



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE
LA MADERA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA**



**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN CUATRO PLANTACIONES
DE PINO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

PRESENTA

ARACELI RAMOS GERVACIO

DIRECTOR DE TESIS

DOCTOR EN CIENCIAS FORESTALES JOSÉ CRUZ DE LEÓN

Morelia, Michoacán, Marzo 2015

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	-----	I
ÍNDICE DE FIGURAS	-----	II
ÍNDICE DE ANEXOS	-----	III
RESUMEN	-----	IV
ABSTRACT	-----	V
INTRODUCCIÓN	-----	1
2. OBJETIVOS	-----	3
2.1. General	-----	3
2.2. Particulares	-----	3
3. JUSTIFICACIÓN	-----	4
4. HIPÓTESIS	-----	4
5. MARCO TEÓRICO	-----	5
6. ANTECEDENTES	-----	8
6.1. Plantaciones en México	-----	8
6.2. Plantaciones en Michoacán	-----	9
6.3. Evaluación de plantaciones homogéneas y mixtas	-----	10
6.4. Evaluación de plantaciones comerciales forestales en Michoacán	----	11
6.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	-----	12
7. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	-----	13
7.1. <i>Pinus pseudostrobus</i> Lind.	-----	13
7.2. <i>Pinus gregii</i> Englem.	-----	14
7.3. <i>Pinus devoniana</i> Lind.	-----	15
7.4. <i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.	-----	16
7.5. <i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.	-----	17
8. METODOLOGÍA	-----	19
8.1. Descripción del área de estudio	-----	19
8.2. Materiales y método de muestreo	-----	21
8.3. Identificación de especies	-----	22
8.4. Identificación de daños en las plantaciones	-----	23
8.5. Variables evaluadas en campo	-----	23

8.6. ICA e IMA	-----	25
8.7. Elaboración de mapas	-----	26
8.8. Análisis estadístico	-----	28
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	-----	30
9.1. Información general de las plantaciones evaluadas	-----	30
9.2. Categorías diámetricas de las plantaciones	-----	31
9.3. Coeficiente mórfico de las plantaciones	-----	37
9.4. Volumen comercial m ³	-----	38
9.5. Crecimientos (T.P.) e Incrementos (ICA, IMA)	-----	39
9.6. Pelignos y mapas	-----	52
9.7. ANOVA de las plantaciones homogéneas (FIRA)	-----	56
9.8. ANOVA de la plantación mixta aleatoria 1 (Pucuito)	-----	61
9.9. ANOVA de la plantación mixta aleatoria 2 (Pucuito)	-----	68
9.10. Daños en las plantaciones	-----	73
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	-----	78
11. CONCLUSIONES	-----	85
12. RECOMENDACIONES	-----	87
13. BIBLIOGRAFÍA	-----	88
14. ANEXOS	-----	95

ÍNDICE DE CUADROS

No		Pág.
Cuadro 1.	Datos generales de las poblaciones evaluadas -----	30
Cuadro 2.	Número de anillos existentes en 2.5 cm -----	40
Cuadro 3.	Resumen estadístico para el diámetro -----	56
Cuadro 4.	ANOVA para el diámetro por edad -----	56
Cuadro 5.	Prueba de rangos múltiples para el diámetro -----	57

Cuadro 6.	Resumen estadístico para el volumen	-----	58
Cuadro 7.	ANOVA para el volumen por edad	-----	59
Cuadro 8.	Prueba de rangos múltiples para el volumen	-----	59
Cuadro 9.	Resumen estadístico por altura	-----	60
Cuadro 10.	ANOVA para altura por edad	-----	60
Cuadro 11.	Prueba de rangos múltiples por altura	-----	61
Cuadro 12.	Resumen estadístico por diámetros	-----	62
Cuadro 13.	ANOVA para el diámetro por especie	-----	62
Cuadro 14.	Prueba de rangos múltiples LSD para diámetros	-----	63
Cuadro 15.	Resumen estadístico por volumen por m³	-----	64
Cuadro 16.	ANOVA para el volumen por especie	-----	65
Cuadro 17.	Prueba de rangos múltiples LSD para el volumen	-----	65
Cuadro 18.	Resumen estadístico por altura	-----	66
Cuadro 19.	ANOVA para altura por especie	-----	67
Cuadro 20.	Prueba de rangos múltiples LSD para la altura	-----	67
Cuadro 21.	Resumen estadístico de diámetro	-----	68
Cuadro 22.	ANOVA para diámetro por especie	-----	69
Cuadro 23.	Prueba de rangos múltiples LSD para el diámetro	-----	69
Cuadro 24.	Resumen estadístico del volumen	-----	70
Cuadro 25.	ANOVA para altura por especie	-----	70
Cuadro 26.	Prueba de rangos múltiples LSD para el volumen	-----	71
Cuadro 27.	Resumen estadístico en altura	-----	72
Cuadro 28.	ANOVA para altura por especie	-----	72
Cuadro 29.	Prueba de rangos múltiples LSD para altura	-----	72
Cuadro 30.	Daños en las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2 (Pucuateo)	-----	73
Cuadro 31.	Manejo forestal en las plantaciones	-----	74
Cuadro 32.	Daños en las plantaciones homogéneas 1 y 2	-----	76
Cuadro 33.	Manejo forestal en las plantaciones homogéneas 1 y 2	-----	76
Cuadro 34.	Porcentaje en vol. comercial por categoría diámetro	-----	81
Cuadro 35.	Incrementos de las plantaciones por volumen y cm al año	-----	82

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pag.
Figura 1.	Localización del Ejido Pucuateo en Hidalgo, Michoacán	----- 19
Figura 2.	Localización del (CDT-FIRA) en Morelia, Michoacán	----- 19
Figura 3.	Identificación de acículas	----- 23
Figura 4.	Conos de <i>Pinus greggii</i>	----- 23
Figura 5.	VARIABLES evaluadas	----- 24
Figura 6.	Coefficiente mórfoico	----- 25
Figura 7.	Taladro de Pressler	----- 26
Figura 8.	Montaje y secado de las muestras	----- 26
Figura 9.	Captura de coordenadas	----- 27
Figura 10.	Delimitación de la plantación	----- 27
Figura 11.	Coordenadas en UTM de las plantaciones	----- 28
Figura 12.	Individuos por clase diamétrica en las plantaciones 1 y 2 FIRA	---- 31
Figura 13.	Distribución por clase diamétrica de la plantación mixta 1 Pucuateo-	32
Figura 14.	Distribución por clase diamétrica en la plantación mixta 2 Pucuateo-	33
Figura 15.	Porcentaje por clase diamétrica de las plantaciones homogéneas	--- 34
Figura 16.	Porcentaje por clase diámetrica de las plantación mixta aleatoria 1	35
Figura 17.	Porcentaje por clase diámetrica de las plantación mixta aleatoria 2	36
Figura 18.	Crecimiento fustal en las especies de pino	----- 37
Figura 19.	Volumen comercial m ³ en las plantaciones homogéneas y mixtas	-- 38
Figura 20.	IMA en tres muestras de las plantaciones homogéneas 1 y 2 de FIRA	40
Figura 21.	IMA en tres muestras de las especies de pino en la plantación m. 1	-- 41
Figura 22.	IMA en tres muestras de las especies de pino en la plantación m. 2	-- 41
Figura 23.	ICA en tres muestras de <i>pinus greggi</i> 1	----- 42
Figura 24.	ICA en tres muestras de <i>pinus greggi</i> 2	----- 43
Figura 25.	ICA en tres muestras de <i>pinus greggi</i> mixta 1	----- 44
Figura 26.	ICA en tres muestras de <i>pinus ayacahuite</i>	----- 45
Figura 27.	ICA en tres muestras de <i>Pinus pseudostrobus</i>	----- 46
Figura 28.	ICA en tres muestras de <i>Pinus patula</i>	----- 47

Figura 29.	ICA en tres muestras de <i>Pinus devoniana</i>	-----	48
Figura 30.	ICA en tres muestras de <i>pinus greggi</i> mixta 2	-----	49
Figura 31.	ICA en tres muestras de <i>Pinus devoniana</i>	-----	50
Figura 32.	ICA en tres muestras de <i>Pinus pseudostrobus</i>	-----	50
Figura 33.	ICA en tres muestras de <i>Pinus patula</i>	-----	51
Figura 34.	Polígono de la plantación mixta aleatoria 1 en Pucato	-----	52
Figura 35.	Polígono de la plantación mixta aleatoria 2 en Pucato	-----	53
Figura 36.	Polígono de la plantación homogénea 1 en el CDT-FIRA	-----	54
Figura 37.	Polígono de la plantación homogénea 2 en el CDT-FIRA	-----	55
Figura 38.	Diagrama de cajas simultáneas en diámetros de plantaciones h.	----	58
Figura 39.	Diagrama de cajas en volumen de plantaciones homogéneas	----	59
Figura 40.	Diagrama de cajas en alturas de las plantaciones homogéneas	----	61
Figura 41.	Valores máximos y mínimos en diámetros	-----	64
Figura 42.	Valores máximos y mínimos en volumen	-----	66
Figura 43.	Valores máximos y mínimos en altura	-----	67
Figura 44.	Valores máximos y mínimos en diámetro	-----	69
Figura 45.	Valores máximos y mínimos en volumen	-----	71
Figura 46.	Valores máximos y mínimos en altura	-----	73
Figura 47.	Daños en las plantaciones mixtas	-----	75
Figura 48.	Daños en las plantaciones homogéneas	-----	77
Figura 49.	Porcentaje por categoría diámetrica y por sp. de la plantación m. 1.	-----	78
Figura 50.	Coefficiente mórfico de las plantaciones	-----	80
Figura 51.	Análisis estadístico de las plantaciones	-----	83

ÍNDICE DE ANEXOS

No		Pág.
1.	Formato de campo para la toma de datos en las plantaciones mixtas ---	96
2.	Formato de campo para la toma de datos de plantaciones homogéneas --	97
3.	Distribución de los individuos en la plantación mixta -----	98
4.	Polígonos de la plantación 1 en Pucuateo -----	99
5.	Polígonos de la plantación 2 en Pucuateo -----	100
6.	Polígonos, de la plantación 1 en el CDT-FIRA -----	101
7.	Polígonos de la plantación 2 en el CDT-FIRA -----	102
8.	Estado actual de la plantación mixta aleatoria 1 -----	103
9.	Estado actual de la plantación mixta aleatoria 2 -----	104
10.	Estado actual de la plantación homogéneas 1 -----	105
11.	Estado actual de la plantación homogéneas 2 -----	106
12.	Muestras de <i>Pinus greggii</i> de las plantaciones homogéneas 1 y 2 -----	107
13.	Muestras de las especies de <i>Pinus</i> spp. de las plantaciones mixtas 1 y 2 --	108
14.	Datos de ICA, IMA y T.P de la plantación homogénea 1 -----	109
15.	Datos de ICA, IMA y T.P de la plantación homogénea 2 -----	110
16.	Datos de ICA, IMA y T.P de la plantación mixta aleatoria 1 -----	111
17.	Datos de ICA, IMA y T.P de la plantación mixta aleatoria 2 -----	113
18.	Longitud de cada una de las muestras por especies y por plantación -----	114
19.	Información general de plagas en las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2-	115
20.	Información general de plagas en las plantaciones homogéneas 1 y 2 -----	116

RESUMEN

El presente trabajo, fue realizado para conocer el comportamiento de las especies de *Pinus* (*Pinus pseudostrobus*, *P. patula*, *P. ayacahuite*, *P. devoniana* y *P. greggii*), en su crecimiento e incremento radial en plantaciones homogéneas y mixtas, de edades y espaciamientos diferentes, las cuales se encuentran establecidas en los municipios de Hidalgo y Morelia en el Estado de Michoacán. Los parámetros que se utilizaron en la evaluación, fueron: el diámetro, altura y el volumen, utilizando un diseño completamente al azar, se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en donde, *Pinus patula*, *P. pseudostrobus* y *P. greggii*, presentaron los mejores resultados en crecimiento en comparación con *Pinus ayacahuite* y *P. devoniana*. Así mismo, se determinó el porcentaje de los daños encontrados en las mismas, y al mismo tiempo, se elaboraron los mapas de las plantaciones evaluadas con la ayuda del software Arc Gis versión 9.

Palabras clave: *evaluación, incremento, crecimiento, plantaciones, pinos.*

SUMMARY

The present study was conducted to understand the behavior of *Pinus* species (*Pinus pseudostrabus*, *P. patula*, *P. ayacahuite*, *P.* and *P. greggii Devonian*) in its growth and increased radial homogeneous and mixed plantations, aged and different spacings, which are established in the municipalities of Hidalgo and Morelia in Michoacan State. The parameters used in the evaluation were: diameter, height and volume, using a completely randomized design, significant differences between treatments were obtained, where, *Pinus patula*, and *P. pseudostrabus*, *P. greggii*, presented the better results in growth compared to *Pinus ayacahuite* and *P. devonaiana*. Likewise, the percentage of damage found in them was determined, while the maps of the plantations assessed with the help of Arc Gis version 9 software were developed.

Numbering: Increase, growth, plantations.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques constituyen ecosistemas complejos que aportan beneficios como, la regulación del clima y la captura de carbono, el mantenimiento de las fuentes de agua, y el hábitat para la flora y fauna silvestre (PEF, 2001). La demanda de productos provenientes de los recursos forestales, ocasiona problemas asociados a la destrucción y deterioro de los recursos naturales, lo que obliga a los profesionales forestales a diseñar alternativas viables para enfrentarlos. Una de las alternativas más recomendadas por sus contribuciones ecológicas, sociales y económicas, son las plantaciones forestales comerciales, las cuales están dirigidas a producir materias primas maderables y no maderables (FAO, 2000).

De acuerdo con la CONAFOR, (2012) y la FAO, (2000), el establecimiento de plantaciones forestales, juega el papel principal en la solución al grave problema de la deforestación, las cuales, presentan ventajas ambientales, sociales, económicas, biológicas y de estética. Sin embargo, en México las plantaciones comerciales se ha enfrentado a grandes problemas técnicos, financieros, y de organización, mismos que han imposibilitado el uso de plantaciones forestales para reforestar áreas aprovechadas, áreas perturbadas, o forestar terrenos de alto potencial productivo (Torres y Magaña, 2001).

A nivel mundial, las especies de rápido crecimiento más empleadas para plantaciones forestales comerciales son: *Pinus radiata*, *P. caribaea*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. elliottii*, *P. palustris*, *P. oocarpa*, y el 15 %, otras latifoliadas y el 12 % y 3 % otras coníferas (INIFAP, 2010). En México, la actividad forestal se centra principalmente en el género *Pinus* porque representa el 60 % de las especies maderables comerciales por su amplia distribución geográfica y su alto valor económico, (Gómez et al. 2012).

Las plantaciones se pueden clasificar de acuerdo a su composición, porque existen plantaciones de una sola especie como las plantaciones mixtas de las cuales, existen pocas experiencias de ellas y la información para su manejo es escasa, sobre todo cuando se emplean especies nativas, sin embargo, en las plantaciones mixtas, se puede regular la competencia por nutrientes, luz y agua y optimizar el uso del suelo (Torres, 2007).

Una vez establecida la plantación, sea homogénea o mixta, se debe evaluar constantemente, ya que dicha información se usará para elegir apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma (Torres y Magaña, 2001). Su correcta administración incluye la evaluación de su crecimiento que, analizado a través del tiempo, arroja datos de su incremento y por ende de su productividad (FAO ,2000).

Michoacán cuenta con una superficie de 570 mil hectáreas de terrenos aptos para el establecimiento de plantaciones comerciales, en climas que van desde templados a cálidos, en donde la demanda de especies forestales para la producción de maderas finas, celulosa para papel y árboles de navidad, sin embargo existen plantaciones que no han sido verificadas y por lo tanto, no están tampoco consideradas en los totales que se describen en las bases de datos de la CONAFOR, (2009).

Actualmente, existen trabajos y proyectos sobre temas forestales, involucrando el uso de los SIG (Sistema de Información Geográfica) e imágenes de satélite, donde la principal ventaja de utilizar un SIG, es la facilidad de evaluar tipos de uso de suelo y cobertura vegetal en el manejo forestal e inventarios, así como la sistematización de información, (Gonzales, 2003). Este tipo de tecnologías no pretende sustituir el trabajo de campo, sino por el contrario, facilita los trabajos, puesto que permite elaborar metodologías y estándares específicos orientando los esfuerzos para desarrollar un mejor conocimiento de las áreas forestales y de sitios específicos, (Gonzales *et al.* 2004). En el presente trabajo de investigación, se hizo utilidad de un SIG (Arc Gis. 9), para la elaboración de los polígonos de cada una de las plantaciones a evaluar.

El objetivo principal de este trabajo de investigación, es evaluar el crecimiento radial, el diámetro, altura y volumen de cuatro Plantaciones de Coníferas, dos de ellas se encuentran establecidas en el Ejido Pucato municipio de Hidalgo (Cd. Hidalgo) y dos en el CDT-FIRA (Centro de Desarrollo Tecnológico-Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura) en el municipio de Morelia Michoacán. Las especies encontradas ahí son: *Pinus pseudostrobus*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. ayacahuite*, y *P. devoniana*.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar el crecimiento en diámetro, altura, volumen e incremento radial de cuatro plantaciones de pino en los municipios de Hidalgo y Morelia, Michoacán

2.2. Particulares

- 1- Evaluar el crecimiento en diámetro, altura y determinar el volumen y el incremento radial en especies de pino de dos plantaciones mixtas en el ejido Pucuatío y dos plantaciones homogéneas en FIRA
- 2- Determinar el Tiempo de paso de las especies
- 3- Determinar el coeficiente mórfico de la especies
- 4- Determinación del número de individuos y diámetro por categoría diamétrica
- 5- Identificar agentes de daños en las plantaciones
- 6- Elaborar mapas con los polígonos de las plantaciones a evaluar
- 7- Proponer posibilidades de manejo silvícola

3. JUSTIFICACIÓN

Los bosques naturales en Michoacán, presentan áreas degradadas por diferentes factores, principalmente por deforestación y tala excesiva. Por ello, es necesario buscar alternativas para disminuir la presión al bosque natural, siendo las plantaciones forestales comerciales una de ellas. Existen registros del establecimiento de diversas plantaciones comerciales en Michoacán, ejemplo de ello, las del Ejido Pucato en el municipio de Hidalgo y las de FIRA en el municipio de Morelia. Sin embargo, no existen registros de su manejo silvícola y seguimiento en cuanto a su crecimiento e incremento, ni de la elaboración de mapas de distribución y ubicación de las mismas.

Por ello es necesario evaluar su crecimiento e incremento radial y distribución en mapas, para obtener datos que servirán como una herramienta básica la cual, permitirá tener un elemento de juicio en la toma de decisiones para su manejo forestal.

4. HIPÓTESIS

Mediante la evaluación de una plantación forestal comercial mixta y una plantación homogénea, se determina el potencial maderable.

5. MARCO TEÓRICO

El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, señala que México posee ventajas comparativas para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, en relación con otros países, (PND 1995-2000).

FAO (2000), define a las Plantaciones Comerciales como masas forestales coetáneas comúnmente compuestas por una sola especie y que su correcta administración incluye la evaluación de su crecimiento que, analizado a través del tiempo, se arrojan datos de incremento estas a su vez nos dicen el incremento en diámetro y altura.

CONAFOR (2012), menciona que una plantación forestal comercial es el establecimiento y manejo de especies forestales en terrenos de uso agropecuario o terrenos que han perdido su vegetación forestal natural, con el objeto de producir materias primas maderables y no maderables, para su industrialización y/o comercialización.

Maldonado (2008), describe a una plantación mixta como un cultivo simultáneo de dos o más especies en la misma superficie y se puede por la combinación de árboles individuales, líneas o por pequeños bloques de diferentes especies, plantados de forma adyacente.

Loewe y González 2006 citado por DANZER Forestación S.A. (2010) describen ventajas en plantaciones mixtas, en mezclas de hasta 5 y más especies; mejores fustes de la especie principal, reducción de riesgos, mejor estética y simplificación de algunas tareas silvícolas.

Torres y Magaña (2001), mencionan que el objetivo de la evaluación de un área reforestada es determinar su estado actual y el potencial del arbolado para estimar tasas de crecimiento.

Imaña y Encinas (2008), señalan al crecimiento de los árboles como el resultado de la modificación conjugada de diversas variables dendrométricas como, el diámetro, altura, área bisimétrica, forma del tronco y volumen.

Torres (2007), por su parte señala que el crecimiento es el aumento de las variables en un tiempo determinado, las variables más utilizadas para el análisis del crecimiento son el diámetro (cm), la altura (m), y el volumen (m³).

Salazar *et al.* (1999), Los componentes del crecimiento en altura también son un resultado de la capacidad de adaptación de los individuos a condiciones ambientales específicas del sitio ya sea adaptándose o no con altos o bajos rendimientos de madera.

Torres (2007), describe a las plantaciones mixtas, en comparación con las plantaciones puras, promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque, ya que crean una mayor variabilidad de hábitats y favorecen los dispersores de semillas, la germinación y el crecimiento de un mayor número de especies.

CIFOR (s/f), menciona que los mapas de distribución de especies forestales, proporcionan información sobre el origen y autenticidad de las masas, y las regiones de procedencia.

Chacón (2006), menciona que los SIG, hoy en día es uno de los métodos cuantitativos en la evaluación de los recursos naturales más indispensables para el manejo de suelos, usos forestales.

Gonzales *et al.* (2004), señalan que los sistemas de información geográfica, son nuevas tecnologías que permiten establecer metodologías y estándares específicos para los procesos del manejo forestal, además, permiten trabajar grandes extensiones de terreno de forma precisa, facilitando los trabajos de cuantificación, monitoreo y comprensión de la dinámica de los ecosistemas.

Torres (2007), añade que las Plantaciones homogéneas, presentan ventajas Ambientales: protegen los recursos naturales asociados además reduce la presión al bosque natural. Sociales: puesto que un adecuado manejo silvícola aumenta la posibilidad de alcanzar un enfoque económico y sustentable y Económicas: aumentan la productividad y aseguran el abastecimiento de materia prima a la industria forestal.

Maldonado (2008), menciona que Plantaciones mixtas, presentan ventajas y desventajas sobre las algunas ventajas son: Biológicas: existe menor riesgo de plagas y enfermedades.

Ambientales: contribuyen a la recuperación y mejoramiento del suelo. Estéticas: existe diversificación de paisaje. Financieras: satisfacen demandas de mercado y Sociales: son una alternativa de producción para los propietarios locales. Sin embargo también existen desventajas como: Los costos de una plantación pueden ser mayores dependiendo del objetivo, requieren de un diseño de plantación en función de los objetivos de producción, además exigen de mayor atención en la evolución de la plantación.

CONAFOR (2011), menciona que entre más pequeña es la plantación, aumenta la intensidad de muestro y disminuye la distancia entre líneas y transectos, por lo cual aumentara el número de sitios por hectárea. Por ello empleó una metodología para la evaluación de sobrevivencia inicial en plantaciones y la precisión que se demanda en la estimación de la proporción de sobrevivencia es del 5 %.

Torres y Magaña (2001), mediante el muestreo sistemático, proponen una metodología en evaluación de plantaciones comerciales del 5%, donde nos dice que el muestreo se estima considerando la población de unidades muestrales en toda la plantación o estrato.

Murillo y Camacho (1997), mencionan que en plantaciones o estratos muy pequeños, por ejemplo de 1 ha, una parcela de muestreo de 500 m² ya significa un 5% del área plantada.

CONAFOR, (2013), describe como categoría diámetrica, a la forma convencional de agrupar en una sola medida de 5 cm el diámetro normal.

Kiessling, (1981), describe como clase diámetrica al número de anillos presentes en 2.5 cm, que es el tiempo que tarda en pasar de una categoría diámetrica a otra, o bien, el número de años que tardó para crecer 5 cm, que es igual a 5 cm y que cada anillo es igual a un año de vida en el individuo.

6. ANTECEDENTES

6.1. Plantaciones en México

En México, el desarrollo de las plantaciones forestales comerciales, representa un panorama que data desde 1930, con las incursiones de grandes empresas en la industria forestal mexicana. El primer intento por desarrollar plantaciones forestales comerciales se llevó a cabo en 1932 por la cerillera La Imperial, que estableció plantaciones de álamos en las cercanías de Chalco, Estado de México.

En 1953 la compañía Fibracel inició un programa para abastecer a la industria de tableros de fibra, por lo que estableció alrededor de 5 mil hectáreas de plantaciones de Eucalipto y Melina en Tamuín, San Luis Potosí, que cosechó a finales de los 60's.

Entre 1974 y 1983 el Gobierno Federal, a través del Fideicomiso para el Desarrollo del Plan de Estructuración de Bosques Artificiales (FIDEBA), plantó alrededor de 9 mil hectáreas en San Juan Cotzocón, Distrito Mixe, con el propósito de abastecer a la planta de celulosa de FAPATUX (Fábricas de Papel Tuxtepec), ubicada en Tuxtepec, Oaxaca. Las especies plantadas fueron pinos tropicales (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. tropicalis* y *P. oocarpa*).

Durante los años de 1975 a 1978, la empresa paraestatal Productos Forestales de la Tarahumara (PROFORTARAH) en el estado de Chihuahua, estableció cerca de 6,500 hectáreas de plantaciones con diferentes especies de pinos de la localidad (*Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmanni*), las cuales, tuvieron como propósito original la producción de madera en rollo.

En 1997 se estableció el PRODEPLAN (Programa Nacional para el Desarrollo de Plantaciones Forestales) y fue rediseñado en 2001, siendo el primero de su tipo en el país, cuyo objetivo principal fue apoyar, en un espacio de tiempo de 25 años, el establecimiento

de 875,000 hectáreas de plantaciones forestales comerciales. Lo anterior tenía como propósito reducir las importaciones de productos forestales.

Arteaga en el 2003, realizó una evaluación dasométrica de una plantación forestal de tres especies del género *Pinus spp.*, (*Pinus patula*, *Pinus oaxacana* y *Pinus montezumae*) ubicada en Perote, Veracruz. Por medio de técnicas de muestreo se recabó información de sus variables dasométricas a la edad de 14.6 años, la estimación del IMA total fue de 2.7319 m³ rft. sc por ha., con un ICA de 3.4508 m³ rft.sc por ha.

Para el 2006, el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) en la Huasteca Potosina, estableció una Plantación Mixta con dos especies de lento crecimiento: Palo de rosa *Tabebuia rosea*, Caoba *Swietenia macrophylla* y dos de rápido crecimiento: Cedro rosado *Acrocarpus Fraxinifolius*, Melina *Gmelina arborea*, con un espaciamiento de 4m entre hileras y plantas y se establecieron de manera alterna las especies forestales de rápido y lento crecimiento con el sistema de marco real y tres bolillo.

6.2. Plantaciones en Michoacán

Durante el periodo de 1928 a 1962, se establecieron las primeras plantaciones en Michoacán en el municipio de Morelia. En 1960 a 1986, en la cuenca de Cuitzeo, se establecieron once especies nativas y seis no nativas, con la finalidad de encontrar la especie con mejor adaptación al lugar, (Madrigal y Trujillo, 2001, citado por Gallegos, 2009).

En el 2003, el gobierno del estado de Michoacán, firmó un acuerdo específico de colaboración con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que contempla, entre otras acciones, promover conjuntamente el establecimiento de plantaciones comerciales e impulsar la participación de los productores, de tal manera que los recursos sean utilizados en beneficio de ejidos, comunidades y pequeños propietarios, (Muñoz *et al.* 2009).

A partir del 2003, en Michoacán, opera el Programa ProÁrbol de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el cual en Plantaciones Comerciales, reporta existencias en zonas

de clima templado frío el 69 % de *Pinus* sobresaliendo el *Pinus pseudostrabus*, (INIFAP, 2010).

Del 2003 a la fecha, alrededor de mil 500 hectáreas agrícolas con pobre o nula producción del oriente de Michoacán y el poniente del Estado de México, han sido ocupadas para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de *Eucalipto*, proyecto que ejecuta la empresa Rexcel, como parte del plan que desarrolla en la zona centro del país, con apoyos del programa ProÁrbol que opera la Comisión Nacional Forestal.

En el 2008, a través del programa ProÁrbol, se aprobaron 284 proyectos para plantar en 7 mil 819 hectáreas, especies de rápido crecimiento como el Eucalipto (*Eucalyptus sp.*), Melina (*Gmelina arborea*) y Frijolillo (*Caesalpinia platyloba*), árboles de maderas finas como Caoba (*Swietenia humilis*), Cueraño (*Cordia elaeagnoides*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y Rosa Morada (*Tabebuia rosea*), así como algunas especies de pino para la producción de resina, madera y árboles de navidad.

Para el 2011, el programa ProÁrbol y la Comisión Nacional Forestal impulsan en Michoacán proyectos de plantaciones comerciales en los municipios de Parácuaro, Tangancícuaro y Tepalcatepec, en 206 hectáreas para la producción de madera, árboles de navidad y celulosa de papel.

En el 2013, sigue operando el Programa Federal de la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) antes ProÁrbol (Programa), ahora PRONAFOR (Programa Nacional Forestal).

6.3. Evaluación de plantaciones homogéneas y mixtas

Murillo & Camacho (1997), crearon una metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas utilizando el método sistemático, en la que mencionan, que en plantaciones o estratos pequeños 500 m² ya es significativo un 5 %.

Murillo G. *et al.* (s/f), desarrollaron una metodología que permite capturar información representativa de la masa forestal en plantaciones pequeñas, utilizando el método de muestreo basado en árboles individuales, en donde recomienda que en plantaciones de mayor edad y sin raleos, es recomendable una intensidad de muestreo del 5 %, esto es,

que el tamaño de muestra aumentará, de tal manera que obliga al técnico a recorrer toda la plantación debido a la aleatoriedad de los individuos.

CONAFOR (2011), evaluó la sobrevivencia inicial de las plantaciones forestales comerciales mediante una metodología en donde menciona que en plantaciones o estratos muy pequeños (1 a 3 ha), aumentara el número de sitios por hectárea, y en donde la precisión que se demanda en la estimación de la sobrevivencia de una plantación es del 5 %.

Alice F. *et al.* (2004), evaluaron 3 plantaciones puras y mixtas con especies nativas, para determinar su productividad a los 11-12, años, los resultados mostraron que quienes obtuvieron mayor rendimiento fueron las de plantaciones mixtas y en otros casos algunas de plantaciones homogéneas, la mixta, se puede considerar como otra alternativa viable en términos productivos y con mejores resultados para la recuperación de terrenos degradados.

6.4. Evaluación de plantaciones comerciales forestales en Michoacán

Gómez *et al.* (2012), evaluaron la supervivencia, altura y diámetro en 7 años de *Pinus cembroides*, *P. greggii*, *P. devoniana* y *P. pseudostrobus* en el municipio de Morelia, en donde *Pinus cembroides* fue la especie de mayor supervivencia (81 %) pero crecimiento menor (76 cm), *P. pseudostrobus* mostró menor supervivencia (38 %) y *P. devoniana* supervivencia de 80 %. *Pinus greggii* tuvo crecimiento mayor (32 cm). El análisis de resultados sugiere que una plantación mixta de *P. devoniana* y *P. greggii* (*P. pseudostrobus* sólo en pendiente >30°) podría ser la mejor opción para restaurar estos sitios. *Pinus greggii* (exótica al área de estudio) se puede usar en etapas iniciales de la restauración y *P. devoniana*, para minimizar la erosión.

Barrera (2010), hizo una evaluación en dos plantaciones comerciales de *Cedrela odorata* L. y *Acrocarpus fraxinifolius* Wight y Arn. Establecidas en el municipio de Múgica, donde *Cedrela odorata* obtuvo el mayor incremento medio anual con un 3.7 cm/año. El mayor incremento en diámetro lo obtuvo *Cedrela odorata* con 11.7 cm. La mayor altura la obtuvo *Acrocarpus fraxinifolius* con 2.6 m/año.

Cortez (2011), evaluó una plantación comercial de teca (*Tectona grandis* L.) de 7.9 años de edad en Nuevo Urecho, presentó una altura promedio de 11.5m, un IMA de 1.45m y un diámetro de 14.52cm, un volumen de 53.83 m³por hectárea y un IMAV de 6.81 m³/ha/año, demostrando una excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas del lugar.

Gallegos (2009), evaluó dos plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lind., en los municipios de Morelia e Indaparapeo, donde la plantación establecida en Indaparapeo obtuvo más volumen debido a las condiciones microambientales.

Muñoz F. *et al.* (2009), evaluaron dos plantaciones de *Tectona grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius* y *Gmelina arborea* en el municipio de Nuevo Urecho, obteniendo como resultado una Altura = 6.82m, Diámetro (1.30) = 10.81cm y un IMA = 3.41 cm/año, los resultados fueron únicamente en *Gmelina arborea* ya que es la que mejor se adaptó al tipo de suelo y clima de Nuevo Urecho ya que no es una especie nativa de la región.

Muñoz F. *et al.* (2010), realizó una evaluación de 12 plantaciones en el trópico seco de Michoacán, en los municipios de Nuevo Urecho, Buena Vista y Múgica. Las especies que se evaluaron fueron: *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* L. f, *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn., *Cedrela odorata* Lamb., y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., un IMA = 11.78 y 5.88 cm/año en *Gmelina arborea* y un Vol. = 132.14 m³/ha. En *Gmelina arborea*.

6.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Jordan (1992) citado por Gonzales *et al.* (2004), impulsó el uso del SIG en el manejo forestal, el cual sugiere guías para la investigación y desarrollo del potencial de los SIG en el manejo forestal, incluyendo diseño de manejo de bosques, implementación de inventarios, y estudios sobre respuesta del bosque a sus intervenciones.

Checor (2006), utilizó un SIG a través de imágenes Landsat TM 5 y 7 de 1999 y 2003, para producir mapas de cobertura en los bosques de Chihuahua, mostrando los cambios multitemporales observados a través del sensor, permitiendo ver la dinámica que está ocurriendo dentro de este ecosistema.

Gonzales (2003), aplicó tecnologías de sistemas de información geográfica y percepción remota para evaluar el desempeño del manejo forestal, cuantificar la superficie de los diferentes tipos de vegetación y uso de suelo.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

7.1. Nombre científico: *Pinus pseudostrabus* Lindl.

a). Sinonimia: *Pinus pseudostrabus* Gordon & Glend.

b). Nombres comunes: Pino lacio, Pino blanco.

c). Taxonomía

Reino	Plantae
Subreino	Coniferophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.

d). Descripción

Árbol de 6-10 m (-20-40 m) de altura, copa cónica. Corteza fisurada en fajas longitudinales, con escamas caedizas, de color anaranjado-rojizo. Ramas verticiladas. Acículas de 25-35 cm de largo x 1 mm de ancho, 5 por hacecillo, márgenes aserrados, ápice agudo punzante, flexibles, péndulas, de color verde-grisáceo. Conos femeninos de 7-16 cm de largo x 6-13 cm de ancho, solitarios o en pares, pedunculados. Semillas de 5-7 mm de largo x 3-4,5 mm de ancho, ovoides, aladas, (INIFAP, 2011).

e). Distribución

En México, el *Pinus pseudostrabus* se encuentra en los estados de Jalisco, Michoacán, México, D.F., Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas (Perry 1991). En Michoacán se encuentra en: Acuitzio, Uruapan, Villa Madero, Zacapu,

Zinapécuaro, Zitácuaro, Coalcomán, Aguililla, Charo, Cheran, Erongarícuaro, Hidalgo, Indaparapeo, Madero, Angangueo, Morelia, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Ocampo, Paracho, Pátzcuaro, Quiroga, Los Reyes, Salvador Escalante, Senguio, Tacámbaro, Tancítaro, Tangamandapio, Tingambato, Tuxpan y Tuzantla (SEMARNAT, 2003).

f). Usos

Se utiliza para madera aserrada de buena calidad, durmientes, tableros de partículas, madera para construcción, cajas de empaque, madera para chapa y triplay, celulosa y papel, resina, artesanías, ebanistería y muebles finos, se utiliza para restauración de suelos degradados (Viveros, 2006).

7.2. Nombre científico: *Pinus greggii* Englem.

a). Sinonimia: *Pinus greggii* Engelm., ex Parlatore

b). Nombres comunes: Pino prieto, pino ocote, pino ocote chino.

c). Taxonomia

Reino	Plantae
Subreino	Coniferophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus greggii</i> Englem.

d). Descripción

Árbol pequeño de tronco recto y copa amplia e irregularmente redonda, de 10 a 25 m de altura y 40 cm de diámetro normal, aunque también se reporta una altura de 20-25 m y de 70-80 cm de diámetro norma (inifap,2011).

e). Distribución

En México se encuentra en los estados de Puebla, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León, entre los paralelos 20° 00' a 25° 40' de latitud Norte y meridianos 97° 40' a 101° 20' de longitud Oeste; además se reporta en pequeños grupos en Veracruz y Puebla. En Michoacán se le ha introducido en pequeñas plantaciones sobre todo en la Sierra Purépecha (García, 1996 a).

f). Usos

Su madera se destina a la industria de la celulosa y el aserrío, para la fabricación de muebles, durmientes, pilones, vigas, postes para cerca y leña para combustible. También se utiliza como especie ornamental. Además por su rápido crecimiento y su buena adaptación a suelos pobres, se ha utilizado en programas de restauración de suelos degradados, apropiado para parques, jardines, por su rápido crecimiento y su buena adaptación a suelos pobres, se ha utilizado en programas de restauración de suelos degradados para plantaciones comerciales (CONAFOR, 2013).

7.3. Nombre científico: *Pinus devoniana* Lindley.

a). **Sinonimia:** *Pinus michoacana* Mart.

b). **Nombres comunes:** Pino lacio, ocote escobetón, pino blanco, ocote gretado.

c). Taxonomía

Reino	Plantae
Subreino	Coniferophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus devoniana</i> Lindley

d). Descripción

Árbol de 20-30 m de altura, las ramas son fuertes, extendidas, dispuestas irregularmente, ascendentes cuando jóvenes y casi horizontales cuando viejas, diámetros de 30 a 65 cm, presenta corteza áspera y agrietada, Generalmente se le encuentra en altitudes de 1,500-2,000 msnm aunque también se le ha colectado hasta los 2,300 msnm, pero su mayor desarrollo se logra en altitudes de 1,800 a 2,000 msnm, (INIFAP, 2011).

e). Distribución

En México se distribuye en los estados de Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas.

f). Usos

La madera es de buena calidad, se utiliza en ebanistería, en la fabricación de muebles, duelas, leña y para la producción de resinas en los estados de Michoacán, México y Oaxaca, en el centro del país se utiliza para la obtención de madera aserrada y producción de celulosa.

7.4. Nombre científico: *Pinus patula* Schl. et Cham.

a). **Sinonimia:** *Pinus patula* Schl. et Cham.

b). **Nombres comunes:** Pino patula, ocote, pino llorón, pino triste, pino colorado, pino chino, pino xalocote.

c). Taxonomía

Reino	Plantae
Subreino	Coniferophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham.

d). Descripción

Árbol de 20 a 55 m de altura y de 50 a 120 cm de diámetro normal y ocasionalmente alcanza 40 m de altura y diámetro de un metro; el crecimiento se detiene sensiblemente entre los 30 y 35 años de edad. Su copa es abierta y redondeada, piramidal y rala; el fuste es recto y libre de ramas hasta un 40 a 60% de su altura; con una raíz profunda y poco extendida. Es exigente de luz y semiresistente a heladas, los conos son seróticos, largamente cónicos de 7-9 cm, a veces 12; duros, sésiles, reflejados algo encorvados, oblicuos y puntiagudos, generalmente agrupados en número de 3-8; frecuentemente se ven en el tronco y en las ramas gruesas, los límites altitudinales del *Pinus patula*, pueden marcarse entre 1,500 y 3,000 m, pero en forma natural, los bosques en que domina la especie se encuentran entre 1,800 y 3,000 msnm., habita en gran variedad de suelos, desde rojos arcillosos hasta suelos profundos de origen volcánico, ligeramente ácidos (pH de 4,5 a 5,5). Los mejores rodales han sido encontrados en suelos fértiles y bien drenados, (INIFAP, 2011).

e). Distribución

Se distribuye naturalmente sobre las formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y la Sierra Madre de Oaxaca, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Querétaro, Distrito Federal, Tlaxcala. En los estados de Hidalgo, Veracruz, se encuentran las poblaciones más grandes y con los mejores desarrollos. Existen Plantaciones en Puebla, México, Michoacán y Distrito Federal.

f). Usos

La madera es de buena calidad. Se recomienda para construcciones que requieran resistencia, para postes, durmientes, pilotes, armaduras y vigas. Se emplea para la elaboración de cajas de empaque y para acabados interiores y exteriores. También es muy apreciada en la fabricación de papel debido a la longitud de sus fibras.

7.5. Nombre científico: *Pinus ayacahuite* Ehren.

a). Sinonimia: *Pinus patula* Schl. et Cham.

b). Nombres comunes: Ocote blanco, pino real, ocote greteado, pino cahuite, pino blanco.

c). Taxonomía

Reino	Plantae
Subreino	Coniferophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Genero	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.

d). Descripción

Árbol de 35 - 40 m de altura y Diámetro Normal de 2, de 20 - 30 m de altura, con copa cónica y crecimiento moderado, vive cerca de 100 años. Se caracteriza por sus escamas delgadas, frágiles, largas y angostas, gradualmente atenuadas hacia la base; y por el ala de sus semillas también larga y estrecha. Hojas perennifolias, se encuentra entre los 2000 - 3200 m.s.n.m y más frecuente entre los 2700 m.s.n.m.

e). Distribución

Se distribuye naturalmente sobre las formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y la Sierra Madre de Oaxaca. Los estados de la República en que se le reporta son Querétaro, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca, se le cita además en Tamaulipas y San Luis Potosí, Nuevo León. En los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, se encuentran las poblaciones más grandes y con los mejores desarrollos (INIFAP, 2011).

f). Usos

Se utiliza para reforestación en las zonas urbanas y suburbanas, también en la elaboración de muebles, moldes de fundición, y en la construcción. La resina se utiliza en la elaboración de diversos productos. La madera es de buena calidad, suave y manejable, útil en la artesanía, aserrío, triplay, celulosa, papel, puntales para minas, construcciones y

8. METODOLOGÍA

8.1. Descripción del área de estudio

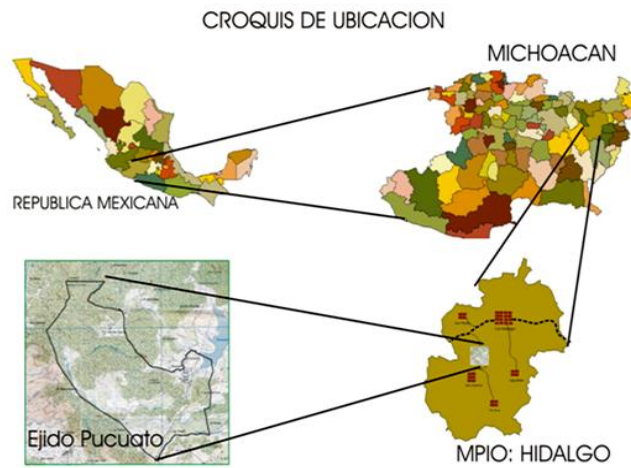


Figura 1. Localización del ejido Pucuateo (PMPF 2007).

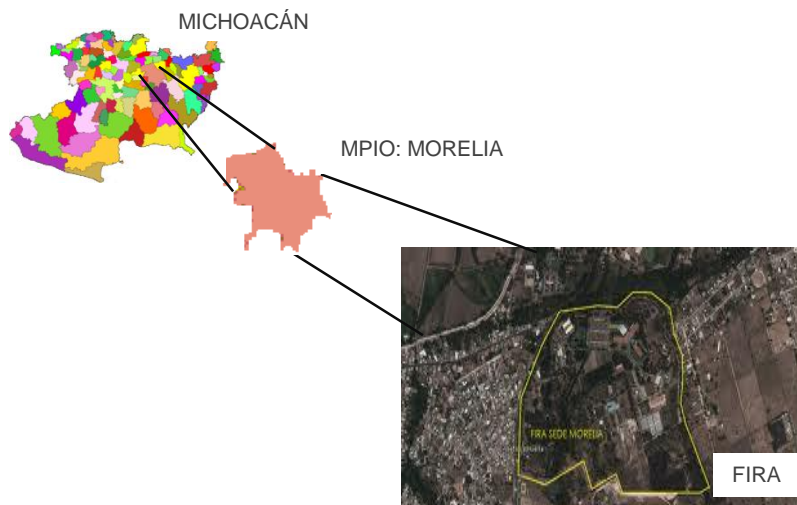


Figura 2. Localización de FIRA, (Google Earth 2013).

a). Ubicación de las Plantaciones Mixtas

El Ejido Pucuató (**Figura 1**), resulta de la división del ejido San Lucas Huarirapeo, se encuentra ubicado en la región oriente del estado de Michoacán, en la parte central del municipio de Hidalgo, geográficamente ubicado en los 19° 35' 00" y 100° 42' 00".

Clima:

Se tiene un clima Cw, templado subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas medias anuales para el periodo de verano que van de 8° a 22 °C, precipitaciones promedio de 1250 mm, y temperaturas mínimas para el mes más frío, de 3°C o menos.

Suelo:

La formación de estos suelos responde a los acelerados procesos de descomposición de materia orgánica, así como a la composición litológica, de la zona que incluye andesitas, basaltos, riolitas y tobas, lo que determina la presencia de predominante de andosoles, húmico y órtico, así como acrisoles, litosoles y regosoles, todos ellos derivados de cenizas volcánicas, los cuales son muy ligeros y con una alta capacidad de retención de agua.

Hidrología:

El predio se localiza dentro de la Región Hidrológica del Río Balsas, (RH18) formado parte de la Cuenca Del Río Cutzamala (G), encausando el escurrimiento a la subcuenca del Río Tuxpan (c). La precipitación de la zona y la topografía así como el tipo de suelo dan origen a manantiales temporales y permanentes en el ejido.

Vegetación:

Desde el punto de vista florístico el ejido se encuentra en el eje neovolcánico transversal en donde confluyen las dos grandes regiones biogeográficas la Neártica y la Neotropical, lo cual lo hace rico en diversidad de especies, (INEGI,2013).

b). Ubicación de las Plantaciones Homogéneas

El CDT (Centro de Desarrollo Tecnológico) está ubicado en FIRA (Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura) en Morelia Michoacán. FIRA (**Figura 2**), es una Institución que se dedica a apoyar el desarrollo de los sectores rural, agropecuario, forestal y pesquero del país, por medio del otorgamiento de créditos, garantías, capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología a dichos sectores. FIRA está ubicado a los 19°39'00'' de latitud norte y 101°14'00'' de longitud oeste, con una altitud de 1,940 msnm.

Clima:

Templado subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura media anual de 17.6 °C, y una precipitación promedio anual de 697.4 mm

Suelo:

El suelo es del tipo vertisol pélico de origen calcáreo, delgado y degradado, con pendiente descendente, ondulada, definida hacia el norte con escasa orientación hacia el este, del orden de 15 a 20 % (Cambrón, 2012).

8.2. Materiales y método de muestreo

El método que se utilizó en este proyecto de investigación fue el método de Muestreo Sistemático; el cual, se recomienda para la evaluación en plantaciones comerciales y su uso es más común cuando las plantaciones son irregulares, puede ser aleatoria o no aleatoria, además este método cuenta con la ventaja que permite muestrear a toda la población, (Torres & Magaña, 2001). Se eligió este método porque se ajusta a las plantaciones que evaluamos, las cuales son de dos tipos: Plantaciones homogéneas; está constituida de una sola especie y plantaciones mixtas aleatorias; se compone de la mezcla de cinco especies de pino, donde el termino aleatoria, se le otorgó debido a que la distribución de las especies, se encuentran plantadas de manera aleatoria, no existe orden alguno de las mismas en la plantación.

a). Tamaño de muestra

En las evaluaciones que comúnmente se realizan en plantaciones comerciales son mayores a 1 hectárea, para nuestro caso, fue necesario muestrear a toda la población ya que cada una de nuestras plantaciones son pequeñas, (menor a 1 hectárea), el plan de manejo forestal (2008), menciona que entre mayor sea el tamaño de la muestra mejor confiabilidad tendrán nuestros resultados. De acuerdo con algunos autores, el tamaño de muestra que recomiendan en plantaciones mayores a 3 hectáreas es del 5%, sin embargo, Murillo y Camacho (1997), menciona que en plantaciones o estratos muy pequeños, ocurre que una parcela de muestreo de 500 m² ya es significativo un 5%, el tamaño de nuestras plantaciones se asemejan a lo mencionado antes por los autores, por ello se decidió utilizar el 5% como tamaño de muestra en las plantaciones mixtas y se consideró el total de la población en las plantaciones homogéneas.

b). conteo de los individuos

La técnica que utilizamos fue la de conteo por líneas; el cual consiste en seguir las líneas en toda la plantación (Torres & Magaña, 2001), buscamos el lado más accesible a la plantación. Así mismo se elaboró una base de datos, de cada individuo y de cada plantación, la cual contiene, los datos: especie, diámetro, altura, volumen y Coeficiente Mórfico.

8.3. Identificación de especies

Para la identificación de cada una de las especies de pino existentes en las mismas, se hizo de manera directa, se tomaron muestras y fotografías de fascículos y algunos conos, además se hizo una identificación de las características físicas de los individuos (color, textura, longitud en fascículos, conos, forma) y nos apoyamos con el manual de Claves de Identificación de las Coníferas Silvestres del Estado de Michoacán de Madrigal, (1982), las cuales coincidieron con cada una de características en las muestras que se tomaron en campo.



Figura 3. Identificación de acículas



Figura 4. Conos de *Pinus greggii*

8.4. Identificación de daños en las plantaciones

a). Toma de muestras

Los daños encontrados en las plantaciones, se identificaron tomando muestras de la parte infestada del individuo, la cual se encontró en conos, ramas fuste y corteza, las cuales fueron llevadas en frascos y bolsas donde la identificación fue a través de observación directa y toma de muestras, identificación a través del microscopio, claves y literatura sobre insectos (Cibrian *et al.* 1995), además de asesoría por especialistas de la COFOM, (M.C. López, 2013).

8.5. Variables evaluadas en campo

Se elaboraron formatos (**Anexo 1 y 2**) para la toma de datos de cada una de las plantaciones, enlistando cada una de las especies de pino encontradas en las mismas y las variables de interés (**Figura 5**) las cuales, a continuación se mencionan:

a). Diámetro del tocón (.30 cm); Se utilizó una cinta métrica, y se tomó la medida a la altura de .30 m., desde el suelo

b). Diámetro normal (1.30 m); Generalmente se le conoce a esta medida como diámetro a la altura del pecho (DAP), pero esta es una medida incierta, ya que no todos los que toman esa medida tienen la misma estatura, así que se tomó a 1.30 m.

c). **Diámetro de fuste limpio;** Se tomó hasta el fuste limpio, esto es, hasta donde empiezan las primeras ramas de la copa del individuo.

d). **Altura de fuste limpio;** Esta medida, se tomó con la ayuda de una Pistola Haga y un Flexómetro de 5 metros iniciando desde la base del individuo, hasta donde se encuentra el diámetro comercial (m).

e). **Altura total del fuste (m);** Se tomó desde la base del individuo, hasta la punta del ápice con la ayuda de un Flexómetro en las plantaciones mixtas y en las plantaciones homogéneas como son de mayor altura con la Pistola haga tomando en esta última dos medidas; una al inicio del fuste hasta el ápice (punta) del individuo, a una distancia de 15 metros entre el individuo y el observador.



Figura 5. Variables evaluadas, a) diámetro del tocón



b) diámetro a 1.30m.



c) diámetro comercial

f). **Volumen comercial m³;** se define al volumen comercial como la cantidad de madera que se considera con valor comercial en un árbol o en una masa, el cual es desde la base hasta el inicio de la copa (Chapingo, 2013, citado por CONAFOR, 2013), el cual se estimó mediante la fórmula de *Smallian*:

$$V_{m^3} = \left[\frac{S_0 + S_1}{2} \right] * L$$

Dónde:

Vm³= Volumen en m³
So = Sección menor
S1= Sección mayor
L = altura

g). Coeficiente mórfo (índice de forma): El Coeficiente Mórfo, es un indicador numérico de la forma de los fustes (C.M), y tratándose de fustes éste es menor que la unidad, (Romhan & Ramírez 2010). Se calculó con la siguiente formula;

$$CM = \frac{VR}{VC}$$

Dónde:

CM = Coeficiente mórfo
VR = Volumen real
VC = Volumen del cilindro

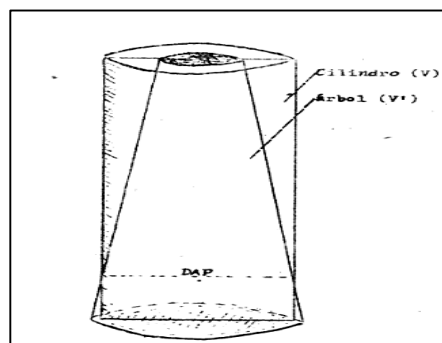


Figura 6. Coeficiente mórfo, (Ugalde, 1982).

8.6. ICA e IMA

A medida que un árbol crece, sus dimensiones aumentan (diámetro, altura y volumen), al cual se le conoce como crecimiento. El crecimiento de un árbol en un periodo de tiempo determinado se llama incremento, (Dusan, 1983). Para obtener el ICA e IMA, utilizamos las medidas de cada una de nuestras muestras (Barrenos de madera) midiendo su longitud, número de anillos y el ancho de cada uno de los anillos encontrados en las mismas. Posteriormente utilizamos los datos obtenidos aplicando las fórmulas correspondientes en una tabla de Excel para obtener las gráficas de incremento en ICA e IMA. A continuación se definen los conceptos de IMA e ICA:

a). Incremento Medio Anual (IMA)

Es el promedio anual de crecimiento de un árbol o de una masa durante toda su vida, esto es, la media anual del crecimiento para cualquier edad obtenido de dividir las dimensiones de un árbol entre su edad a partir del tiempo cero (Klepac, 1983, citado por Ruiz, 2011).

b). Incremento Corriente Anual (ICA)

Expresa el crecimiento ocurrido en el árbol en el periodo de un año (Avery y Burkhart, 2002, citado por Ruiz, 2011); puede ser calculado dividiendo sucesivamente el rendimiento de cada periodo entre ese periodo.

c). Tiempo de paso (T.P)

Los resultados en el tiempo de paso, se calcularon a 2.5 cm, en cada una de las muestras obtenidas en campo (**Anexo 12 y 13**), en 3 muestras cilíndricas de madera de cada especie con un Taladro de Pressler, posteriormente, para facilitar el proceso de lijado, se pusieron en moldes de plástico (popotes) con una etiqueta para su identificación y utilizando una lupa, iniciamos el conteo de los anillos existentes en las muestras.



Figura 7. Taladro de Pressler



Figura 8. Montaje y secado de las muestras

8.7. Elaboración de mapas

Para la elaboración de los polígonos, utilizamos el software Arc Gis 9, quien trabaja en conjunto con Excel para guardar las coordenadas en UTM.

a). Delimitación y toma de coordenadas

Se hizo un recorrido en toda y cada una de las plantaciones delimitando el terreno con una cuerda de 20 metros, en cada esquina se tomó lectura de las coordenadas (x,y) en el GPS (Sistema de Posicionamiento Global).



Figura 9. Captura de coordenadas



Figura 10. Delimitación de la plantación

8.7.2. Proyección de coordenadas

Las coordenadas se tomaron en UTM (universal transversal de Mercator) (Figura 12) en donde la proyección, se hizo con el siguiente sistema de coordenadas:

Proyección: Universal Transversa de Mercator –UTM
 Unidades: Metros
 Zona: 14
 Longitud del meridiano central: -99
 Latitud de proyección de origen: 0
 Falso este en metros: 500,000
 Falso norte en metros: 0
 Factor de escala: 0.9996
 Datum horizontal: Datum de Norte América de 1984 - WGS 84
 Nombre del Elipsoide: WGS_1984.

Plantación 1, Pucuató		Plantación 2, Pucuató		Plantación 1, FIRA		Plantación 2, FIRA		Plantación 3, FIRA	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
321122.94	2166357.73	321122.94	2166357.73	2174681	140266369	266145.7	2174387.84	266690.99	217449
321102.01	2166317.98	321102.01	2166317.98	2174736	140266477	266198.19	2174405.05	266723.35	217451
321075.37	2166292.63	321075.37	2166292.63	2174701	140266500	266192.79	2174462.26	266708.82	217453
321081.87	2166301.28	321081.87	2166301.28	2174698	140266498	266142.95	2174489.46	266678.37	217451
321121.69	2166285.88	321121.69	2166285.88	2174705	140266490	266143.95	2174477.31		
321141.68	2166289.53	321141.68	2166289.53	2174632	140266387	266128.87	2174476.64		
321157.71	2166333.44	321157.71	2166333.44			266121.5	2174493.24		
						266089.44	2174492.85		
						266098.46	2174419.48		

Figura 11. Coordenadas en UTM de las plantaciones.

Una vez elaborados los polígonos en el software Arc Gis 9, se extrapolaron con el software Google Earth, para comprobar que la plantación coincidiera con el de la imagen satelital. Así mismo, en cada polígono se agregó cada uno de los individuos existentes en la plantación de acuerdo a como se encuentran actualmente distribuidos en las mismas.

8.8. Análisis estadístico

Para determinar posibles diferencias, se realizó un análisis de varianza del crecimiento en altura, diámetro, y volumen de las plantaciones con edades diferentes (6, 9, 10 y 19 años), mediante el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.I. El diseño que se utilizó en las plantaciones fue un Diseño completamente al azar.

8.8.1. Análisis estadístico para las plantaciones homogéneas

Se utilizó un Diseño Unifactorial completamente al azar, esto es, un factor con dos niveles, considerando todos los individuos. Puesto que tenemos la misma especie en ambas plantaciones (*Pinus greggii*), lo que se comparó fue la edad de cada una de ellas, en dónde;

A) El factor de estudio: edad

Los niveles: la edad (9 y 19 años)

Las variables respuesta son: Diámetro (cm), Altura (m.), Volumen (m³)

8.8.2. Análisis estadístico para las plantaciones mixtas aleatorias

Se utilizó un Diseño Factorial 2² completamente al azar, el cual es un modelo que estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles en cada uno (Gutiérrez & Vara, 2004), en donde los factores de estudio con dos niveles cada uno son:

A) Factor: Especie: Niveles: 5 y 4

B) Factor: Edad: Niveles: 6 y 10 años de edad

Las variables respuesta son: Diámetro (cm), Altura (m.), Volumen (m³), con un tamaño de muestra de 52 individuos en la plantación.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la evaluación de las cuatro plantaciones, se muestran mediante cuadros, figuras e imágenes de acuerdo al orden en que llevaron a cabo.

9.1. Información general de las plantaciones evaluadas

En el siguiente cuadro se muestra lo existente en cada una de las Plantaciones evaluadas y sus respectivas medidas:

Cuadro 1. Datos generales de las plantaciones.

Plantación	Mixta aleatoria 1	Mixta aleatoria 2	Homogénea 1	Homogénea 2
Lugar	Parcela 1, centro Pucuato	Predio: El Pinito Pucuato	CDT-FIRA	CDT-FIRA
Especies	<i>Pinus greggii</i> , <i>Pinus patula</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pinus devoniana</i>	<i>Pinus greggii</i> , <i>Pinus patula</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>Pinus devoniana</i>	<i>Pinus greggii</i>	<i>Pinus greggii</i>
Densidad	1054/ ha	681/ha	569/ha	145/ha
Edad	10	6	9	19
a.s.n.m	2400	2600	1970	1984
Pendiente	18°	21°	Sin pendiente	17°
Espaciamiento	2 x 2	3 x 3	3 x 3	3 x 3
Perímetro	337.59	238.19	364.81	379.54
Área	6936.80	3110.83	6617.29	7857.10

Clima	Templado subhúmedo con lluvias en verano	Templado subhúmedo con lluvias en verano	Templado subhúmedo con lluvias en verano	Templado subhúmedo con lluvias en verano
Precipitación	Promedio de 1250 mm	Promedio de 1250 mm	697.4 mm	697.4 mm
Suelo	Andosoles: Ligeros y con una alta capacidad de retención de agua	Andosoles: Ligeros y con una alta capacidad de retención de agua	Vertisol. Pélico: delgado y degradado	Vertisol. Pélico: Delgado y degradado

9.2. Categorías diamétricas de las plantaciones

Las plantaciones se dividieron en categorías diamétricas para determinar el número de individuos que había en cada una de ellas. A continuación se presentan los datos de las plantaciones homogéneas de *Pinus greggii* en el FIRA. La plantación 1 corresponde a la edad de 9 años y la plantación 2 a la edad de 19 años.

9.2.1 Categorías diamétricas en las plantaciones homogéneas 1 y 2 (FIRA)

A pesar de que los individuos presentan la misma edad; en la plantación 1, los resultados muestran que existen cinco grupos de clase diamétrica (**Figura 12**). El primer grupo que sobresale, es la clase diamétrica de 16-20 cm., con 287 individuos, el segundo grupo, es el de la clase diamétrica de 21-25 cm., con 234 individuos, el tercer grupo (11-15) presenta 34 individuos seguido del grupo (26-30) con solo 9 individuos y en el último grupo (6-10), con 5 individuos, siendo este último el de menor clase diamétrica.

La plantación homogénea 2, presentó 6 grupos en clases diamétricas; el primer grupo con el mayor número de individuos (73) está en la clase diamétrica de 26-30 cm., seguido de la clase diamétrica de 31-35cm., con 38 individuos, el grupos 3 con 17 individuos, el grupo 4 con 11 individuos y finalmente, los grupos con el mismo número de individuos (3), se encuentran en la menor y mayor clase diamétrica (16-20, 41-45) en esta plantación.

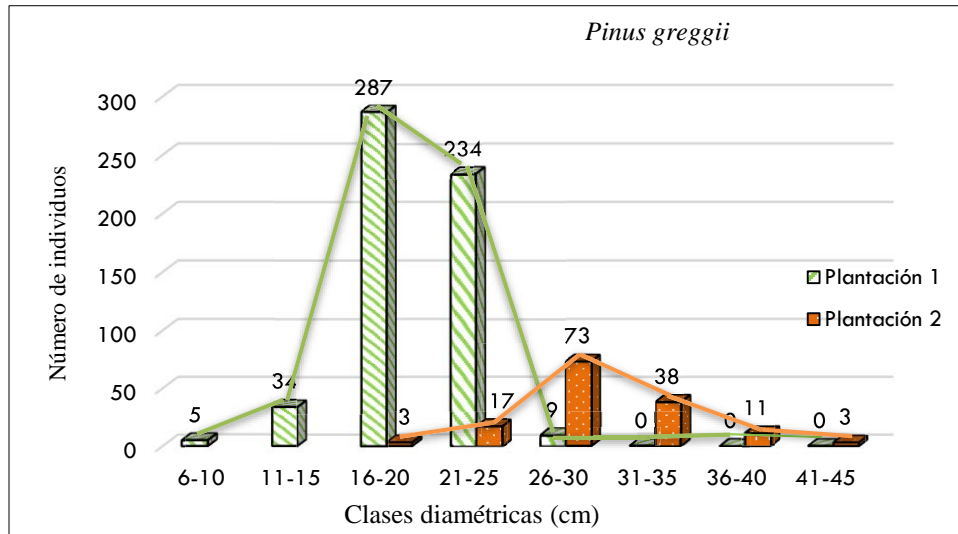


Figura 12. Individuos por clase diámetro de las plantaciones 1 y 2 de FIRA.

9.2.3. Clases diamétricas de la plantación mixta aleatoria 1 (Pucuto).

En las plantaciones mixtas aleatorias, encontramos mayor irregularidad en sus diámetros debido a la mezcla de especies (Anexo 3). Las siguientes, graficas, muestra las especies encontradas en la plantación y los diferentes grupos en clase diamétrica.

Como se mencionó en la gráfica anterior, la irregularidad que presenta la plantación en sus diámetros a pesar de tener una misma edad, el espaciamiento es un factor importante en el crecimiento en diámetros. Rodríguez *et al.* (s/f), señalan que si existe una alta densidad en la plantación, el crecimiento en diámetro varía debido a la competencia de luz y nutrientes.

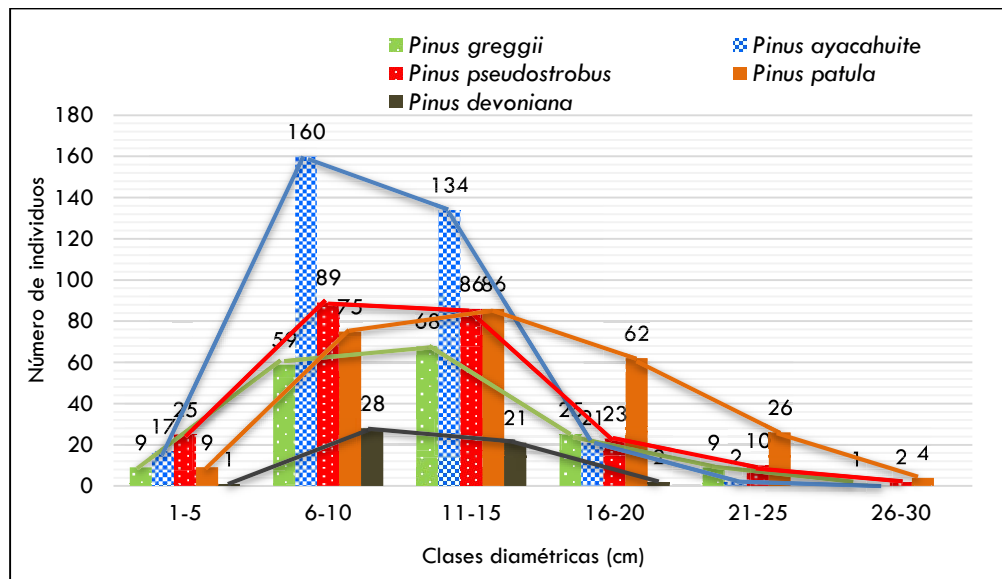
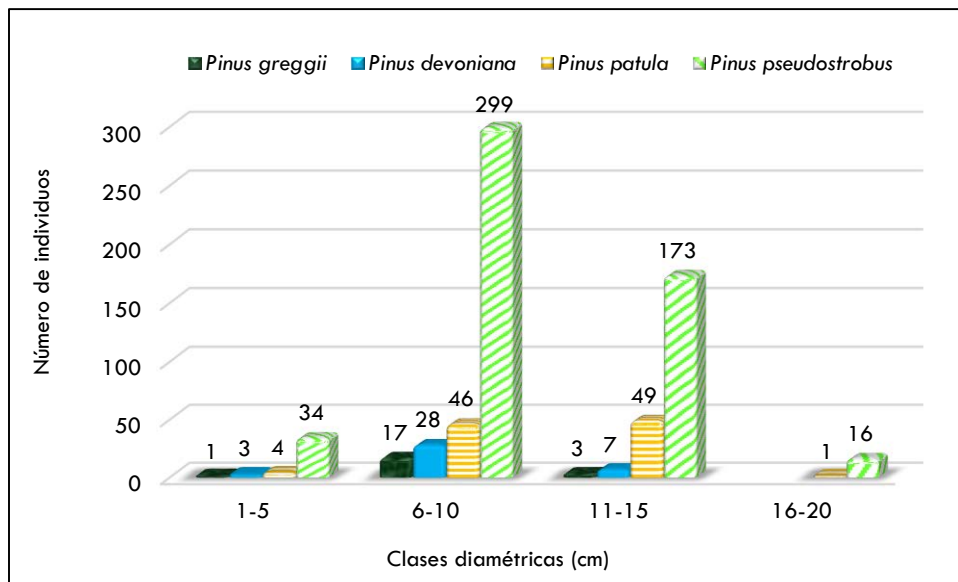


Figura 13. Distribución por clase diamétrica de la plantación mixta 1 en Pucuató.

En esta plantación, se encontraron 6 grupos de clases diamétricas, en donde *Pinus greggii*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula*, son las especies que se encuentran distribuidos en los 6 grupos. Así mismo, se puede apreciar que *Pinus ayacahuite*, sobre sale por presentar el mayor número de sus individuos en las clases diamétricas de 6-10 y 11-15. Para el caso de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula* son las especies que presentaron similitud en el número de individuos en los diferentes grupos de clase diamétrica, seguido de *Pinus greggii*. Finalmenite, *Pinus devoniana*, se distribuye únicamente en 4 clases diamétricas, en donde el mayor número de sus individuos se encuentran en la clase diamétrica de 6-10 cm.

Cumplido (2002), señala que el crecimiento e incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio. CONAFOR por su parte (2010), recomienda espaciamientos de 3 x 2.5 en terrenos rectangulares. Sin embargo, Muñoz *et al.* (2012), señalan que el mejor crecimiento en diámetro se da en espaciamientos de 2 x 4. Caso contrario al presente estudio de investigación, puesto que el espaciamiento es de 2 x 2 m.



9.2.4. Clases diámétricas de la plantación mixta aleatoria 2

Figura 14. Distribución por clase diamétrica de la plantación mixta 2 en Pucúato.

Para el caso de la plantación mixta aleatoria 2 (**Figura 14**), los resultados muestran que existen 4 grupos de clases diamétricas en cada una de las especies, en donde en los primeros 3 grupos se encuentran las 4 especies, a diferencia del grupo 4 (16-20) en donde únicamente se encuentran *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula*, además, estas especies son las que predominan en la plantación, las cuales se encuentran en los grupos 2 (6-10) y 3 (11-15) presentando el mayor número de individuos de las 4 especies evaluadas.

9.2.4. Representación en porcentaje por clase diamétrica

La siguiente gráfica, muestra el porcentaje que es representado por los diferentes grupos en clase diamétrica de cada una de las plantaciones por categoría diamétrica y por especie:

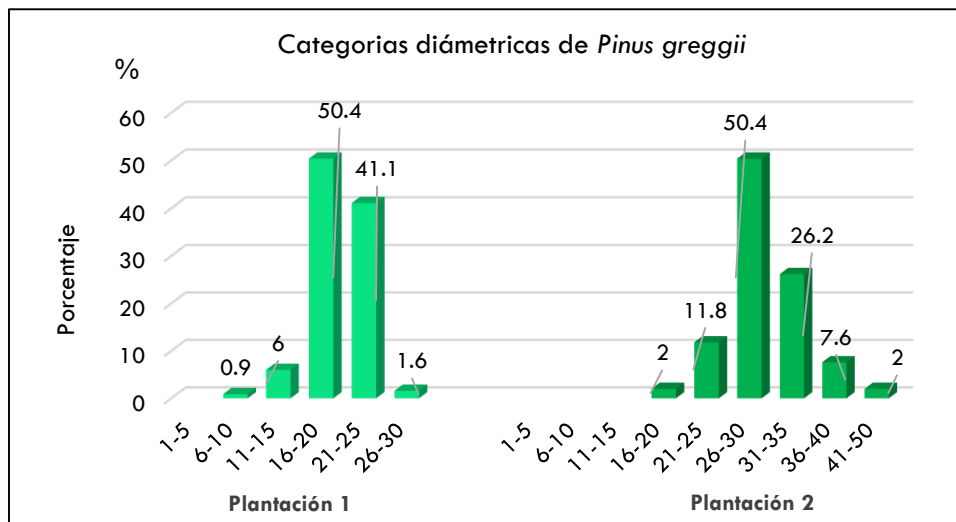


Figura 15. Porcentaje por clase diamétrica de las plantaciones homogéneas

Los resultados en porcentaje por clase diamétrica de las cuatro plantaciones (**Figura 15**) son los siguientes; en plantación homogénea 1, los porcentajes más altos fueron los de 50.4 % y 41.4 %, lo que significa que la mayoría de sus individuos presentan diámetros que van desde los 16-25 cm, los cuales de acuerdo a Vignote, (1996), los diámetros de 16-20 cm se clasifican como productos secundarios (pasta, postes para cercado, apenas) y los diámetros de 21-30 cm, pueden ser utilizados en aserrado, postes, chapa. En la plantación

homogénea 2, presenta un 50.4 % y 26.2 % como valor más alto, lo cual significa que la mayoría de sus individuos presentan diámetros de 26-35 cm, sin embargo presenta individuos que alcanzan hasta los 40 cm de diámetro (7.6 %) lo que significa que sobre pasa el diámetro menor (30 cm) para que puedan ser considerados como productos primarios, (aserrado, desenrollado, chapa p.).

En la plantación mixta 1 (**Figura 16**), los resultados por especie son los siguientes; *P. greggii* a la edad de 9 años, presenta un 34.5 % con individuos que presentan diámetros de 6-10 cm, y el 39.7 % con individuos de 11-15 cm de diámetro, siendo estos los valores más altos, lo que significa que la mayoría de sus individuos presentan diámetros de 6-a5 cm en diámetro.

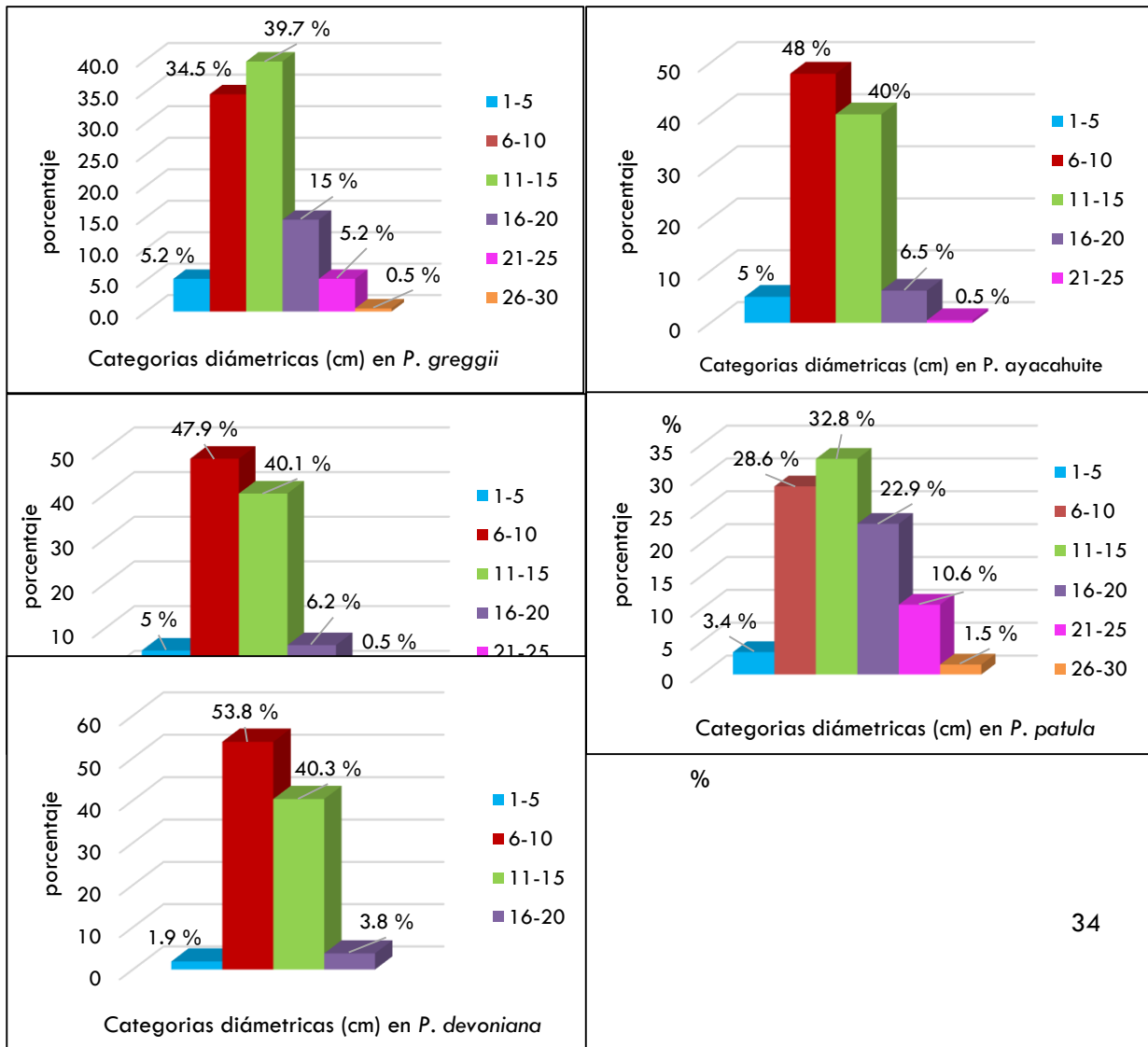
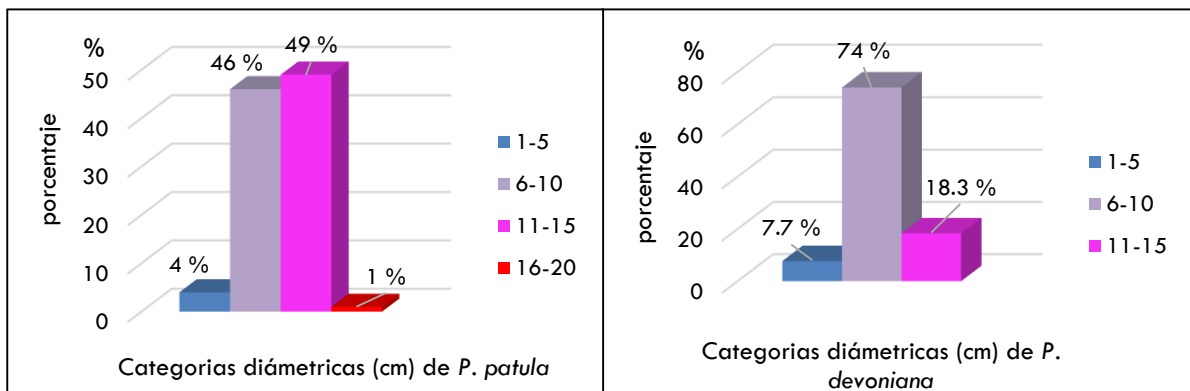


Figura 16. Porcentaje por clase diámetrica de las plantación mixta aleatoria 1

P. ayacahuite, con un 48 % y 40 %, presenta individuos con diámetros de 6-15 cm, *P. pseudostrobus*, con 47.9 % y 40.1% presenta individuos con diámetros de 6-15 cm, *P. patula*, con el 28.6 %, 32.8 % y 22.9 %, tiene individuos con diámetros de 6-20 cm, siendo la especie con los diámetros mayores. Finalmente, *P. devoniana* con 53.8 % y 40.3 %, presenta individuos con diámetros de 6-15 cm, lo que lo lleva presentar mayor homogeneidad en sus diámetros a 1.30.

En el caso de la plantación mixta aleatoria 2, a la edad de 6 años, presenta las siguientes categorías diámetricas (**Figura 17**) por especie:



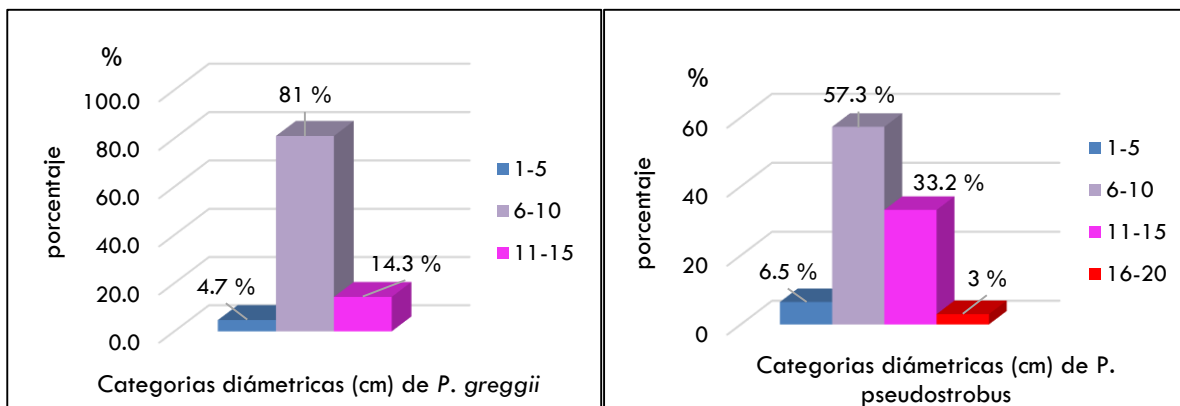


Figura 17. Porcentaje por clase diámetrica de las plantación mixta aleatoria 2

P. greggii, presenta el mayor número de sus individuos con diámetros de 6-10 cm, equivalente al 81 %, *P. pseudostrobus*, presenta diámetros de 6-10 cm, lo que equivale al 57.3 % y diámetros de 11-15 cm equivalente al 33.2 %, lo que significa que la mayoría de sus individuos presentan diámetros de 6-15 cm, sin embargo, presenta individuos con diámetros menores y mayores a estos, solo que el porcentaje de los mismos es menor por lo que no se consideraron de mayor importancia. En el caso de *P. patula*, el mayor número de sus individuos se encuentran en diámetros que van desde 6-15 cm, equivalentes al 46 % y 49 %, que al igual que *P. pseudostrobus*, presenta dos grupos de categorías diámetricas diferentes a estas pero como es mínimo el porcentaje, no se consideraron.

Finalmente, *P. devoniana*, presenta tres categorías diámetricas, sin embargo el mayor número de sus individuos presentan diámetros de 6-10 cm, equivalente al 74 % del total de sus individuos, lo que significa que *P. greggii* y *P. devoniana*, presentan los diámetros menores en comparación con *P. pseudostrobus* y *P. patula*.

9.3 Coeficiente mórfico de las plantaciones

Es la diferencia entre el diámetro en la base y el diámetro en la punta con la distancia que le separa, (Vignote & Jiménez, 1996). Muestra la forma que están tomando los fustes ya sea de manera cónica o cilíndrica (Romhan & Ramírez, 2010).

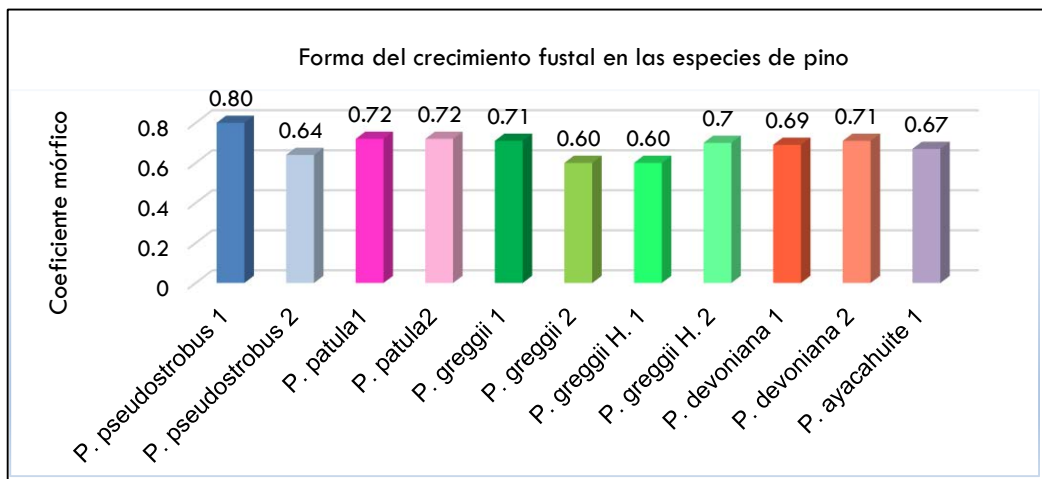


Figura 18. Crecimiento fustal en las especies de pino

Los resultados en la plantación mixta 1, muestran que *Pinus pseudostrobus*, presenta un crecimiento más cilíndrico con 0.80 de coeficiente de forma, mientras que *P. patula* y *P. greggii* presentan un coeficiente de 0.72, y 0.71, *P. ayacahuite* y *P. devoniana* presentaron 0.67 y 0.69, siendo sus fustes más cónicos a la edad de 10 años en un espaciamiento de 2 x 2. Para la plantación mixta 2; *Pinus devoniana* (0.71) y *P. patula* (0.72), su crecimiento es moderado, esto es, ni muy cilíndrico ni muy cónico en sus fustes a la edad de 6 años en un espaciamiento de 3 x 3, mientras que *P. pseudostrobus* y *P. greggii* presentan un coeficiente de 0.64 y 0.60, lo cual significa que sus fustes están creciendo de forma cónica.

Las plantaciones homogéneas, muestran que en la plantación 1, con 0.60 sus fustes están creciendo de manera más cónica en comparación con la plantación 2, quien obtuvo 0.70 de coeficiente mórfico.

Los resultados de las especies en las plantaciones, nos demuestran que significa el espaciamiento para *Pinus patula* no afecta, ya que espaciamientos de 2 x 2 y 3 x 3 es el mismo factor de forma (0.72) a pesar de ser de edades diferentes pero con las mismas condiciones climáticas.

En *P. pseudostrabus*, el espaciamiento si afecto en su factor de forma, ya que en la plantación mixta 1, el espaciamiento de 2 x 2, el factor de forma fue de 0.80 en comparación con un espaciamiento de 3 x 3, donde el factor de forma de 0.64. Lo mismo para *P. greggii*, en donde en espaciamientos de 2 x 2, el factor de forma de fue de 0.71 en comparación con el espaciamiento de 3 x 3 en la plantación mixta 2, el factor de forma fue de 0.60. *P. devoniana*, en espaciamientos de 2 x 2 el facto de forma fue de 0.69 y en espaciamientos de 3 x 3 el factor de forma es de 0.71, en donde la diferencia es de 0.02 por lo tanto el espaciamiento en *P. devoniana* no afecta.

Finalmente *P. ayacahuite*, en un espaciamiento de 3 x 3, el factor de forma fue de 0.67 siendo este el menor en comparación con las otras especies, lo que significa que el espaciamiento si le afecta debido a su alto porcentaje de conicidad.

9.4. Volumen comercial m³ de las plantaciones

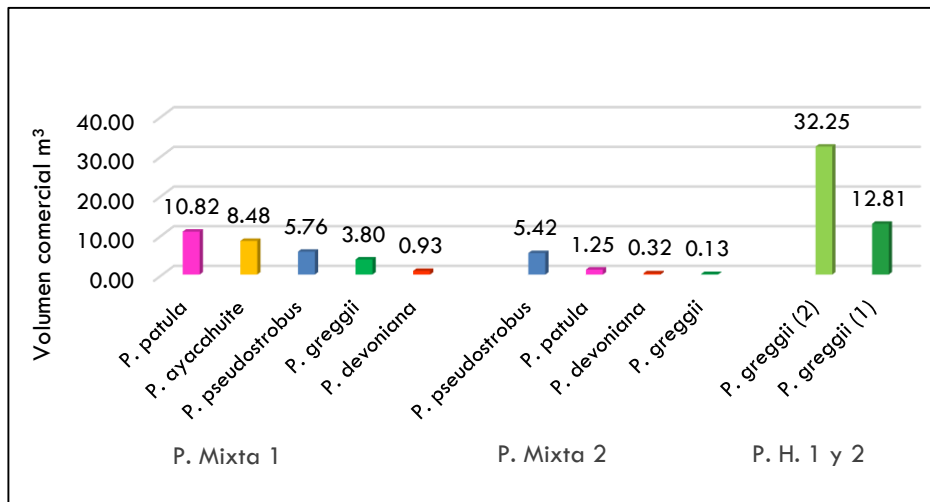


Figura 19. Volumen comercial m³ en las plantaciones homogéneas y mixtas

La siguiente gráfica de barras (**Figura 19**), muestra el volumen comercial de las especies por plantación, el cual también va de acuerdo al número total de individuos. En las plantaciones homogéneas, la plantación 2 a la edad de 19 años, presentó mayor volumen comercial de 32.25 m³, con diámetros promedio de 29.8 cm, en un total de 145 individuos. En la plantación 1, con un total de 569 individuos obtuvo el menor volumen comercial con

12.81 m³ a
 un
 19.9 cm,
 diferencia
 es la edad.

Plantación	Número de años
------------	----------------

la edad de 9 años y con
 diámetro promedio de
 lo que significa que la
 entre estas plantaciones

En el caso de la plantación mixta aleatoria 1, la especie que presentó mayor volumen comercial promedio en m³, fue *Pinus patula*, con 10.82 m³ en 262 individuos. De acuerdo con Ruiz (2011), menciona que *P. patula* es una especie de rápido crecimiento y se desarrolla mejor en sitios con buen drenaje, lo cual coincide con el sitio donde se encuentra esta especie ya que presenta suelos andosoles, los cuales son ligeros y con buena retención de humedad, en comparación con *P. ayacahuite*, con 334 individuos mayor a *P. patula*, presenta un volumen comercial de 8.48 m³. *P. devoniana*, fue quien presentó menor volumen comercial con 0.93 m³, quien fue la especie con menor número de individuos (52), Saenz *et al.* (2011), menciona que es una especie de lento crecimiento.

Para la plantación mixta aleatoria 2, *Pinus pseudostrobus* con 522 individuos, presenta el mayor volumen comercial con un total de 5.42 m³, en un diámetro promedio de 10.6 cm seguido de *P. patula*, quien obtuvo un volumen comercial de 1.25 m³ en un total de 99 individuos con un diámetro de 10 cm menor a los de *P. pseudostrobus*. *P. devoniana* con 0.32 m³ en un total de 38 individuos en diámetros de 9.2 cm, superó a *P. greggii*, quien presentó el menor volumen comercial (0.13 m³) en un total de 21 individuos con diámetros de 8.6 cm.

9.5. Crecimientos (T.P) e Incrementos (ICA, IMA)

9.5.1. Tiempo de paso

El cuadro (Cuadro 2), muestra el tiempo de paso en cada una de las plantaciones, en donde nos dice, como están creciendo los individuos en sus diámetros.

existentes en	Plantación mixta aleatoria 1	3.3	Cuadro 2. Número de anillos 2.5 cm.
	Plantación mixta aleatoria 2	3.7	
	Plantación homogénea 1	3	
	Plantación homogénea 2	6.7	

Los resultados muestran que la plantación mixta aleatoria 1, obtuvo un promedio de 3.3 anillos, esto quiere decir que en tres años y tres meses creció 5 cm en diámetro. Para el caso de la plantación 2, obtuvo un promedio de 3.7, esto es que en tres años y siete meses creció 5 cm. El caso de las plantaciones homogéneas 1, el resultado promedio fue de 3 anillos por muestra, esto es que tardó tres años en pasar de una clase diamétrica a otra, el caso de la segunda plantación, obtuvo un promedio de seis años siete meses en pasar de una clase diamétrica a otra. Por lo tanto, *Pinus greggii* crece de manera más rápida es la plantación homogénea 1, en un espaciamiento de 3 x 3, sin pendiente en suelos delgados y degradados.

9.5.2. Incremento Medio Anual Radial (IMAR) por plantación

La presente gráfica, muestra los resultados del promedio obtenido en las plantaciones homogéneas 1 y 2 de FIRA y en las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2 de Pucuató.

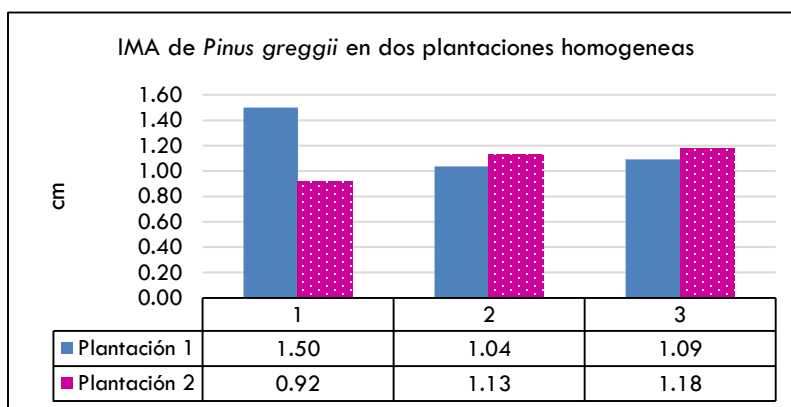


Figura 20. IMA en tres muestras de las plantaciones homogéneas 1 y 2 de FIRA

Los resultados muestran que el promedio en las muestras de *Pinus greggii* de la plantación 2, muestran los valores más altos de IMA en las muestras 2 y 3, sin embargo existe una muestra (1) que alcanzó un IMA de 0.92 cm a la edad de 19 años en un espaciamiento de 3 x 3. La plantación 1, obtuvo en la muestra 1, un IMA de 1.50 cm, mayor al de la plantación 2, a la edad de 9 años en un espaciamiento de 3 x 3.

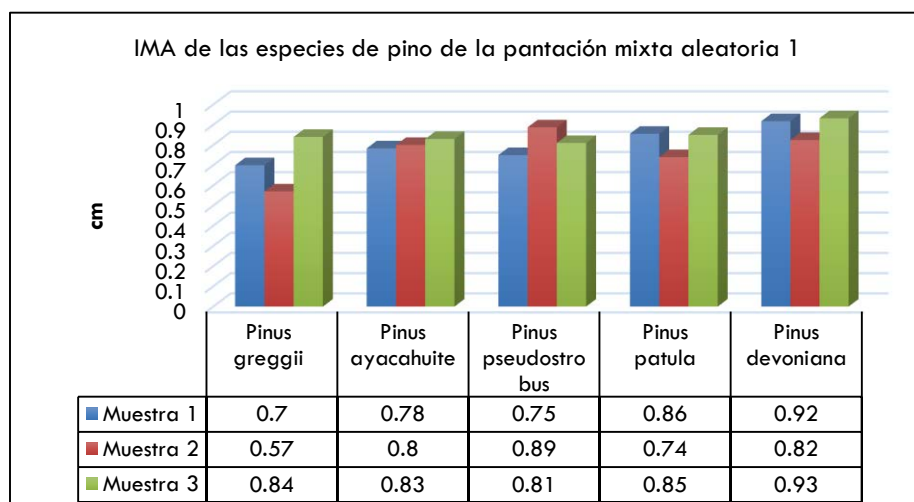


Figura 21. IMA en tres muestras de las especies de pino en la plantación mixta 1

Los resultados de IMA en las siguientes especies, fueron los siguientes: *Pinus greggii* en su muestra 3, alcanzó un IMA de 0.84 cm a los 10 años de edad en un espaciamiento de 2 x 2, en *P. ayacahuite* la muestra 3, también alcanzó el máximo valor de IMA de 0.83 cm, *P. pseudostrobus* presentó el máximo IMA en la muestra 2 con 0.89 cm, en comparación con *P. patula* quien obtuvo un IMA de 0.86 en la muestra 1. Sin embargo *P. devoniana*, presentó los valores más altos de IMA en su muestras 1 y 3 con un valor de 0.92 y 0.93 cm a la edad de 10 años en un espaciamiento de 2 x 2.

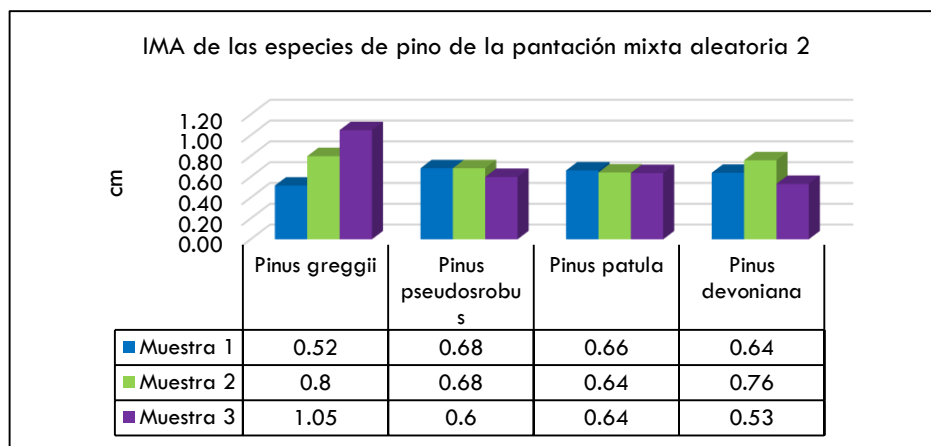


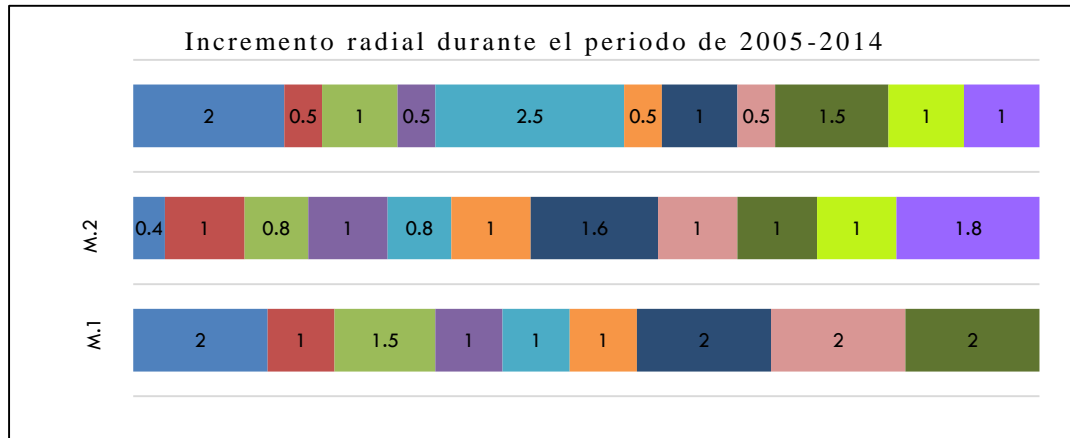
Figura 22. IMA en tres muestras de las especies de pino en la plantación mixta 2

Los promedios encontrados en las especies de pino de esta plantación, muestran que *Pinus patula* y *P. pseudostrobus*, presentan homogeneidad de IMA es sus muestras en comparación con *Pinus devoniana* y *Pinus greggii*, esta última presentó en la muestra 3, un IMA de 1.05, lo que nos dice que existen individuos que alcanzan ese promedio en un diámetro de 10.4 cm, en un espaciamiento de 3 x 3. (Velasco *et al.* 2012), realizaron una evaluación de *Pinus greggii* a los 7 años en un espaciamiento de 3 x 3, en donde alcanzo un IMA de 0.99 cm, sin embargo nuestro resultado demostró que a los 6 años, *Pinus greggii* presenta 1.05 cm de IMA en un espaciamiento de 3 x 3.

9.5.3. Incremento Corriente Anual Radial de la plantación homogénea 1 (FIRA)

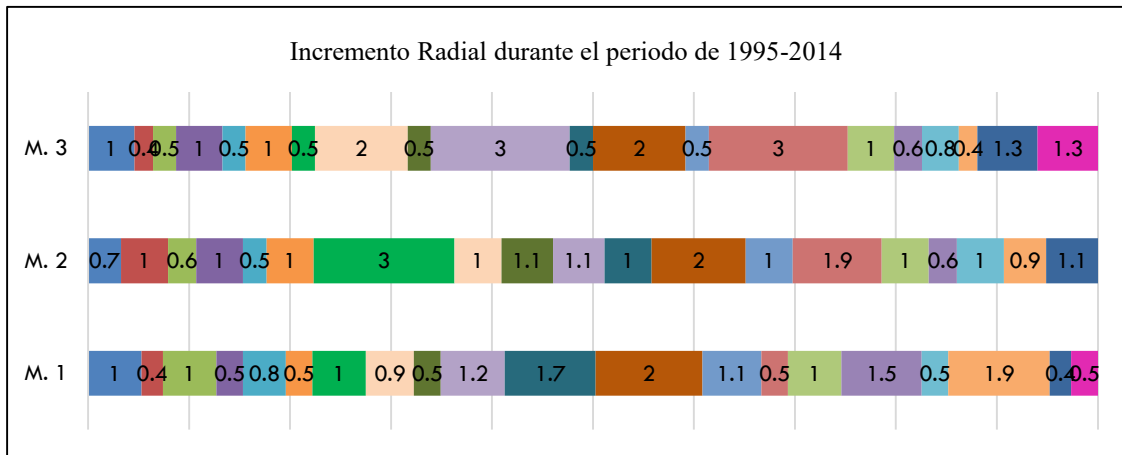
En las siguientes graficas de barras apiladas, se muestra el incremento así como el total de anillos que presentaron en tres muestras de *Pinus greggii* en edades diferentes

Figura 23. Grafica del ICA en



tres muestras de *Pinus greggii* 1.

La grafica de barras apiladas (**Figura 23**), se puede apreciar que la muestra 1, obtuvo los anillos más anchos con un mínimo de 1.5 cm., y un máximo de 2 cm, además de poseer el menor número de anillos (9). Vignote *et al.* (1996), señalan que los aclareos influyen en el ancho de los anillos, en donde antes de las claras, los anillos son estrechos y después de las claras los anillos son anchos. Sin embargo, las tres muestras tienen anillos con más de 1 cm de ancho, esto comparado con Podran (1965), citado por Imaña & Encinas, (2008) señalan que el incremento en diámetro a la edad de 10 años, presenta incremento de 1.4 cm en sus anillos. Lo cual coincide con los obtenidos en las tres muestras a diferencia que esta plantación tiene 9 años de edad y que algunos anillos alcanzaron hasta los 2 cm de incremento. Rodríguez *et al.* (2013), mencionan que *Pinus greggii*, posee la habilidad de crecer rápidamente, además, ha sido reportada como tolerante a la sequía, y en etapas juveniles, alcanzan mayores diámetros en altitudes menores.



9.5.4. Incremento Corriente Anual Radial de la plantación homogénea 2

Figura 24. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus greggii* 2.

En la plantación 2, la gráfica (**Figura 24**) se puede apreciar que la muestra 1, obtuvo el mayor número de anillos con un total de 21, seguido de la muestra 3, quien obtuvo 20 anillos, la muestra 2 obtuvo un total de 19 anillos.

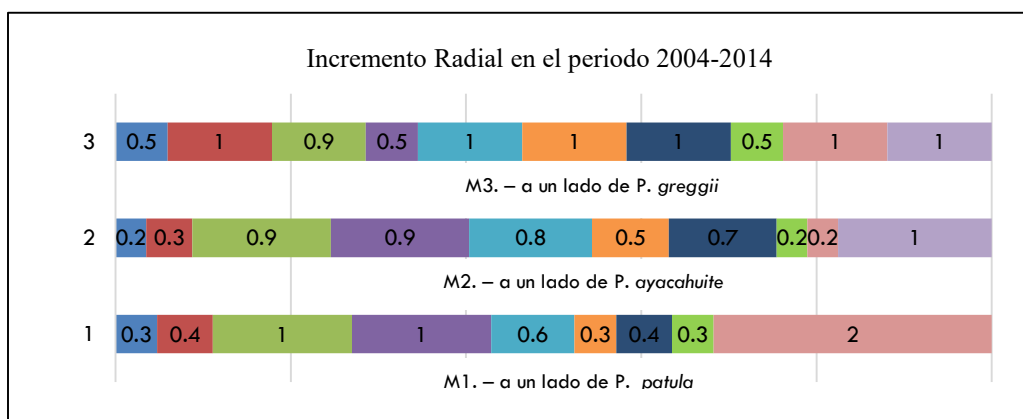
En cuanto el ancho de sus anillos, las muestra 1 y 3, obtuvieron 10 anillos, los cuales, sobrepasan a 1 mm, en comparación con la muestra 2, quien obtuvo 14 anillos, en un rango de 1-3mm. Sin embargo, la gráfica de barras, confirma que todas las muestras, presentaron crecimientos de 2-3 mm., estos resultados comparados con la plantación 1, presenta anillos de menor incremento. En base a estudios de Valencia *et al.* (2006), concluyó que *Pinus greggii*, a los 2.5 años de la plantación, no es tiempo suficiente para que muestre mayor potencial de crecimiento en diámetro, sin embargo en la muestra 3, el incremento en el año 1 fue de 3 cm., en comparación con las otras muestras.

9.5.5. Incremento Corriente Anual Radial de la plantación mixta aleatoria 1 y 2 (Pucuate)

En las gráficas de líneas y barras apiladas, se muestra, el número y ancho de cada uno de los anillos, los cuales, se obtuvieron en tres muestras de diferente especie, a los 6 y 10

años de edad. Los resultados, se muestran en orden de especie, además se menciona que especie se encuentra a lado de la especie de la que se tomó la muestra.

9.5.5.1. Incrementos por especie de la plantación mixta aleatoria 1



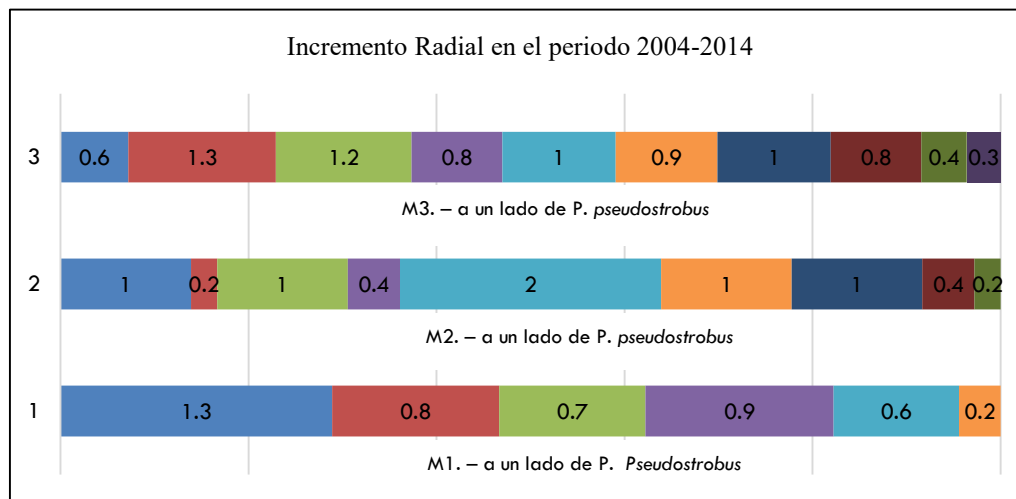
Figura

25. Gráfica del ICA en tres muestras de *Pinus greggii* mixta 1.

Pinus greggii, a la edad de 10 años, los resultados en cuanto al número de anillos (**Figura 25**), indican, que la muestra 1, obtuvo 9 anillos a lado de *Pinus patula* en comparación con las muestras 2 y 3, las cuales, se encontraron a la de *P. ayacahuite* y *P. greggii*, obteniendo un total de 10 anillos, lo que significa que ninguna de las especies antes mencionadas, son competencia para el crecimiento de *P. greggii*. Sáenz *et al.* (2011), señala que *P. greggii* aunque no es nativa de Michoacán, posee la habilidad de crecer rápidamente en combinación con otras especies. En cuanto al ancho de los anillos, los resultados fueron los siguientes; la muestra 3, presentó los anillos más anchos con un valor de 1cm., en comparación con los las muestras 1 y 2, lo que significa, que en la mayoría de las muestras, los crecimientos fueron lentos en sus primeros años. De acuerdo con Gómez *et al.* (s/f), *Pinus greggii*, en una plantación mixta, posee un diámetro menor, en pendientes mayores, lo cual coincide con el presente estudio.

Haciendo una comparación entre la plantación homogénea 1 (9 años) y la plantación mixta 1 (10 años), de *Pinus greggii*, identificamos que son de diferentes precedencias; la planta de la plantación homogénea, proviene del vivero Morelos de la COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán), además, en la plantación homogénea, la pendiente y

altitud son menores, en comparación con la plantación mixta, la cual la planta proviene del vivero Morelia, la cual vende planta a la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). Como resultado de ello, existe una diferencia mínima en el crecimiento de las plantaciones, puesto que el mayor número de anillos, así como el incremento de los mismos, los obtuvo la plantación homogénea, en un espaciamiento de 3 x 3. En la plantación mixta, los resultados mostraron que logró el menor número de anillos así como el menor ancho de los mismos en un espaciamiento de 2 x 2. La diferencia entre ambas plantaciones de la misma especie, también se debió a que se encuentran establecidas en distintos sitios. Rodríguez *et al.* (s/f) evaluó una plantación de *Pinus greggii* a los 10.9 años demostrando que una alta densidad de individuos en la plantación, no permite el incremento en diámetro a causa de la competencia por espacio y luz. Sin embargo, las diferencias entre procedencias manifiestan el grado de adaptabilidad de los árboles al sitio. (López 1998, citado por Salazar *et al.* 1999) encontró una amplia variación genética entre y dentro de poblaciones de *P. greggii* Engelm. en la tasa de crecimiento, por lo que posiblemente también sea un factor en las diferencias que presenta esta especie en cada plantación.

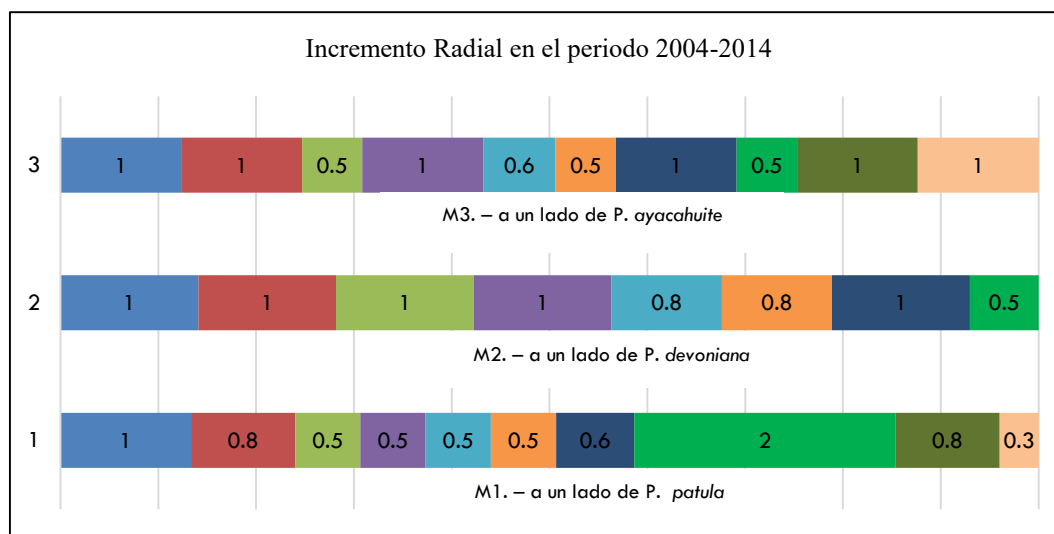


Figur

a 26. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus ayacahuite*.

La grafica de líneas (a), mostró que *Pinus ayacahuite*, en la muestra 1, obtuvo solo 6 anillos, en comparación con la muestra 2, quien obtuvo 9 anillos y la muestra 3, obtuvo un crecimiento de 10 anillos, las tres están acompañadas por *Pinus pseudostrabus*. Lo que cual significa que la muestra 1, fue la única que tuvo un crecimiento decreciente. En

cuanto al ancho de los anillos, las muestras 2 y 3 son quienes presentan anillos de 1-3 cm, las cuales se obtuvieron a una menor pendiente en la plantación, sin embargo, la muestra 1, se tomó en la parte más alta de la pendiente, obtuvo solo 1 anillo de 1.3 cm., el resto fue menor a la unidad. Por lo tanto, una vez más se demuestra que a mayor altitud menor crecimiento en su diámetro. De acuerdo con Bermejo (1999) citado por Hernández *et al.* (s/f) encontraron que los mayores crecimientos de *Pinus ayacahuite*, fueron los que se sometieron a menores cantidades de luz. Así mismo, Rodríguez *et al.* (s/f) demostró que árboles que desarrollan mayor crecimiento en altura en edades juveniles se sitúan en procedencias que tienen una elevación menor; en cambio, los que alcanzan mayores diámetros corresponden a las procedencias de origen cuya altitud, longitud y latitud son menores. De manera general, *Pinus ayacahuite* a pesar de que se asocia con *Pinus pseudostrabus*, (Del Castillo *et al.* 2004), presenta un crecimiento irregular en sus anillos.



Figura

27. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus pseudostrabus*

Para *Pinus pseudostrabus*, los resultados son los siguientes; las muestras 1 y 3, alcanzaron un total de 10 anillos en cada muestra, las cuales, se encuentran junto a *P. patula* y *P. ayacahuite*, seguido de la muestra 2, quien obtuvo 8 anillos, esta se encontró a la lado de *P. devoniana*. Esto significa que, *P. ayacahuite* y *P. patula*, fueron las especie con las que compitió en crecimiento en diámetro, a pesar de que obtuvo el mismo número en anillos, a lado de las mimas. El incremento de sus anillos fue menor en comparación con la muestra

tomada a un lado de *P. devoniana*, *P. pseudostrobus*, asociada con *P. patula* y *P. ayacahuite*, y en base a Sáenz, (2011), requieren mayor cantidad de luz, en comparación con *P. devoniana*, por lo tanto, el incremento en los anillos de *P. pseudostrobus* fueron mayores a lado de *P. devoniana*. Sin embargo, a pesar de que es una especie nativa de la región, presentó un incremento irregular. En estudios que realizó la FAO (1995), menciona que en cuanto al crecimiento en producción de madera, la densidad excesiva es un mal hábito en plantaciones mal ordenadas, por ello, recomienda controlar el crecimiento en la mezcla de especies para lograr mejores rendimientos, esto comparado con Cumplido (2002), señala que el incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio entre los individuos.

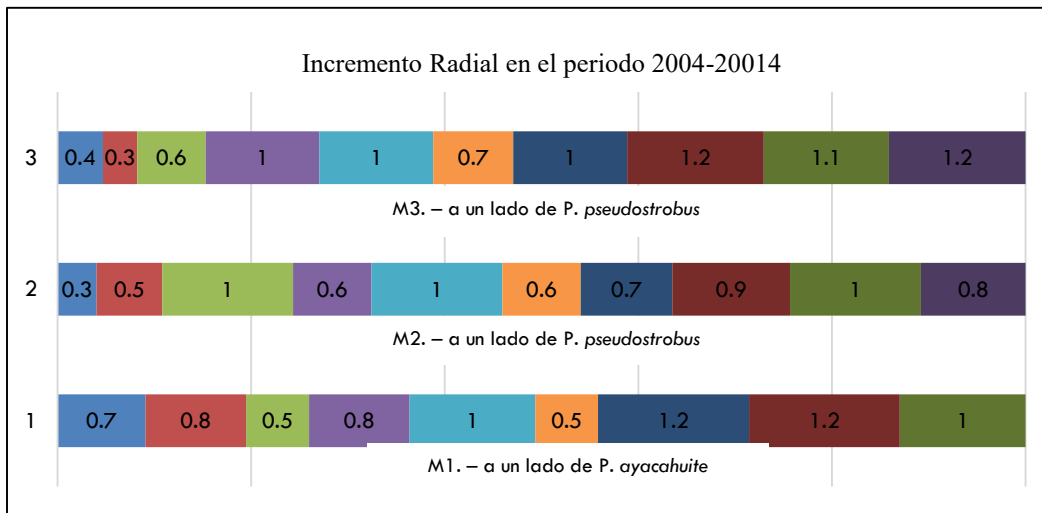


Figura 28. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus patula*

Pinus patula, a la edad de 10 años, presentó un crecimiento moderado, ya que solo la muestra 1, obtuvo 9 anillos estando a lado de *P. ayacahuite*, en comparación con las muestras 2 y 3, quienes presentaron 10 anillos, las cuales se encuentran a lado de *P. pseudostrobus*. Lo que demuestra que *P. ayacahuite*, fue la especie con quien posiblemente tuvo competencia por luz y agua. En cuanto al ancho de sus anillos, existe una diferencia significativa. Sin embargo, Del Castillo *et al.* (2004), mencionan que *P. patula*, se relaciona con *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*. A pesar de la relación entre especies, el incremento en sus anillos no fue muy alto como se esperaba. En comparación con los de *P. pseudostrobus*, y *P. ayacahuite*, quienes alcanzaron valores de hasta 2 cm. *P. patula* solo

alcanzó un máximo de 1.2 cm., en un sitio con óptimas condiciones ambientales para su crecimiento. De acuerdo con Santiago *et al.* (2013), evaluaron que *P. patula* a la edad de 10 años, el diámetro, es la variable más sensible al efecto de la densidad, lo cual coincide con el poco espaciamiento que presenta la plantación entre sus individuos. Además, el exceso de maleza, también es un factor limitante al crecimiento por la competencia en nutrientes. Otárola *et al.* (1983), mencionan que en plantaciones, el control de maleza se debe considerar una actividad esencial, ya que para tener un crecimiento normal, se deben hacer limpiezas constantes durante las primeras etapas de crecimiento. Fernández *et al.* (2014), reportan que las especies tienen crecimientos favorables al control de maleza durante el primer año.

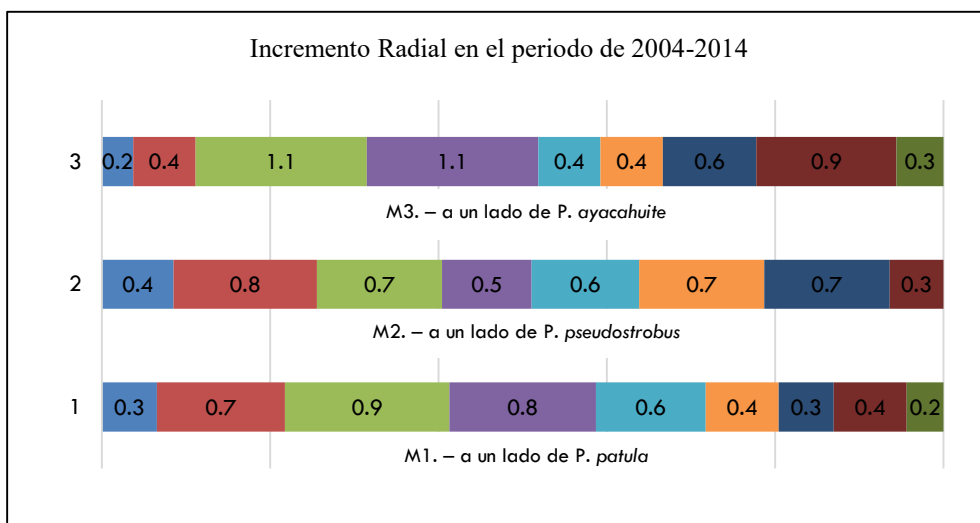
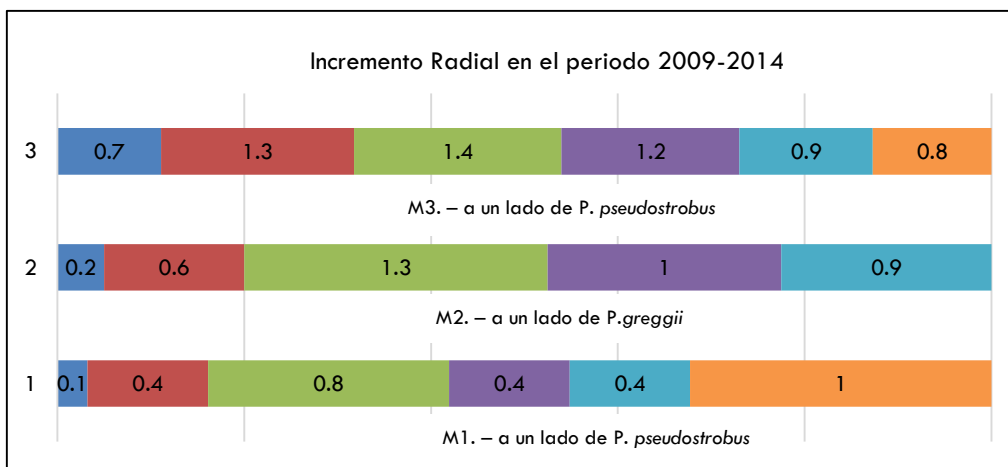


Figura 29. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus devoniana*.

Los resultados de *Pinus devoniana*, fueron los siguientes: la muestra 1 a lado de *P. patula*, mostró un buen crecimiento en sus primeros años de edad, sin embargo, en el séptimo año, su crecimiento disminuyó, obteniendo así, un total de 9 anillos. En la muestra 2, a lado de *P. pseudostrobus*, el crecimiento fue regular, puesto que sus crecimientos fueron bajos y altos desde su primer año, hasta el último año de su evaluación. Como resultado, fue la muestra con menor número de anillos, obteniendo un total de 8 anillos. En cuanto a la muestra 3, a un lado de *P. ayacahuite*, el mejor crecimiento, lo alcanzó hasta el segundo año, sin embargo, al quinto año, su crecimiento descendió. Aun así alcanzó a obtener un total de 9 anillos.

Sáenz (2011), señala que el crecimiento de *P. devoniana* es muy variable, depende de las diversas calidades de sitio, ya que hay evidencias de que aumenta el riesgo para lograr el establecimiento satisfactorio de la regeneración, así como la reducción en el crecimiento de los árboles. En comparación con el presente estudio, se aprecia que el crecimiento en esta especie se asemeja a lo descrito por el autor antes mencionado. En cuanto al ancho de sus anillos, la muestra 3, obtuvo el mayor crecimiento de sus anillos con 1.1 cm, seguido de la muestra 1, quien tuvo un rango de crecimiento de 0.6-0.9 cm., finalmente la muestra 2, obtuvo los menos crecimientos de sus anillos con un rango de 0.6- 0.7 cm.

9.5.5.2. Incrementos por especie de la plantación mixta aleatoria 2



Figur
a 30. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus greggii* mixta 2.

Los resultados para *Pinus greggii* a la edad de 6 años son los siguientes; la muestra 1 y 3, obtuvieron un total de 6 anillos a lado de *P. pseudostrabus*, en comparación con la muestra 2, quien obtuvo el menor número de anillos con un total de 5 a lado de *P. greggii*. En cuanto a su incremento, la muestra 3, presentó los anillos más anchos obteniendo un total 3 anillos mayores a en un rango de 1.2-1.4 cm., seguido de la muestra 2, quien obtuvo 2 anillos de 1-1.3 cm., la muestra 3, fue quien presentó sólo 1 anillo de 1cm. Comparado con los incrementos de la evaluación de las plantaciones antes mencionadas en este estudio, una vez más, encontramos que los incrementos en sus primeros años en *P. greggii*, son menores. Además de la procedencia de la plántula, también es importante conocer el sistema de producción de la misma. Muñoz *et al.* (s/f), demostraron que la producción de

P. greggii, en el sistema tecnificado de charolas, presentan menor supervivencia que las producidas en envase. Así mismo, señalan que *P. greggii*, a los 6 años de edad, es una especie que muestran el potencial para utilizarse en plantaciones con fines agroforestales y comerciales. Lo cual coincide con el presente estudio, ya que a pesar de las limitantes que puedan existir para su crecimiento (maleza, plagas, falta de manejo, daños causados por ganado), la especie se ha mantenido.

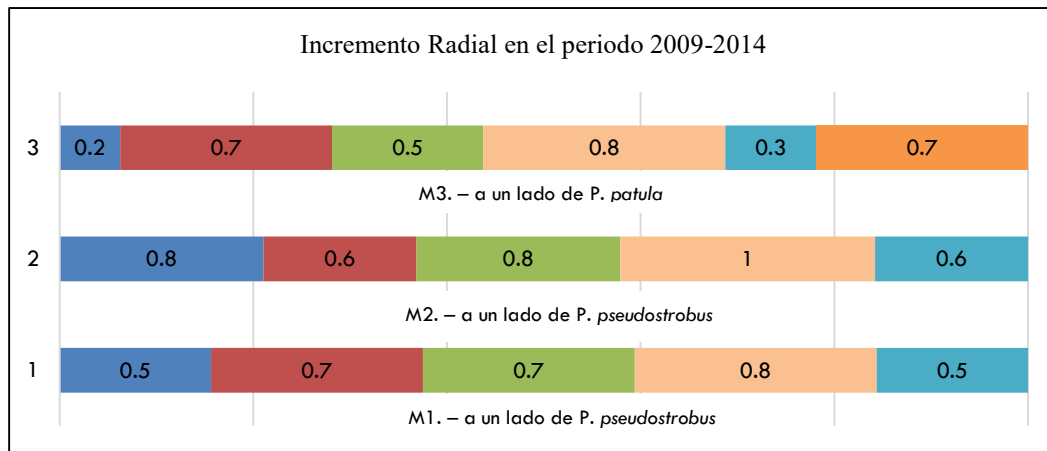


Figura 31. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus devoniana*.

Pinus devoniana, presentó un crecimiento moderado en las tres muestras, en cuanto al ancho de sus anillos, solo 1 anillo en la muestra 2, alcanzó 1 cm., en comparación con las muestras 1 y 3. Sin embargo, en la muestra 3, presentó mayor número de anillos con un total de 6 a lado de *P. patula*. En conclusión, observamos que el crecimiento de *P. devoniana*, es irregular en sus tres muestras, esto refuerza lo descrito por acuerdo con Sáenz (2011), quien menciona que el crecimiento de *P. devoniana* es muy variable.

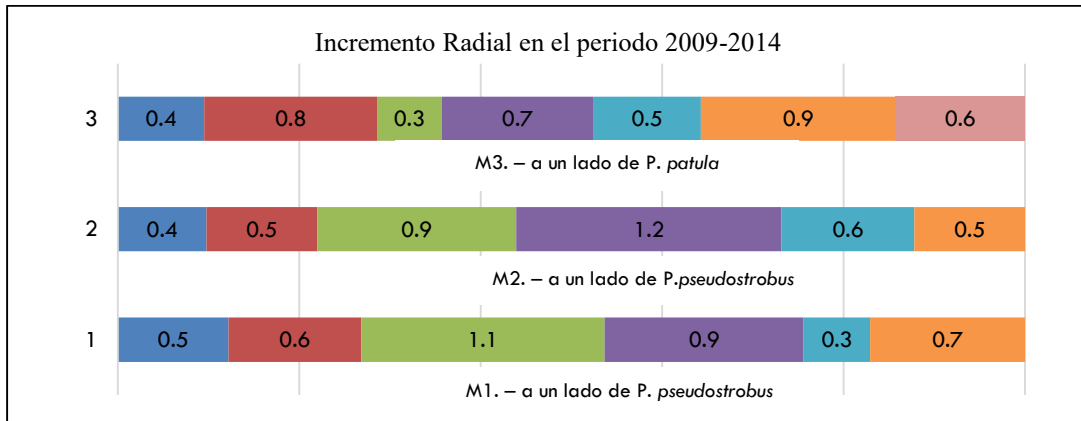


Figura 32. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus pseudostrobus*.

En el caso de *Pinus pseudostrobus*, a la edad de 6 años, aun no presenta gran crecimiento y el ancho en sus anillos, fue mayor en las muestras 1 y 2 que están alado de otro *P. pseudostrobus* en comparación con la muestra 3 que está a lado de un *P. patula*, la especie con la que posiblemente tuvo mayor competencia. En cuanto al número de anillos, la muestra 3 obtuvo el mayor número de los mismos, con un total de 7 anillos, en comparación con la muestra 1 y 2 quienes alcanzaron un total de 6 anillos.

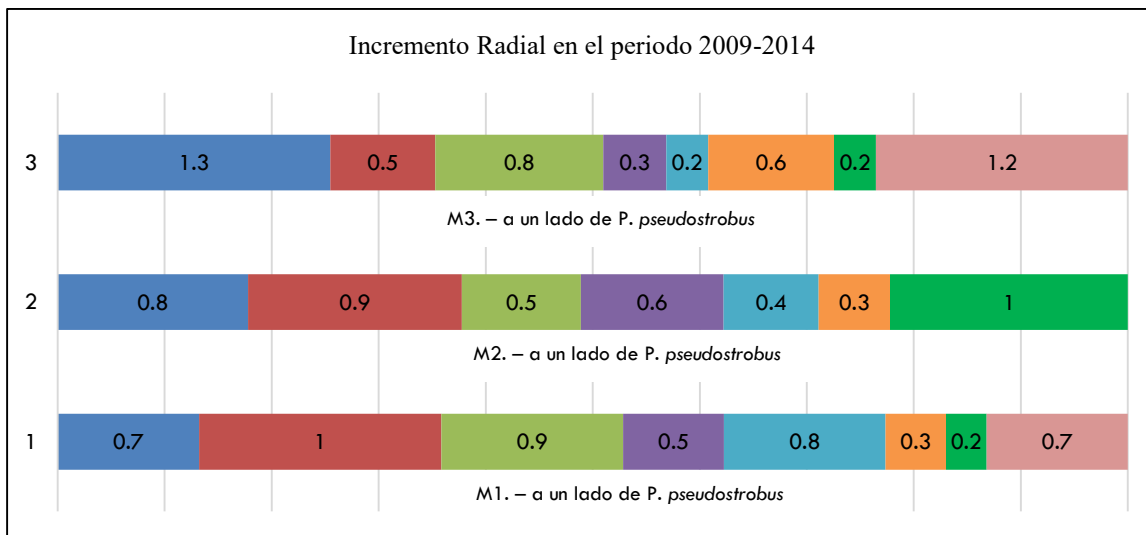


Figura 33. Grafica del ICA en tres muestras de *Pinus patula*.

Los resultados en *Pinus patula*, mostraron un crecimiento moderado a lado de *P. pseudostrobus* en las tres muestras, además, en cuanto al número de anillos, estos, fueron más en comparación con el de las otras especies de pino ya mencionadas, obteniendo un total de 8 anillos en la muestra 1 y 3, y 7 anillos para la muestra 2. En cuanto al ancho de

los mismos, la muestra 1, obtuvo su mayor incremento en el año 2, mientras que las muestras 2 y 3, alcanzaron un mayor incremento en los últimos años. Sin embargo, es poca la información que se ha encontrado con respecto al incremento de las especies de pino, en edades tempranas como para comparar nuestros resultados y poder precisar el comportamiento en crecimiento e incremento en anillos de *P. patula*. (Vela, 1980; Monroy, 1995, citado por Gonzales *et al.* 2013). Señalan, que las evaluaciones a edad temprana en especies de pino, han sido poco estudiadas en México.

9.6. Polígonos y mapas

Los polígonos de las plantaciones evaluadas (**Figuras 34, 35, 36 y 37**), muestran información como; los individuos existentes por plantación, área, perímetro, coordenadas y la imagen satelital donde se encuentran actualmente el campo de estudio.

9.6.1. Polígonos de las plantaciones mixtas aleatorias 1

A continuación, se muestran cada una de los polígonos (capas) que componen el mapa final de la plantación y el orden en que se crearon.

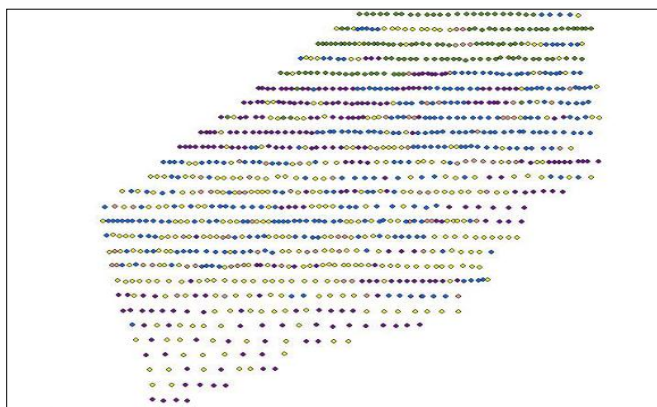


Figura 34. a) Polígono de la plantación mixta aleatoria 1 en Pucato

Plantación 1, Pucato		Plantación 2, Pucato	
x	y	x	y
321122.94	2166357.73	321122.94	216635
321102.01	2166317.98	321102.01	216631
321075.37	2166292.63	321075.37	216629
321081.87	2166301.28	321081.87	216630
321121.69	2166285.88	321121.69	216628
321141.68	2166289.53	321141.68	216628
321157.71	2166333.44	321157.71	216633

b) Coordenadas UTM



Especies:

Pinus greggii
Pinus ayacahuite
Pinus pseudostrobus
Pinus patula
Pinus devoniana

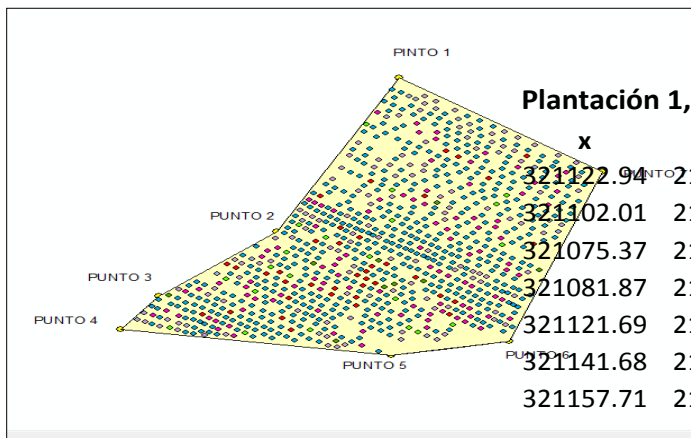
Entrada a la
 plantación
 ↙

c) Mapa extrapolado al Google Hearth.

Una vez terminado el mapa, el software, permite identificar (**Anexo 4**) la ubicación de los individuos de manera rápida . De acuerdo con Olman & Camacho, (1997), menciona que para efectuar una adecuada evaluación en una plantacion recién establecida, es necesario contar con un mapa o levantamiento del area plantada.

9.6.2. Polígonos de las plantaciones mixtas aleatorias 2

En esta plantación, las coordenadas fueron un poco más inexactas debido a que el terreno se encontró a mayor pendiente, esto genera más viento y por lo tanto las coordenadas cambian constantemente, lo que resulto a tener un margen de error hasta de 5 metros de distancia entre el campo de estudio y la imagen satelital (**Figura 36c**).



Plantación 1, Pucuito

x	y
321122.94	2166357.73
321102.01	2166317.98
321075.37	2166292.63
321081.87	2166301.28
321121.69	2166285.88
321141.68	2166289.53
321157.71	2166333.44

Plantación 2, Pucuito

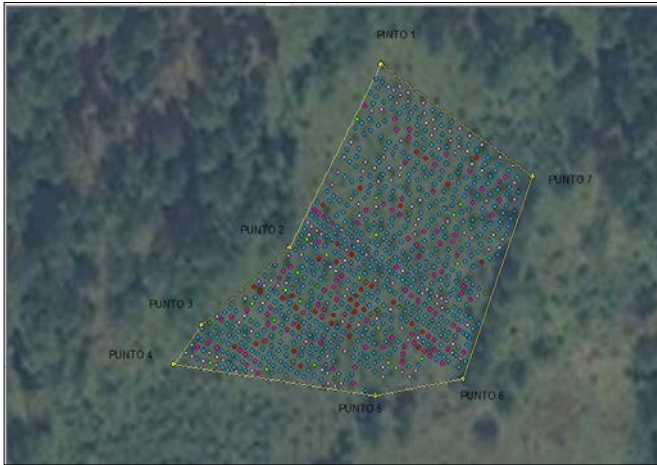
x	y
321122.94	2166357.73
321102.01	2166317.98
321075.37	2166292.63
321081.87	2166301.28
321121.69	2166285.88
321141.68	2166289.53
321157.71	2166333.44

Plantación 1, FIR

x	y
2174681	1402663
2174736	1402663
2174701	1402663
2174698	1402663
2174705	1402663
2174632	1402663

Figura 35. a) Polígono de la plantación mixta aleatoria 2 en Pucuito

b) Coordenadas UTM

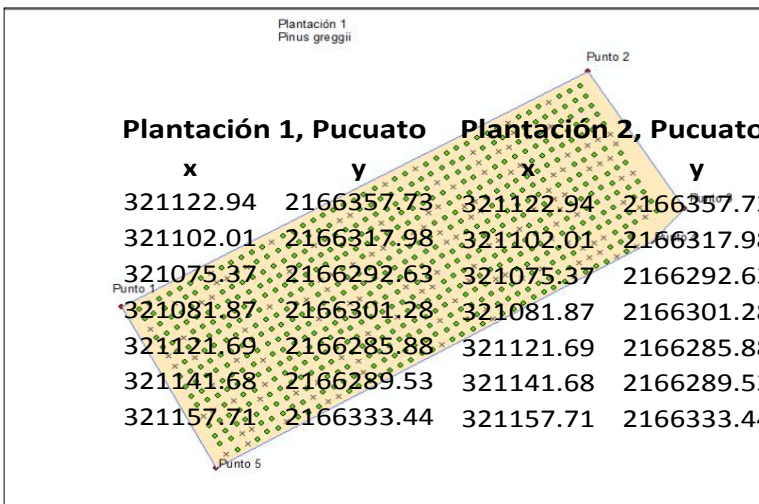


Google Heart

Especies:
Pinus greggii
Pinus pseudostrobus
Pinus patula
Pinus devoniana

c) Mapa extrapolado al

9.6.3. Polígonos de las plantaciones homogéneas 1



Plantación 1, FIRA	
x	y
2174681	140266369
2174736	140266477
2174701	140266500
2174698	140266498
2174705	140266490
2174632	140266387

Plantación 2, FIRA	
x	y
266145.7	2174387
266198.19	2174405
266192.79	2174462
266142.95	2174488
266143.95	2174477
266128.87	2174476
266121.5	2174493
266089.44	2174492
266098.46	2174419

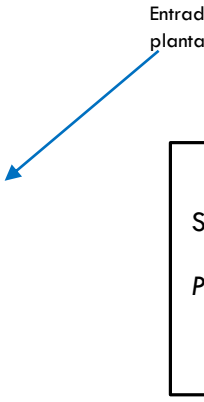
Figura 36. a) Polígono de la plantación homogénea 1 en el CDT-FIRA

b) Coordenadas UTM

Como se mencionó anteriormente, éste es nuestro primer paso en el software, de tal manera que si únicamente quisiéramos el polígono hasta aquí llegaríamos, pero nuestro objetivo fue elaborar el mapa como si fuese una fotografía aérea de lo que existe y no existe en la Plantación como se muestra a continuación en la siguiente figura:



c) Mapa extrapolado al Google Earth.



9.6.4. Polígonos de las plantaciones homogéneas 2

En esta plantación, ocurrió un caso similar a la plantación mixta aleatoria 2, debido al grado de inclinación del terreno, el viento hacía que las coordenadas fueran inexactas antes de continuar con el siguiente punto, esto retardó un poco el trabajo en campo ya que se hicieron varias corridas en el software y recorridos en campo hasta que nuestro polígono coincidiera con la forma del terreno.

Plantación 1, Pucuató		Plantación 2, Pucuató		Plantación 1, FIRA		Plantación 2, FIRA		Plantación 3, FIRA	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
321122.94	2166357.73	321122.94	2166357.73	2174681	140266369	266145.7	2174387.84	266690.99	2174490
321102.01	2166317.98	321102.01	2166317.98	2174736	140266477	266198.19	2174405.05	266723.35	2174510.
321075.37	2166292.63	321075.37	2166292.63	2174701	140266500	266192.79	2174462.26	266708.82	2174532.
321081.87	2166301.28	321081.87	2166301.28	2174698	140266498	266142.95	2174489.46	266678.37	2174513.
321121.69	2166285.88	321121.69	2166285.88	2174705	140266490	266143.95	2174477.31		
321141.68	2166289.53	321141.68	2166289.53	2174632	140266387	266128.87	2174476.64		
321157.71	2166333.44	321157.71	2166333.44			266121.5	2174493.24		
						266089.44	2174492.85		
						266098.46	2174419.48		

Figura 37. a) Polígono de la plantación homogénea 2 en el CDT-FIRA b) Coordenadas UTM

Cada uno de los bloques, se trazaron en el software, con un total de nueve bloques.

Entrada a la
plantación



c) Mapa de la plantación homogénea 2 extrapolado al Google Earth

9.7. Análisis de varianza en diámetro en las plantaciones homogéneas 1 y 2 (FIRA)

Para el caso de las plantaciones homogéneas, los resultados del análisis de varianza (ANOVA), tuvo como objetivo, identificar la variabilidad en diámetro, altura y volumen en dos edades diferentes pero de la misma especie (*Pinus greggii*).

9.7.1. Resumen estadístico del diámetro (cm)

Este cuadro muestra diferentes estadísticos de diámetro para cada uno de los 2 niveles de edad. La comparación de las medias, muestra que en la edad de 9 años existe un promedio de 24.93 cm y para la edad de 19 años de edad, existe un promedio de 29.86 cm de diámetro, siendo la plantación que obtuvo una mayor desviación estándar.

<i>Edad</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
-------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------	---------------	---------------	--------------

			<i>estándar</i>	<i>de variación</i>			
9	569	24.93	2.88	11.59 %	10	34	24
19	145	29.86	4.31	14.44 %	18.5	43.4	24
Total	714	25.93	3.78	14.60 %	10	43.4	33.4

Cuadro 3. Resumen estadístico para diámetros

9.7.2. Análisis de varianza

El ANOVA, demuestra que con un valor-P de 0.0000, existen diferencias altamente significativas en diámetro. A pesar de que en la plantación 1, existe mayor número de individuos (569) que en la plantación 2 (145), el factor que hace esta diferencia, es la edad (10 años) que existe entre ambas plantaciones.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2807.54	1	2807.54	269.36	0.0000
Intra grupos	7421.24	712	10.4231		
Total (Corr.)	10228.8	713			

Cuadro 4. ANOVA para el diámetro por edad

9.7.3. Prueba de Rangos Múltiples LSD (Least significant difference)

La prueba de comparaciones múltiples LSD, nos ayuda a comparar todos los posibles pares de medias de tratamientos. En el presente estudio, utilizamos la prueba de diferencia mínima significativa (LSD), porque en comparación con otros, es un método de

comparación muy completo, ya que permite comparar a todos los individuos (uno contra todos).

En la prueba de comparación, se identificaron estadísticamente a dos grupos, esto es lógico ya que el ANOVA, muestra una diferencia significativa.

de Rangos
diámetro

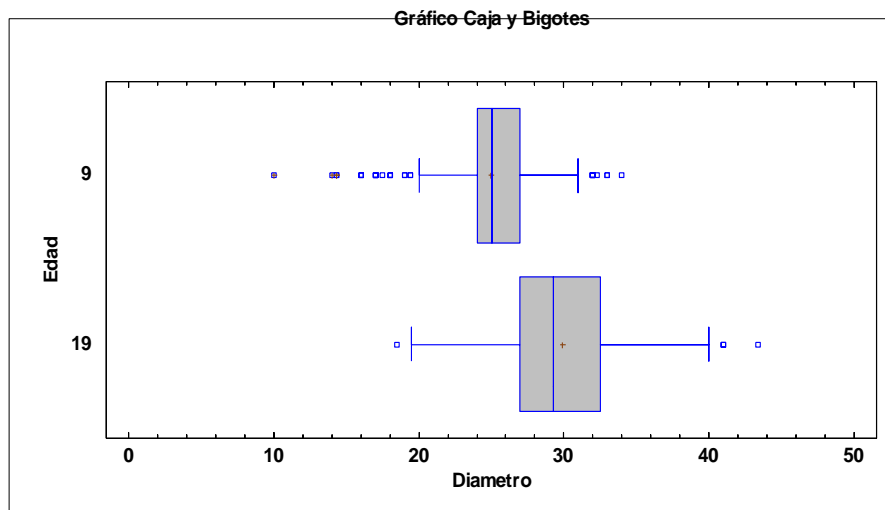
<i>Edad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
9	569	24.9357	A
19	145	29.8648	B

Cuadro 5. Prueba

Múltiples para

Este resultado comparado con el diagrama de cajas (**Figura 40**), muestra donde se concentró el mayor número de los individuos, en donde los cuartiles externos, son los valores máximos y mínimos, el punto rojo representa a la media y la línea vertical en la caja representa a la mediana.

Los resultados en edades diferentes, demuestran que en la plantación de 9 años de edad, existen diámetros desde 20-31cm de diámetro, sin embargo, el mayor número de individuos presentan un rango de diámetro de 22 -27 cm, con un promedio de 25 cm de diámetro. En la plantación de 19 años de edad, tenemos individuos con diámetros desde 19-40 cm, en donde el mayor número de individuos tienen un diámetro de 27-33 cm y un promedio de 29 cm, con tendencia a 30 cm en diámetro.



9.7.4. Resumen estadístico en volumen m³.

En el siguiente cuadro, se muestran diferentes estadísticos de volumen para cada uno de los 2 niveles de edad. Además, se presenta la diferencia en promedio y desviación estándar en volumen entre las dos plantaciones.

<i>Edad</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coficiente de variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
9	569	0.20	0.057	28.38%	0.02	0.40	0.37
19	145	0.85	0.25	29.57%	0.31	1.69	1.38
Total	714	0.33	0.28	86.42%	0.02	1.69	1.66

Cuadro 6. Resumen estadístico para el volumen

9.7.5. Análisis de varianza para el volumen m³.

La tabla ANOVA, demostró de manera estadística que el valor-P es menor que 0.05, lo que significa que existe una diferencia altamente significativa entre la media del volumen, entre un nivel de edad y otro, siendo lógica la diferencia en edades diferentes.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	48.5657	1	48.5657	3143.37	0.0000
Intra grupos	11.0006	712	0.0154502		
Total (Corr.)	59.5663	713			

Cuadro 7. ANOVA para el volumen por edad

<i>Edad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
9	569	0.202787	A
19	145	0.851084	B

de Rangos

9.7.6. Prueba

Múltiples LSD

Esta prueba muestra que existen diferencias entre los dos grupos de medias representados por las iniciales A y B.

Cuadro 8. Prueba de Rangos Múltiples para volumen

Sin embargo, el diagrama de cajas, nos muestra que en la plantación de 9 años de edad existe un rango de 0.1-0.3.5 en volumen m³ pero el mayor número de individuos presentó un volumen de 0.1.5-2.5 volumen m³, con un promedio de 0.2. Para la plantación de 19 años de edad, el volumen se encontró en un rango de 0.3-1.4 de volumen m³, sin embargo, el mayor número de individuos presenta un volumen de 0.6.8 - 0.9.9 volumen m³ y un promedio de 0.8.5 con tendencia a 0.8 volumen m³.

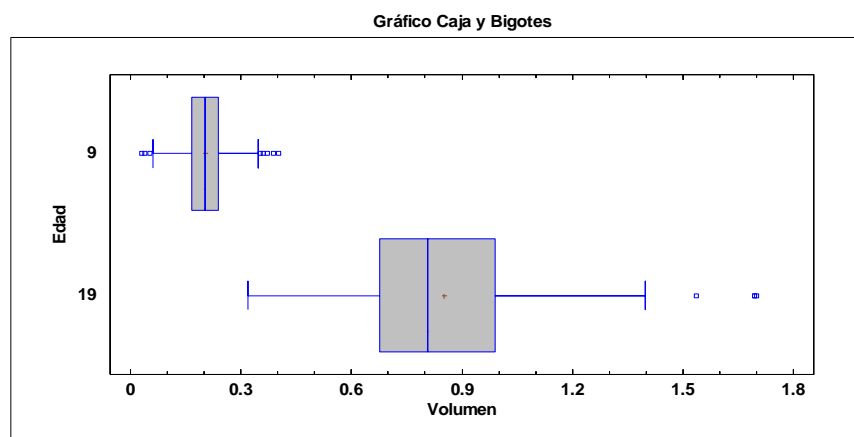


Figura 97. Diagrama de cajas en volumen de las plantaciones homogéneas.

9.7.7. Resumen estadístico para altura (m)

El siguiente cuadro muestra diferentes estadísticos de altura para cada uno de los 2 niveles de edad, siendo la plantación de 19 años, quien presenta mayor promedio (17.36 m) y mayor desviación estándar (2.11).

<i>Edad</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coefficiente de variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
9	569	10.81	0.99	9.18%	8.9	13.5	4.6
19	145	17.36	2.11	12.18%	15	21	6
Total	714	12.14	2.93	24.19%	8.9	21	12.1

Cuadro 9. Resumen estadístico por alturas

9.7.8. Análisis de varianza para alturas.

Se aprecia en el cuadro siguiente, que existe una diferencia altamente significativa entre la media de altura entre un nivel de edad y otro.

Este resultado es favorable ya que no se pretende tener valores altos o bajos, sino más bien demostrar estadísticamente que grado de diferencia existe entre la variable de interés.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4949.99	1	4949.99	2928.88	0.0000
Intra grupos	1203.33	712	1.69006		
Total (Corr.)	6153.31	713			

Cuadro 10. ANOVA para altura por edad

9.7.9. Prueba de Rangos Múltiples LSD

La prueba LSD (**Cuadro 11**), muestra 2 grupos de medias en altura según la alineación de las iniciales (A y B).

Cuadro 11. Prueba de Rangos Múltiples por altura

<i>Edad</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
9	569	10.817	A
19	145	17.3621	B

Lo cual se comprueba con el diagrama de cajas (**Figura 40**), en donde las alturas están en un rango de 9-14 metros de altura, pero el mayor número de individuos, presentan alturas de 10-11.5 metros de altura total y un promedio de 11 metros, con tendencia a los 10.5 metros de altura. En la plantación de 19 años de edad, existen individuos con alturas de 15-21 metros de altura, sin embargo el mayor número de individuos tienen una altura de 15.5-18 metros de altura total, con un promedio de 17.5 metros, con tendencia a los 18 metros de altura total.

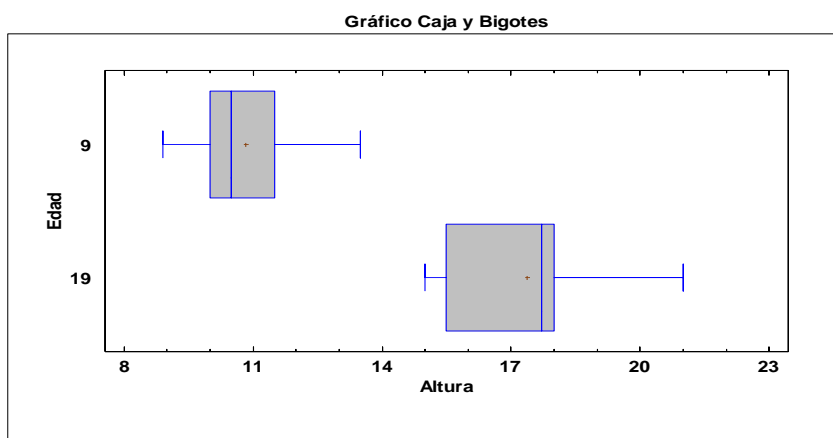


Figura 40. Diagrama de cajas en altura de las plantaciones homogéneas.

9.8. Análisis de varianza en diámetro de la plantación mixta aleatoria 1 (Pucúato).

Para el caso de las plantaciones mixtas, en los resultados del análisis de varianza (ANOVA), el objetivo fue, identificar la variabilidad en diámetro, altura y volumen en cinco especies diferentes (*Pinus greggii*, *P. ayacahuite*, *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. devoniana*).

9.8.1. Resumen estadístico.

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de diámetros para cada uno de los 5 niveles de especies. Para la especie de *P. devoniana*, se determinaron el promedio más bajo en diámetro (10.63), sin embargo, es la especie con mayor homogeneidad en diámetro entre los individuos, lo cual es indicado por la desviación estándar.

P. ayacahuite, presentó un mejor crecimiento (12.51cm) en diámetro, aunque es conocida como una especie de moderado crecimiento (CONAFOR, 2011), adicionalmente, el crecimiento entre los individuos, fue más homogéneo que en las especies de rápido crecimiento (*Pinus greggii*, *P. pseudostrobus*, *P. patula*). La especie que presentó mayores diámetros, fue *Pinus patula*, (15.12cm).

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	52	12.76	4.37	34.32 %	4.2	23.1	18.9
<i>Pinus ayacahuite</i>	52	12.51	3.01	24.11 %	7.5	20.0	12.5

<i>Pinus pseudostrobus</i>	52	12.43	4.94	39.72 %	5.0	22.4	17.4
<i>Pinus patula</i>	52	15.12	5.56	36.81 %	6.0	27.4	21.4
<i>Pinus devoniana</i>	52	10.63	2.75	25.88 %	5.0	18.1	13.1
Total	260	12.69	4.47	35.25 %	4.2	27.4	23.2

Cuadro 12. Resumen estadístico por diámetros

El siguiente cuadro, muestra que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia altamente significativa entre la media de diámetros, debido a la mezcla.

De acuerdo con la FAO (1995), recomienda controlar el crecimiento en la mezcla de especies. Por ello, en plantaciones comerciales, es importante el tipo de especie a establecerse, además, existen diversas especies forestales que se pueden clasificar en especies de rápido o lento crecimiento (INIFAP, 2006).

Cuadro

13.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	532.573	4	133.143	7.29	0.0000
Intra grupos	4656.65	255	18.2614		
Total (Corr.)	5189.22	259			

ANOVA para el diámetro por especie

9.8.2. Prueba de Rangos Múltiples LSD

En la prueba LSD, se identificaron a 3 grupos según la alineación de las iniciales en las columnas correspondientes, en el primer grupo (A) corresponde a: *Pinus devoniana*, el

segundo grupo (B) está compuesto por; *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, y *P. greggii* siendo los grupos que presentan homogeneidad en sus diámetros, y el tercer grupo (C), lo conforma *P. patula*, obteniendo el mayor valor en la media.

Cuadro 14. Prueba de Rangos Múltiples LSD para diámetro

<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>Pinus devoniana</i>	52	10.6394	A
<i>Pinus pseudostrobus</i>	52	12.4385	B
<i>Pinus ayacahuite</i>	52	12.5163	B
<i>Pinus greggii</i>	52	12.7615	B
<i>Pinus patula</i>	52	15.1269	C

La grafica siguiente (**Figura 41**), muestra el rango de diámetros de cada una de las especies siguientes; *Pinus greggii* (1), está en un rango de 5cm-23cm de diámetro, sin embargo, el mayor número de individuos se concentraron en diámetros de 11-15.5cm, con un promedio de 12.6cm, con tendencia a 13 cm de diámetro. *P. ayacahuite* (2), presenta un rango de 8cm-18cm de diámetro, sin embargo el mayor número de los individuos se concentra en un rango de diámetro de 10.5cm-14cm y un promedio de 12.5cm, con tendencia a 13cm de diámetro. *P. pseudostrobus* (3), tiene un rango de 5cm-23cm de diámetro, pero donde se concentró el mayor número de individuos fue, en un rango de 9cm-16cm de diámetro, y un promedio de 12.5 con tendencia a 11cm en diámetro. En *P. patula* (4), presenta un rango de 6cm-27.5cm de diámetro, pero el mayor número de individuos se concentró en un rango de 10.5cm-19cm de diámetro, con un promedio de 15cm, con tendencia a los 14cm de diámetro. Finalmente, *P. devoniana* (5), presenta un rango de 5cm-16cm de diámetro, y el mayor número de individuos se concentraron en un rango de 8.8-12.5cm de diámetro y un promedio de 10.6cm con tendencia a 10.4 cm en diámetro.

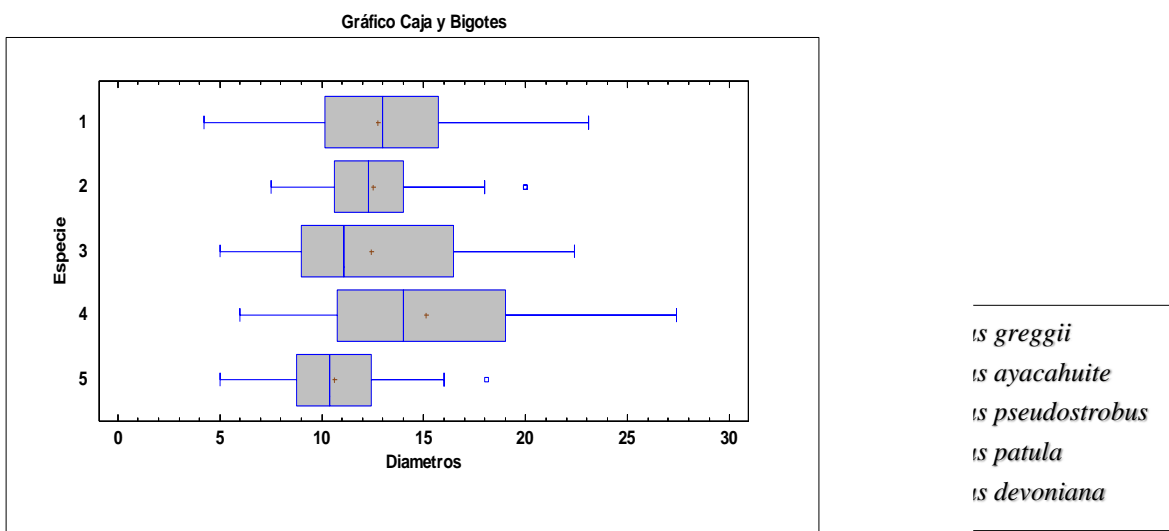


Figura 41. Valores máximos y mínimos en diámetro.

9.8.3. Resumen estadístico.

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de volumen m^3 para cada uno de los 5 niveles de especies. Para la especie de *Pinus ayacahuite* y *P. devoniana* se determinó el promedio más bajo en volumen m^3 (0.08). *Pinus pseudostrobus* (0.23) y *P. patula* (0.28), son las especies que presentaron mayor promedios, en base al promedio de cada especie, además, presentan la mayor desviación estándar. Finalmente *P. greggii* obtuvo un promedio de 0.17 pero con mayor desviación estándar en comparación con *P. ayacahuite* y *P. devoniana*.

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	52	0.17	0.14	82.63 %	0.01	0.57	0.56
<i>Pinus ayacahuite</i>	52	0.08	0.06	75.22 %	0.01	0.26	0.25
<i>Pinus pseudostrobus</i>	52	0.23	0.25	108.71 %	0.009	1.075	1.066
<i>Pinus patula</i>	52	0.28	0.24	85.91 %	0.01	1.07	1.06
<i>Pinus devoniana</i>	52	0.08	0.05	67.65 %	0.01	0.33	0.32
Total	260	0.17	0.19	110.06 %	0.009	1.075	1.066

Cuadro 15. Resumen estadístico por volumen m^3

9.8.4. Análisis de varianza para volumen m³

La tabla ANOVA, muestra que existe el valor de P es de 0.0000, lo que significa que existe una diferencia altamente significativa entre la media de volumen m³. Esto es, existen diferencias entre y dentro de cada uno de los grupos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.59251	4	0.398127	12.98	0.0000
Intra grupos	7.82402	255	0.0306824		
Total (Corr.)	9.41653	259			

Cuadro 16. ANOVA para volumen por especie

<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>Pinus ayacahuite</i>	52	0.085	A
<i>Pinus devoniana</i>	52	0.088	A
<i>Pinus greggii</i>	52	0.174	B
<i>Pinus pseudostrobus</i>	52	0.238	BC
<i>Pinus patula</i>	52	0.280	C

9.8.5.

Prueba de Rangos Múltiples LSD

En la prueba LSD, se han identificado a 3 grupos según la alineación de las iniciales en columnas correspondientes, el primer grupo (A) se encuentran *Pinus ayacahuite* y *Pinus devoniana*, en el segundo grupo (B), *Pinus greggii* y *Pinus pseudostrobus*, pero en el grupo 3 (C), también esta *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula*, siendo estos últimos quienes presentan mayor valor en la comparación de sus medias.

Cuadro 17. Prueba de Rangos Múltiples de LSD para el volumen

Las especies de *Pinus pseudostrabus* (3) y *P. patula* (4) presentan el mayor volumen m³, en comparación con *P. greggii* (1) y *P. ayacahuite* (2) que presentan el menor volumen m³.

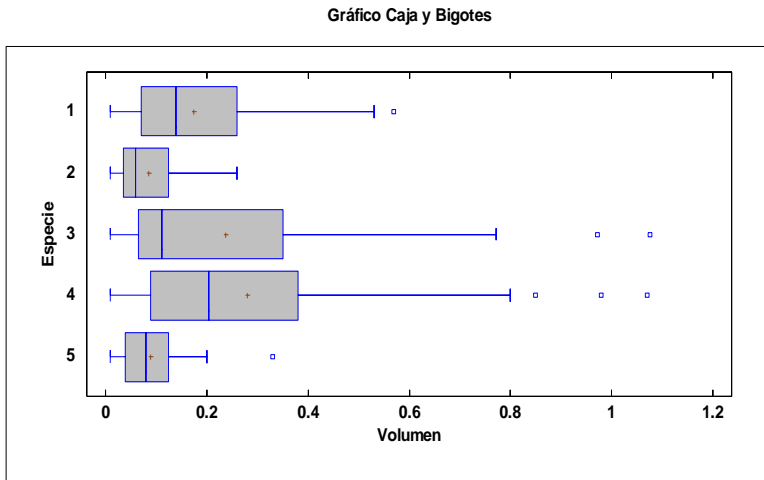


Figura 17. Valores máximos y mínimos en volumen.

9.8.6. Resumen estadístico.

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	52	6.37	1.31	20.56%	2.8	9.1	6.3
<i>Pinus ayacahuite</i>	52	5.76	1.01	17.65%	3.2	7.6	4.4
<i>Pinus pseudostrabus</i>	52	6.57	1.29	19.72%	4.0	10.3	6.3
<i>Pinus patula</i>	52	6.95	1.00	14.41%	4.0	9.0	5.0
<i>Pinus devoniana</i>	52	5.33	1.05	19.76%	3.1	7.1	4.0
Total	260	6.20	1.27	20.57%	2.8	10.3	7.5

Cuadro 18. Resumen estadístico de alturas

Para el caso de *Pinus pseudostrabus* (6.57m) y *P. patula* (6.95m), obtuvieron la mayor altura en promedio, en comparación con *P. ayacahuite* (5.76m) y *P. devoniana* (5.33m)

presentan el menor promedio en altura. *P. greggii* obtuvo promedio centro (6.37m) entre las otras especies, sin embargo, presenta una mayor desviación estándar.

9.8.7. Análisis de varianza para alturas

El ANOVA, muestra que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia altamente significativa entre la media en alturas entre un nivel de especie.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	87.2222	4	21.8055	16.64	0.0000
Intra grupos	334.238	255	1.31074		
Total (Corr.)	421.46	259			

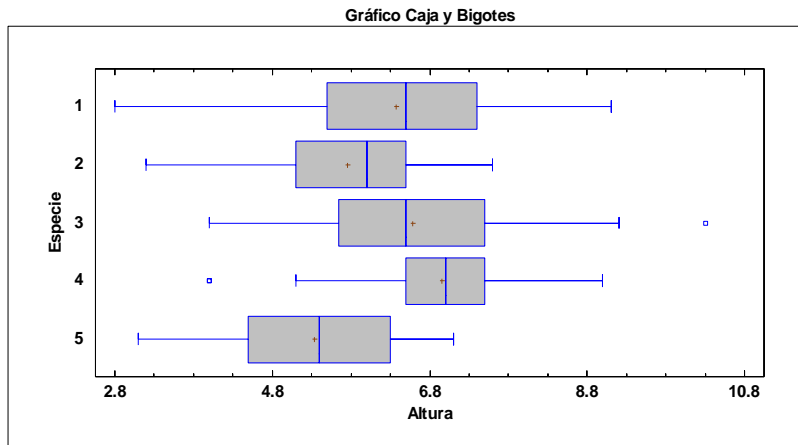
Cuadro 19. ANOVA para altura por especie

9.8.8. Prueba de Rangos Múltiples LSD

La prueba LSD, muestra a 3 grupos: A, se encuentran: *Pinus devoniana* y *P. ayacahuite*, grupo B, *P. greggii* y *P. pseudostrobus* y el grupo C, *P. pseudostrobus* y *P. patula*, siendo este último quien presenta homogeneidad en dos especies con respecto a su altura.

		<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	Cuadro 20.
Prueba de Rangos Múltiples	de	<i>Pinus devoniana</i>	52	5.33654	A	Rangos LSD para altura
		<i>Pinus ayacahuite</i>	52	5.76154	A	
		<i>Pinus greggii</i>	52	6.375	B	
		<i>Pinus pseudostrobus</i>	52	6.57885	BC	
		<i>Pinus patula</i>	52	6.95192	C	

La grafica siguiente (**Figura 43**), muestra el rango en altura de las especies siguientes; *Pinus greggii* (1), es la especie que presenta mayor dispersión en altura, en el caso de *P. pseudostrobus* y *P. patula*, presentan mayor altura en base a sus promedio.



Valores mínimos en

álisis de
n diámetro
ación mixta
(Pucuto).

El objetivo del análisis de varianza (ANOVA), fue, identificar la variabilidad en diámetro, altura y volumen en cuatro especies diferentes (*Pinus greggii*, *P.pseudostrobus*, *P.patula* y *P. devoniana*).

9.9.1. Resumen estadístico.

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de diámetros para cada uno de los 4 niveles de especies. Se observa que la especie *Pinus greggii*, presentó el menor promedio en diámetro (8.62), contrario a lo esperado, ya que es una especie de rápido crecimiento, esto puede deberse al efecto de la presencia de las otras especies y a la pendiente de la plantación, lo cual ha sido reportado para esta especie (INIFAP, 2011). El mayor diámetro alcanzado fue por parte de *Pinus pseudostrobus*, lo que significa, que las otras especies, no son un factor limitante en el crecimiento de esta especie, pero si se favorece al tener mayor espaciamiento entre individuos, ya que en comparación con *P. pseudostrobus* a una edad

- 1-*Pinus greggii*
- 2-*Pinus ayacahuite*
- 3-*Pinus pseudostrobus*
- 4- *Pinus patula*
- 5-*Pinus devoniana*

de 10 años y en un espaciamiento de 2 x 2, su promedio en diámetro fue de 12.43 cm y a

la edad de 6 años, presenta un promedio de diámetro de 11.89 en un espaciamiento de 3 x 3.

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	21	8.62	2.28	26.48 %	5.2	13.8	8.6
<i>Pinus devoniana</i>	21	10.24	1.16	11.39 %	8.0	13.0	5.0
<i>Pinus patula</i>	21	11.41	2.32	20.32 %	8.0	15.5	7.5
<i>Pinus pseudostrobus</i>	21	11.89	1.49	12.59 %	9.5	13.7	4.2
Total	84	10.54	2.24	21.27 %	5.2	15.5	10.3

Cuadro 21. Resumen estadístico de diámetro

9.9.2. Análisis de varianza

El cuadro ANOVA, nos muestra que el valor de P, es menor a 0.05, por lo tanto, existe una diferencia altamente significativa en la media entre los cuatro grupos de especies de pino.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	133.373	3	44.4576	12.51	0.0000
Intra grupos	284.396	80	3.55495		
Total (Corr.)	417.769	83			

Cuadro 22. ANOVA para diámetro por especie

9.9.3. Prueba de Múltiples Rangos LSD

La prueba LSD, muestra a 3 grupos. El primer grupo (A) se encuentran *Pinus greggii*, en el segundo grupo (B), *P. devoniana*, y para el tercer grupo (C), están *P. patula* y *P. pseudostrobus*, quienes presentan homogeneidad en sus diámetros.

23. Prueba
Múltiples
diámetro

<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>Pinus greggii</i>	21	8.62857	A
<i>Pinus devoniana</i>	21	10.2429	B
<i>Pinus patula</i>	21	11.419	C
<i>Pinus pseudostrobus</i>	21	11.8952	C

Cuadro
de Rangos
LSD para

En el diagrama de cajas, se muestra que para el caso de *P. devoniana*, fue la especie que presentó un mismo diámetro en todos sus individuos y donde la media de sus diámetros está cercanos al límite superior en comparación con las otras especies.

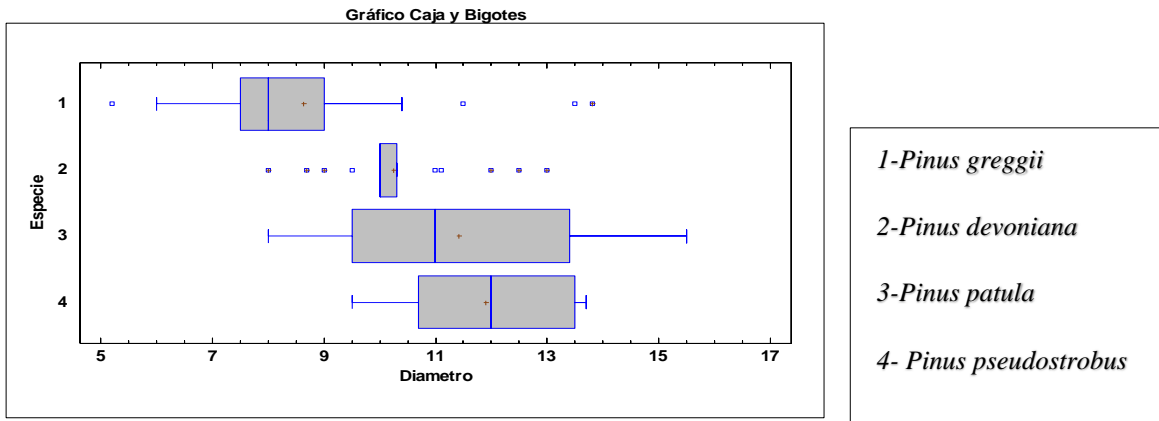


Figura 17. VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN DIÁMETRO.

9.9.4. Resumen estadístico para volumen m³.

Pinus greggii, presenta el mayor promedio en volumen (0.010 m³) y la mayor desviación estándar (0.007), en comparación con *P. pseudostrobus*, quien presenta el menor promedio en volumen (0.005 m³) y con la menor desviación estándar (0.003).

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	21	0.010	0.007	69.48 %	0.003	0.034	0.031

<i>Pinus devoniana</i>	21	0.006	0.004	72.85 %	0.002	0.019	0.017
<i>Pinus patula</i>	21	0.009	0.004	49.24 %	0.002	0.019	0.017
<i>Pinus pseudostrabus</i>	21	0.005	0.003	67.71 %	0.002	0.017	0.015
Total	84	0.008	0.005	69.73 %	0.002	0.034	0.032

Cuadro 24. Resumen estadístico del volumen

9.9.5. Análisis de varianza

La tabla ANOVA, muestra que existe una diferencia altamente significativa entre la media en volumen entre un nivel de especie y otro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.00035575	3	0.000118583	4.24	0.0078
Intra grupos	0.00223524	80	0.0000279405		
Total (Corr.)	0.00259099	83			

Cuadro 25. ANOVA para el volumen por especie

9.9.6. Prueba de Rangos Múltiples LSD

Se identificaron 2 grupos de medias, en donde *Pinus pseudostrabus* y *P. devoniana* conforman el primer grupo, ya que presentan similitud de sus medias de acuerdo a la alineación de las iniciales, y en el segundo grupo (B), está conformado por *P. patula* y *P. greggii*, lo cual quiere decir que existe diferencia estadísticamente entre las medias de los grupos.

<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>Pinus greggii</i>	21	0.00585714	A
<i>Pinus devoniana</i>	21	0.00614286	A

Cuadro de Rangos	<i>Pinus patula</i>	21	0.00942857	B	26. Prueba Múltiples
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	21	0.010619	B	

LSD para volumen

Sin embargo, el diagrama de cajas, muestra, que el menor volumen m³ lo presentó *P. pseudostrobus*, en comparación con *P. greggii*, quien presenta mayor volumen m³, lo cual, coincide con Sáenz *et al.* (2011), quienes señalan que *P. greggii*, aunque no es nativa de Michoacán, posee la habilidad de crecer rápidamente en combinación con otras especies, y una vez más se confirma que *P. greggii* presenta más volumen en una plantación mixta en un espaciamiento de 3 x 3.

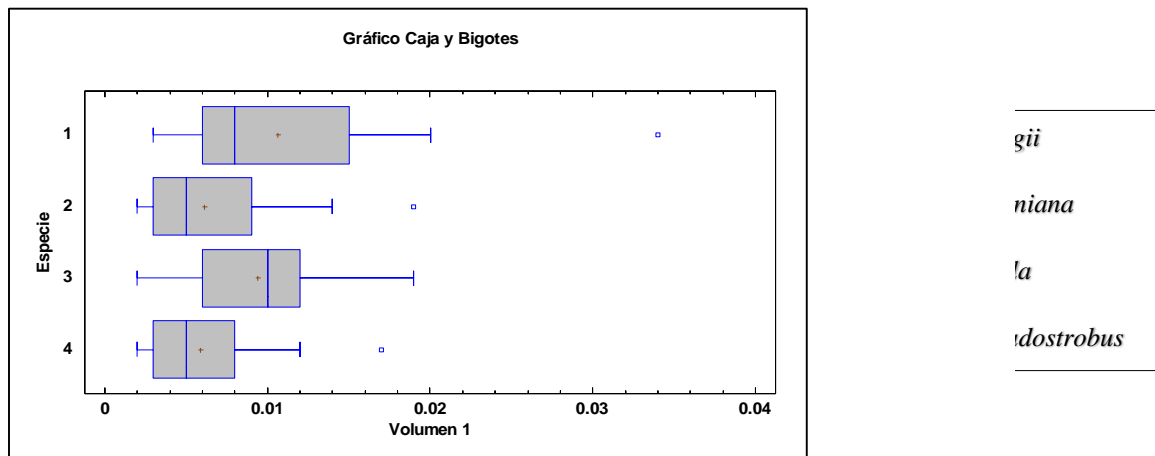


Figura 45. Valores máximos y mínimos en volumen.

9.9.7. Resumen estadístico para altura (m.)

Pinus greggii, presenta el mayor promedio en altura (4.77m), seguido de *Pinus patula* (3.92), además presentan una menor desviación estándar, lo que significa que su crecimiento ha sido más homogéneo en cuanto al promedio de sus alturas.

<i>Especie</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desv. Están.</i>	<i>Coef. de Var.</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
<i>Pinus greggii</i>	21	4.77	0.97	20.47 %	2.6	6.5	3.9
<i>Pinus devoniana</i>	21	3.55	1.12	31.79 %	2.0	5.25	3.25
<i>Pinus patula</i>	21	3.92	1.02	25.99 %	2.2	6.0	3.8
<i>Pinus pseudostrobus</i>	21	3.33	1.30	39.23 %	1.8	6.8	5.0
Total	84	3.89	1.22	31.50 %	1.8	6.8	5.0

Cuadro 27. Resumen estadístico para altura

9.9.8. Análisis de varianza

El cuadro ANOVA nos muestra existe una diferencia altamente significativa debido a que el valor de P es menor a 0.05.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	25.3983	3	8.46611	6.79	0.0004
Intra grupos	99.7674	80	1.24709		
Total (Corr.)	125.166	83			

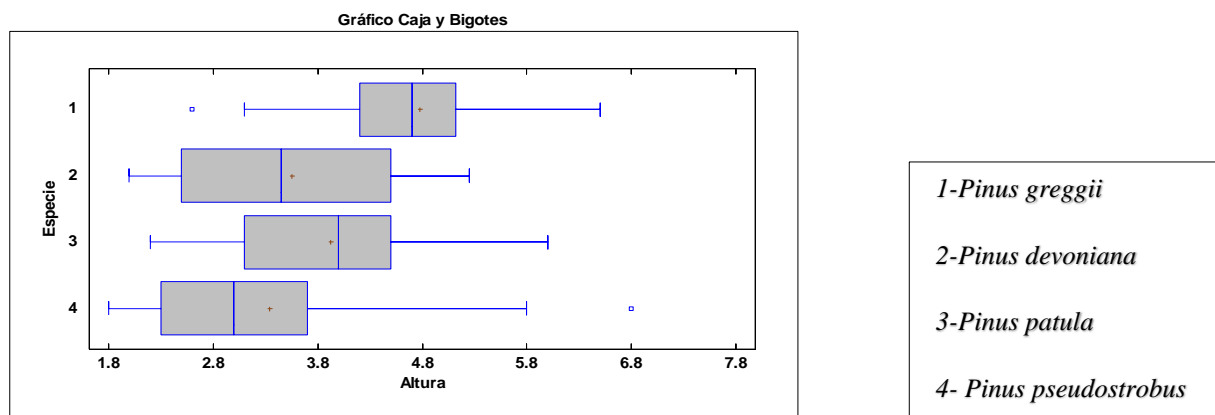
Cuadro 28. ANOVA para altura por especie

9.9.9. Prueba de Rangos Múltiple LSD

La prueba LSD, se han identificado 2 grupos según la alineación de las iniciales en columnas correspondientes, el primer grupo (A) se encuentran *Pinus devoniana*, *P. pseudostrobus* y *P. patula* siendo los grupos que presentan similitud en sus medias.

Cuadro 29.

Prueba de	<i>Especie</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>	Rangos
Múltiples altura	<i>Pinus pseudostrobus</i>	21	3.33571	A	LSD para
	<i>Pinus devoniana</i>	21	3.55238	A	
	<i>Pinus patula</i>	21	3.92857	A	
	<i>Pinus greggii</i>	21	4.77714	B	



máximos y mínimos en altura.

9.10. Daños en las plantaciones

En los siguientes cuadros, se muestran de manera general, el porcentaje de los daños y prácticas manejo forestal encontrados en las plantaciones (**Cuadro 30**).

9.10.1. Daños en las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2 en Pucuateo

Puntación 1

Caract. físicas	N° de ind. dañados	Hospedero	% de infestación
Follaje	8 (deformación de acículas)	Escoba de bruja (<i>Candidatus Phytoplasma pini</i>)	0.75 %
Fuste	36 (bifurcación)	X	3.4 %
Conos	Sin daños		0 %

CUA
DRO
30.
Daño
s en

las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2 en Pucuat

Plantación 2			
Caract. físicas	N° de ind. dañados	Hospedero	% de infestación
Follaje	25 (deformación de acículas)	Escoba de bruja (<i>Candidatus Phytoplasma pini</i>)	3.6 %
Ramas	10 (ramas rotas)	Ganado	1.4 %
Fuste	9 (brotes de resina)	Descortezador (<i>Dendroctonus valens</i>)	1.3 %
Conos	Sin daños	x	0 %
Raíz	20 (mordedura de raíz)	Tuza (<i>Geomys bursarius</i> Shaw)	2.9 %

Prácticas de manejo forestal en la plantación 1					
Prácticas silvícolas	Podas	Aclareos	Limpieza	Cercado	% de manejo
Existencias	X	X	X	✓	25 %

CUA
DRO
31.
Mane
jo
forest

al en las plantaciones

Prácticas de manejo forestal en la plantación 2

Prácticas silvícolas	Podas	Aclareos	Limpieza	Cercado	% de manejo
Existencias	X	X	X	X	0 %

El porcentaje de daños encontrados en la plantación 1, fue del 1.31 %, lo cual representa menos del 10 % de la población total, en comparación con la plantación 2, quien obtuvo el 9.2 % de la población total. Esto significa que la combinación de las especies en ambas plantaciones, el riesgo por plagas, aun no es de gravedad, sin embargo, la plantación 2, presentó mayor porcentaje en daños. Lo cual coincide con lo mencionado por (Maldonado, 2009) donde menciona, que las plantaciones mixtas, si están en un sitio adecuado a la especie, existe menor riesgo de plagas y enfermedades. En cuanto a la infestación en el fuste, (Salinas et al, 2009) señala, que los mayores porcentajes de incidencia 16 y 12% respectivamente, en comparación con nuestro estudio, es bajo el porcentaje de infestación en las especies de *Pinus greggii*, y en su mayoría en *P. pseudostrobus*. El *dendroctonus valens*, generalmente ataca árboles en pie en la parte inferior del tronco y presenta grumos de resina blanca a rojiza, así como gránulos de resina alrededor de la base del individuo. De acuerdo con algunos autores, el descortezador, ataca individuos de reducido vigor, así como los infestados por otros escarabajos de la corteza o perforadores de la madera como el *Ips* spp. como también ataca árboles sanos.

Sin embargo, en la plantación 2, podemos encontrar que existe un porcentaje de ataque por tuza, que de continuar sin inspección alguna, este porcentaje podría incrementar, ya que es una plaga abundante en las plantaciones de Pucúato. De acuerdo con García y Aguilar (1996) señalan, que la reducción del número de árboles en un hectárea, se debió principalmente a los daños causados por tuzas (*Geomys bursarius* Shaw). Muñoz (2011), afirman que la tendencia en la disminución de las plantas atacadas por este roedor, es uno de los principales problemas de mortalidad en las plantaciones forestales establecidas en Michoacán. Gallegos, (2009), evaluó la mortalidad de *P. pseudostrobus*, la cual fue causada por tuza.

En cuanto a la bifurcación presente en *Pinus ayacahuite* con un 3.4 %, de acuerdo con (Vignote & Jiménez, 1996), mencionan que las bifurcaciones se presentan cuando en los árboles se pierde la guía terminal de la copa, dos o más ramas realizan la función de ésta produciendo así el defecto de la bifurcación, la cual, se genera por ataque de plagas, una helada, o alguna otra circunstancia. Así mismo, en la plantación mixta aleatoria 1, se encuentran individuos con bifurcaciones en sus fustes, como el caso de *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*

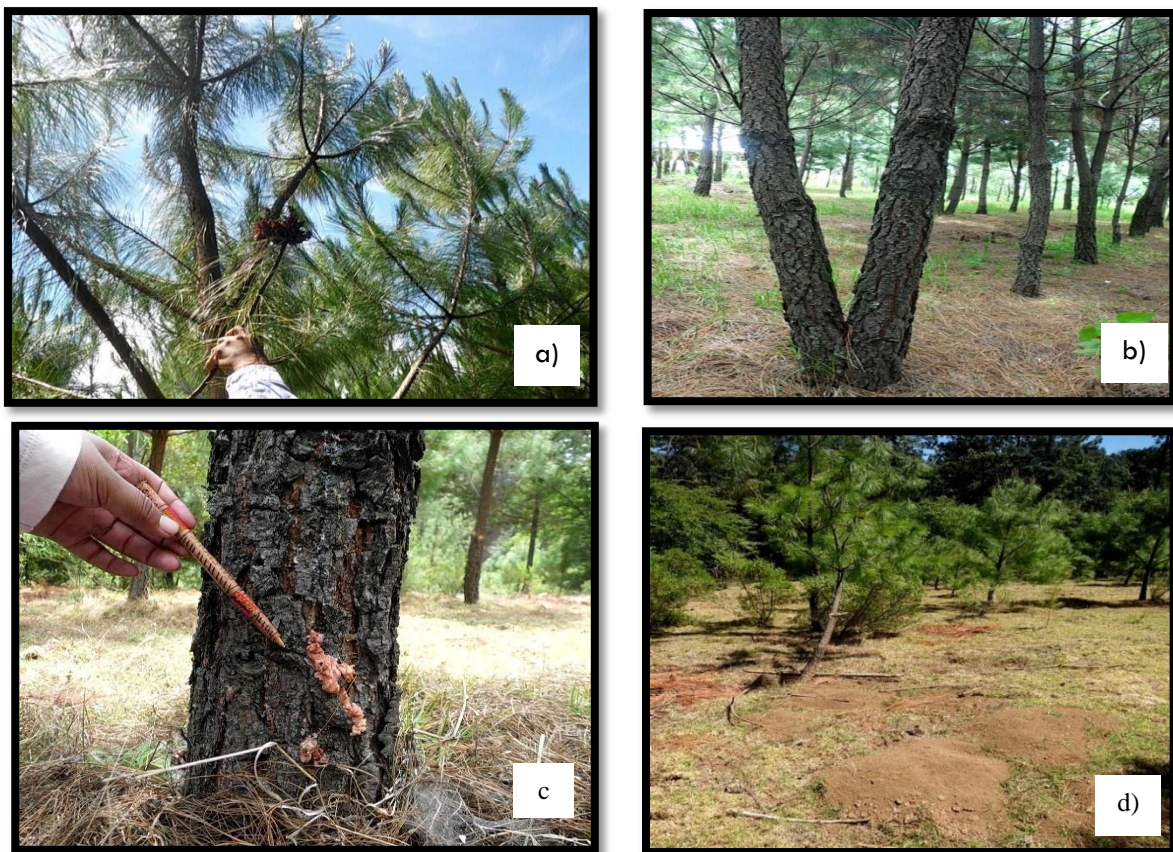


Figura 47. Daños en las plantaciones mixtas; a) escoba de bruja (*Candidatus Phytoplasma pini*), b) bifurcación en fustes, c) descortezador (*Dendroctonus valens*), d) presencia de Tuzas (*Geomys bursarius* Shaw).

9.10.2. Daños en las plantaciones homogéneas 1 y 2 en FIRA

A continuación se muestran los daños encontrados en esta plantación (**Cuadro 32**).

Puntación 1				CUA DRO 32. Daños en las planta ciones homog éneas 1 y 2
Caract. físicas	Nº de ind. dañados	Hospedero	% de infestación	
Follaje	39	Cochinilla o tortuga de pino (<i>Parvicornis Toumeyella</i>)	6.9 %	
Fuste	11	Descortezador (<i>Dendroctonus valens</i>)	1.9 %	
Ramas	39	Cochinilla o tortuga de pino (<i>Parvicornis Toumeyella</i>)	6.9 %	
Conos	39	Cochinilla o tortuga de pino (<i>Parvicornis Toumeyella</i>)	6.9 %	

Plantación 2			
Caract. físicas	Nº de ind. dañados	Hospedero	% de infestación
Follaje	Sin daños	x	0 %
Fuste	6	Cochinilla o tortuga de pino (<i>Parvicornis Toumeyella</i>)	4.2 %
Conos	Sin daños	X	0 %

Prácticas de manejo forestal en la plantación 1

Prácticas silvícolas	Podas	Aclareos	Limpieza	Cercado	% de manejo
Existencias	✓	X	✓	✓	75 %

CUA
DRO
33.
Manej

o forestal en las plantaciones homogéneas 1 y 2

Prácticas de manejo forestal en la plantación 2

Prácticas silvícolas	Podas	Aclareos	Limpieza	Cercado	% de manejo
Existencias	✓	✓	✓	✓	100 %

Los resultados, demuestran, que el porcentaje más alto de infestación, lo presenta la plantación 1, puesto que la Cochinilla o tortuga de pino (*Parvicornis Toumeyella*), invade a todas las partes de individuo con un 20.7 % del total de la población. En comparación con el descortezador (*Dendroctonus valens*), el cual obtuvo el 1.9 %.

El resultado, demuestra un 22.6 % de infestación, en comparación con la plantación 2, quien obtuvo un total del 4.2 % en toda la población. Altieri & Nicholls, (1995), señalan que las mezclas de especies, adquieren mayor resistencia asociativa al ataque de las plagas en comparación con los monocultivos. Lo cual, coincide con nuestro estudio. En cuanto al ataque en el follaje o ramas de los individuos, Ramírez & Porcallo, (2009) señalan, que la escoba de bruja ataca principalmente a árboles jóvenes, ya que requieren de gran cantidad de luz, lo que les permite absorbiendo gran cantidad de nutrientes que normalmente irían hacia la parte superior de la copa de los árboles.

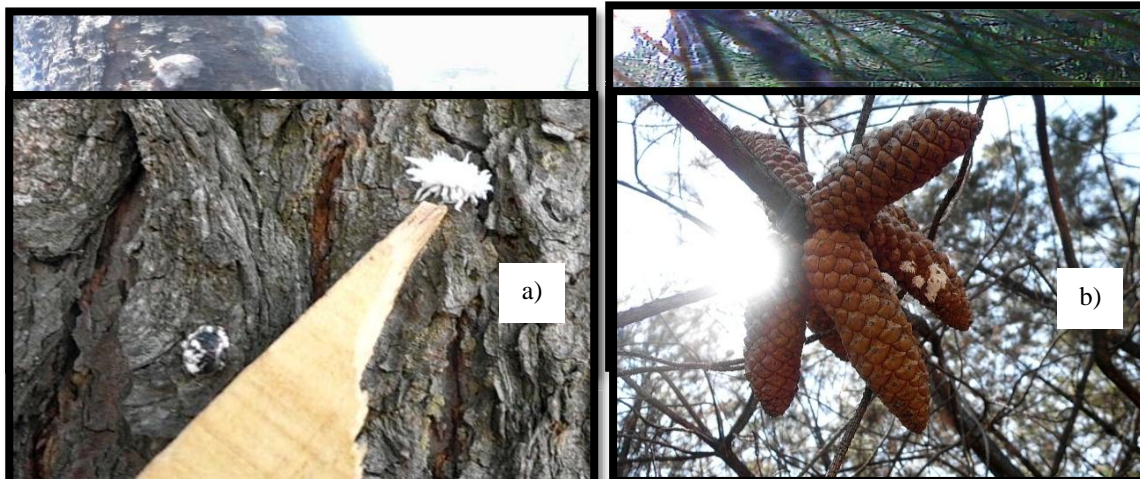


Figura 48. Daños en las plantaciones homogéneas; a) *Dendroctonus Valens*, b) *Parvicornis Toumeyella* en el follaje, c) *Parvicornis Toumeyella* en el fuste, d) *Parvicornis Toumeyella* presente en los conos.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1. Porcentaje por categoría diámetrica de las plantaciones mixtas y homogéneas

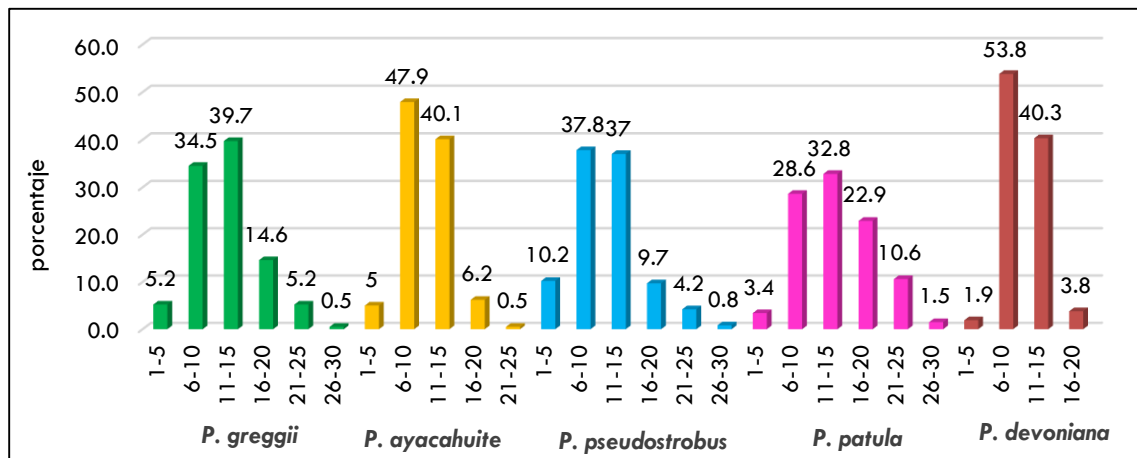
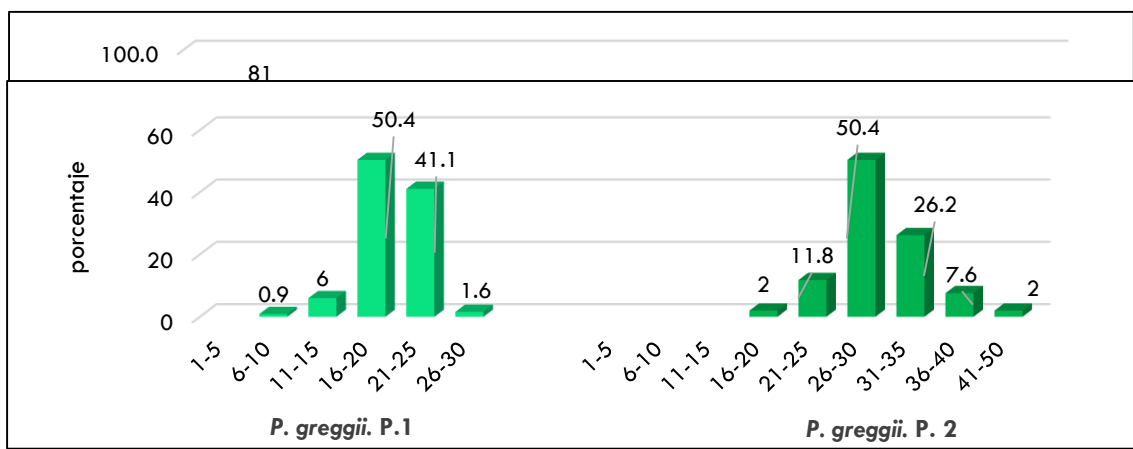


Figura 49. a) Porcentaje por categoría diámetrica y por especie de la plantación mixta 1 (Pucuito).

b) Porcentaje por categoría diámetrica y por especie de la plantación mixta 2 (Pucuito).

c) Porcentaje por categoría diámetrica de las plantaciones homogéneas 1 y 2 (FIRA).

En base al mayor porcentaje que presentan las especies por categoría diámetrica, se concluye que *Pinus greggii*, a la edad de 6 años, el 81% presenta diámetros de 6-10 cm, a la edad de 9 años, el 50.4 % presenta diámetros de 16-20 cm, sin embargo también presenta un 41.1 % de diámetros de 21-25 cm, a la edad de 10 años, el 39.7 % presenta diámetros de 11-15 cm y a la edad de 19 años, con un 50.4 % presenta individuos con



diámetros de 26-30 cm, sin embargo existe un porcentaje del 26.2 % con diámetros de 31-35 cm.

Esto significa que *P. greggii*, en una plantación mixta a la edad de 10 años, presenta individuos que pueden ser utilizados para postes rurales, en comparación con una plantación mixta de 6 años, quien aún no presenta diámetros que puedan ser de utilidad a la industria. Sin embargo, *P. greggii*, en una plantación homogénea a la edad de 9 años, con espaciamiento de 3 x 3 y en un terreno sin pendiente, presenta individuos que pueden ser utilizados para aserrío, pasta, postes, chapa los cuales se clasifican como productos secundarios en comparación con una plantación mixta.

Finalmente, *P. greggii*, en una plantación homogénea a la edad de 19 años, con espaciamiento de 3 x 3 y en un terreno de 17° de pendiente, presenta individuos que pueden ser considerados en las categorías de productos primarios y secundarios, ya que 26.2 % presenta el diámetro mínimo (30 cm) para ser considerado en productos primarios, aunque el mayor porcentaje (50.4 %) sigue estando en la clasificación de productos secundarios.

Pinus ayacahuite, *P. pseudostrobus* y *P. devoniana*, de una plantación mixta, en edades de 6 y 10 años, con espaciamientos de 2 x 2 y 3 x 3, altura de 2400 y 2600 en pendientes de 18° y 21°, mismo tipo de suelo (Andosoles), clima (templado subhúmedo con lluvias en verano), y misma precipitación (1250 mm), el mayor porcentaje de las especies, presenta diámetros de 6-10 cm, en comparación con *Pinus patula* quien a la edad de 6 y 10 años, presenta el mayor porcentaje en la categoría diámetrica de 11-15 cm, lo que significa que la combinación de las especies de pino, no es un factor que provoque mayor impacto en su crecimiento en diámetro de las especies.

10.2. Coeficiente de forma:

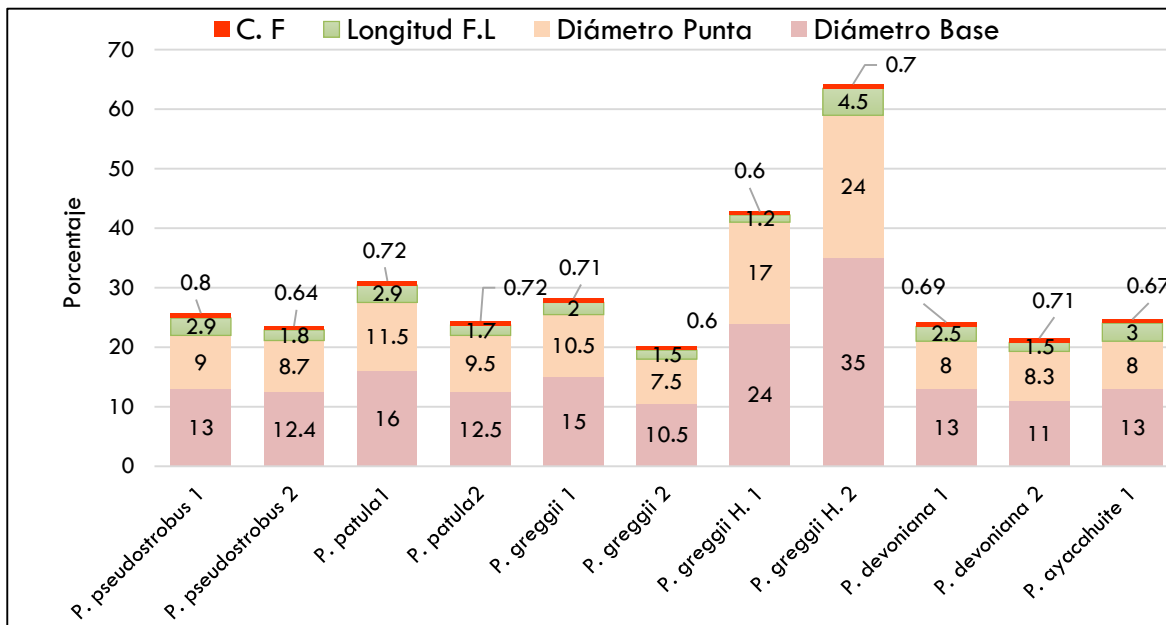


Figura 50. Coeficiente mórfico de las plantaciones

De acuerdo con Román & Ramírez (2010), el coeficiente mórfico en las especies de pino, generalmente es de 0.70, por lo que basándonos en esta referencia, la gráfica de barras (Figura 50) muestra que el espaciamiento para *Pinus patula* no afecta, puesto que los espaciamientos de 2 x 2 y 3 x 3 presentan el mismo factor de forma (0.72) a pesar de ser de edades diferentes pero con las mismas condiciones climáticas. En *P. pseudostrabus*, el espaciamiento si afecto en su factor de forma, ya que en la plantación mixta 1, el espaciamiento de 2 x 2, el factor de forma fue de 0.80 en comparación con un espaciamiento de 3 x 3, donde el factor de forma de 0.64.

Lo mismo sucede con *P. greggii*, en donde en espaciamientos de 2 x 2, el factor de forma de fue de 0.71 en comparación con el espaciamiento de 3 x 3 en la plantación mixta 2, el factor de forma fue de 0.60, en comparación con *P. greggii* en una plantación homogénea a la edad de 9 años, presenta un coeficiente de forma de 0.60 y en una de 19 años presenta un factor de forma de 0.70 ambas en un espaciamiento de 3 x 3 pero de diferente pendiente en las cuatro plantaciones. Lo que significa que el factor que afecto su grado de forma fustal fue la pendiente y el espacio puesto que son de un mismo tipo de suelo, clima y precipitación tanto homogéneas como las mixtas, los resultados muestran que *Pinus*

greggii, presenta un factor de forma de 0.70 en pendientes de 17-18° presentando fustes más cilíndricos que en pendientes de 0° y 21° representando fustes más cónicos.

Pinus devoniana, en espaciamiento de 2 x 2 el factor de forma fue de 0.69 y en espaciamientos de 3 x 3 el factor de forma es de 0.71, en donde la diferencia es de 0.02 por lo tanto el espaciamiento en *Pinus devoniana* no afecta. Finalmente *Pinus ayacahuite*, en un espaciamiento de 2 x 2, el factor de forma fue de 0.67, lo que significa que el espaciamiento si le afecta presentado un factor de forma cónico.

10.3. Volumen comercial

Plantación	Clima	Suelo	asnm	Pte.	Precipitación	Espacio	D. P	A. fustal	% por C.D		Clasificación en %	
									< 20 cm	> 20 cm	Prim.	Sec.
P. mixta 1					mm		cm					
<i>P. patula</i>	Tem.Sub.	Andosol	2400	18°	1250	2 x 2	13.7	3.00	87.7 %	12.3 %	12.3 %	87.7 %
<i>P. ayacahuite</i>	Tem.Sub.	Andosol	2400	18°	1250	2 x 2	12.2	3.09	99.2 %	0.8 %	0.8 %	99.2 %
<i>P.pseudostrobus</i>	Tem.Sub.	Andosol	2400	18°	1250	2 x 2	11.2	2.98	94.7 %	5.3 %	5.3 %	94.7 %
<i>P. greggii</i>	Tem.Sub.	Andosol	2400	18°	1250	2 x 2	10.8	2.46	94%	6 %	0 %	94%
<i>P. devoniana</i>	Tem.Sub.	Andosol	2400	18°	1250	2 x 2	10.6	2.74	100%	0 %	0 %	0 %
P. mixta 2												
<i>P.pseudostrobus</i>	Tem.Sub.	Andosol	2600	21°	1250	3 x 3	10.6	1.82	100%	0 %		100%
<i>P. patula</i>	Tem.Sub.	Andosol	2600	21°	1250	3 x 3	10	1.74	100%	0 %		100%
<i>P. devoniana</i>	Tem.Sub.	Andosol	2600	21°	1250	3 x 3	9.2	1.50	100%	0 %		100%
<i>P. greggii</i>	Tem.Sub.	Andosol	2600	21°	1250	3 x 3	8.6	1.55	100%	0 %		100%
P. H. 1 y 2												
<i>P. greggii</i> (2)	Tem.Sub.	Vertisol	1970	17°	697.4	3 x 3	29.8	4.5	2 %	98 %	98 %	2 %
<i>P. greggii</i> (1)	Tem.Sub.	Vertisol	1984	s/p	697.4	3 x 3	19.9	1.2	57.3 %	42.7 %		57.3 %

CUADRO 34. Porcentaje en Volumen comercial por categoría diámetrica de las plantaciones

En relación a la longitud mínima comercial (2.50 m) y el diámetro superior a 20 cm, en una plantación mixta a la edad de 10 años, *P. patula*, *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*, presentan una clasificación de primaria, lo que significa que ya pueden tener alguna utilidad en tablas para caja, postes, en comparación con una mixta de 6 años, en donde sus

especies aun no presentan utilidad en la industria. En el caso de las homogéneas, la que presenta productos primarios, es la de edad de 19 años.

10.4. Incrementos:

Plantación	Diámetro	Altura	T. P	cm/año	Vol/año	IMA	ICA
P.H.1 (9 años)							
<i>P. greggii</i>	22.8	10	3	0.60	0.24	0.39	12.3
P.H.2 (19 años)							
<i>P. greggii</i>	31.2	17	6.6	1.32	0.91	0.35	21.4
P.M.1 (10 años)							
<i>P. greggii</i>	17.2	6.3	3	0.60	0.10	0.23	6.8
<i>P. ayacahuite</i>	17.6	6.2	4	0.80	0.10	0.44	6.7
<i>P. pseudostrobus</i>	19.4	6	3.5	0.70	0.14	0.27	7.6
<i>P. patula</i>	20.1	7	2.6	0.52	0.16	0.27	7.9
<i>P. devoniana</i>	13.5	5.3	3.6	0.72	0.05	0.18	4.9
P.M.2 (6 años)							
<i>P. greggii</i>	14.8	4.7	4	0.80	0.05	0.26	4.5
<i>P. pseudostrobus</i>	12.4	4.5	4	0.80	0.03	0.21	4.1
<i>P. patula</i>	13.5	5.3	2.6	0.52	0.05	0.21	5
<i>P. devoniana</i>	10.2	4.2	4.3	0.86	0.02	0.21	3.4

CUADRO 35. Incrementos de las plantaciones por volumen y cm al año

En base al tiempo de paso, se demuestra que en *Pinus greggii* (3) y *P. patula* (2.6), el espaciamiento, la edad, la altura y la pendiente, no son factores que limiten a la especie para ser considerada de rápido crecimiento, ya que en presentan menor número de años para crecer 5 cm o pasar de una categoría diámetrica a otra. Sin embargo en cuanto al volumen que generan por especie en un año, *P. greggii* en una plantación homogénea sin pendiente y con un espaciamiento de 3 x 3 a la edad de 9 años, genera un volumen de 0.24 m³ al año que en una plantación mixta de 10 y 6 años con pendientes de 18° y 21° en espaciamientos de 2 x 2 y 3 x 3.

En una plantación mixta de 10 años de edad, *Pinus pseudostrobus* (0.14m³) y *P. patula* (0.16 m³), generan más volumen en un año en espaciamiento de 2 x 2, clima templado subhúmedo con lluvias en verano y con una precipitación de 1250 mm en una altura de 2400 m.s.n.m. Sin embargo no sucede lo mismo en una plantación mixta a los 6 años, con

espaciamiento de 3 x 3, pero con las mismas condiciones climáticas que las mixta 1, en donde el espaciamiento, la pendiente y la a.s.n.m, son los factores que de determinan que *P. greggii* (0.05 m³) y *P. patula* generan (0.05 m³) al año el mismo y el más alto valor en volumen en comparación con *P. pseudostrobus* (0.03 m³) y *P. devoniana* (0.02 m³). Finalmente *P. ayacahuite* (0.10 m³), genera mayor volumen en una pendiente de 18°, a una menor altura (2400 m.s.n.m), y a un menor espaciamiento (2 x 2).

10.5. Análisis estadístico:

Plantación	ANOVA	D. P.	Vol.P.	A.P.	Desviación Estándar			Prueba LSD (Diámetro)			Prueba LSD (Volumen)			Prueba LSD (Altura)			
					D. (cm)	Vol. (m ³)	A. (m)	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
P.H.1																	
<i>P. greggii</i>	0.0000	24.93	0.20	10.8	2.88	0.05	0.99	<i>P. greg.</i>			<i>P. greg.</i>			<i>P. greg.</i>			
P.H.2																	
<i>P. greggii</i>	0.0000	29.86	0.85	17.3	4.31	0.25	2.11	<i>P. greg.</i>			<i>P. greg.</i>			<i>P. greg.</i>			
P.M. A. 1																	
<i>P. greggii</i>	0.0001	12.76	0.17	6.3	4.37	0.14	1.31	<i>P. dev.</i>			<i>P. ayac.</i>			<i>P. dev.</i>			
<i>P. ayacahuite</i>	0.0001	12.43	0.08	5.7	3.01	0.06	1.01	<i>P. greg.</i>			<i>P. dev. P. greg.</i>			<i>P. ayac.</i>			
<i>P. pseudostrobus</i>	0.0001	10.63	0.23	6.7	4.94	0.25	1.29	<i>P. ayac.</i>			<i>P. pseu.</i>			<i>P. greg.</i>			
<i>P. patula</i>	0.0001	15.12	0.28	6.9	5.56	0.24	1.00	<i>P. pseu.</i>			<i>P. pseu.</i>			<i>P. pseu. P. pseu.</i>			
<i>P. devoniana</i>	0.0001	10.63	0.08	5.3	2.75	0.05	1.05	<i>P. pat.</i>			<i>P. pat.</i>			<i>P. pat.</i>			
P.M. A. 2																	
<i>P. greggii</i>	0.0004	8.62	0.010	4.7	2.28	0.007	0.97	<i>P. greg.</i>			<i>P. greg.</i>			<i>P. pseu.</i>			
<i>P. pseudostrobus</i>	0.0004	11.89	0.005	3.3	1.49	0.003	1.30	<i>P. pat.</i>			<i>P. dev.</i>			<i>P. dev.</i>			
<i>P. patula</i>	0.0004	11.41	0.009	3.9	2.32	0.004	1.02	<i>P. dev. P. pseu.</i>			<i>P. pat.</i>			<i>P. pat.</i>			
<i>P. devoniana</i>	0.0004	10.24	0.006	3.5	1.16	0.004	1.12	<i>P. pat.</i>			<i>P. pseu.</i>			<i>P. greg.</i>			

Figura 51. Análisis estadístico de las plantaciones

El análisis de varianza (ANOVA), muestra que en las 4 plantaciones, existe una diferencia altamente significativa. En las plantaciones homogéneas, la plantación 2, presenta el mayor promedio en diámetro, volumen y altura, lo que significa que presenta mayor crecimiento variables antes mencionadas así como la mayor desviación estándar en las mismas, lo cual presenta mayor variabilidad en sus diámetros, volumen y alturas a la edad de 19 años, en comparación con la plantación 1, quien presenta menor promedio en diámetro, volumen y altura y una menor desviación estándar en las mismas, lo que significa que existe más homogeneidad en sus diámetros, volumen y alturas a la edad de 9 años. En cuanto a la prueba de medias LSD, muestra a dos grupos de medias donde la inicial A = a la plantación de *P. greggii* de 9 años de edad, y la inicial B = *P. greggii* de 19 años de edad,

lo que significa que la edad, es el factor que muestra la diferencia entre ambas plantaciones.

A pesar de presentar el mismo clima, tipo de suelo, y precipitación pero diferente edad, altura, espaciamiento y pendiente, en el análisis de varianza mostró los siguientes resultados de las plantaciones mixtas: A la edad de 10 años, *Pinus greggii*, *P. pseudostrobus* y *P. patula*, presentan mayor promedio en diámetro en comparación con *P. ayacahuite* y *P. devoniana* quienes presentan el menor diámetro en promedio, contrario a una edad de 6 años, donde se esperaría el mismo resultado pero quienes presentan mayor diámetro promedio es *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. devoniana*, lo que significa que *P. patula* y *P. pseudostrobus* el factor del espaciamiento, la pendiente y la a.s.n.m, no son limitantes para su crecimiento en diámetro contrario a *P. greggii* quien crece mejor en una pendiente menor y en espaciamiento de 2 x 2, *P. devoniana* crece mejor en diámetro a una pendiente de 21°, una altura de 2600 m.s.n.m y en un espaciamiento de 3 x 3. Sin embargo, la desviación estándar en la plantación mixta 1, muestra que *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. greggii*, muestran mayor variabilidad en sus diámetros en comparación con *P. devoniana*, lo que significa que *P. devoniana* presenta mayor homogeneidad en el crecimiento de sus diámetros. En el caso de la plantación mixta 2, *P. patula* y *P. greggii*, presentan mayor variabilidad en sus diámetros en comparación con *P. pseudostrobus* y *P. devoniana*.

De acuerdo a la prueba de comparación LSD, se concluye que en la plantación mixta 1: existen 3 grupos de medias, donde el grupo A = *P. devoniana*, B = *P. greggii*, *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus*, C = *P. patula*, lo que significa que *P. devoniana* y *P. patula*, presentan crecimientos diferentes en comparación con el resto de las especies. En la plantación mixta 2: también se encontraron 3 grupos, en donde; A= *P. greggii*, B = *P. patula* y *P. devoniana*, C = *P. pseudostrobus* y *P. patula*, lo que significa que *P. greggii* es la especie que presenta un crecimiento en diámetro diferente a l de las otras especies.

En cuanto al volumen promedio en una plantación mixta de 10 años de edad y una de 6 años, *Pinus greggii* y *P. patula*, presentan el mayor promedio en volumen y en altura, lo que significa que el espaciamiento, la altura, la pendiente y la edad no limitan a estas

especies en estos crecimientos, contrario a *P. pseudostrbus*, quien presenta mejor crecimiento en volumen y altura a una menor pendiente, menor altura y menor espaciamiento, además de que la edad influye en el valor promedio de volumen y altura. En cuanto a *P. devoniana*, presenta el menor promedio en volumen y altura de ambas plantaciones, lo que significa que es una especie donde su mayor desarrollo se logra en altitudes de 1,800 a 2,000 m.s.n.m, (INIFAP, 2011), contrario a la altura de 2400 y 2600 m.s.n.m en la que se encuentran las plantaciones. Sin embargo, la desviación estándar en la plantación mixta 1, muestra que *P. pseudostrbus*, *P. patula* y *P.greggii*, muestran mayor variabilidad en sus diámetros en comparación con *P. devoniana* y *P. ayacahuite*, lo que significa que las últimas dos especies presentan mayor homogeneidad en el crecimiento en volumen y altura. En el caso de la plantación mixta 2, *P. patula*, *P. greggii* y *P. devoniana*, presentan mayor variabilidad en volumen en comparación con *P. pseudostrbus* quien presenta mayor homogeneidad en volumen. En la altura, *P. pseudostrbus* y *P. devoniana*, presentan mayor variabilidad en comparación con *P. patula* y *P.greggii*, quienes presentan mayor homogeneidad en altura.

En base a la prueba de comparación LSD, se concluye que en la plantación mixta 1: existen 3 grupos de medias en volumen y altura, donde el grupo A = *P. ayacahuite* y *P. devoniana*, B = *P. greggii* y *P. pseudostrbus*, C = *P. pseudostrbus* y *P. patula*, lo que significa que *P. pseudostrbus* presenta promedios en volumen y altura similares a los de *P. patula*.

En la plantación mixta 2; presenta 2 grupos en volumen y altura; en volumen el grupo A = *P.greggii* y *P. devoniana*, B = *P. patula* y *P. pseudostrbus*, lo que significa que existe similitud en promedio entre *P.greggii* y *P. devoniana* así como entre *P. patula* y *P. pseudostrbus*. En cuanto a la altura; A = *P. pseudostrbus*, *P. devoniana* y *P. patula*, B = *P. greggii*, lo que significa que esta última especie es diferente a las demás en su altura.

11. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio de investigación se presentan las siguientes conclusiones:

- 1- Se acepta la hipótesis planteada en el presente estudio de investigación.
- 2- El porcentaje por categoría diámetrica, demuestra que las plantaciones mixtas presentan menor crecimiento en diámetro (6-15cm) en comparación con las plantaciones homogéneas (16-35 cm).
- 3- EL Tiempo de Paso, demostró que *P. patula* (2.6) y *P. greggii* (3), son especies de rápido crecimiento es espaciamiento de 3 x 3 sin pendiente y en 2 x 2 en pendiente de 17°.
- 4- El IMA, muestra que *P. greggii* en una plantación homogénea, que presenta mayor incremento (0.39 cm) a la edad de 9 años, que en una plantación mixta de 10 años (0.23 cm).
- 5- Pinus ayacahuite, presenta mayor IMA (0.44 cm), en una plantación mixta a la edad de 10 años, en comparación con *P. pseudostrobus* (0.27 cm) y *P. patula* (0.27 cm).
- 6- El ICA en las cada una de las muestras de las plantaciones mixtas de 6 años y 10 años, muestran que no existe gran variabilidad entre sus crecimientos en donde la diferencia en promedio entre especies es de 1-3 cm.
- 7- En el análisis estadístico, se encontraron diferencias altamente significativas en diámetro, volumen y altura, en las cuatro plantaciones.
- 8- Las plantaciones homogéneas, presentan mayor porcentaje de daños (26.8 %), en comparación con las plantaciones mixtas (13.3 %).

9- *Pinus ayacahuite*, presentó el mayor porcentaje de bifurcación en un total de 20 individuos (5.9 %).

10- Los mapas, son una herramienta básica como antecedentes y como una guía para conocer la ubicación georreferenciada de las plantaciones para dar continuidad a futuras evaluaciones.

12. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones siguientes, se hacen en base a las necesidades que presentan los resultados en la evaluación de las plantaciones.

- 1- Evaluar todos los individuos de la plantación para conocer los diámetros que presenta una plantación a una misma edad, ya sea homogénea o mixta.
- 2- Evaluar el incremento de los individuos, para que en base a los resultados, tomar medidas preventivas de manejo y conocer el rendimiento que presenta cada una de las especies.
- 3- Crear una guía que facilite el proceso de evaluación en una plantación mixta y homogénea con los parámetros de interés ya que no permitirá conocer las especies que presentan mayor porcentaje en crecimiento, altura, diámetro y resistencia a plagas.
- 4- Continuar con la evaluación de las plantaciones.
- 5- Se deben realizar prácticas de manejo (podas, aclareos) para determinar si las especies responden favorablemente o no a tales prácticas.

- 6- Realizar una evaluación de sanidad de las plantaciones, para determinar las posibles medidas de eliminación o control.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Alice F., Montagnini F., Montero M. 2004. Productividad en las Plantaciones Puras y Mixtas de especies Forestales Nativas en la Estación Biológica La Selva. Sarapiquí, Costa Rica.
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. Perspectivas Agroecológicas 2. 1994. 1ra. Edición. [Internet]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=nRjLGJhQ7ywC&printsec=frontcover&q=PARTE+II+Perfiles+de+plagas+forestales+seleccionados+INSECTOS+PLAGAS+Resumen+global+de+las+plagas+y+enfermedades+forestales&hl=es&sa=X&ei=VpPFVN_-CIG_ggSeoYFo&ved=0CCYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false. [consulta: octubre 19, 2014].
- Arteaga Martínez B. Evaluación Dasométrica de cuatro especies de Pino. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6(2): 151-157, 2000.
- Arteaga Martínez B. 2003. Evaluación Dasométrica de una Plantación de *Pinus* spp. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Perote, Veracruz, México. Vol. 5, núm. 1, 2003, pp. 27-32.
- Barrera Arreola G. 2010. Evaluación Dasométrica de Plantaciones Comerciales de *Cedrela odorata* L. y *Acrocarpus fraxinifolius* Wight y Arn. Múgica, Michoacán.
- Cambrón *et al.* 2012. Evaluación y manejo de un ensayo de progenies de *Pinus greggii* Engelm., de segunda generación, establecido en las instalaciones del FIRA (Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura) en Morelia.. Informe Técnico. Michoacán, México

Cibrián Tovar D., Méndez Montiel J. T., Campos Bolaños R., Yates III H. O., Flores Lara J. E. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.

Cibrián D, Mendez, R. J.T., Campos, H.O. Yates III, J.E. Flores. 1995. Tres especies del genero *Dendroctonus* encontradas en México. Universidad Autónoma de Chapingo/ Comisión Forestal de América del Norte, Selecciones del libro: Insectos Forestales de México. pág. 269-285. [Internet]. Disponible en: <<https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=DENDROCTONUS+VALENS+michoacan>>. [Consulta: Octubre 09, 2014].

CIFOR (Centro de Investigación Forestal). s/f. Mapas de distribución especies forestales. [Internet]. Disponible en: <<http://www.sp.inia.es/Investigacion/centros/CIFOR/redes/Genfored/Sig-Forest/Paginas/DistribucionEspecies.aspx>>. [Consulta: mayo 03, 2013].

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2009. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Manual básico de Prácticas de reforestación. Primera edición. [Internet]. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF> [Consulta: Diciembre 10, 2014].

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Plantaciones Forestales. [Internet]. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/plantaciones>. [Consulta; noviembre 25, 2012].

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. Paquetes Tecnológicos. [Internet]. Disponible en:

<<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/957Pinus%20devoniana.pdf>>.

[Consulta: septiembre 12, 2013].

Cortez Guido F. 2011. Evaluación Dasométrica de una plantación comercial de teca (*Tectona grandis* L.). Nuevo Urecho, Michoacán.

Chacón Sotelo J. M. 2006. Desarrollo de una metodología para el análisis y evaluación de estructuras arbóreas utilizando datos dasométricos y geoespaciales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México

Dengiz O., Ceyhun G., Sarioğlu F. E., Ediş. E. 2010. Parametric approach to land evaluation for forest plantation: A methodological study using GIS model. African Journal of Agricultural Research. 5(12), 2010: 1482-1496.

Del Castillo, R.F., J.A. Pérez de la Rosa, G. Vargas Amado y R. Rivera García. 2004. Coníferas. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 141-158.

Dusan Klepac. 1985. Crecimiento e Incremento de masas y árboles forestales. Departamento de enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Segunda Edición.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2000. Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. Dirección de Políticas y Planificación Forestales.

Fernandez O., Leguizamón E., Acciaresi. 2014. Malezas e Invasoras de la Argentina. Universidad del Sur. Primera Edición.

Gallegos Facio P. 2009. Evaluación dasométrica de dos plantaciones y un ensayo de tratamientos culturales de *Pinus pseudostrobus* Lind. Indaparapeo y Morelia,

- Gómez Romero M., Soto Correa J.C., Blanco García J.A., Sáenz Romero C, Villegas J., Lindig Cisneros R. 2012. Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. Morelia, Michoacán. *Agrociencia* 46: 795-807. 2012.
- Gonzales Murguía R. G. 2003. Alternativas de Manejo Forestal Mediante el Desarrollo de Conocimiento Específico de Sitio. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares Nuevo León.
- González Murguía R., Treviño Garza E. J., Aguirre Calderón O. A., Jiménez Pérez J., Cantú Silva J., Foroughbakhch Pournavab R. 2004. UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núm. 53, 2004, pp. 39-57.
- Hernández López I., Flores López C., Cornejo Oviedo E. H., Valencia Manzo S. (s/f). Crecimiento de tres especies de pino en una plantación establecida en Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca. Universidad Autónoma Agraria Antonio
- Imaña E. J. y Encinas B. O. 2008. *Epidometria Forestal*. 1ra. Edición. [Internet]. Disponible en: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf>. [consulta: junio 06, 2013].
- INEGI.(Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. [Internet]. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/>> [consulta: septiembre 10,2013].
- INEGI.(Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. [Internet]. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>> [consulta : marzo 12, 2014] .
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2010. [Internet]. Disponible en: <http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/eval.%20de%2012%20plantaciones%20michoacan.pdf>. [consulta: noviembre 20, 2012].

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2006.

[Internet]. Disponible en: <<http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/Docs-descargar/DESPL.%20PROD.%20003.pdf>>. [Consulta: septiembre 07, 2014].

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). s/f.[Internet]. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_04/04_jose_trinidad.pdf> [Consulta: Febrero 19, 2014].

IniSIG. (Instituto Nacional de Investigación de Sistemas de Información Geográfica). 2012. Mapas de distribución. [Internet]. Disponible en: <<http://www.inisig.com/mapas-de-distribucion/>>. [consulta: junio 05, 2013].

Kiessling Davison F. J.1981. Análisis Troncales. Productos Forestales de la Tarahumara. Una alternativa del Estado para el desarrollo de los campesinos forestales de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua.

Madrigal Sánchez X. 1982. Claves para la Identificación de las Coníferas Silvestres del Estado de Michoacán. Boletín Divulgativo N° 58

Maldonado Seares C. 2008. Técnicas Forestales Sostenibles para la obtención de Madera de Calidad. [Internet]. Disponible en:<[https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=maldonado%20\(2008\)%2c%20plantaciones%20mixtas](https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=maldonado%20(2008)%2c%20plantaciones%20mixtas)>. [consulta: junio 05, 2013].

Morales González E., López Upton J., Vargas Hernández J., Ramírez Herreral C., Gil Muñoz A. Parámetros genéticos de *Pinus patula* en un ensayo de progenies establecido en dos altitudes. Fitotecnia. Mexicana. 36 (2), 2013: 155 – 162.

Muños *et al.* 2009. Evaluación de una Plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán.

- Muñoz *et al.* 2012. Evaluación de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. con dos espaciamientos. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán.
- Murillo *et al.* s/f. Método de inventario para Plantaciones pequeñas. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Murillo O, Camacho P., 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de las plantaciones forestales recién establecidas. Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(2) 1997: 189-206.
- Núñez Bustamante F. J. 2014. Estimaciones Volumétricas de *Pinus patula* en plantaciones de rápido crecimiento. [Internet]. Disponible en: <http://www.academia.edu/5886173/Estimaciones_volum%C3%A9tricas_de_Pinus_patula_en_plantaciones_de_r%C3%A1pido_crecimiento>. [Consulta: Noviembre 27, 2014].
- Otárola T. A., Ugalde A. L., Reyes M. 1983. Control de Malezas en una Plantación de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehn en Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- PND 1995-2000 (Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000). 1995. [Internet]. Disponible en: <<http://www.zedillo.presidencia.gob.mx/pages/pnd.pdf>>. [Consulta: marzo 27, 2014].
- PEF (Plan estratégico forestal para México 2025). 2001. [Internet]. Disponible en: <<http://www.rivasdaniel.com/pef2025.pdf>>. [Consulta: febrero 23, 2013].
- Ramírez Dávila J., Porcayo Camargo E. 2009. Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca. México. *Madera y Bosques* 15(2), 2009:93-34.

- Rodríguez Laguna R., Razo Zárate, R., Valencia Manzo S., Meza Rangel J., Romahn de la Vega C. F., Ramírez M. H. 2010. Características dasométricas de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* de nueve procedencias. Ciencias Forestales 4 (18), 2013: 123.
- Salinas Moreno Y., Vargas Mendoza C. F., Zúñiga V., Ager A., Hayes J. L. 2010. Atlas de Distribución Geográfica de los Descortezadores del Género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae). IPN (Instituto Politécnico Nacional). CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). México.
- Saenz Reyes J. T., Jiménez Ochoa J., Villaseñor Ramírez F. J., Larios Guzmán A., Gallardo Valdez M., Hernández Torres I. 2002. Validación y transferencia tecnológica agroforestal en el oriente de Michoacán. Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). Centro de Investigaciones Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Morelia. Informe Anual No. 1. Michoacán, México.
- Santiago García W., De los Santos Posadas H., M., Ángeles Pérez G., Valdez Lazalde J., R., Ramírez Valverde G. Sistema Compatible de Crecimiento y Rendimiento para Rodales Coetáneos de *Pinus patula*. Fitotecnia Mexicana 36 (2): 2013, 163 – 172.
- Salazar García J. G., Vargas Hernández J. J., Jasso Mata, J., Molina Galán J. D., Ramírez Herrera C., López Upton J. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. Bosques y Madera 5(2), 1999:19-34.
- Torres R. J. y O. Magaña T. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Ed. LIMUSA. CIDE. México.
- Torres Ortega M. 2007. Evaluación de plantaciones forestales mixtas. Informe de proyecto de graduación para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico De Costa Rica. Escuela De Ingeniería Forestal. Guanacaste, Costa Rica.

Vignote Peña S. y Jiménez Peris F. J. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Viveros Viveros H., Sáenz Romero C., Vargas Hernández J. J., 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. Fitotecnia Mexicana 29 (002), 2006: 121-126.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para la toma de datos en las plantaciones mixtas.

Formato de campo
Plantación No:

Lugar:							
Especies:							
Edad:							
Fecha:							
N° de ind.	Especie	D. Tocón (.30m)	D. a 1.30m	D. Comercial	Altura comercial	Altura total del fuste	Observaciones

Anexo 2. Formato de campo para la toma de datos en las plantaciones homogéneas.

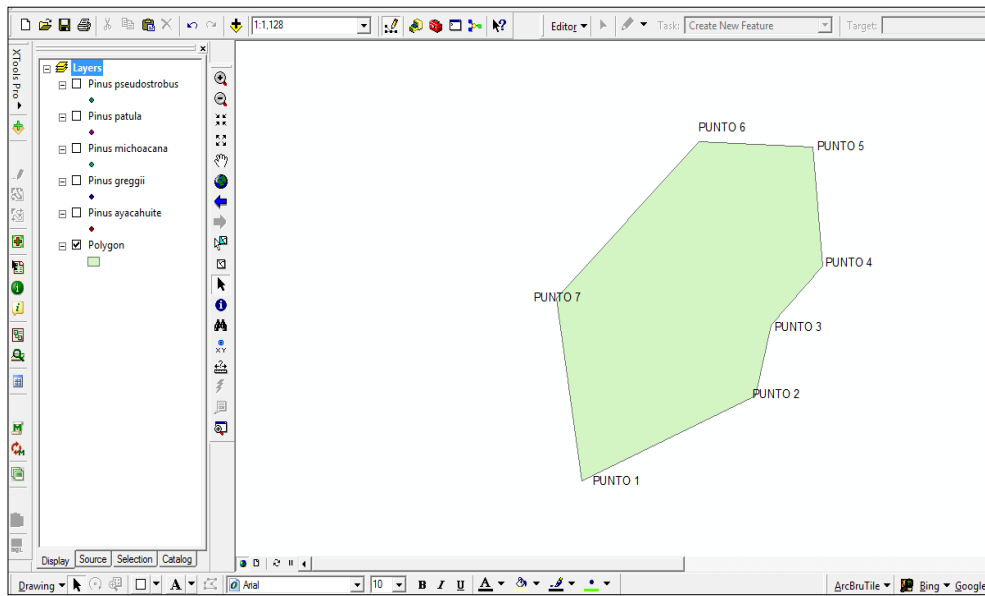
Formato de campo

Plantación No:						
Lugar:						
Especie						
Edad:						
Fecha:						
Bloque	Número de individuo	D. Tocón (.30m)	D. a 2.50m	Altura fustal	Altura total	Observaciones

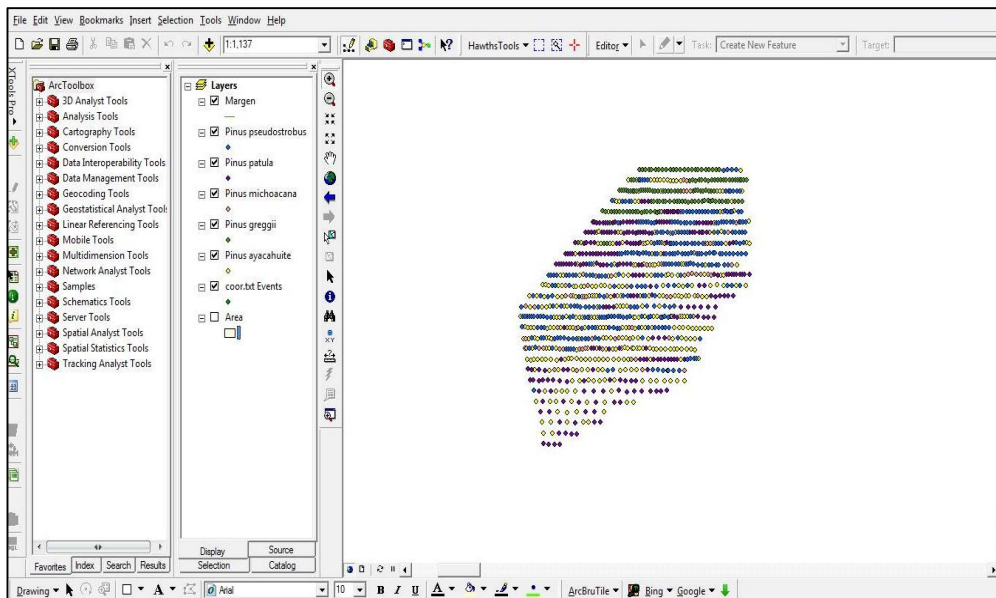
Anexo 3. Distribución de los individuos en la plantación mixta.



Anexo 4. Polígonos de la plantación 1 en Pucuat.

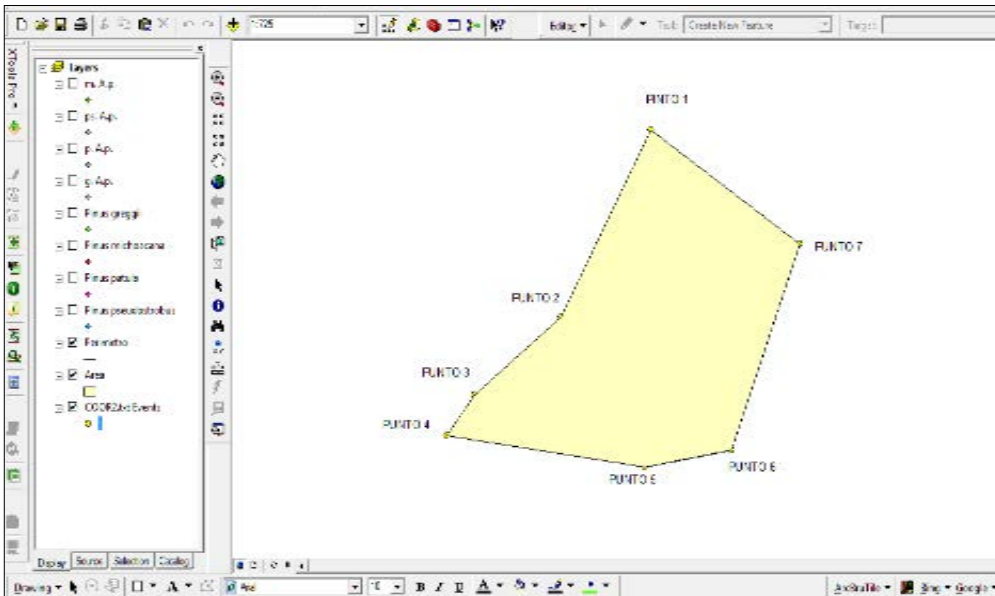


a) Polígono

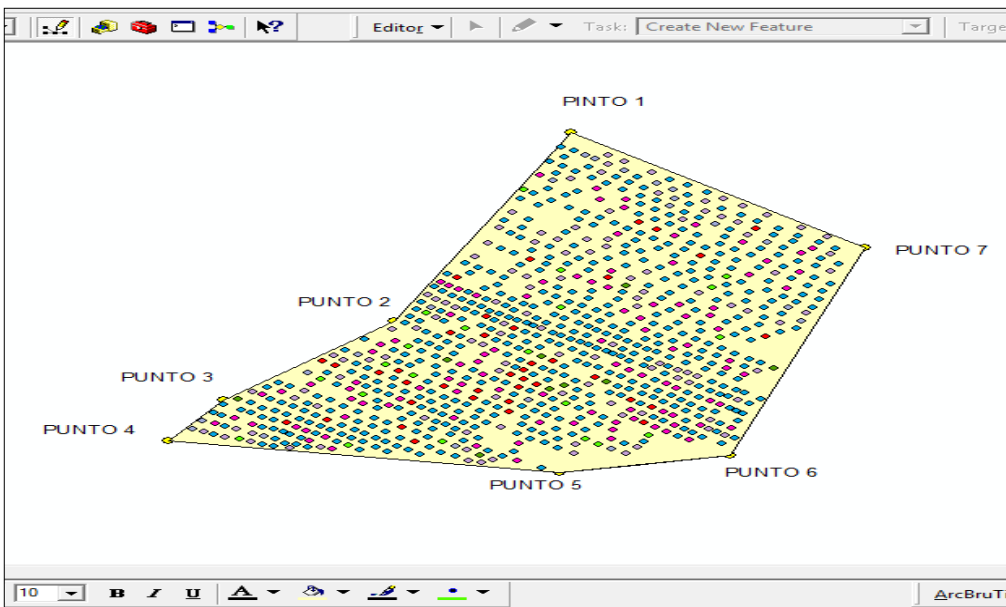


b) Puntos (especies) dentro del polígono

Anexo 5. Polígonos de la plantación 2 en Pucuto.

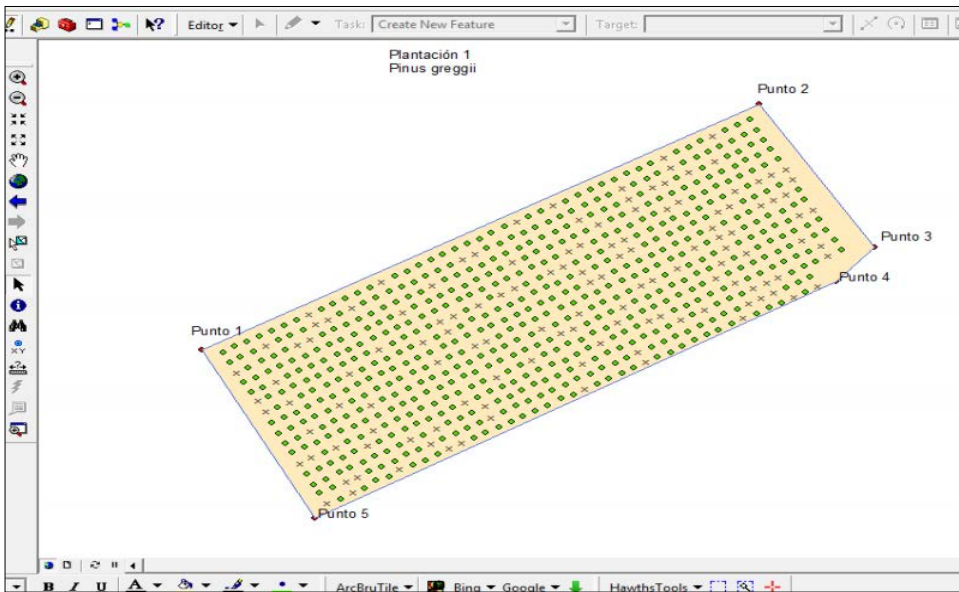
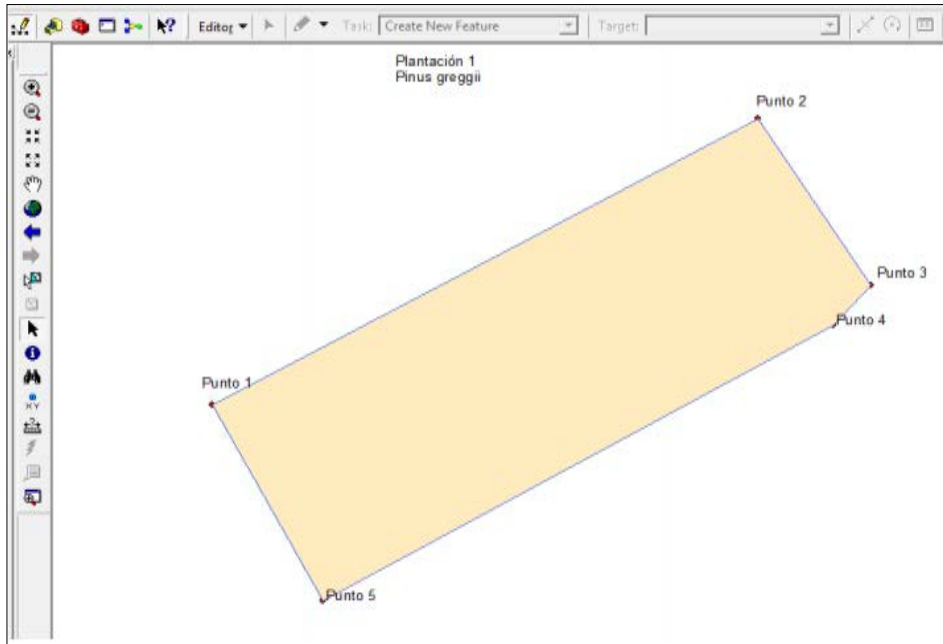


a) Polígono



b) Puntos (especies) dentro del polígono

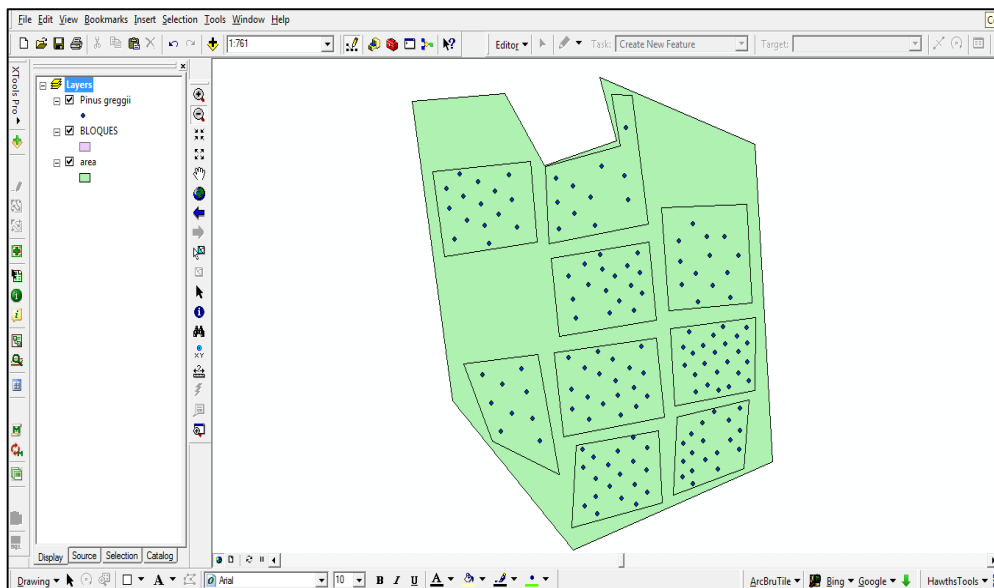
Anexo 6. Polígonos de la plantación 1 en el CDT-FIRA.



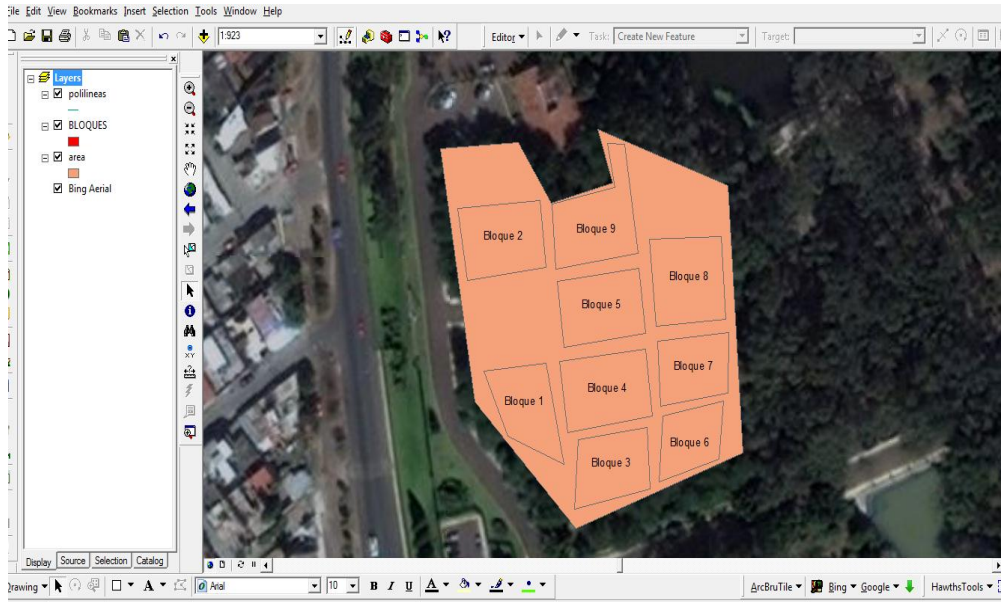
a) Polígono

b) Puntos (especies) dentro del polígono

Anexo 7. Polígonos de la plantación 2 en el CDT-FIRA.



a) Polígono con sus respectivos bloques



b) N
umeraci

ón de bloques dentro del polígono

Anexo 8. Estado actual de la plantación mixta aleatoria 1.



a) Pasillos invadidos por ramas



b) I

ntroducción de nuevos individuos en la plantación mixta 1

Anexo 9. Estado actual de las plantación mixta aleatoria 2.



a) Maleza excesiva entre los individuos



b) Renuevo de individuos entre los pasillos de la plantación

Anexo 10. Estado actual de la plantación homogénea 1.



a) Pasillos limpios entre líneas



b) Ramas entre cruzadas entre los individuos



Anexo 11. Estado actual de las plantación homogénea 2.

a) Plantación con el método tres bolillo

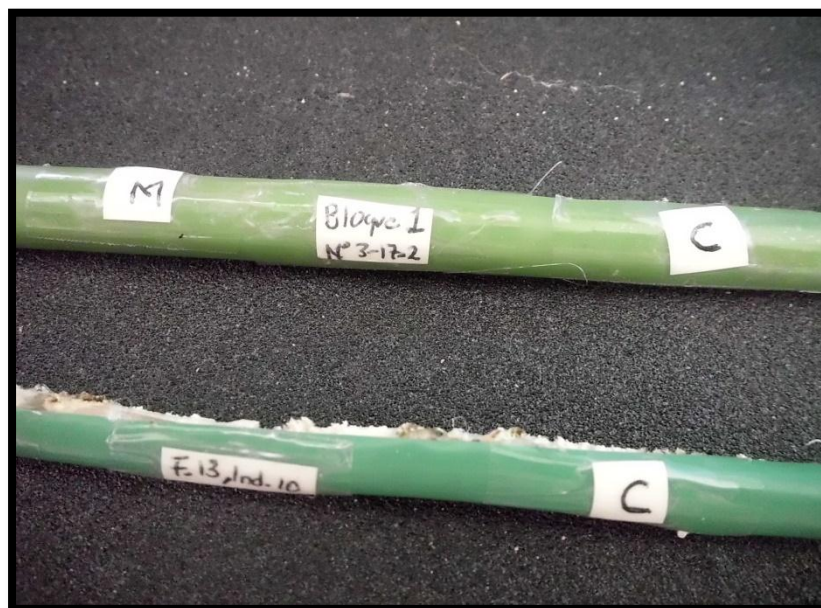


b) Plantación con raleo

Anexo 12. Muestras de *Pinus greggii* de las plantaciones homogéneas 1 y 2.



a) Secado y ligado en las muestras



b) Etiquetado de las muestras

Anexo 13. Muestras de *Pinus* spp. de plantaciones mixtas 1 y 2.



a) Secado de las muestras de *Pinus spp.* de las plantaciones en Pucato



b) Etiquetado de las muestras

Anexo 14. Datos de ICA, IMA y T.P en la plantación homogénea 1.

muestra 1 (F. 6, Ind.12)		muestra 2 (F.5, Ind.5)		muestra 3 (F. 13, Ind.10)	
longitud de la muestra s/c: 9.9cm		longitud de la muestra s/c: 9.1cm		longitud de la muestra s/c : 10 cm	
# de anillos: 9		# de anillos: 11		# de anillos: 11	
Medidas de c/u de los anillos		Medidas de c/u de los anillos		Medidas de c/u de los anillos	
Muestra 1 (mm)		Muestra 2 (mm)		Muestra 3 (mm)	
1	2	1	0.4	1	2
2	1	2	1	2	0.5
3	1.5	3	0.8	3	1
4	1	4	1	4	0.5
5	1	5	0.8	5	2.5
6	1	6	1	6	0.5
7	2	7	1.6	7	1
8	2	8	1	8	0.5
9	2	9	1	9	1.5
		10	1	10	1
		11	1.8	11	1

Anexo 15. Datos de ICA, IMA y T.P en la plantación homogénea 2.

Plantación 2					
muestra 1 (Bloque 1, n° 3-17-2)		muestra 2 (Bloque 4, n° 6-128-2)		muestra 3 (Bloque 9, n° 2-123-3)	
longitud de la muestra s/c: 12.3 cm		longitud de la muestra s/c: 11.8 cm		longitud de la muestra s/c : 12.7 cm	
# de anillos: 21	24	# de anillos: 22	19	# de anillos: 26	20
Medidas de c/u de los anillos		Medidas de c/u de los anillos		Medidas de c/u de los anillos	
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3
1	0.4	1	1	1	3
2	1	2	0.7	2	1
3	0.4	3	1	3	0.4
4	1	4	0.6	4	0.5
5	0.5	5	1	5	1
6	0.8	6	0.5	6	0.5
7	0.5	7	1	7	1
8	1	8	3	8	0.5
9	0.9	9	1	9	2
10	0.5	10	1.1	10	0.5
11	1.2	11	1.1	11	3
12	1.7	12	1	12	0.5
13	2	13	2	13	2
14	1.1	14	1	14	0.5
15	0.5	15	1.9	15	3
16	1	16	1	16	1
17	1.5	17	0.6	17	0.6
18	0.5	18	1	18	0.8
19	1.9	19	0.9	19	0.4
20	0.4			20	1.3
21	0.5				

Anexo 16. Datos de ICA, IMA y T.P en la plantación mixta aleatoria 1.

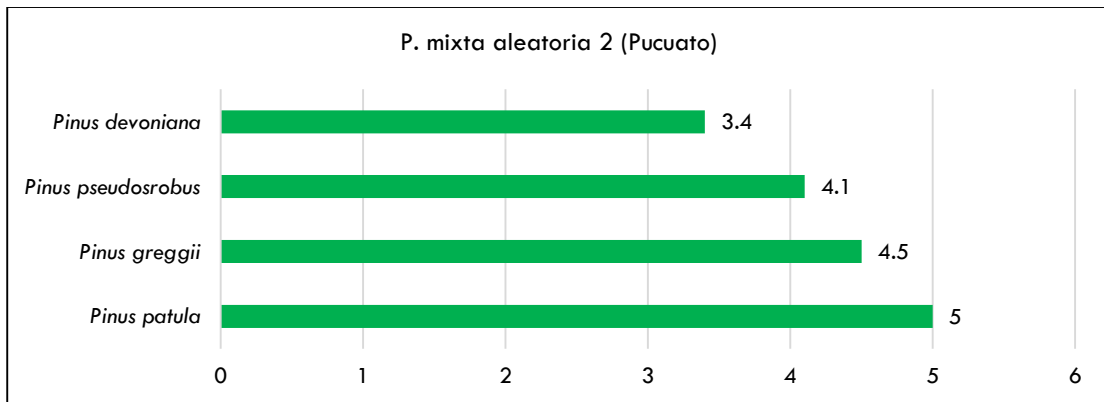
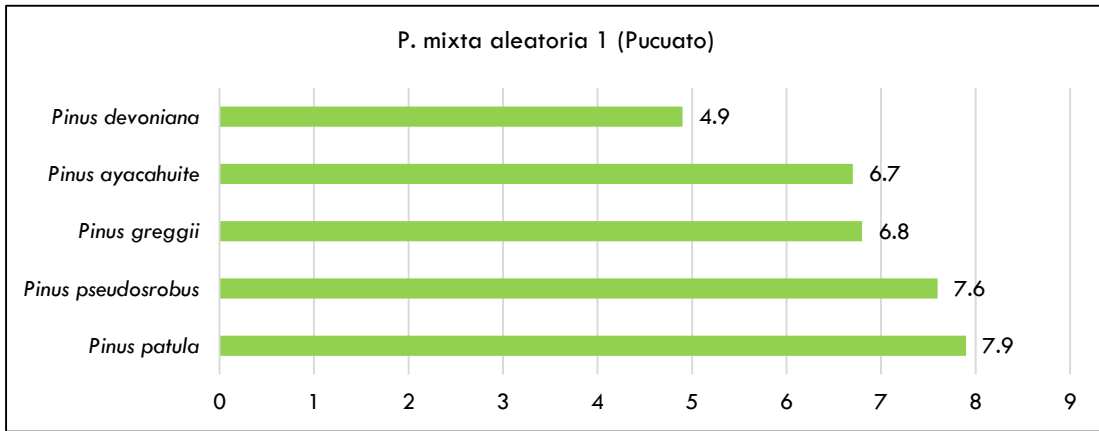
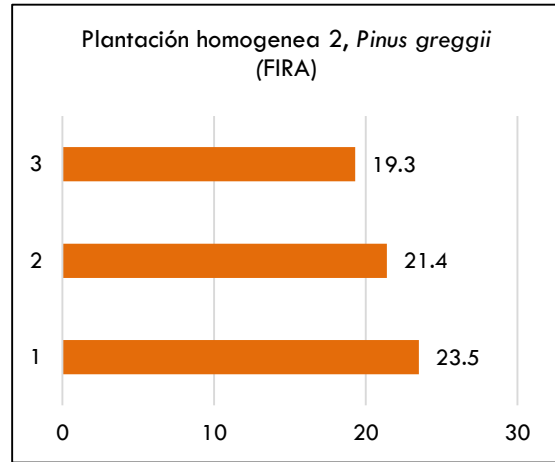
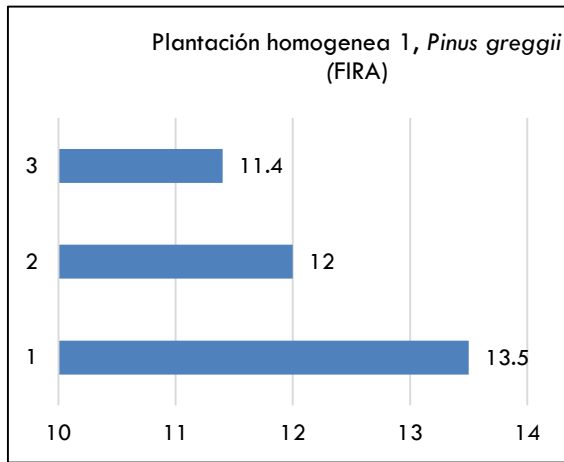
Plantación Mixta Aleatoria 1				
<i>Pinus greggii</i>		Muestra 1- P.	Muestra 2- A.	Muestra 3- G.
muestra	Anillos	(cm)	(cm)	(cm)
F.6- 23	10	0.3	0.2	0.5
F.5- 7	9	0.4	0.3	1
F.4- 12	10	1	0.9	0.9
		1	0.9	0.5
		0.6	0.8	1
		0.3	0.5	1
		0.4	0.7	1
		0.3	0.2	0.5
		2	0.2	1
			1	1
<i>Pinus ayacahuite</i>		Muestra 1- Ps.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- Ps.
muestra	Anillos	(cm)	(cm)	(cm)
F.13-36	6	1.5	1	0.6
F.16-47	9	0.8	0.2	1.3
F.17-45	10	0.7	1	1.2
		0.9	0.4	0.8
		0.6	2	1
		0.2	1	0.9
			1	1
			0.4	0.8
			0.2	0.4
				0.3
<i>Pinus pseudostrobus</i>		Muestra 1- A.	Muestra 2- D.	Muestra 3- P.
muestra	Anillos	(cm)	(cm)	(cm)
F.11- 38	10	1	1	1
F.12- 47	8	0.8	1	1
F.10- 38	10	0.5	1	0.5
		0.5	1	1
		0.5	0.8	0.6
		0.5	0.8	0.5
		0.6	1	1
		2	0.5	0.5
		0.8		1
		0.3		1

<i>Pinus patula</i>		Muestra 1- A.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- Ps.
muestra	Anillos	(cm)	(cm)	(cm)
F.14- 9	9	0.7	0.3	0.4
F.7- 24	10	0.8	0.5	0.3
F.9- 36	10	0.5	1	0.6
		0.8	0.6	1
		1	1	1
		0.5	0.6	0.7
		1.2	0.7	1
		1.2	0.9	1.2
		1	1	1.1
			0.8	1.2
<i>Pinus devoniana</i>		Muestra 1- P.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- A.
muestra	Anillos	(cm)	(cm)	(cm)
F.8- 31	9	0.3	0.4	0.2
F.19- 28	8	0.7	0.8	0.4
F.21-5	9	0.9	0.7	1.1
		0.8	0.5	1.1
		0.6	0.6	0.4
		0.4	0.7	0.4
		0.3	0.7	0.6
		0.4	0.3	0.9
		0.2		0.3

<i>Pinus greggii</i>	1	2	3
muestra	Muestra 1- Ps.	Muestra 2- G.	Muestra 3- Ps.
F.38- 18	0.1	0.2	0.7
F.13- 8	0.4	0.6	1.3
F.20-12	0.8	1.3	1.4
	0.4	1	1.2
	0.4	0.9	0.9
	1		0.8
<i>Pinus devoniana</i>	1	2	3
muestra	Muestra 1- Ps.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- P.
F.41- 20	0.5	0.8	0.2
F.16- 6	0.7	0.6	0.7
F.19- 21	0.7	0.8	0.5
	0.8	1	0.8
	0.5	0.6	0.3
			0.7
<i>Pinus pseudostrabus</i>	1	2	3
muestra	Muestra 1- Ps.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- P.
F.27- 24	0.5	0.4	0.4
F.9- 5	0.6	0.5	0.8
F.23- 10	1.1	0.9	0.3
	0.9	1.2	0.7
	0.3	0.6	0.5
	0.7	0.5	0.9
			0.6
<i>Pinus patula</i>	1	2	3
muestra	Muestra 1- Ps.	Muestra 2- Ps.	Muestra 3- Ps.
F.13- 13	0.7	0.8	1.3
F.25- 19	1.2	0.9	0.5
F.15-9	0.9	0.5	0.8
	0.5	0.6	0.3
	0.8	0.4	0.2
	0.3	0.3	0.6
	0.2	1	0.2
	0.7		1.2

Anexo 17. Datos de ICA, IMA y T.P en la plantación mixta aleatoria 2.

Anexo 18. Longitud de cada una de las muestras por especies y por plantación.



Anexo 19. Información general de plagas en las plantaciones mixtas aleatorias 1 y 2.


Imagen	Taxonomía	Descripción general
	<p>Nombre común: Tuza</p> <p>Reino: Animal</p> <p>Phylum: Cordado</p> <p>Clase: Mamífero</p> <p>Orden: Roedor</p> <p>Familia: Geomyidae</p> <p>Nombre científico: <i>Geomys bursarius</i></p>	<p>Miden de 20-40 cm, piel gruesa, textura sedosa y brillante, orejas pequeñas y cola un poco larga. Presenta mandíbulas con dos grandes incisivos frontales. Habitan en túneles con suelos bien drenados con plantas de raíz de tubérculo (bulbos), y vive de 6-7 años dependiendo de la clase que se trate.</p>



Imagen	Taxonomía	Descripción general
	<p>Nombre común: Escoba de bruja</p> <p>Clase: Mollicutes</p> <p>Orden: Acholeplasmatales</p> <p>Familia: Acholeplasmataceae</p> <p>Nombre científico: <i>Candidatus Phytoplasma pini</i></p>	<p>Parásito de las plantas cuya supervivencia es posible en el interior de las plantas huéspedes. Disminuye el tamaño de brotes y acículas en pinos, provoca proliferación de brotes laterales.</p>

Imagen	Taxonomía	Descripción general
	<p><i>Dendroctonus valens</i>.</p> <p>Coleoptera: Scolytidae</p> <p>Nombre Común: Dendroctonus</p> <p>Gorgojo Descortezador del Pino</p>	<p>Cuerpo de color oscuro, casi negro. Tamaño variable desde 2.2 hasta 7 mm de longitud, ataca en la base del fuste de árboles infestados previamente por un primario, a los 30 cm de la base del fuste, presenta grumos de resina ligeramente rosa.</p>

Anexo 20. Información general de plagas en las plantaciones homogéneas 1 y 2.

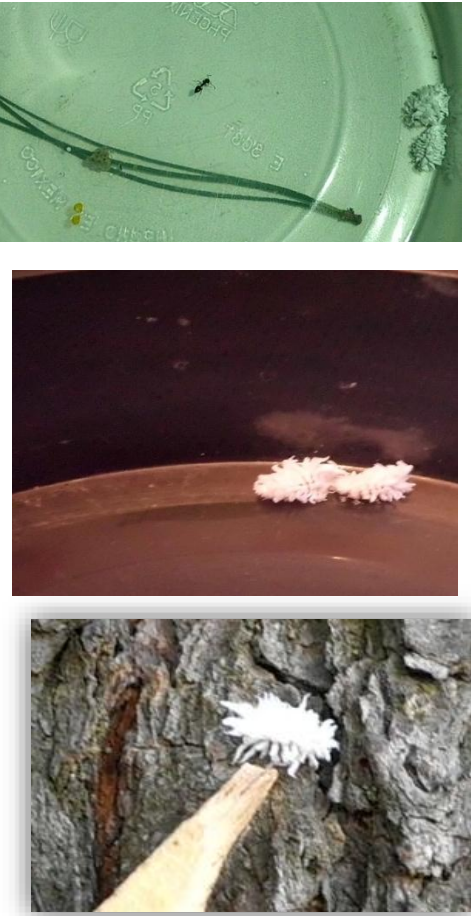

Imagen	Taxonomía	Descripción general
	<p>Género: <i>Toumeyella</i> Familia: Coccidae Orden: Hemiptera Clase: Hexapoda (incluyendo Insecta). Nombre científico: <i>parvicornis Toumeyella</i> Sinónimos: <i>Toumeyella numismaticum</i> Nombres comunes: cochinilla-tortuga de pino.</p>	<p>La infestación provoca una reducción en el vigor de los árboles y restringe la producción de semillas. También es causa de muerte regresiva y, a menudo conduce a la mortalidad de los árboles de pino.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secreta una miel azucarada que fomenta el crecimiento de un moho negro. <p>La mariquita es un depredador y puede ayudar a controlar las infestaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La hormiga come la miel del moho negro.

Imagen	Taxonomía	Descripción general
--------	-----------	---------------------

	<p>Dendroctonus valens. Coleoptera: Scolytidae Nombre Común: Dendroctonus Gorgojo Descortezador del Pino</p>	<p>Cuerpo de color oscuro, casi negro. Tamaño variable desde 2.2 hasta 7 mm de longitud, ataca en la base del fuste de árboles infestados previamente por un primario, a los 30 cm de la base del fuste, presenta grumos de resina ligeramente rosa.</p>
---	--	--

GLOSARIO

Andosol: Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad, en condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva y su uso más favorable para su conservación es el forestal.

Altura de fuste limpio: Distancia vertical entre el nivel del suelo y la porción donde se inicia la copa del árbol.

Coefficiente mórfo: es un indicador numérico de la forma de los fustes (C.M), y tratándose de fustes éste es menor que la unidad.

Crecimiento: es el aumento de la masa forestal en el tiempo ya sea individual o por varios individuos en características como el Diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal (AB), Altura y volumen.

Diámetro del tocón: es la medida que se toma desde la base hasta 0.30m., del fuste.

Diámetro a 1.30: es la medida que se toma desde la base hasta la altura de 1.30m., del fuste.

Diámetro comercial: es la medida que se toma a las primeras ramas del árbol o hasta donde termine la madera comercial.

Diseño completamente al azar: Es aquel en el que las unidades se asignan de manera aleatoria a los tratamientos y las corridas del proceso se hacen en orden aleatorio.

Evaluación: Es la medición y cálculo del crecimiento y el cambio en árboles y bosques para el análisis de los mismos, para determinar su estado actual y el potencial del arbolado y demás recursos presentes.

Fuste limpio: Longitud del fuste entre el nivel del suelo y la porción donde se inicia la copa.

ICAR: (Incremento Corriente Anual Radial), es el crecimiento que logra un árbol en el curso de un año.

IMAR: (Incremento Medio Anual Radial), es el promedio anual para una determinada edad.

Incremento: Incremento es el crecimiento del árbol o de un rodal forestal en un determinado periodo, puede ser expresado en días, meses, años o décadas.

Manejo forestal: Conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto el cultivo, protección, conservación, restauración, y aprovechamiento de los recursos naturales.

Medición: Determinación del valor de una característica o variable. Así, la medición puede ser cuantitativa o cualitativa. En todo caso, la medición deberá hacerse de tal manera que se eviten sesgos inducidos por quien hace la medición o por el instrumento que se emplea para hacerla.

Plantaciones Forestales Comerciales: Es el establecimiento y manejo de especies forestales en terrenos de uso agropecuario o terrenos que han perdido su vegetación forestal natural, con el objeto de producir materias primas maderables y no maderables, para su industrialización y/o comercialización.

Plantaciones homogéneas: Son masas forestales coetáneas comúnmente compuestas por una sola especie.

Plantaciones mixtas: Es la mezcla de especies que en comparación con las plantaciones puras, promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque.

Prácticas silvícolas: Son todas aquellas prácticas encaminadas al mejoramiento de los bosques, desde su etapa juvenil hasta la etapa de aprovechamiento.

Pélico: Del griego pellos: gnsaceo. Subunidad exclusiva de los Vertisoles, indican un color negro o gris oscuro.

Sostenible: Se llama sostenible a la actividad que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones..

Sustentable: Consiste en mantener un equilibrio entre la necesidad del ser humano y la conservación de los recursos naturales y que sustentarán la vida de la futura generación.

Taladro de Pressler: instrumento que sirve para extraer muestras cilíndricas de la madera en forma de tarugos que permite el conteo del número de anillos en árboles en pie.

Tiempo de paso: Indica el número de años que requiere un árbol para obtener un incremento de 5 cm., de diámetro normal, esto es, pasar de una categoría diámetrica a otra.

Volumen: Es igual al producto de la suma de las áreas de las secciones extremas de la troza por su longitud y se representa en m^3 .

Vertisol: suelo que se revuelve o que se voltea. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa, su color común es negro o gris oscuro