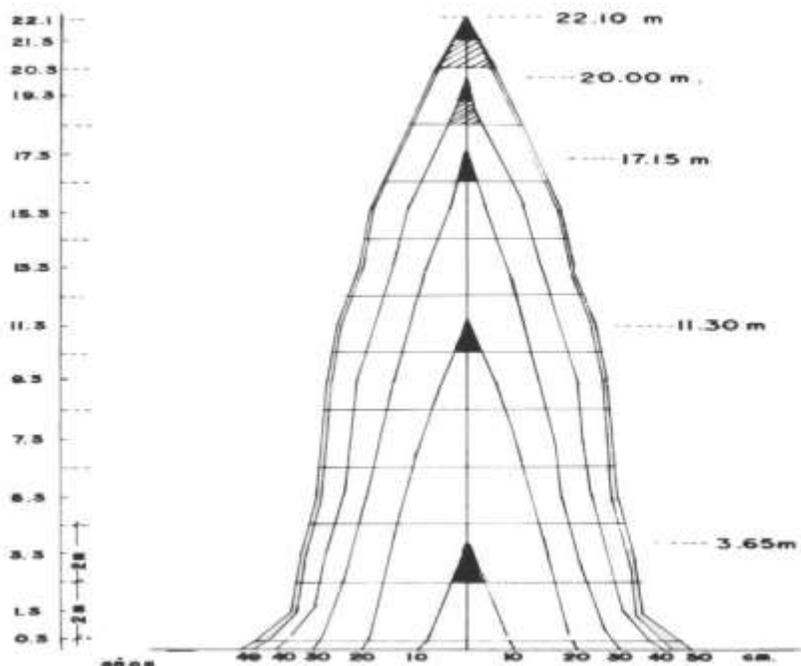


Figura 1. Esquema de la sección longitudinal del fuste. Klepac (1983)

El patrón general respecto al ancho del anillo tiende a disminuir de la médula a la corteza. Siendo el árbol y posición del anillo dentro del árbol quienes influyen directamente sobre el ancho del anillo. Mostrando una tendencia más o menos estable en los primeros anillos (Simpson y Denne, 1997; García, 2005).

### 2.6.3 Relación entre el ancho del anillo y densidad básica

Jain y Seth (1979) en su estudio sobre la variación de la densidad dentro de los anillos de crecimiento en *Pinus wallichiana* encontraron que en anillos normales la densidad básica incrementa casi linealmente a través del anillo, mostrando valores mínimos en la madera temprana y valores máximos en la madera tardía.

De acuerdo con los resultados de García (2005) al correlacionar el ancho de anillos y la densidad básica obtuvo una correlación de  $r = -0.17034$ , aun siendo muy pequeño entre ambas variables, la correlación es significativa y presenta una relación inversamente proporcional entre ancho de los anillos de crecimiento y la densidad básica de madera de *Pinus greggii*.

Goche (2007) considera que debido a la baja correlación existente entre la densidad básica y ancho de los anillos ( $r = -0.44519$  en la calidad de estación alta mientras que en la calidad de estación baja se obtuvo una de  $r = -0.07565$ ), el ancho de anillos no puede ser un indicador del comportamiento de la densidad básica.

### 2.6.7 Porcentaje de madera tardía y densidad básica

García (2005) menciona que el porcentaje de madera tardía con la densidad básica presenta una tendencia similar de incrementar a partir de la médula en dirección de la corteza. Mostrando una relación directamente proporcional entre ambas variables.

En el estudio realizado por Goche (2007) sobre la influencia de los aclareos en la densidad básica y ancho de anillos en dos calidades de sitio (alta y baja) de *Pinus patula*, encontró una correlación alta ( $r=0.7339$ ) para el sitio de mejor calidad, comparada con una correlación baja ( $r=0.2371$ ) para el sitio con menor calidad. Lo que indica que a mayor porcentaje de madera tardía se encuentran valores más altos de densidad.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el estado de Chihuahua en las áreas semilleras Nicolás Bravo, ubicada en las coordenadas 29° 28' 00" latitud norte y 108° 08' 00" longitud oeste dentro del municipio de Madera; mientras la otra área semillera denominada El Ranchito del municipio Bocoyna se encuentra en las coordenadas 27° 58' 30" latitud norte y 107° 47' 53" longitud oeste (Figura 2).

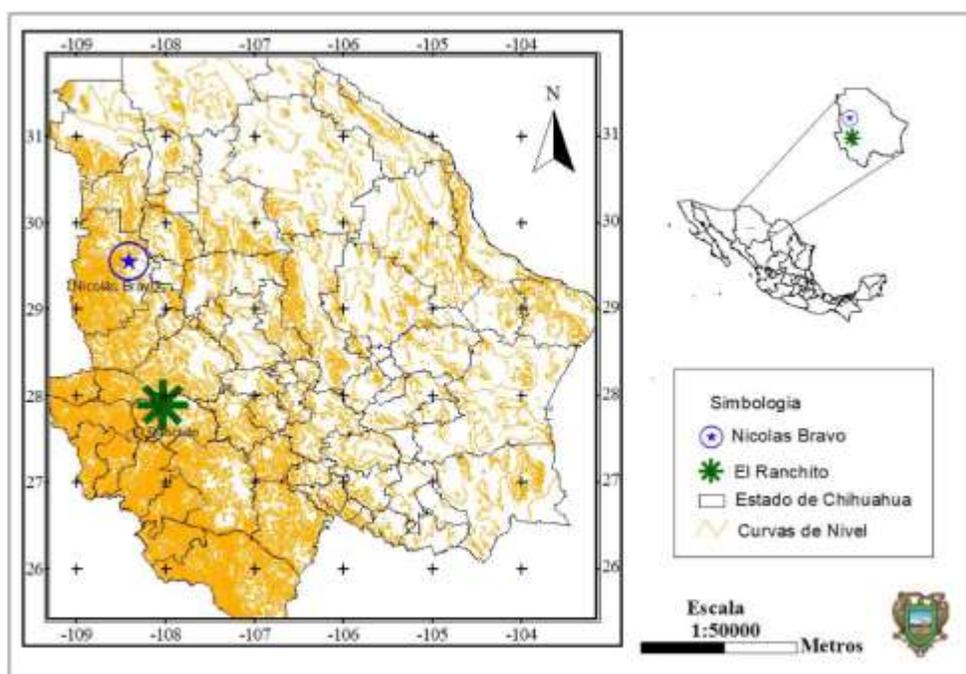


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en el Estado de Chihuahua, México

#### 3.1.1 Suelos

De acuerdo a un estudio realizado por CONAFOR-CONACYT (2012) el tipo de suelo que se presenta en el área de Nicolás Bravo es de tipo Feozem Haplico (PHh); mientras que para El Ranchito se tiene el tipo de suelo Leptosol (Lp).

### 3.1.2 Clima

El clima predominante para las dos áreas estudio y de acuerdo a la clasificación de Koopen modificada por García y CONABIO (1998), es Cb' (w2) (x'), corresponde al grupo de clima subhúmedo con verano fresco y prolongado de características semifrío; temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C, temperatura del mes más caliente de 22°C. La precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

### 3.1.3 Vegetación

La vegetación arbórea para el área El Ranchito, Bocoyna corresponde a bosque de coníferas y latifoliadas del género *Pinus*, *Juniperus* y *Quercus*, de los cuales se mencionan a continuación: *P. arizonica*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. leophylla*, *P. lumholtzii*; asociada con *fulva*, *rugosa*, *sideroxyla*, *Arbutus arizonica*, *Juniperus deppeana* y *ayacahuite*. En el estrato arbustivo y herbáceo se encuentran principalmente *Arctostaphylos pungens*, *Bouteloua gracilis*, *Pteridium*, entre otros (Armendáriz y Chacón, 1999; CONAFOR-CONACYT, 2012).

La vegetación para el área semillera de Nicolás Bravo municipio de Madera corresponde a un bosque de pino encontrándose las siguientes especies: *P. arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*. Siendo *P. arizonica* la especie más abundante, seguido por *P. durangensis*, y *P. engelmannii* y por ultimo *P. herrerae* y *P. douglasiana*. (Ortega y Orta, 2001; CONAFOR-CONACYT, 2012).

### 3.2. Antecedentes de las áreas de estudio

Debido a la degradación genética de los bosques en el Estado de Chihuahua por la extracción de los árboles de mejor calidad, dejando los peores como semilleros, propiciando la reducción de su rendimiento y baja calidad de la madera. Se decidió iniciar el programa de mejoramiento genético de los bosques en el Estado de Chihuahua. Involucrando especies de mayor valor comercial como son: *Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*. Cuyo objetivo específico es el establecimiento de una red de 30 o más áreas semilleras, así como de rodales semilleros (Flores, 1987).

La fecha de establecimiento para el área semillera de Nicolás Bravo, municipio de Madera fue en junio de 1989, mientras que para El Ranchito, municipio de Bocoyna fue en marzo del mismo año (Flores, 2014).

El tamaño de las áreas semilleras fueron variables, el mínimo fue de una hectárea de zona central y un máximo de cuatro hectáreas (Flores, 1987).

La forma de las áreas semilleras no necesariamente fueron rectangulares o cuadradas, sino irregulares con base a un sistema de cuadrícula de 25 x 25 m, formando figuras irregulares ya que eficientan el tamaño y siguen la forma del rodal, también facilitan delimitar dentro del rodal el arbolado de mejores características, que corresponde a la zona central (Flores, 1987).

Mediante el establecimiento de las áreas semilleras se llevó a cabo un aclareo selectivo dejando diferentes densidades en cada una de estas (Anexo 1).

Para la selección de especies se consideró que son de lento crecimiento, por lo tanto implica que el tiempo de fructificación sea más amplio. La edad de las áreas fue otro criterio a tomar en cuenta para el establecimiento, debido a que muchas de las áreas semilleras están conformadas por árboles muy viejos y no tienen vigor. Pero el hecho

es que en estas edades se tienen buen vigor de copa y excelente producción de conos, alcanzando una vida útil de las áreas semilleras mayor a 20 años (Flores, 1987).

Otro aspecto que se considero fue la densidad inicial ya que se mostraron similar: 51 árboles por hectárea, para el área de Nicolás Bravo y 52 árboles por hectárea, para el área El Ranchito (Anexo 1). Ya que afectaron el tiempo de la producción de semillas, sin embargo después del aclareo las áreas semilleras tardaron más de dos años para la producción de semillas (Flores, 1987).

### 3.3 Metodología del estudio

El presente estudio consta de cuatro etapas que son: trabajo de campo, trabajo de laboratorio, procesamiento de datos y análisis estadístico.

#### 3.3.1 Trabajo de campo

La obtención de las muestras se realizó para dos áreas en diferentes localidades de Chihuahua. La primer área denominada Nicolás Bravo, correspondiente al municipio de Madera, con una densidad de 51 árboles por hectárea; en el cual se extrajo una muestra de 33 árboles; la siguiente área se encuentra en el municipio de Bocoyna, denominada El Ranchito, la densidad para esta área semillera es de 52 árboles por hectárea en el cual se extrajo una muestra de 32 árboles.

El procedimiento consistió en extraer una viruta con la ayuda de un taladro de Pressler a la altura de pecho (1.30) para cada árbol dentro del área de estudio, cada muestra obtenida se colocó dentro de un tubete de plástico, mismo que fue identificado con la siguiente información: número de árbol, nombre del área, edad y número de anillos.

### 3.3.2 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio las muestras fueron introducidas dentro de un refrigerador para evitar su deshidratación durante su proceso. Además de ello se obtuvo la edad a partir del centro de la viruta, así también cada anillo se fecho a partir del último anillo completo, formando periodos para cada área de estudio. Estableciendo para el área de Nicolás Bravo un periodo que va desde 1958 al 2011, mientras que para el área de El Ranchito un periodo determinado de 1962 al 2011.

### 3.3.3 Medición de anillos

Se midió el ancho total de cada anillo correspondiente a cada año, identificando el último anillo completo del 2011. Para ello se utilizó un microscopio estereoscópico, al que se le adaptó al ocular una cámara fotográfica con resolución de 16 megapíxeles.

Se obtuvieron imágenes en formato jpg (Figura 3) a un acercamiento en el estereoscopio de 40x; para cada muestra se obtuvieron alrededor de 30 imágenes. La medición del ancho de los anillos se realizó en el programa Axionvision versión 4.8.2. Antes de comenzar con la medición se introdujo la escala correspondiente al acercamiento del estereoscopio, siendo de 0.003731 milímetros. Posteriormente se inició con la medición del ancho de anillo de madera temprana y madera tardía; para la determinación de la proporción de madera se dividió la longitud del anillo de madera tardía entre la longitud total del anillo. Siendo el mismo caso para la proporción de madera temprana. Los datos fueron capturados en Excel para realizar el análisis.

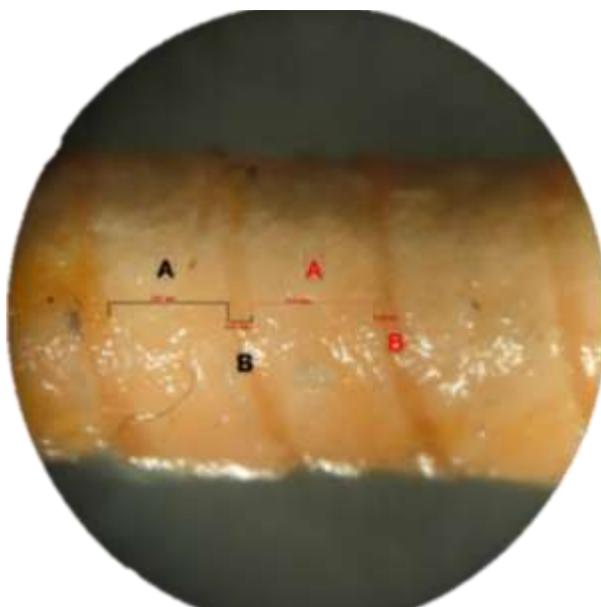


Figura 3. Medición de la proporción de la madera A = ancho de la madera temprana  
B = ancho de la madera tardía

#### 3.3.4 Procesamiento de datos y análisis estadístico

Se analizó el comportamiento de la proporción de madera tardía e incremento corriente anual (ICA) en diámetro dentro de cada área de estudio, esto con ayuda del programa Statistica versión 7.

Sin embargo antes de realizar el análisis de varianza se realizó una prueba de normalidad de la variable dependiente a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov con un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) donde el criterio para la toma de decisión entre las dos hipótesis es de la forma si ( $D \leq D_{\alpha}$ ) se acepta  $H_0$ : los datos siguen una distribución normal, sin embargo si ( $D > D_{\alpha}$ ) se rechaza  $H_0$ . Ya que para la aplicación válida de las pruebas de significancia en el análisis de varianza exige que los errores experimentales se distribuyan normal e independientemente con una varianza común (Steel y Torrie, 1995).

En los casos de que los datos no se ajustaron a una distribución normal, se procedió a realizar una transformación de la variable aplicando logaritmo base diez, como pudiese haber sido también a través de la raíz cuadrada y la angular o transformación arc-seno (Steel y Torrie, 1995).

Los datos de proporción de madera tardía por año y entre clases de edad, fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño experimental completamente aleatorio para cada localidad, considerando como variable dependiente la proporción de madera tardía y como variable independiente a cada anillo (año) de crecimiento y clases de edad. Cada árbol constituyó una repetición, es decir, que para el área de Nicolás Bravo fueron 33 repeticiones, mientras que para El Ranchito fueron 32 repeticiones.

El diseño experimental completamente aleatorio (DCA), está descrito por el modelo (Said y Zarate, 1990)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; \quad j=1, \dots, n_i, \quad i=1, \dots, t.$$

Los términos en la ecuación representan

$Y_{ij}$  = Respuesta en j-esima unidad experimental con el tratamiento i-esimo

$\mu$  = Media general, común a todas las unidades antes de aplicar los tratamientos.

$\tau_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental en la j-esima repetición del i-esimo tratamiento

Por otra parte se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar el incremento corriente anual (ICA) en diámetro dentro de cada localidad, con ayuda del diseño experimental completamente aleatorio, considerando como variable dependiente el incremento corriente anual (ICA) y como variable independiente las clases de edad.

De igual manera se realizó un ANOVA FACTORIAL ( $\alpha = 0.05$ ) para el análisis de proporción de madera tardía para las áreas semilleras y por año, en este caso considerando como variable dependiente la proporción de madera tardía y como variable independiente las localidades y años.

Una vez realizado el ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ) y en los casos que se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), se procedió a realizar un análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov de la proporción de madera tardía (PMTD) para el área Nicolás Bravo y El Ranchito

Los resultados obtenidos de la prueba de normalidad con un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) para el área de Nicolás Bravo, mostró que la hipótesis nula ( $H_0$ ) recae en la zona de rechazo en el que los datos no presentaron una distribución normal. El valor estadístico  $D = 0.07515$  se mostró mayor al nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) determinándose con ello que los datos no siguen una distribución normal como se muestra en la Figura 4.

Tomando en cuenta lo citado por Steel y Torrie (1995) en los casos de que los datos no se ajustaran a una distribución normal, se realizó una transformación, dado que para la aplicación válida de las pruebas de significancia en el análisis de varianza exige que los errores experimentales se distribuyan normales (Steel y Torrie, 1995).

Al realizar la transformación con logaritmo en base diez y hacer la prueba de normalidad con un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) con los datos obtenidos, se denota que la variable de PMTD resulta con un estadístico ( $D = 0.02583$ ), siendo aceptable la hipótesis nula ( $H_0$ ), de tal manera que los datos presentan ya una distribución normal (Figura 5).

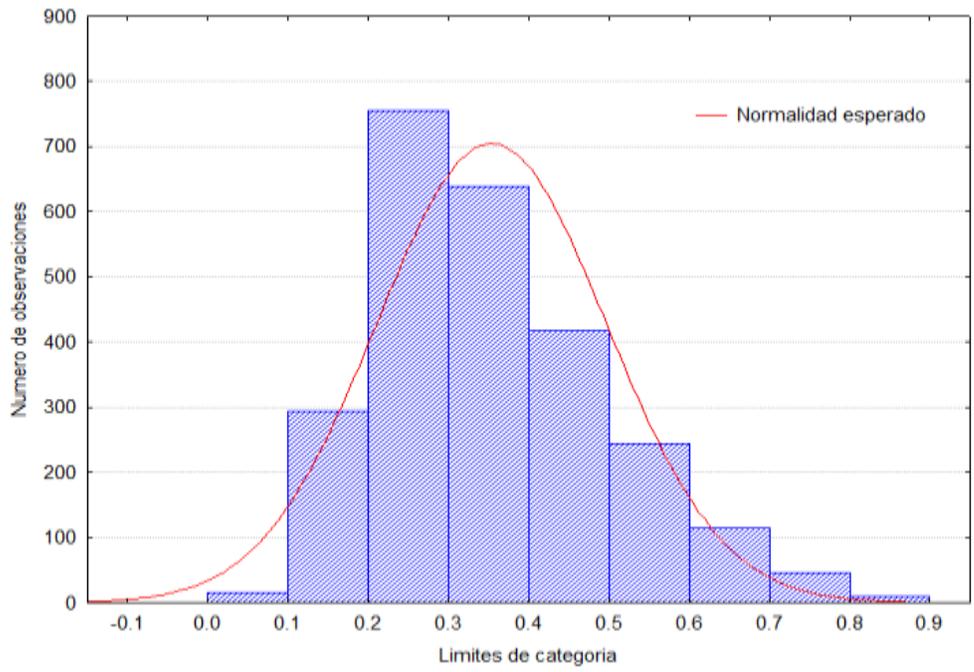


Figura 4. Distribución no estándar de los datos de proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua.

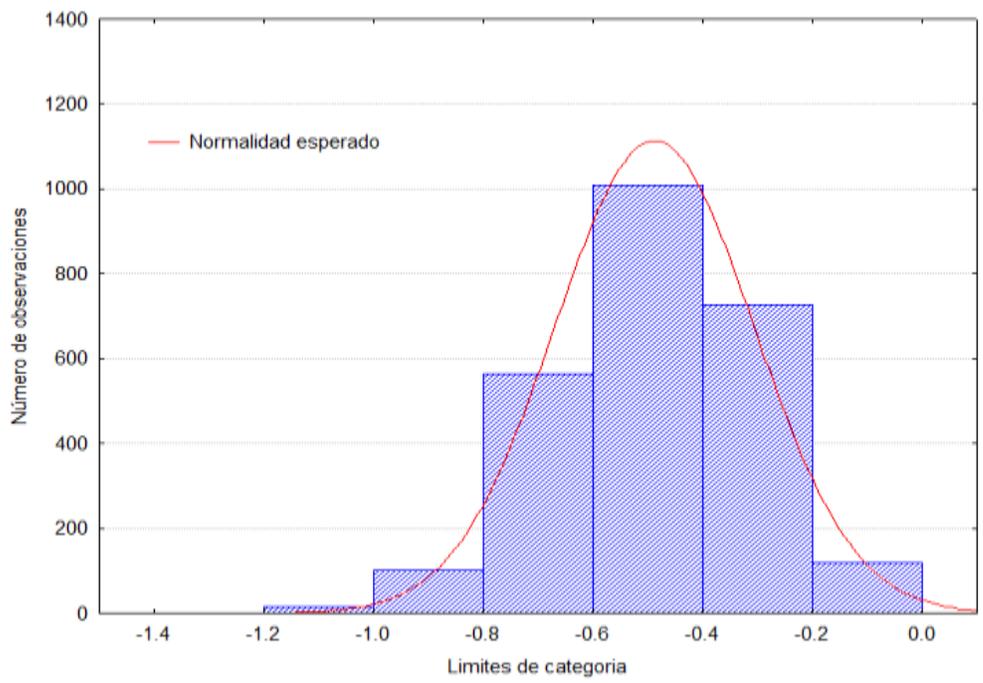


Figura 5. Distribución estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua.

Por otra parte la prueba de normalidad para el área El Ranchito con un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha= 0.05$ ), recae en la zona de rechazo, ya que los datos no presentan una distribución normal, debido a que el estadístico D mostró un valor igual a 0.06816 (Figura 6). Una vez realizado la transformación de los datos de PMTD, resultó un valor estadístico ( $D= 0.02583$ ), siendo aceptable la hipótesis nula ( $H_0$ ) de tal manera que los datos siguen ahora una distribución normal como se observa en la Figura 7.

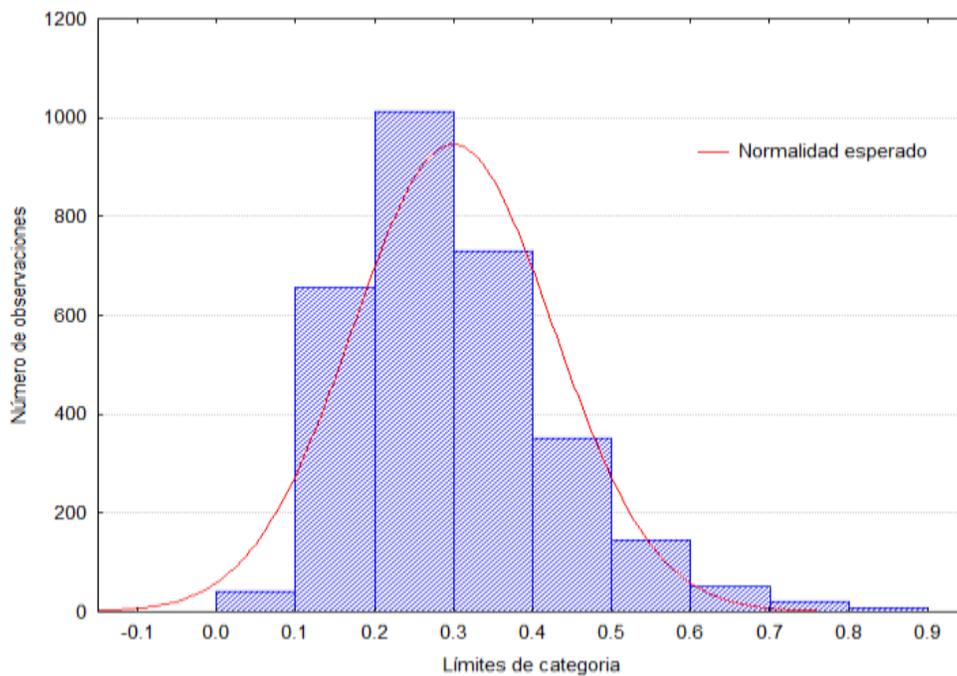


Figura 6. Distribución no estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Madera, Chihuahua

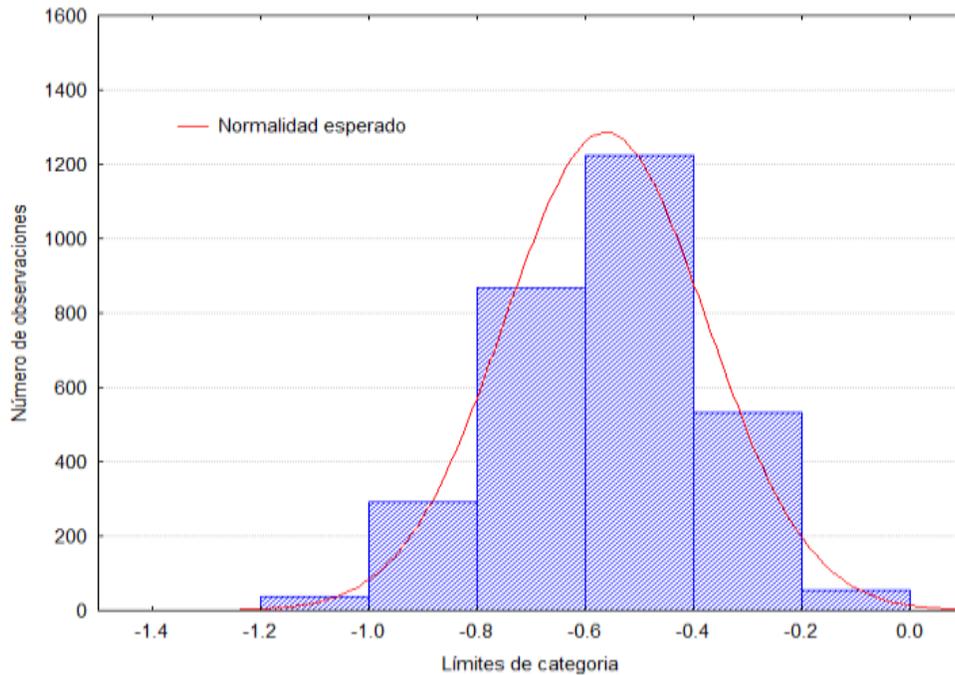


Figura 7. Distribución estándar de los datos de la proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

#### 4.2 Proporción de madera tardía (PMTD) promedio por año en Nicolás Bravo y El Ranchito

Los resultados encontrados por el análisis de varianza para PMTD promedio por año ( $\alpha= 0.05$ ) en el periodo 1962-2011 para la población de Nicolás Bravo, se encontró diferencias altamente significativas ( $P= 0.0000$ ; Cuadro 1). En el análisis de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ), mostró un grupo (1966, 1964 y 1974) donde la PMTD fue menor con medias de 0.3068, 0.3211 y 0.3238 respectivamente, siendo el año 1966 con menor PMTD (Cuadro 2); mientras que el año con PMTD más elevado fue el 2004, con un promedio de 0.475806.

Cuadro 1. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercep	247.6822	1	247.6822	13091.10	0.000000
Año	3.2705	49	0.0667	3.53	0.000000
Error	30.2718	1600	0.0189		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para la proporción de madera tardía por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

Años	Proporción de madera tardía (medias)	Agrupación Tukey*				
1966	0.306805	A				
1964	0.321137	A				
1974	0.323814	A				
1970	0.325455	A	B			
1963	0.328764	A	B			
1976	0.332850	A	B	C		
1969	0.334434	A	B	C	D	
1972	0.335089	A	B	C	D	
1968	0.336116	A	B	C	D	
1965	0.340975	A	B	C	D	E
1973	0.341044	A	B	C	D	E
1967	0.346721	A	B	C	D	E
1962	0.347306	A	B	C	D	E
1982	0.347725	A	B	C	D	E
1975	0.347880	A	B	C	D	E
1978	0.354539	A	B	C	D	E
1977	0.362573	A	B	C	D	E
1971	0.365639	A	B	C	D	E
1980	0.366765	A	B	C	D	E
1979	0.369481	A	B	C	D	E
1987	0.374566	A	B	C	D	E
1988	0.380031	A	B	C	D	E
1990	0.380643	A	B	C	D	E
1991	0.383393	A	B	C	D	E
2010	0.389264	A	B	C	D	E
1983	0.393867	A	B	C	D	E
1992	0.396450	A	B	C	D	E
2009	0.396765	A	B	C	D	E
2007	0.399819	A	B	C	D	E

1981	0.401051	A	B	C	D	E
1984	0.401149	A	B	C	D	E
1993	0.401584	A	B	C	D	E
2001	0.401999	A	B	C	D	E
1986	0.410711	A	B	C	D	E
1989	0.411676	A	B	C	D	E
1985	0.414572	A	B	C	D	E
1996	0.418002	A	B	C	D	E
2011	0.418115	A	B	C	D	E
1994	0.421622	A	B	C	D	E
1999	0.422018	A	B	C	D	E
2006	0.428890	A	B	C	D	E
2002	0.433585	A	B	C	D	E
1998	0.436032	A	B	C	D	E
2008	0.438517	A	B	C	D	E
1997	0.441663	A	B	C	D	E
2003	0.459586		B	C	D	E
1995	0.464367			C	D	E
2005	0.468966				D	E
2000	0.472219					E
2004	0.475806					E

\* Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ )

Al analizar la PMTD para los años de 1962 al 2011 se muestra una tendencia al aumento, como se aprecia en la Figura 8, observándose que para los años de 1962 a 1976 se presentan valores de PMTD debajo de la media, presentándose el valor más bajo en el año 1966 respecto a los demás. También se observan ligeros aumentos entre los años de 1995 a 2004, siendo este último el año donde mayor PMTD se presentó. Estas variaciones probablemente se deban a intervenciones realizadas en el año de 1989 en la que se estableció el área semillera, manifestándose en los años siguientes.

Esto concuerda con lo encontrado por De los Santos (2012) en su estudio efecto de preaclareos en la proporción de madera tardía en regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. en el Cerro del Potosí, Galeana, Nuevo León. Determinando que a un año de realizado el tratamiento se presentó menor proporción de madera tardía con una media de 0.2170, siendo el año 2010 con mayor proporción de madera tardía con

media de 0.3428; en el que consideró que los tratamientos aplicados afectaron la proporción de madera tardía.

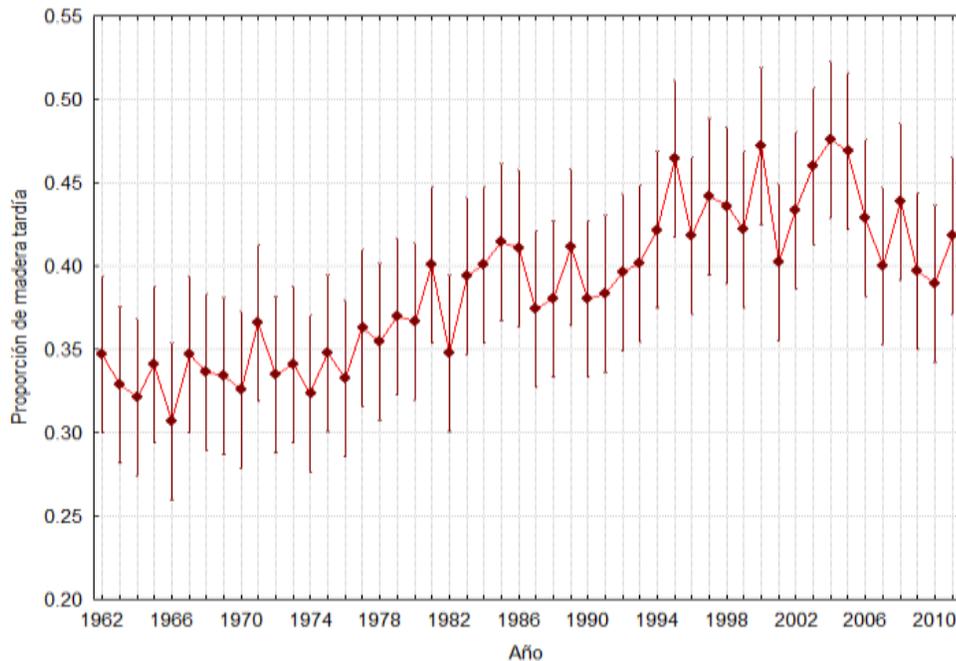


Figura 8. Proporción de madera tardía promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México.

Por otra parte el análisis de varianza realizado para el área El Ranchito sobre la PMTD promedio por año ( $\alpha= 0.05$ ) de 1958 al 2011, no se encontró diferencias significativas ( $P= 0.932401$ ; Cuadro 3). La PMTD en el año de 1983 mostró un valor de 0.295910, siendo este el año con menor PMTD, sin embargo se observa ligeros aumentos en la PMTD de los años 1958 a 2010. La tendencia que se presenta en el área semillera es constante pero, menos pronunciada que en el área de Nicolás Bravo como se observa en la Figura 9.

Cuadro 3. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercep	191.7589	1	191.7589	12049.36	0.000000
Año	0.6107	53	0.0115	0.72	0.932401
Error	26.6408	1674	0.0159		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

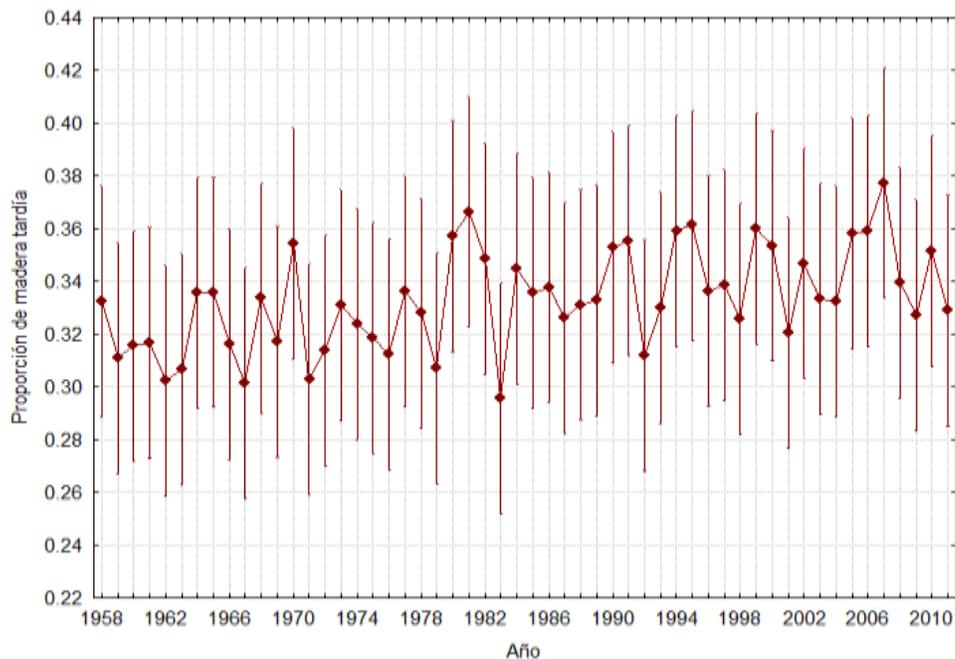


Figura 9. Proporción de madera tardía promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México

Sin embargo haciendo un análisis más puntual para la PMTD en el área semillera de Nicolás Bravo y tomando como referencia el año de 1990 como la culminación de la intervención, siete años antes y siete años después del establecimiento del área, la proporción de madera tardía no mostró diferencias significativas ( $P= 0.498098$ ; Cuadro 4) de acuerdo al ANOVA realizado ( $\alpha= 0.05$ ) sin embargo la tendencia que se muestra de la PMTD es al aumento como se observa en la Figura 10.

Esto coincide con lo encontrado por Hernández *et al.* (1996) donde reportan que los aclareos aplicados en rodales de *Pinus patula* presentaron una mayor anchura de los anillos de crecimiento formados posterior a los tratamientos. Excepto en el caso de la proporción de la madera la cual no se vio afectada. Debido a que la madera temprana y madera tardía aumentaron en una magnitud similar.

Cuadro 4. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía de Nicolás Bravo siete años antes y siete años después de establecida el área semillera

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercep	81.70901	1	81.70901	3996.531	0.000000
Año	0.27361	14	0.01954	0.956	0.498098
Error	9.81359	480	0.02044		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

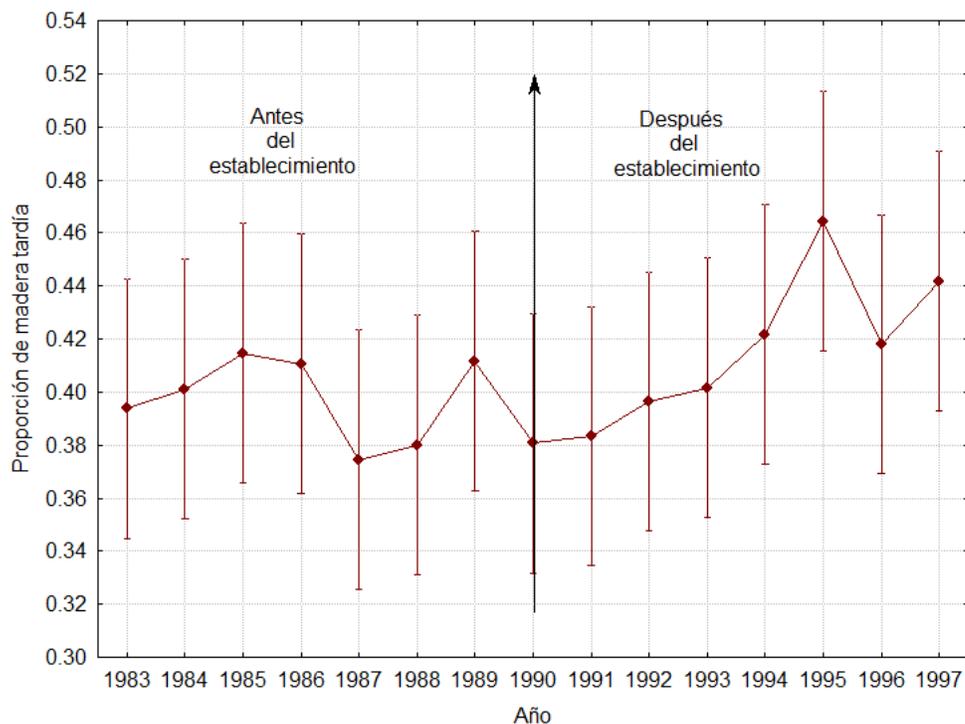


Figura 10. Proporción de madera tardía promedio para *Pinus arizonica* Engelm. del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida.

De igual manera en el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ), realizado para la proporción de madera tardía siete años antes y después del establecimiento del área semillera El Ranchito y asumiendo que se haya terminado de intervenir en el año 1990, mostró que no hay efecto de la corta de selección en dicha área ya que no se encontró diferencias significativas ( $P= 0.929365$ ; Cuadro 5) no obstante dos años después se observa una ligera disminución de la PMTD (Figura 11).

Cuadro 5. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía en el área semillera El Ranchito siete años antes y siete años después de establecida el área semillera

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercep	54.40516	1	54.40516	2832.638	0.000000
Año	0.13634	14	0.00974	0.507	0.929365
Error	8.93104	465	0.01921		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

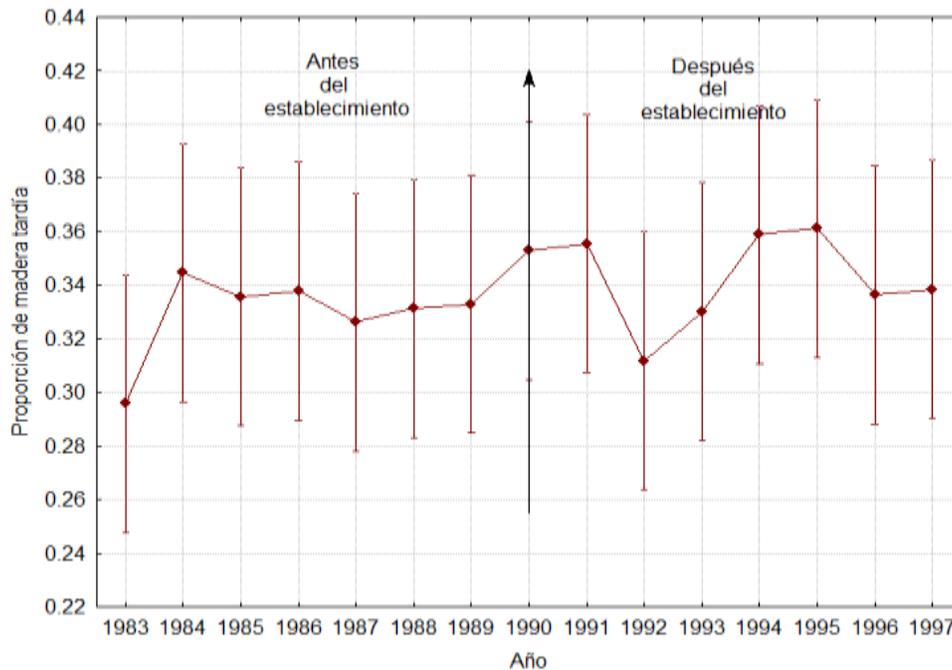


Figura 11. Proporción de madera tardía promedio para *Pinus arizonica* Engelm. del área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida

#### 4.2.1 Proporción de madera tardía (PMTD) promedio por año y por área semillera

El análisis de varianza factorial ( $\alpha= 0.05$ ) para la PMTD promedio por año con respecto a la localidad y año mostró significancia en la interacción de ambos factores ( $P= 0.013677$ ; Cuadro 6). Ya que en cada factor (Localidad & Año), mostró diferencias altamente significativas ( $P= 0.000000$ ; Cuadro 6). En el análisis de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) con respecto a las localidades El Ranchito presenta la menor PMTD con un valor de 0.333563 con respecto al área de Nicolás Bravo, donde mostró la PMTD más alta con un valor de 0.385995 (Cuadro 7; Figura 12).

Cuadro 6. Análisis factorial ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía promedio por año para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercept	437.0956	1	437.0956	25088.69	0.000000
Localidad	2.3172	1	2.3172	133.01	0.000000
Año	2.6040	51	0.0511	2.93	0.000000
Localidad*Año	1.3260	51	0.0260	1.49	0.013677
Error	57.0397	3274	0.0174		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

Cuadro 7. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía para las localidades de Nicolás Bravo y El Ranchito

Localidad	Medias de PMTD	Agrupación Tukey *
RCHT	0.333563	A
NCLAS BRAV	0.385995	B

\*Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ); RCHT= Localidad El Ranchito; NCLAS BRAV=Nicolás Bravo; PMTD= Proporción de madera tardía

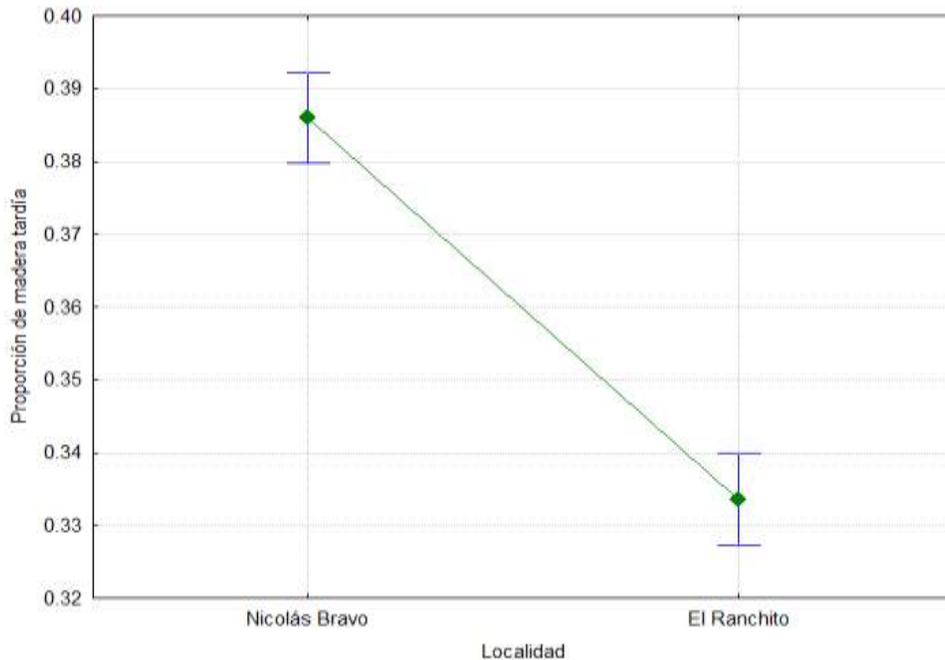


Figura 12. Proporción de madera tardía promedio para *Pinus arizonica* Engelm. del área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito

El comportamiento de la proporción de madera tardía observado en la Figura 13 para el área semillera de Nicolás Bravo muestra una tendencia al aumento, mientras que para El Ranchito es de forma constante, esto puede deberse a que las áreas en estudio son de edades y distribución geográfica diferentes; debido a la relación existente entre la edad del árbol y el número de anillos, así como entre el clima y el ancho de los anillos, dado crecimiento de las plantas es afectado por ciertas condiciones del medio ambiente (Melandri *et al.*,2007).

Creber y Chaloner (1984) consideran que la formación de la madera puede verse influenciada por diversos factores. Donde el factor de importancia es el clima, producto de la altitud, la radiación solar y la ubicación geográfica; así como factores internos del árbol como la fotosíntesis, fotoperiodo, factores genéticos y reguladores del crecimiento, que intervienen de manera importante en el crecimiento

No obstante el área de Nicolás Bravo (60 años) mostró una probable respuesta ante el aclareo selectivo realizado durante su establecimiento ya que se encontraron diferencias significativas en el periodo de 1962 a 2011 en la PMTD. Sin embargo el área de El Ranchito (82 años) no se encontraron diferencias significativas en el periodo de 1958 a 2011 en la PMTD.

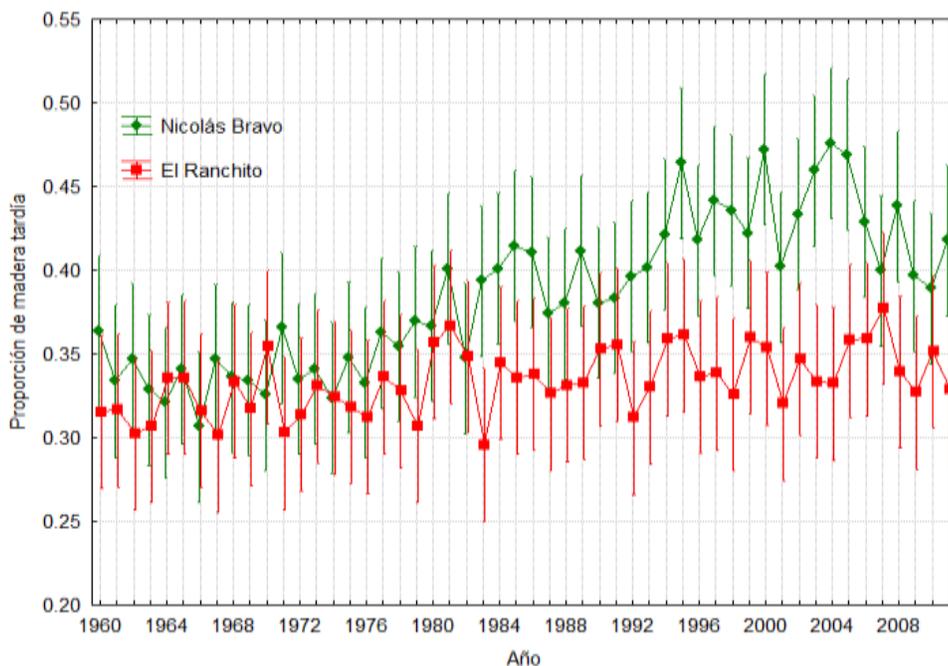


Figura 13. Proporción de madera tardía promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito

Esto coincide con lo reportado por Ruiz *et al.* (1996) donde evaluaron el efecto de aclareos en parcelas con diferentes edades, 8 y 11 años. Presentando diferencias significativas debidas a los tratamientos. El parámetro de incremento en diámetro fue mayor conforme la intensidad de aclareo se incrementó, en ambas edades; mientras que en área basal y en volumen por parcela fue menor, conforme la intensidad fue mayor.

Por consiguiente el análisis de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) con respecto a la interacción entre las variables de localidad y año confirma las diferencias significativas entre áreas semilleras, donde mostró que el área semillera El Ranchito presenta la menor PMTD con un valor de 0.301318 en el año 1967 respecto al área de Nicolás Bravo, siendo este último mencionado donde se encontró el mayor valor con 0.475806 en el 2004 (Cuadro 8; Figura 13); sin embargo el aumento se presenta a partir del año 1995 con un valor de 0.464367.

Cuadro 8. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la proporción de madera tardía por año y localidad para el área semillera de Nicolás Bravo y El Ranchito

Localidad	Año	Medias de PMTD	Agrupación Tukey*				
RCHT	1967	0.301318	A	B			
RCHT	1962	0.302319	A	B			
RCHT	1971	0.302828	A	B			
NCLAS BRAV	1966	0.306805	A	B			
RCHT	1963	0.306828	A	B			
RCHT	1979	0.307010	A	B			
RCHT	1992	0.311829	A	B			
RCHT	1976	0.312283	A	B			
RCHT	1972	0.313884	A	B			
RCHT	1960	0.315543	A	B			
RCHT	1966	0.316182	A	B			
RCHT	1961	0.316561	A	B			
RCHT	1969	0.317193	A	B			
RCHT	1975	0.318409	A	B	C		
RCHT	2001	0.320349	A	B	C		
NCLAS BRAV	1964	0.321137	A	B	C		
NCLAS BRAV	1974	0.323814	A	B	C		
RCHT	1974	0.323940	A	B	C	D	
NCLAS BRAV	1970	0.325455	A	B	C	D	
RCHT	1998	0.325712	A	B	C	D	
RCHT	1987	0.326231	A	B	C	D	
RCHT	2009	0.327145	A	B	C	D	
RCHT	1978	0.327922	A	B	C	D	E
NCLAS BRAV	1963	0.328764	A	B	C	D	E
RCHT	2011	0.329158	A	B	C	D	E
RCHT	1993	0.330185	A	B	C	D	E

RCHT	1973	0.330962	A	B	C	D	E	F	
RCHT	1988	0.331205	A	B	C	D	E	F	
RCHT	2004	0.332448	A	B	C	D	E	F	
NCLAS BRAV	1976	0.332850	A	B	C	D	E	F	
RCHT	1989	0.332868	A	B	C	D	E	F	
RCHT	2003	0.333466	A	B	C	D	E	F	
RCHT	1968	0.333639	A	B	C	D	E	F	
NCLAS BRAV	1961	0.333912	A	B	C	D	E	F	
NCLAS BRAV	1969	0.334434	A	B	C	D	E	F	
NCLAS BRAV	1972	0.335089	A	B	C	D	E	F	
RCHT	1964	0.335640	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1985	0.335726	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1965	0.335921	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1968	0.336116	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1977	0.336281	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1996	0.336435	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1986	0.337848	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1997	0.338507	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2008	0.339373	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1965	0.340975	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1973	0.341044	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1984	0.344696	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1967	0.346721	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2002	0.346918	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1962	0.347306	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1982	0.347725	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1975	0.347880	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1982	0.348472	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2010	0.351542	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1990	0.352883	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2000	0.353548	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1970	0.354412	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1978	0.354539	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1991	0.355498	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1980	0.357174	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2005	0.358038	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2006	0.358893	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1994	0.358925	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1999	0.360181	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	1995	0.361246	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1977	0.362573	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1960	0.363531	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1971	0.365639	A	B	C	D	E	F	G

RCHT	1981	0.366419	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1980	0.366765	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1979	0.369481	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1987	0.374566	A	B	C	D	E	F	G
RCHT	2007	0.377383	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1988	0.380031	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1990	0.380643	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1991	0.383393	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2010	0.389264	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1983	0.393867	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1992	0.396450	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2009	0.396765	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2007	0.399819	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1981	0.401051	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1984	0.401149	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1993	0.401584	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2001	0.401999	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1986	0.410711	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1989	0.411676	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1985	0.414572	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1996	0.418002	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2011	0.418115	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1994	0.421622	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1999	0.422018	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2006	0.428890	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2002	0.433585	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1998	0.436032	A	B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2008	0.438517		B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1997	0.441663		B	C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	2003	0.459586			C	D	E	F	G
NCLAS BRAV	1995	0.464367				D	E	F	G
NCLAS BRAV	2005	0.468966					E	F	G
NCLAS BRAV	2000	0.472219						F	G
NCLAS BRAV	2004	0.475806							G

\* Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ); RCHT= Localidad El Ranchito; NCLAS BRAV= Nicolás Bravo; PMTD= Proporción de madera tardía

#### 4.2.2 Proporción de madera tardía (PMTD) por clases de edad en el área de Nicolás Bravo y El Ranchito

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para la PMTD en las clases de edad de 35 a 70 años para el área de Nicolás Bravo, mostró que existe diferencias altamente significativas ( $P= 0.001578$ ; Cuadro 9). En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ), se encontró que para la clase de edad de 35 años el valor en la PMTD es de 0.276444 siendo menor que el de la clase de edad de 70 años, cuyo valor presentado fue de 0.326760 (Cuadro 10). Donde se observa que la PMTD aumenta de acuerdo a las clases de edades (Figura 14).

Cuadro 9. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para la proporción de madera tardía en *Pinus arizonica* Engelm. por clases de edad para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercep	22.10199	1	22.10199	7928.521	0.000000
Año	0.06715	7	0.00959	3.441	0.001578
Error	0.66904	240	0.00279		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

Cuadro 10. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de la proporción de madera tardía por clases de edad para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

Clases de edad	Proporción de madera tardía (promedio)	Agrupación Tukey*		
35	0.276444	a		
40	0.282334	a	b	
45	0.288927	a	b	c
50	0.293898	a	b	c
55	0.300818	a	b	c
60	0.311015	a	b	c
65	0.320659		b	c
70	0.326760			c

\*Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ )

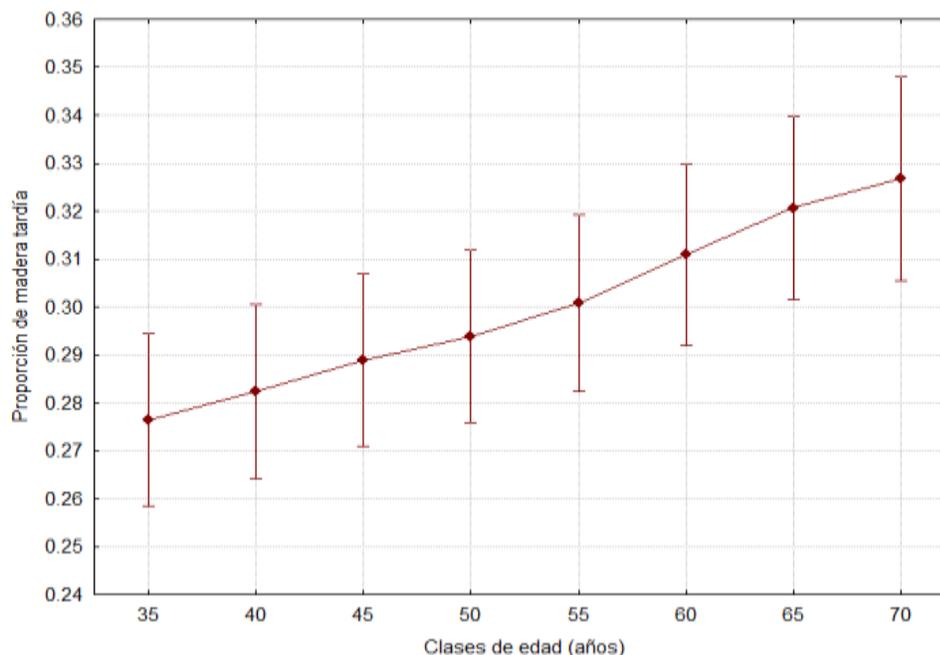


Figura 14. Proporción de madera tardía por clases de edad para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

Por otra parte el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para la PMTD para el área El Ranchito en clases de edad de 50 a 80 años, mostró que no existen diferencias significativas ( $P= 0.194061$ ; Cuadro 11). Sin embargo se observa una tendencia al aumento en la PMTD conforme aumenta la clase de edad, donde el valor máximo es de 0.272747 en la clase de edad de 80 años, mientras que el valor mínimo es de 0.238231 para la clase de edad de 50 años (Figura 15).

Cuadro 11. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para proporción de madera tardía por clases de edad para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercep	14.24209	1	14.24209	4640.760	0.000000
Año	0.02685	6	0.00447	1.458	0.194061
Error	0.64754	211	0.00307		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

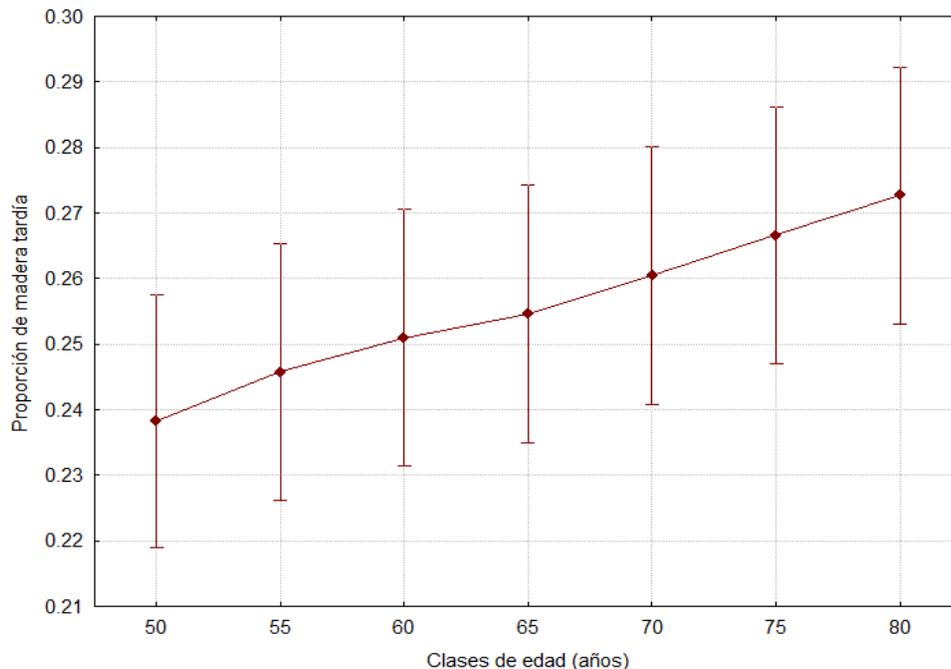


Figura 15. Proporción de madera tardía para *Pinus arizonica* Engelm. por clases de edad en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

Lo encontrado en el área semillera de Nicolás Bravo coincide con lo mencionado por Vignote *et al.* (2013) a medida que se alargue el turno, el porcentaje de madera juvenil, disminuye. Por lo tanto a medida que aumenta la edad del turno, aumenta la proporción de madera adulta con respecto a la juvenil.

De acuerdo a lo encontrado en el área semillera de Nicolás Bravo donde la proporción de madera va en aumento conforme la clase de edad coincide con lo siguiente; generalmente las categorías de mayor diámetro, presentan mayor proporciones de madera tardía en los anillos anuales de crecimiento en comparación con las categorías diamétricas de menor tamaño (Zobel y Talbert, 1988) esto a nivel área. Sin embargo el área semillera del El Ranchito no se encontró diferencia significativa entre las variables de clases de edad y proporción de madera tardía, siendo el área con mayores categorías diamétricas.

#### 4.5 Ancho de madera temprana por año en Nicolás Bravo y El Ranchito

Tomando en cuenta el año de 1990 como referencia, se aprecia que el ancho de madera temprana va a la baja (Figura 16) probablemente como efecto de la intervención realizada para su establecimiento, sin embargo, el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) siete años antes y siete años después de establecida el área semillera de Nicolás Bravo, no mostró diferencias significativas ( $P= 0.792023$ ; Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera temprana del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercept	846.0146	1	846.0146	1370.728	0.000000
Año	5.8996	14	0.4214	0.683	0.792023
Error	296.2564	480	0.6172		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

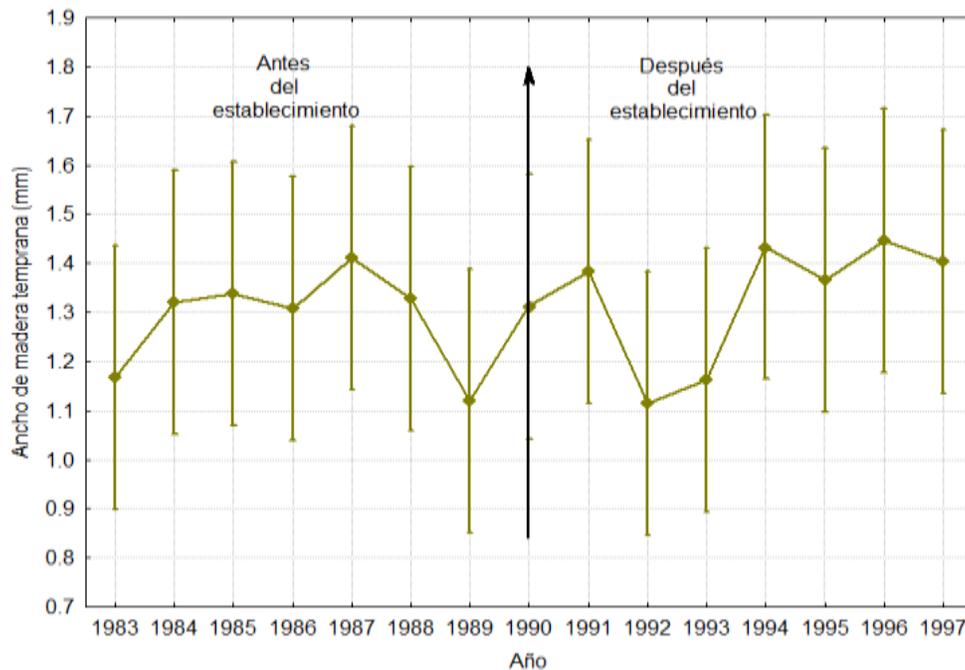


Figura 16. Ancho de madera temprana promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida

Asimismo el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera temprana siete años antes y siete años después de establecida el área semillera de El Ranchito y haciendo referencia el año de 1990. No se encontró diferencias significativas ( $P= 0.070208$ ; Cuadro 13; Figura 17).

Cuadro 13. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera temprana del área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercept	1770.663	1	1770.663	1611.427	0.000000
Año	24.923	14	1.780	1.620	0.070208
Error	510.950	465	1.099		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

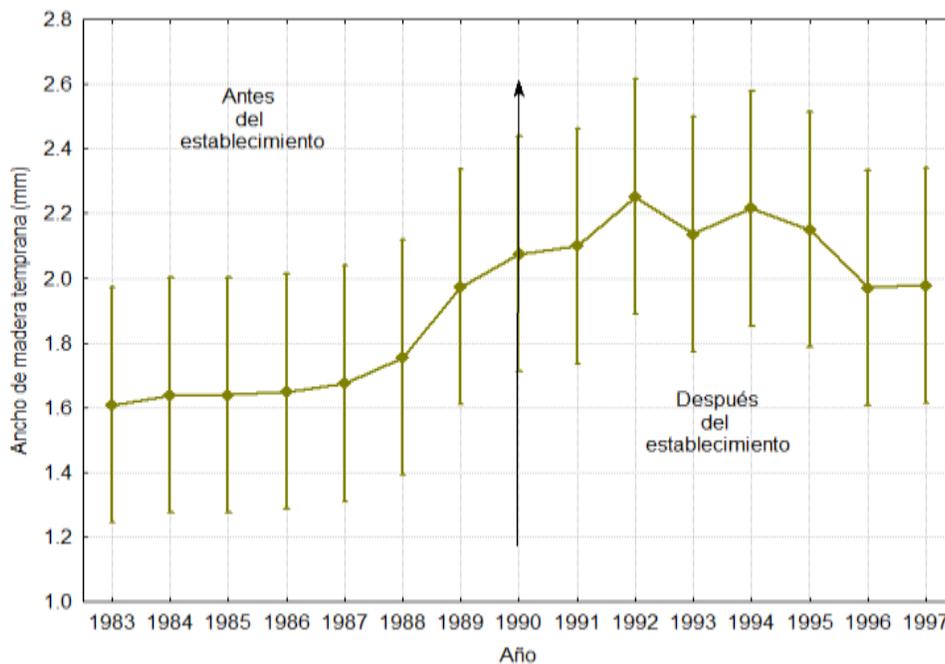


Figura 17. Ancho de madera temprana promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida

Los resultados encontrados en el ancho de madera temprana para el área semillera de Nicolás Bravo en el año 1995 puede deberse al efecto del aclareo selectivo realizado durante su establecimiento, ya que si se hace una correlación entre el ancho de madera temprana y ancho de madera tardía para el mismo año, se denotara que la madera temprana disminuyo. De igual forma para el área el “Ranchito” el comportamiento entre anchos de madera temprana es muy similar.

Esto coincide con lo encontrado por Hernández *et al.* (1996) donde el efecto los aclareos aplicados en rodales de *Pinus patula* se presentaron después de 4 años en la madera temprana.

Jiménez (1999) considera que el crecimiento de madera tardía en coníferas es bastante constante, el aumento de la anchura de los anillos supone un aumento de madera temprana (madera de primavera), resultando con el aumento de crecimiento una textura menor y con ello una reducción de la densidad de la madera y características mecánicas. En las frondosas de vasos porosos el efecto es contrario, el crecimiento de madera temprana es muy constante, por lo que el aumento de crecimiento supone un aumento de la madera tardía resultando una textura mayor y con ello un aumento de la densidad y las características mecánicas (Jiménez ,1999).

#### 4.6 Ancho de madera tardía por año en Nicolás Bravo y El Ranchito

El análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía, para período de 1983 a 1997 mostró diferencias altamente significativas ( $P= 0.000953$ ; Cuadro 14); por consiguiente en el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) se observan valores al aumento a partir del año 1994, siendo el año de 1995 con mayor aumento en el ancho de la madera tardía con valor de 1.228788 mm y el año de 1989 con menor aumento con un valor de 0.691515 mm (Cuadro 15; Figura 18).

Cuadro 14. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía del área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, siete años antes y siete años después de establecida

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercept	384.7902	1	384.7902	1015.410	0.000000
Año	14.0930	14	1.0066	2.656	0.000953
Error	181.8963	480	0.3790		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

Cuadro 15. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el ancho de madera tardía por año para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

Año	Medias de madera tardía (mm)	Agrupación Tukey*
1989	0.691515	A
1992	0.704242	A
1993	0.766970	A B
1988	0.767879	A B
1983	0.768485	A B
1990	0.770000	A B
1991	0.782727	A B
1987	0.807273	A B
1984	0.807879	A B
1986	0.901212	A B
1985	0.905758	A B
1994	1.050303	A B
1996	1.073030	A B
1997	1.199091	A B
1995	1.228788	B

\* Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ )

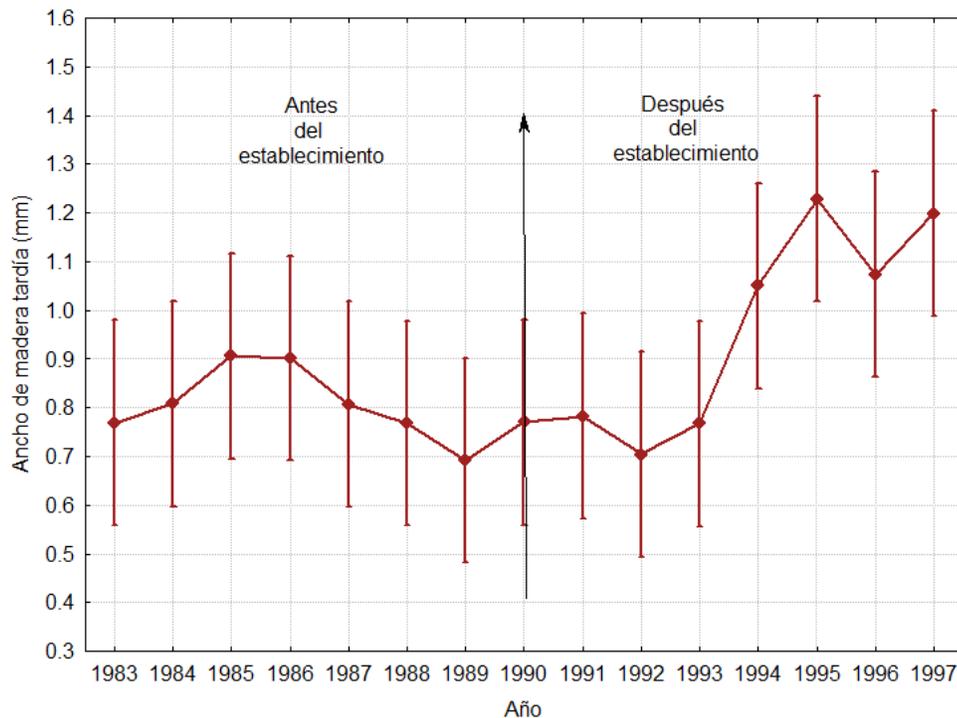


Figura 18. Ancho de madera tardía promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida

Por otra parte en el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía, siete años después de establecida el área semillera El Ranchito, mostró diferencias significativas ( $P= 0.047582$ ; Cuadro 16). En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) se observan valores al aumento a partir del año 1991, siendo el año de 1994 con mayor aumento en el ancho de la madera tardía con valor de 1.209688 mm y el año de 1983 con menor aumento con un valor de 0.685000 mm (Cuadro 17; Figura 19)

Cuadro 16. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ancho de madera tardía del área semillera El Ranchito, Madera, Chihuahua siete años antes y siete años después de establecida

FV	SC	GL	CM	F	P>F
Intercept	436.0166	1	436.0166	1179.239	0.000000
Año	8.9365	14	0.6383	1.726	0.047582
Error	171.9309	465	0.3697		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada; P>F= probabilidad de F calculada

Cuadro 17. Comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el ancho de madera tardía por año para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

Año	Medias de madera tardía	Agrupación Tukey*
1983	0.685000	A
1987	0.814063	A B
1985	0.838750	A B
1988	0.849063	A B
1984	0.850938	A B
1986	0.880938	A B
1997	0.918125	A B
1989	0.946875	A B
1996	0.978750	A B
1992	0.981250	A B
1993	1.013438	A B
1990	1.086563	A B
1991	1.090938	A B
1995	1.151875	A B
1994	1.209688	B

\* Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ )

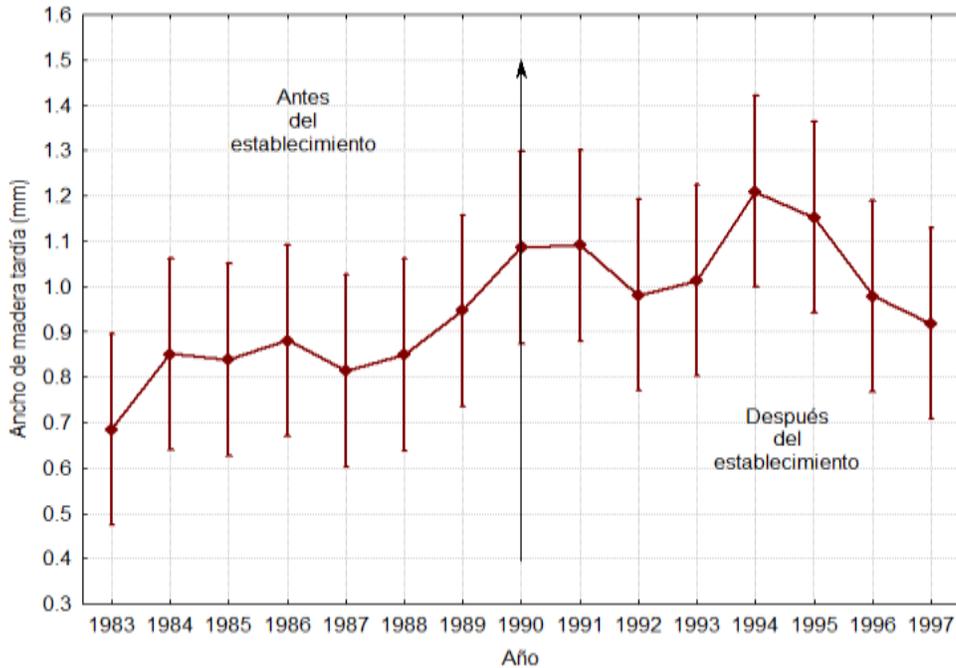


Figura 19. Ancho de madera tardía promedio por año para *Pinus arizonica* Engelm. en el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua, México siete años antes y siete años después de establecida

Esto coincide con lo encontrado por Hernández *et al.* (1996) donde reportan que los aclareos aplicados en rodales de *Pinus patula* presentaron una mayor anchura de los anillos de crecimiento formados posterior a los tratamientos. Este aumento se debió tanto en la anchura de madera temprana como madera tardía, aumentando en un 23% y 24% en el rodal Xopanac y en un 26% y 15% en el rodal Atlamajac.

Por otra parte, también se relaciona con lo encontrado por Goche *et al.* (2003) donde encontraron diferencias significativas en el crecimiento de los anillos antes y después de efectuarse aclareos en *Pinus patula*; en rodales con calidad de estación baja, el ancho de anillos fue de 3.26 mm antes y 2.89 mm después del aclareo; mientras que para la estación alta no se encontraron diferencias significativas, presentando valores de 2.53 mm y 2.89 mm antes y después del aclareo.

#### 4.7 Incremento corriente anual en diámetro (ICA) por clases de edad en el área de Nicolás Bravo y El Ranchito

Al realizar el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para ICA por clases de edad (35 a 70 años) en el área semillera de Nicolás Bravo, no se encontró diferencia significativa ( $P= 0.297622$ ; Cuadro 18) entre estas variables, sin embargo la tendencia del ICA es a la baja como se puede observar en la Figura 20. Donde mostró un valor de 0.448764 mm en la clase de edad de 35 años y el valor mínimo de 0.338551 mm para la clase de edad de 70 años.

Cuadro 18. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) en diámetro para *Pinus arizonica* Engelm. por clases de edad para el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua

FV	SC	GL	CM	F	P
Intercep	37.72198	1	37.72198	1601.619	0.000000
Año	0.19955	7	0.02851	1.210	0.297622
Error	5.65258	240	0.02355		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

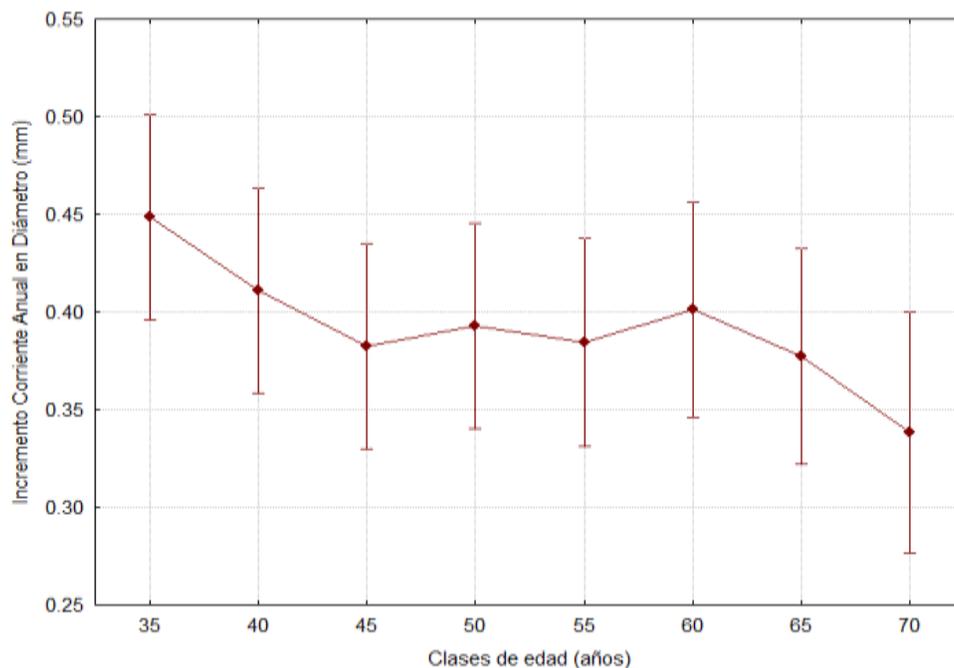


Figura 20. Incremento corriente anual (ICA) en diámetro para *Pinus arizonica* Engelm. por clase de edad en el área semillera de Nicolás Bravo, Madera, Chihuahua.

Por otra parte en el análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) para el ICA por clases de edad para el área El Ranchito (50 a 75 años), se encontró diferencias altamente significativas ( $P= 0.000121$ ; Cuadro 19); caso contrario con respecto al área semillera de Nicolás Bravo, donde no mostró diferencia significativa en el rango de clases de edad de 35 a 70 años (Figura 21). El valor máximo fue de 0.588516 mm en la clase de edad de 75 años y el valor mínimo de 0.291425 mm para la clase de edad de 50 años, de acuerdo a la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 20). Esto indica que a medida que aumenta la categoría diamétrica el incremento corriente anual va en aumento. Esto coincide con lo encontrado por Vignote *et al.* (2013) con respecto a las claras, en el que una reducción de la espesura, supone el aumento diamétrico de la masa.

El resultado del ICA en diámetro que mostró el área de Nicolás Bravo probablemente se deba a lo reportado por Armendáriz y Chacón (1999), en relación a que el crecimiento en diámetro se reduce cuando se incrementa en altura. Lo anterior no coincide para el área de El Ranchito, ya donde se muestra un aumento con respecto al aumento en las clases de edad, dado que el incremento en diámetro depende más del medio ambiente que el crecimiento e incremento en altura; así también dentro de ciertos límites el incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio, lo mismo sucede con la luz (Klepac, 1983).

Cuadro 19. Análisis de varianza ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) en diámetro para *Pinus arizonica* Engelm. por clases de edad para el área semillera El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

FV	SS	GL	CM	F	P
Intercep	46.05729	1	46.05729	476.5337	0.000000
Año	2.80270	6	0.46712	4.8330	0.000121
Error	20.39329	211	0.09665		

FV= fuente de variación; SC= suma de cuadrados; GL= grados de libertad; CM= cuadrado medio; F= valor de F calculada;  $P>F$ = probabilidad de F calculada

Cuadro 20. Comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) del incremento corriente anual (ICA) por clases de edad para El Ranchito

Clases de edad	Incremento corriente anual	Agrupación Tukey*	
50	0.291425	a	
55	0.329600	a	
60	0.387961	a	b
65	0.512684	a	b
70	0.522000	a	b
80	0.585515		b
75	0.588516		b

\*Letras iguales no hay diferencia significativa ( $\alpha= 0.05$ )

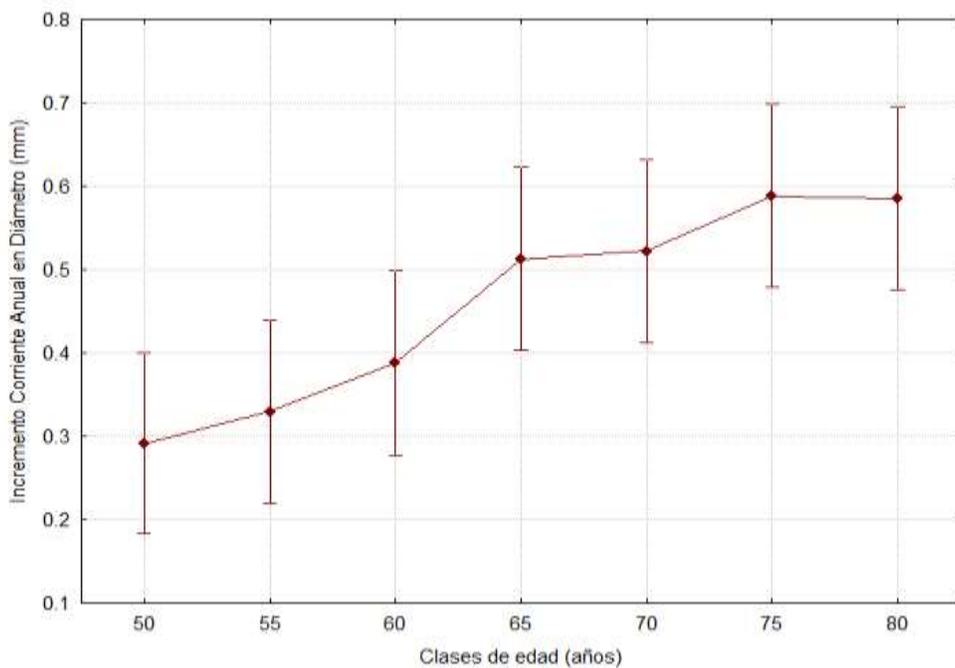


Figura 21. Incremento Corriente Anual (ICA) en diámetro para *Pinus arizonica* Engelm. por clases de edad para el área semillera de El Ranchito, Bocoyna, Chihuahua

## 5 CONCLUSIONES

Cada área semillera de *Pinus arizonica* Engelm. mostró un comportamiento diferente en la proporción de madera tardía, el área semillera de Nicolás Bravo (más joven) se observó una tendencia al aumento, mientras que para el área de El Ranchito (más viejo) se mostró constante, esto puede deberse a la edad.

Por otra parte el comportamiento de la proporción de madera tardía por grupo de edades, para el área semillera de Nicolás Bravo es diferente al comportamiento mostrado en el área semillera de El Ranchito; denotando lo mencionado anteriormente que el área de Nicolás Bravo va en aumento, mientras que para el área de El Ranchito se mostró constante.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación del incremento corriente anual (ICA) por grupo de edad, el área semillera también se mostraron diferentes, ya que el área semillera de Nicolás Bravo se vio a la baja, mientras que para el área El Ranchito se mostró en aumento.

Finalmente se rechaza lo formulado en la hipótesis nula ( $H_0$ ): No hay diferencia en el comportamiento de la proporción de madera tardía y en los incrementos de las áreas semilleras y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

## 6 RECOMENDACIONES

Para la obtención de muestras de árboles en estudio se debe hacer de la forma más precisa, además del manejo adecuado en la refrigeración, para evitar rotura y posibles daños por hongos y obtener imágenes de buena calidad.

Tomar en cuenta otros factores como la precipitación, temperatura, fotoperiodo, que puedan intervenir en respuesta al comportamiento de la proporción de madera tardía e incremento corriente anual (ICA), además de los tratamientos silvícolas.

Que el equipo de trabajo conformado por la cámara, estereoscopio y la regla para medir sea más especializado y práctico para obtener menos error.

## 7 LITERATURA CITADA

- Armendáriz, O. R. y Chacón S. J. M. 1999. Caracterización de una plantación de *Pinus arizonica* Engelm, en el municipio de Bocoyna, Chihuahua . Folleto Técnico núm. 9.
- Armendáriz, O. R. y Tena V. M. 2004. Respuesta de *Pinus arizonica*, a diferentes densidades de aclareo. Fundación Produce Chihuahua, A.C. INIFAP.
- Canul, T. S. A. 2005. Monografía de *Pinus arizonica* Engelm. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila México 77 p.
- Carmona, C. R. J., Espinoza F. y Bull S. C. 1998. Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de *Pinus radiata* D.Don. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. U. de Chile. 55-63 pp.
- CORMA. (Corporación Chilena de la Madera). 2003. Centro de transferencia tecnológica pino radiata. PROYECTO CORFO-FONTEC. 49-52 pp.
- CORMA. S/F. (Corporación Chilena de la Madera). Unidad 1: La madera. La construcción de viviendas en madera. Centro de transferencia tecnológica. 13-55 pp.
- Chacón, S. J. M., Velásquez M. y Musalem M. A. 1998. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm. bajo diferentes coberturas. Madera y Bosques. 4 (2): 39-44.
- CONAFOR-CONACYT. 2012. Informe: Aproximación molecular para la evaluación genética de áreas productoras de semillas y de conservación en especies del género *Pinus*”, Clave C01-176167.

- Favela, L. S. 1996. Taxonomía de los pinos del noreste de México; claves taxonómicas para la identificación de *Pinus* del noreste de México. [www.conabio.gob.mx/institucion/.../InfH038Clave%20taxonomica.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/.../InfH038Clave%20taxonomica.pdf).
- Creber, G. T. and Chaloner W. G. 1984. Influence of Environmental factors on the wood structure of living and fossil trees. *The Botanical Review*. 50 (4): 362.
- Daniel, T. W., Helms J.A. y Backer F.S. 1982. Principios de silvicultura. Segunda edición en inglés: Primera edición en español, traducción Ramón Elizondo Mata. Mc GRAW-HILL. 305-319 pp.
- De los Santos, V. R. 2012. Efecto de preaclareos en la proporción de madera tardía en regeneración natural de *Pinus rudis* Endl. en el Cerro del Potosí, Galeana, Nuevo León. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 24-25 pp.
- Díaz-Vaz, O. J. E. 1981. Delimitación de madera temprana–tardía y juvenil–madura en pino Oregón. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. *Bosques*. 4: 55 - 58.
- Eguiluz-Piedra, T. 1978. Ensayo de integración sobre los conocimientos del género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Univ. Autónoma Chapingo 623 p.
- Eguiluz Piedra, T. 1982. Clima y distribución del genero *Pinus* en México. *Revista Ciencia Forestal (Mex.)* 38(7): 31- 44.
- Elizondo, A. 2005. Informe. El mercado de la madera en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 10 Pp.

- Espinoza, M. B., García S. J y Valeria O. E. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo de un rodal de pino radiata. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepcion, Chile. Bosque 15(1): 55-65.
- Flores, L. C. 2014 < Testimonio de Flores> realizado por José Luis Pérez, Coahuila, México, 22 de mayo de 2014.
- Flores, L. C. 1987. Establecimiento de rodales y áreas semilleras en el Estado de Chihuahua, México. Programa de mejoramiento Genético de los Bosques de Chihuahua, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Centro de Genética Forestal, A.C. 55 - 60 Pp.
- García, E. y CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (1998). 'Carta de Climas' (clasificación de Koopen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- García, R. F. y Villers R.L. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl. Del volcán la Malinche. Facultad de Ciencias. UNAM. Madera y bosques, 11(1): 63-71.
- García V. A. N. 2005. Contribución de las propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* proveniente de dos plantaciones en Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo de Bravo Hidalgo. Tesis 52 p.
- Giménez, A. M., Moglia J.G., Hernández P., y Gerez R. 2005. Anatomía de la madera. Segunda Edición. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Catedra de Dendrologia y Xilologia. 9 p.
- Goche, T. J. R. 2007. Influencia de los aclareos sobre la densidad básica y ancho de anillos de la madera de *Pinus patula* Schl. et Cham. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco. Edo. México. 31-67 pp.

- Goche, T. J. R., V. M. Alejandro, De la R. B. Amparo., T. Teresa., C.M. Cuauhtémoc y T. S. Antonio. 2003. Densidad básica y ancho de anillos de la madera de *Pinus patula* antes y después de un aclareo. *Interciencia. Comunicaciones*. 28 (12): 705-709.
- Hawley, R. C. y D. M. Smith 1972. *Silvicultura práctica*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. John wiley & sonss Inc. 338-339.
- Hernández, L. A., M. Martínez R., J. J. Vargas H., A. Velázquez M. y G. Ángeles P. 1996. Características de los anillos y densidad de la madera a diferentes alturas del fuste en rodales aclareados de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Ciencia Forestal*. 21 (80):39-55 pp.
- Jain, K. K. and Seth. M. K. 1979. Intra increment variation in specific gravity of wood in blue pine. *Wood science and Technology*, 13 (4): 239-248.
- Jayawickrama, K. 1992. Variaciones de las densidades de la madera de *Pinus radiata* con énfasis a la producción de pulpa y papel.
- Jiménez, P. F. J. 1999. *La madera propiedades básicas*. Editorial Grupos Estudios Tecnicos. 154 p.
- Klepac, D. 1983. *Crecimiento e incrementos de árboles y masas forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. Segunda edición. 32 p.
- Melandri, J. L. Dezzeo N. y Espinoza de Pernía N. 2007. Periodicidad de los anillos de crecimiento en *Pinus caribea* var. *hondurensis* proveniente de una plantación del estado de Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 51 (1):57-66.

- Meza, J. D. J., Vargas H. J. J., López U. J., Vaquera H. H. y Borja de la Rosa A. 2005. Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* SHL. Et CHAM. Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, Sinaloa, México. 305-324 Pp.
- Núñez, .C. E. 2005. Macroestructura del tronco: anillos anuales y de crecimiento. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. PROCYP. Texto y compilación. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad de Nacional de Misiones. República Argentina.
- Núñez, C. E. 2003. PROCYP; Programa de investigación de celulosa y papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Relaciones entre densidad básica y densidad seca de madera. Universidad Nacional de Misiones.
- Ortega, C. C. y Orta G. V. R. 2001. Diagnóstico de áreas y rodales semilleros, y árboles superiores en el Estado de Chihuahua. INIFAP.CIRNOC.Campo Experimental Madera y SAGAR. Folleto Técnico No. 16. 4-37 pp.
- Pérez, O. C. y P. Olvera. C. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. INIF. Boletín técnico No. 69. México D. F. 111 p.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Rivas, T. D. S/F. Sistemas de Producción; Unidad II. Evaluación de los Recursos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo 16 p.
- Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. Texcoco. 354 p.

- Rueda, F. A. 2014. Principales factores que afectan a la durabilidad de los barnices y pinturas [en línea]. Fecha de consulta: 15 de abril del 2014. Disponible en [www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_1331\\_17205.pdf](http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1331_17205.pdf)
- Ruiz, M. M. Fierros G. A. M. y Ramírez M. H. 1996. Efecto inicial del aclareo en plantaciones de *Pinus caribea* var. *Hondurensis* Barr. y Golf. En la Sabana, Oaxaca. Rev. Ciencia Forestal en México. 21 (80): 26.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. 297-299 p.
- Said, I. G. y De L. P. G Zarate.1990 Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. 2ª ed. México, Trillas 413-425 Pp.
- Simpson, W. and A. Tenwolde. 1999. Physical Properties and moisture relations of Wood. In. United States Department of Agriculture (USDA). Encyclopedic of wood. Bye Skyhotse Publishing. In. Washington, D.C. 3-11 Pp.
- Simpson, H. L. and Denne, M. P. 1997. Variation of ring width and specific gravity within trees from unthinned Sitka spruce in clocaenog, North Wales. Forestry. 70(1): 31- 45.
- Steel, D. y Torrie, J. 1995. Bioestadística: principios y procedimientos. Ricardo Martínez B. (Traducción). Ed. Mc Graw-Hill. México, DF. 226-227 pp.
- Valencia, M. S. y López, L. M. 2001. Variación de la densidad relativa de la de madera de *Pinus greggi* Engelm. del norte de México. Madera y Bosques. Artículo de investigación. 7(1): 37-47.
- Velázquez, M. A. y Román, J. A. R. 1999. Investigaciones a largo plazo en productividad forestal de rodales naturales de *Pinus patula* en México: Long-term forest productivity studies in natural stands of *Pinus patula* en México. USDA. Forest service proceedings RMRS-P-12. 299-306 pp.

Vásquez, V. A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué-Tolima. 232 p.

Vignote, P. S., Martínez R. I. y Villasante P. A. 2013. La silvicultura y calidad de la madera. Libro. 154 pp

Vignote, P. S. y Jiménez P. F.J. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi Prensa. 107-108 pp.

Zamudio, F. 2002. Mejoramiento genético de las propiedades de la madera de pino radiata en Chile. Mejoramiento & Genética Forestal. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales.

Zobel, B. y Talbert. J. 1988. Técnicas de mejoramiento de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.

## 8 ANEXOS

No.	Especie	Propiedad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (msnm)	Superficie (ha)		Densidad (arb./ha)	Edad promedio (años)
						Zona Central	Total		
1	<i>P. arizonica</i>	Col. Nicolás Bravo	29°28'00"	108°08'00"	2450	3.00	14.00	51	60
2	<i>P. engelmannii</i>	Col. Año de Hidalgo	29°23'15"	108°08'00"	2270	1.81	10.81	63	83
3	<i>P. arizonica</i>	Ej. Madera	29°13'10"	108°12'35"	2400	2.00	12.00	50	75
4	<i>P. durangensis</i>	Ej. Socorro Rivera	29°16'00"	108°10'30"	2380	2.00	12.31	44	72
5	<i>P. engelmannii</i>	Ej. Madera	29°13'40"	108°09'45"	2200	1.63	8.01	68	69
6	<i>P. arizonica</i>	Ej. Huevachi	28°07'00"	107°56'20"	2800	1.50	11.00	71	53
7	<i>P. engelmannii</i>	Ej. Talayotes	28°13'00"	108°44'07"	1900	1.25	9.75	71	87
8	<i>P. arizonica</i>	Ej. Campo y Cerro Pelón	28°13'13"	108°20'00"	2520	1.31	7.44	82	74
9	<i>P. durangensis</i>	Com. Memeliche	28°02'55"	108°12'56"	2390	1.19	6.82	98	78
10	<i>P. durangensis</i>	Ej. Monterde	27°31'02"	107°58'36"	2380	1.31	10.31	55	99
11	<i>P. durangensis</i>	Ej. Uruachi	27°53'30"	108°10'00"	2300	1.38	11.88	83	93
12	<i>P. durangensis</i>	Com. Milpillas	27°06'00"	108°35'50"	1380	2.06	13.19	71	56
13	<i>P. durangensis</i>	Ej. Mesa de Arturo	27°12'50"	107°59'47"	2350	1.19	8.07	67	49
14	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Ranchito	27°58'30"	107°47'53"	2375	2.75	11.88	52	82
15	<i>P. durangensis</i>	Com. El Yeposo	27°51'00"	107°50'30"	2480	1.25	8.38	71	96
16	<i>P. engelmannii</i>	P. P. Charcos Azules	27°47'19"	107°02'05"	2220	2.44	10.57	56	75
17	<i>P. durangensis</i>	Ej. Yoquiwo (Ocampo)	28°04'13"	108°01'30"	2330	1.25	6.88	114	94
18	<i>P. engelmannii</i>	P. P. Zarupa	26°28'10"	107°47'53"	1650	1.00	6.25	74	71
19	<i>P. oocarpa</i>	Com. Mesa de los Leales	26°23'10"	107°45'55"	1265	1.63	10.38	60	84
20	<i>P. herrerae</i>	P. P. La Lajita	25°29'20"	107°51'07"	1710	2.13	10.44	84	80
21	<i>P. durangensis</i>	Ej. Yoquiwo (Batopilas)	26°59'30"	107°35'40"	2400	1.13	9.63	55	66
22	<i>P. arizonica</i>	P. P. El Porvenir	26°44'31"	107°15'05"	2490	1.69	8.94	93	77
23	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Pinito	26°04'00"	106°58'00"	2600	3.00	14.00	59	71
24	<i>P. engelmannii</i>	Ej. Baborigame	26°26'00"	107°17'00"	1920	2.00	12.00	29	84
25	<i>P. durangensis</i>	P. P. El Portugal (Santo Niño)	26°01'00"	106°54'12"	2320	1.75	10.25	98	89
26	<i>P. durangensis</i>	P. P. El Portugal (San Manuel)	26°00'00"	106°54'12"	2360	4.06	23.44	77	81
27	<i>P. arizonica</i>	Ej. Chinatú (Las truchas)	26°04'00"	106°33'13"	2720	1.50	9.63	67	85
28	<i>P. durangensis</i>	Ej. La Trinidad	25°46'34"	106°40'45"	2755	1.44	11.07	79	87
29	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Caldillo y su anexo El Vergel	26°27'55"	106°26'55"	2660	1.88	15.76	74	103
30	<i>P. arizonica</i>	Ej. Chinatú (La onza)	25°57'06"	106°43'09"	2630	1.44	8.75	90	97
				Total		53.97	323.84		

Col.= Colonia; Ej.= Ejido; Com.= Comunidad; P. P.= Predio Particular.

Ane

xo 1. Características de áreas semilleras establecidas en el Estado de Chihuahua, México, tomado de Flores (1987)

