



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Por un desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

Trabajo de Graduación

Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Pinus oocarpa* Schiede y su desarrollo inicial en plantación

Autores:

Br. Jiltza Tinoco López
Br. Osmany Ramírez Ramírez

Asesores:

Ing. M.Sc. Lucía Romero
Ing. M.Sc. Alberto Sediles

Managua, Nicaragua
Agosto, 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Por un desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

Trabajo de graduación

Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Pinus oocarpa* Schiede y su desarrollo inicial en campo

Autores:

Br. Jiltza Tinoco López
Br. Osmany Ramírez Ramírez

Asesores:

Ing. M.Sc. Lucía Romero
Ing. M.Sc. Alberto Sediles

**Presentado al honorable tribunal examinador como
requisito para Optar al grado de Ingeniero Forestal**

Managua, Nicaragua
Agosto, 2014

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación y descripción del área de estudio	4
3.2 Proceso metodológico	5
3.2.1 Etapa de evaluación de plantas obtenidas en vivero	5
3.2.2 Cálculo de índices	6
3.2.2.1 Relación parte aérea y parte radical	6
3.2.2.2 Índice de robustez	6
3.2.2.3 Índice de calidad de Dickson (ICD)	7
3.2.2.4 Índice de lignificación	7
3.2.3 Etapa de evaluación inicial en la plantación	8
3.2.4 Análisis de los datos	10
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Resultados de etapa de vivero	11
4.1.1 Crecimiento en altura por tratamiento	11
4.1.2 Crecimiento en diámetro por tratamiento	12
4.1.3 Estado sanitario de las plantas	13
4.1.4 Relación parte aérea y parte radical (RAR) por tratamiento	13
4.1.5 Índice de robustez por tratamiento	15
4.1.6 Índice de calidad de Dickson por tratamiento	15
4.1.7 Índice de lignificación	16
4.2 Resultados en etapa de plantación	16
4.2.1 Supervivencia en la fase de evaluación inicial en la plantación	16
4.2.2 Análisis incremento diamétrico de <i>Pinus oocarpa</i> en la etapa inicial de plantación	18
4.2.3 Análisis del incremento en altura de <i>Pinus oocarpa</i> en la etapa inicial de plantación	19
4.2.4 Condición fitosanitaria de planta	20
4.3 Relación de la calidad de plantas producidas en vivero y su comportamiento en la plantación	21
V. CONCLUSIONES	24
VI. RECOMENDACIONES	24
VII. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXOS	

DEDICATORIA

A **DIOS** por iluminarme en mi camino, por brindarme sabiduría, inteligencia, fortaleza y paciencia.

A mis padres Edgar Tinoco y Lucy López por ser mi ejemplo de vida, por su amor, confianza, motivación y apoyo siempre incondicional; Por sus esfuerzos y sacrificio para ayudarme a salir adelante.

Jiltza Tinoco López

A **DIOS** por ser mi mejor amigo, mi Fortaleza y por todo el amor con el que me rodea.

A mis padres Luis Alberto Ramirez Pao, María Concepción Ramirez Rivera. Con amor y cariño por el esfuerzo y confianza que depositaron en mí para que tuviera la oportunidad de formarme profesionalmente. Porque sin ellos no estaría aquí.

Osmany Ramírez Ramírez

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** por guiar nuestros pasos en nuestra carrera profesional y darnos la oportunidad de culminar esta etapa tan importante de nuestra vida.

A nuestra profesora Ing. Lucía Romero e Ing. Alberto Sediles, por su incondicional y constante apoyo y por compartir sus experiencias y conocimientos profesionales.

Al Ing. Alcides Centeno, propietario de la finca forestal San Nicolás, Por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de tesis.

A todos los docentes por compartir en el aula sus excelentes conocimientos y experiencias profesionales, y por el apoyo brindado para realizar este trabajo.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción de los tratamientos utilizados	5
2. Clasificación de una plantación forestal en relación al porcentaje de sobrevivencia (Centeno, 1993)	9
3. Biomasa planta de <i>Pinus oocarpa</i> por niveles de fertilización y su relación parte aérea y parte radical	13
4. Sobrevivencia en la etapa de evaluación inicial en la plantación de <i>Pinus oocarpa</i> a los cuatro meses de plantada.	16
5. condición de plantas por tratamiento	20
6. Análisis de estadístico de la condición de planta por tratamiento	20
7. Síntesis de la información numérica para todas las variables evaluadas por tratamiento y por fase de evaluación	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación de la finca San Nicolás en el departamento de Nueva Segovia	4
2. Crecimiento en altura alcanzada en vivero por cada tratamiento en plantas de <i>Pinus oocarpa</i>	10
3. Crecimiento en diámetro basal alcanzado en vivero por cada tratamiento en plantas de <i>Pinus oocarpa</i>	11
4. Diámetro por tratamiento en <i>Pinus oocarpa</i> a los dos, tres, y cuatro meses después de plantada, finca San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia	17
5. Valores del incremento medio mensual en diámetro (mm) de <i>Pinus oocarpa</i> según tratamiento	17
6. Altura por tratamiento en <i>Pinus oocarpa</i> a los uno, dos, tres y cuatro meses después de plantada, finca San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia	18
7. Valores de incremento medio mensual de <i>Pinus oocarpa</i> bajo diferentes niveles de fertilización	18

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo	22
2. Valores medios de altura, diámetro de cuello e indicadores de calidad, por tratamiento, en plantas de <i>Pinus oocarpa</i> a los cuatro meses de edad, producidas en el vivero de finca forestal San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia.	23
3. Valores medios de altura, diámetro de cuello e incrementos, por tratamiento, en plantas de <i>Pinus oocarpa</i> a los cuatro meses de establecida la plantación en finca forestal San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia.	24

RESUMEN

En la finca San Nicolás ubicada en el municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia, Nicaragua, se realizó el estudio con la plantas de la especie de pino (*Pinus oocarpa*) con el objetivo de analizar el efecto de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de estas plantas y su desarrollo inicial en plantación. Este estudio se desarrolló en dos etapas, la primera en vivero donde se evaluaron tres niveles de fertilización: F0 (sin fertilización), F1 (100 gr. de 18-46-0 en 5 lt de agua (20 cc por planta), a un mes después de la germinación) y F2 (Una segunda fertilización dos meses después de la primera con la misma dosis); las variables evaluadas en esta etapa fueron altura, diámetro y peso de la planta con las cuales se determinaron los índices de calidad de plantas y la segunda etapa, en plantación donde se evaluó su desempeño en los primeros cuatro meses en plantación tomando en cuenta su sobrevivencia, incremento en altura y diámetro y la condición fitosanitaria. Las plantas con mayor fertilización presentaron mayor altura, diámetro y biomasa aérea y radical en vivero que las plantas con una y sin fertilización. La fertilización en vivero influyó en la calidad de las plantas resultando las plantas con doble fertilización con un índice de calidad de Dickson de 1.66, siendo estas las de mejor calidad; el índice de lignificación influyó en la sobrevivencia de las plantas en plantación donde la mejor lignificadas fueron las plantas sin fertilización que presentaron un valor de 31.08%, las cuales en plantación fueron las plantas con mayor porcentaje de sobrevivencia durante el periodo de evaluación con 97.90%, así mismo estas plantas fueron las que mejor estado fitosanitario presentaron. Las plantas que presentaron un incremento más acelerado tanto en diámetro como en altura en la etapa inicial de plantación fueron las plantas que en vivero obtuvieron la menor calidad con valores de incremento periódico mensual en altura y diámetro de 6.81 y 0.94 respectivamente. La fertilización produce plantas más grandes, con mayores contenidos de nutrientes y una mayor capacidad de producción de nuevas raíces, sin embargo su capacidad de resistir estrés a la hora de ser trasladadas a la plantación, disminuye, afectando el comportamiento de esta.

ABSTRACT

In the San Nicolás in the municipality of San Fernando, department of Nueva Segovia, Nicaragua, the study was conducted with plants of the species of pine (*Pinus oocarpa*) in order to analyze the effect of fertilization in the nursery on the quality of these plants and plant development in its initial planting. This study was conducted in two stages, the first in a nursery where three levels of fertilization were evaluated: F0, F1 (18-46-0 100g in 5 liters of water (20 ml per plant), a (without fertilization). one month after germination) and F2 (a second fertilization two months after the first with the same dose); variables were evaluated at this stage height, diameter and weight of the plant with which the quality indices of plants and the second stage, plantation where their performance in the first four months of planting was evaluated were determined taking into account their survival, increase in height and diameter and plant condition. Plants with higher fertilization had greater height, diameter and shoot and root biomass in nursery plants with and without fertilization. Nursery fertilization influenced the quality of the plants resulting plants with double fertilization with Dickson quality index of 1.66, these being the best quality; lignification index influenced the survival of plants in plantation where the best were lignified plants without fertilization showed a value of 31.08%, which were plantation plants with higher percentage of survival during the evaluation period with 97.90% and these plants were the same that had better plant health. The plants showed a faster increase in both diameter and height at the initial stage were planting nursery plants received the lowest quality securities monthly periodical increase in height and diameter of 6.81 and 0.94 respectively. Fertilization produces larger plants with higher nutrient content and a greater ability to produce new roots, but its ability to withstand stress when being transferred to planting, decreases, affecting the behavior of this.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua tiene una importante dotación de recursos forestales, la extensión de bosque que posee se estima en un 25% del territorio nacional, equivalente a unas 3, 254,145 ha, de estas 3, 180,466 ha (98%) corresponden al bosque natural del cual el 12% (374,739 ha) está ocupado por el bosque natural de coníferas (INAFOR,2009), los cuales han sido de mucha importancia para Nicaragua, ya que su actividad económica ha dependido en gran medida de la explotación de este recurso natural, extrayendo madera para la industria nacional o bien para la exportación de la madera de primera transformación. (Styles, 1994).

Los bosques de pino son recursos socioeconómicos y ambientales muy valiosos, ya que brindan insumos a la industria maderera y son importantes fuentes de divisas y empleos. Además, representan un gran potencial para la reforestación, producción de semillas, fuentes energéticas, producción de resina y otros. Albergan mucha biodiversidad, proporcionan bienes y servicios ambientales aun no valorados en toda su magnitud (FAO, 2004).

En Nicaragua se encuentran cuatro especies de pino (*Pinus caribaea*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa* y *P. patula*), de los cuales el *P. caribaea* presentan su mayor distribución en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), otra gran parte se presenta en la zona central norte y mayormente, en el departamento de Nueva Segovia, predominando la especie *Pinus oocarpa* (Schiede ex Schlech.). Generalmente, los rodales existentes son muy irregulares y degradados por la sobre explotación y los fuegos frecuentes (Styles, 1994).

Además de los factores antes mencionados, los bosques de pinos han sido los ecosistemas forestales más afectados por los brotes de plagas del descortezador de pino (*Dendroctonus frontalis*), que ha proliferado y perturbado la salud del ecosistema (MARENA, 2007).

La salud del bosque es un factor clave en la sostenibilidad de los bienes y servicios del bosque y en la industria forestal. Las plagas inciden principalmente cuando el ecosistema forestal ha perdido sus condiciones ecológicas básicas y capacidad de sobreponerse a estos fenómenos debido a la falta de prácticas de protección en el manejo y uso del bosque (MARENA, 2007).

Debido al deterioro ocasionado a estos ecosistemas, ha sido necesario manejar la regeneración natural y en otros casos establecer plantaciones, tanto con fines comerciales como para restaurar el suelo.

El éxito de los programas de reforestación depende principalmente de la calidad de la planta que se produce en los viveros, la cual puede asegurar una mayor probabilidad de supervivencia y desarrollo cuando llegan a establecerse en el lugar definitivo.

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto *et al.*, 2009). Otra definición: es la que reúne las características **morfológicas** y **fisiológicas** necesarias para sobrevivir y crecer en las condiciones ambientales en las que será plantada (Rodríguez, 2008).

Los arbolitos de buena calidad se escogen sanos, frondosos y bien formados, de tamaño apropiado en altura y grosor de tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, cualidades que les permiten su establecimiento y crecimiento vigoroso en el sitio de plantación, asegurando la mayor supervivencia (Rodríguez, 2008).

En este sentido esta investigación tuvo como objeto evaluar el comportamiento de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas en vivero bajo diferentes niveles de fertilización y su influencia en el desarrollo y sobrevivencia de la plantación.

Se evaluaron las plantas de *Pinus oocarpa* Schiede en dos etapas, una primera fue la evaluación de la calidad de las plantas producidas en el vivero, bajo tres tratamientos (niveles de fertilización). Una segunda etapa fue la evaluación en la plantación, donde se dio seguimiento a su desarrollo para determinar si las mejores plantas producidas en el vivero, asumiendo el tratamiento del que provienen, tenían la mayor sobrevivencia y mejores índices de crecimiento en la etapa inicial de la plantación.

Este estudio permitió generar información confiable para orientar la toma de decisiones en cuanto al manejo de las especie *Pinus oocarpa* Schiede tanto en viveros como en la plantación, ya que la información disponible sobre la producción de pino y su comportamiento en estos niveles es escasa.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas en vivero bajo diferentes niveles de fertilización y la influencia de estos en su sobrevivencia y crecimiento inicial en plantación

2.2 Objetivos específicos

1. Estimar el crecimiento en vivero de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas bajo diferentes niveles de fertilización.
2. Determinar la calidad de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas bajo diferentes niveles de fertilización, a través del cálculo de índices cualitativos.
3. Valorar la sobrevivencia inicial en plantación de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas en vivero bajo diferentes niveles de fertilización.
4. Evaluar el crecimiento y la condición fitosanitaria en el establecimiento inicial de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede, producidas en vivero bajo diferentes niveles de fertilización.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y descripción del área de estudio

El ensayo experimental fue establecido en la finca San Nicolás, municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia a 267 kilómetros de Managua (figura 1).

El clima de San Fernando es de sabana tropical, con temperatura promedio entre 23° y 24°C, precipitación pluvial media anual de 1,347 mm (MECD, 2005).

La finca San Nicolás se localiza a 5 kilómetros de la comarca Santa Clara, entre los 13°45'40'' y 13°46'36'' latitud norte y los 85°13'55'' y 86°15'60'' longitud oeste, a una altura de 670 msnm. El área total es de 188.86 ha, de las cuales, 42.1 ha están sujetas a plan de manejo, divididas en 37.13 bajo plan de manejo, 0.25 otras áreas, 4.54 de protección, 0.19 ha de latifoliadas (Vílchez y Lazo, 2007, citados por Ballespi, 2008).

Esta finca cuenta con un vivero forestal, su manejo y comercialización, manejo de regeneración natural y plantaciones forestales, así como obras de conservación de suelo y la protección de las cuencas hidrográficas (Vílchez y Lazo, 2007, citados por Ballespi, 2008).

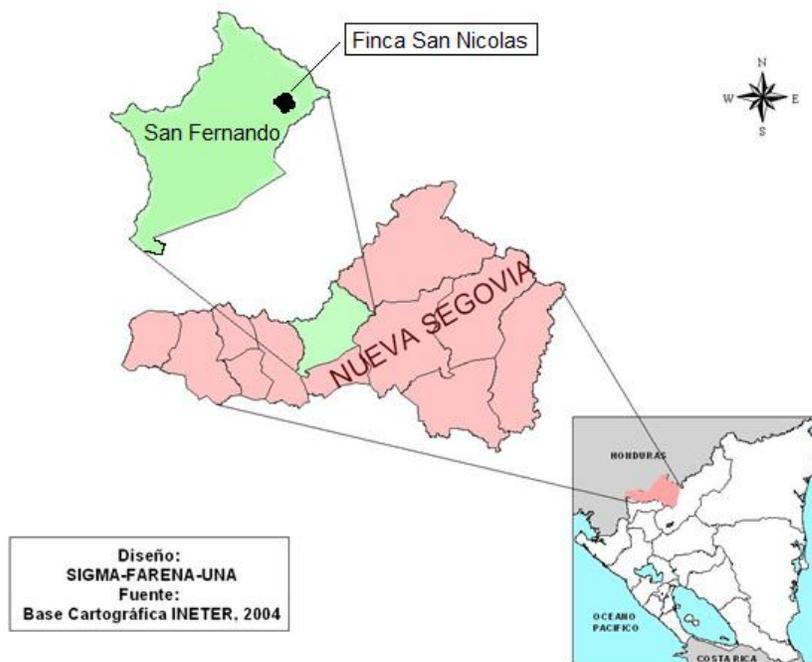


Figura 1. Ubicación de la finca San Nicolás en el departamento de Nueva Segovia. (Fuente: INETER, 2004).

3.2 Proceso metodológico

El estudio se llevó a cabo en dos etapas.

3.2.1 Etapa de evaluación de plantas obtenidas del vivero

Una primera etapa fue la evaluación de la calidad de plantas de *Pinus oocarpa* producidas en el vivero de la finca San Nicolás, bajo tres tratamientos (niveles de fertilización) (cuadro 1). Las plantas se obtuvieron de una siembra realizada el día 25 de marzo del 2013, cuya germinación ocurrió 15 días después.

En esta etapa de vivero se establecieron tres parcelas en las cuales a cada una se le aplicó el tratamiento de la cuadro 1. Donde las plantas de la parcela uno no se le aplicó fertilizante la cual se utilizó como testigo, la parcela dos se le aplicó fertilizante a inicio del mes de mayo/2013 y la parcela tres se le aplicó fertilizante en el mes de mayo/2013 y una segunda aplicación de la misma dosis en el mes de julio/2013 es decir dos meses después de la primera fertilización

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados

Tratamiento	Descripción
F0	Sin fertilización
F1	Una fertilización (100 gr. de 18-46-0 en 5 lt de agua) (20 cc por planta), un mes después de la germinación
F2	Una segunda fertilización dos meses después de la primera con la misma dosis

En esta etapa de evaluación, al final de la etapa de vivero, a finales del mes de julio es decir cuatro meses después de la siembra, se seleccionaron 20 plantas por tratamiento, a las cuales, por medio de método destructivo el cual consiste en separar la parte aérea de la parte radical de las plantas, se procedió a medirles las siguientes variables:

a) *Altura (cm)*

Utilizando una regla graduada en centímetros, esta variable se midió desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de las plantas. Esta medición se realizó en todas las plantas seleccionadas, con lo cual se determinó la media de la altura por tratamiento.

b) *Diámetro del cuello de la raíz (mm)*

Esta es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de las plantas en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación (Prieto, 2004).

Prieto *et al.*, (2009), señalan que las plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por fauna nociva y plantas con diámetros más pequeños no son capaces de sostener tallos elongados haciéndolos más vulnerables a sufrir daño.

En las mismas plantas seleccionadas, por medio de un vernier, se midió esta variable exactamente en el punto de unión entre la raíz y el tallo.

- c) ***Peso de la planta (g)*** (peso húmedo y seco de la parte aérea y radicular de las planta al final del experimento)

El peso (biomasa aérea y radical) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en la plantación, con la misma consistencia que el diámetro basal. El diámetro también está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. Asimismo, el peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la parte aérea con el peso seco del sistema radical (Prieto *et al.*, 2009).

Para estimar esta variable, se separaron las partes aérea y radical con unas tijeras de podar y se determinó inicialmente su peso fresco por medio de una báscula digital calibrada en gramo, Posteriormente, cada parte de la planta se colocó en un horno de secado, durante 72 horas a 70° C y finalmente se determinó su peso seco, por medio de una balanza analítica.

- d) ***Otras variables observadas al momento de la evaluación final***

- Estado sanitario de la planta, tomando en cuenta cuatro niveles de coloración del follaje: natural, clorosis inicial, clorosis avanzada, marchitamiento.
- Tipo de tallo, observando su forma y si estaba recto o curvado

3.2.2 Cálculo de índices

3.2.2.1 Relación parte aérea y parte radical (RAR)

El RAR es el cociente entre el peso seco aéreo (g) y el peso seco radical (g).

$$RAR = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}$$

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero (Rodríguez, 2008); el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985, citado por Sáenz, R. *et al.*, 2010).

3.2.2.2 Índice de robustez

Este índice refleja la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis. Es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequías y heladas (Rodríguez, 2008).

Se estima a partir del cociente de la altura (cm) entre el diámetro del cuello de la raíz (mm):

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

3.2.2.3 Índice de calidad de Dickson (ICD)

Ya que ninguna de las características anteriores podrían por sí solas describir la calidad de planta, Dickson *et al.*, (1960), citados por Rodríguez, (2008), proponen una fórmula basada en otros índices que permiten obtener un índice de calidad específico para cada situación, que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y predecir su comportamiento en campo, siendo que mientras mayor sea el índice obtenido por una planta o muestra de ellas, se le considera de mayor calidad, con respecto a otras.

El Índice de calidad de Dickson se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\left(\frac{\text{Altura cm}}{\text{(Diámetro cuello de la raíz mm)}}\right) + \left(\frac{\text{Peso seco parte aerea g}}{\text{(Peso seco raiz g)}}\right)}$$

Estudios realizados con diferentes especies de coníferas, como *P. halepensis*, indican que se obtuvieron valores de ICD entre 0.3 y 0.5 de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización Oliet, (1995), citado por Saenz, R. *et al.*, 2010, asumiendo que el valor de 0.5 corresponde a plantas de mejor calidad.

En un estudio realizado por Saenz, R. *et al.*, (2010), de calidad de plantas en viveros forestales, se calificó al índice de calidad de Dickson de acuerdo a rangos específicos que van de 0.2 a 0.5 en el que se incluyeron categorías de calidad donde valores menores a 0.2 eran considerados de calidad baja, entre 0.2 y 0.5 de calidad media y mayores de 0.5 de calidad alta.

3.2.2.4 Índice de lignificación

La disminución del suministro de agua induce el estrés hídrico, lo cual contribuye a reducir el crecimiento en altura, promover la aparición de la yema apical e inicia mecanismos de resistencia a sequías y bajas temperaturas.

El índice de lignificación consiste en determinar el porcentaje de peso seco, con relación al contenido de agua en las plantas, lo cual expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas donde los valores óptimos de lignina presentes en las coníferas están entre 25 y 30% (Prieto *et al.*, 2009).

El índice de lignificación (IL) relaciona el peso seco total entre el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación. Se calculó con la fórmula:

$$IL = \left(\frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Peso húmedo total (g)}} \right) * 100$$

3.2.3 Etapa de evaluación inicial en la plantación

Las plantas producidas en vivero fueron trasladadas a la plantación, a las cuales se dio seguimiento a su desarrollo para determinar si las mejores plantas producidas en el vivero, asumiendo el tratamiento del que provienen, tuvieron la mayor sobrevivencia y mejores índices de crecimiento, en la etapa inicial de la plantación.

Para realizar la plantación se seleccionaron 200 plantas por cada tratamiento (F0, F1 y F2) y se establecieron en parcelas/tratamientos de **38** m de largo por **18** m de ancho (**684 m²**) dando un área total del ensayo de 2052 m². Entre planta y planta hubo un distanciamiento de 2 x 2 m. y entre las parcelas/tratamientos se estableció una separación de 5 metros (Anexo 1).

La plantación se realizó el 31 de agosto del 2013 y la evaluación inicial tuvo una duración de cuatro meses, tomando mediciones a 1, 2, 3 y 4 meses de realizada (05 de octubre 2013 – 08 de enero 2014). Del total de plantas en cada parcela/tratamiento se tomaron en cuenta para su evaluación 144, no incluyendo las de los bordes para evitar su efecto.

En esta fase inicial las variables evaluadas fueron:

a) Sobrevivencia

La sobrevivencia se calculó con base en el número de plantas vivas presentes en la plantación al final del período de evaluación (08 de enero del 2014), es decir, a los cuatro meses de realizada, con respecto al número de plantas iniciales. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje de sobrevivencia = $(PI - PF / PI) * 100$ (Adaptado de POSAF/MARENA, 2007)

Dónde:

PI: Número de plantas totales al inicio de la evaluación

PF: Número de plantas al final de la evaluación

La sobrevivencia se valoró a través de conteo uno a uno de las plantas, considerando la clasificación establecida por Centeno (1993), quien determinó los siguientes parámetros para evaluar sobrevivencia en un sistema de plantación forestal (cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de una plantación forestal en relación al porcentaje de sobrevivencia (Centeno, 1993)

Porcentaje de sobrevivencia	Calidad resultado de la plantación
80%-100%	Muy buena
70%-80%	Buena
40%-70%	Regular
Menos de 40%	Mala

b) Altura

La medición de altura se realizó con una cinta métrica de tres metros que se extiende de la base hasta el ápice de cada una de las plantas, las cuales fueron monitoreadas mensualmente por cuatro meses consecutivos, realizándose la primera medición el 05 de octubre del 2013, a un mes de establecida la plantación; considerando todas las plantas seleccionadas vivas durante el período de monitoreo.

Este dato nos permitió determinar el incremento medio mensual en altura de las plantas, el cual está dado por la siguiente formula:

$$Imma : \frac{hf - hi}{t}$$

Dónde: **Imma**: Incremento medio mensual en altura **hf**: altura final **hi**: altura inicial
t: período (4 meses)

c) Diámetro basal

La medición de diámetro basal inició a los dos meses de establecida la plantación, en el mes de noviembre 2013 con una frecuencia mensual finalizando hasta el mes de enero 2014. Este dato se recopiló haciendo uso de un vernier como instrumento de medición, midiendo el diámetro en la base de la planta.

Con este dato se determinó el incremento medio mensual en diámetro de las plantas, el cual está dado por la siguiente formula:

$$Immd : \frac{df - di}{t}$$

Dónde: **Immd**: Incremento medio mensual en diámetro **df**: diámetro final
di: diámetro inicial **t**: período (3 meses)

3.2.4. Analisis de los datos

Los datos de las variables para cada planta medida por cada una de las etapas de estudio, se ingresaron en una tabla de cálculo de EXCEL para disponer de la base de datos original que nos permitió el procesamiento de éstos, el cual se llevó a cabo mediante el uso de los programas estadísticos INFOSTAT,

Se aplicó análisis estadísticos a las variables utilizándose únicamente la media para cada una de las variables evaluadas.

Para el caso de las variables en la etapa de evaluación en vivero se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existía diferencia significativa de los tratamientos sobre las plantas evaluadas, además de comparaciones de medias con la prueba de Tukey.

La información recabada en la plantación permitió conocer el comportamiento del incremento en diámetro, altura y sobrevivencia de la especie en el periodo de estudio. Para el análisis estadístico de las variables de esta etapa se utilizó la misma metodología utilizada en la etapa de vivero.

El ANDEVA se puede utilizar en las situaciones en las que interesa analizar una respuesta cuantitativa, llamada habitualmente variable dependiente, medida bajo ciertas condiciones experimentales identificadas por una o más variables categóricas (por ejemplo tratamiento, sexo), llamadas variables independientes.

El objetivo principal del ANDEVA es contrastar si existen diferencias entre las diferentes medias de los niveles de las variables (factores). Cuando sólo hay dos medias, el ANDEVA es equivalente a la prueba t-Student para el contraste de dos medias.

Muchas veces interesa saber qué medias difieren entre sí después de realizar el ANDEVA y para tal efecto se usó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La importancia de evaluar las características de las plantas en el vivero, es en razón de saber la proporción de las características o índices, puesto que, permite saber la calidad de la planta con las que se cuenta, y en razón a esto, saber el éxito de las plantas después de la plantación, principalmente saber sobre la supervivencia en campo.

Para llegar a los resultados finales, se consideró necesario hacer referencia a los principales resultados obtenidos en el vivero para relacionarlos con los obtenidos en las condiciones de plantación. Esto es importante ya que se trata de determinar si efectivamente las plantas de mejores características en el vivero también fueron las mejores en condiciones del sitio de plantación.

En este capítulo se presentarán los principales resultados obtenidos en el estudio, los cuales en su inicio abordan las variables de crecimiento en altura, diámetro, estado fitosanitario y los índices de calidad determinados para las plantas en vivero.

Para la segunda etapa que se realizó en plantación se evaluó la sobrevivencia de las plantas por tratamiento, al igual que el incremento en altura, diámetro y la condición fitosanitaria.

4.1 Resultados de la etapa de vivero

4.1.1 Crecimiento en altura por tratamiento

Las plantas que obtuvieron mayores alturas, como se puede observar en la figura 2, corresponden al tratamiento F2, con valor promedio 24.94 cm, las plantas que alcanzaron valores intermedios fueron las del tratamiento F1 con 19.51 cm y las plantas con menor altura fueron las del tratamiento F0 con 8.56 cm.

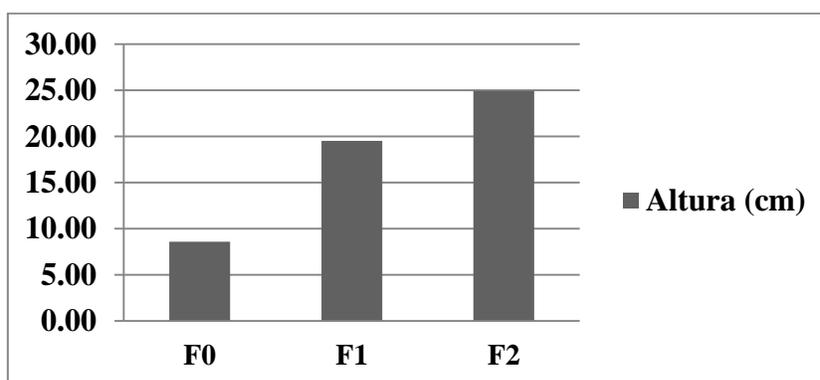


Figura 2. Crecimiento en altura alcanzada en vivero por cada tratamiento en plantas de *Pinus oocarpa*

Según Ruiz *et al.*, (2001) la fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento y aumentar la supervivencia, tanto de la planta en vivero y en plantación una vez establecidas.

La aplicación de fertilizantes tiene por objetivo entregar a las plantas el complemento nutricional necesario para que éstas se desarrollen apropiadamente y logren tasas de crecimiento que satisfagan los requerimientos de los propietarios de las plantaciones. (Toro, 1995).

Según García (1996), citado por Saenz, *et al* (2010), en estudios realizados con *Pinus pseudostrobus* y *P. douglasiana*, los valores óptimos de la altura de una planta ideal para la reforestación son entre 15 y 20 cm.

En este caso las plantas que no alcanzaron el valor propuesto por Saenz, son las del tratamiento F0, siendo estas las plantas no fertilizadas, por lo que se asume que la fertilización nos permite manipular esta variable en vivero ya que las plantas de los tratamientos F1 y F2 alcanzaron los valores óptimos entre 15 y 20 cm.

El ANDEVA realizado indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos considerando la variable altura y de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F2 presentó los mayores valores (Anexo 2).

4.1.2 Crecimiento en diámetro basal por tratamiento

Como puede verse en la figura 3, las plantas del tratamiento F2 alcanzaron los mayores valores en diámetro con 2.52 mm, seguidas por las del tratamiento F1 con un valor promedio de 2.18 mm y las del tratamiento F0 que obtuvieron el menor valor con 1.01 mm.

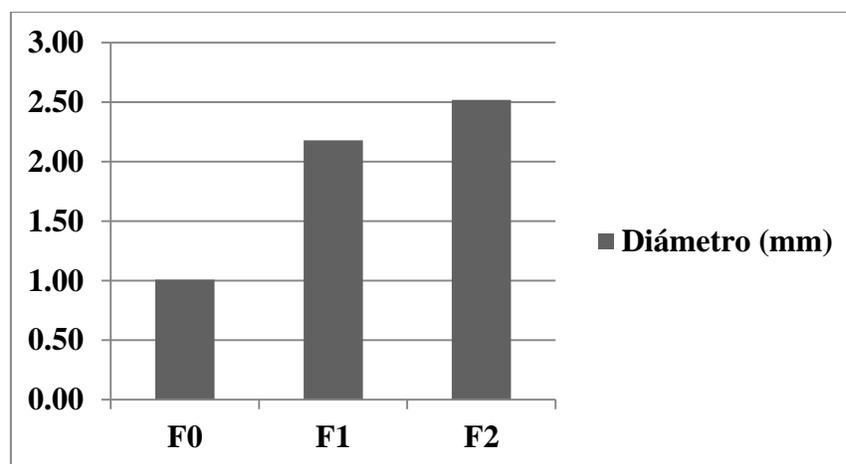


Figura 3. Crecimiento en diámetro basal alcanzado en vivero por cada tratamiento en plantas de *Pinus oocarpa*

Prieto *et al.*, (2009), señalan que las plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por fauna nociva y plantas con diámetros más pequeños no son capaces de sostener tallos elongados haciéndolos más vulnerables a sufrir daños. Los diámetros de las plantas del ensayo no cumplen este nivel, lo que indica que estas plantas podrían estar propensas a doblamiento a causa del viento, una vez que se establezcan en la plantación.

Tal comportamiento puede deberse a las condiciones que se encuentran las plantas en el vivero; al estar agrupadas, el primer efecto que se refleja es la competencia por luz, lo que pudo provocar que las plantas al estar aglomeradas crecieran verticalmente para recibir luz, restringiendo así el crecimiento potencial del diámetro.

El ANDEVA realizado indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para esta variable; de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F0 presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos F1 y F2 siendo estos los que alcanzaron mayores valores (Anexo 2).

4.1.3 Estado sanitario de las plantas

Esta variable se evaluó con el objetivo de determinar si las plantas presentaban evidencia de enfermedades, las plantas evaluadas solo presentaron síntomas de clorosis, lo cual se refiere a los niveles de coloración de las hojas de las plantas.

Las plantas de los tratamientos F1 y F2 obtuvieron un alto porcentaje de plantas sanas, 95 y 94.1% respectivamente, sin embargo en las plantas del tratamiento F0 el porcentaje de plantas sanas es bajo 39.1 %, este fue el tratamiento donde se observó mayor evidencia de clorosis con un 60.9 % en la categoría de clorosis avanzada.

La clorosis es un típico síntoma de deficiencia de nutrientes, específicamente de nitrógeno y potasio, la cual se manifiesta con un amarillamiento en las hojas, esto debido a la disminución de la formación de clorofila en las plantas (FAO, 2006).

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se puede asumir que la fertilización tuvo influencia en el estado sanitario de las plantas, ya que los tratamientos F1 y F2 obtuvieron mejores resultados en cuanto a porcentaje de plantas sanas, siendo estas las plantas fertilizadas, con respecto a las plantas del tratamiento F0 en las cuales no hubo fertilización, asumiendo que el alto porcentaje de plantas con evidencia de clorosis puede deberse a una deficiencia de nutrientes por lo tanto se pretende que la fertilización tuvo influencia en el estado sanitario de las plantas.

El ANDEVA indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para esta variable; de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F0 presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos F1 y F2 siendo estos los que alcanzaron mayores valores (Anexo 2).

4.1.4 Relación parte aérea y parte radical de la planta (RAR) por tratamiento

El cociente de la biomasa aérea entre la biomasa radical permite conocer el RAR, el cual es uno de los indicadores de buena calidad de las plantas

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Según Rodríguez (2008), una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea, por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 ya que valores

mayores indican desproporción en un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta.

El cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985, citado por Sáenz, R. *et al.*, 2010).

Como se puede observar en el cuadro 3, el máximo valor de biomasa aérea seca lo obtuvieron las plantas del tratamiento F2, con un peso promedio de 14.56 g/planta, mientras que el mínimo fue el de las plantas del tratamiento F0 con 2.38 g/planta. Del mismo modo, la biomasa del sistema radical fue mayor en el tratamiento F2, con 6.1 g/planta, seguido del tratamiento F1, con 5.71 g/planta y F0 con 1.35 g/planta.

Cuadro 3. Biomasa de plantas de *Pinus oocarpa* por niveles de fertilización y relación parte aérea y parte radical

Tratamiento	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)	RAR
F0	2.38	1.35	1.76
F1	11.53	5.71	2.02
F2	14.56	6.1	2.39

Considerando que la altura y el diámetro definen la producción de biomasa de la parte aérea y la radical y que la fertilización favorece el crecimiento de las raíces e influye en el crecimiento de la altura y diámetro de las plantas se puede atribuir que la fertilización tuvo influencia en estas variables ya que las plantas que no fueron fertilizadas obtuvieron los menores valores en altura y diámetro por lo tanto obtuvieron menores valores de biomasa.

En este caso los valores están dentro del rango indicado por Rodríguez (2008) y no sobrepasan el límite indicado por Thompson lo que indica que para las plantas de los tres tratamientos evaluados existe un equilibrio entre su parte aérea y su parte radical, obteniendo valores de 1.76 para F0, 2.02 para F1 y 2.39 para F2.

Estos valores indican, desde el punto de vista biológico y fisiológico, que el tamaño y volumen de raíces es suficiente, tanto para sostener la parte aérea de la planta, como para sustentarla de suficientes nutrientes y agua para su desarrollo.

a pesar de que las plantas de los tratamientos F1 y F2 obtuvieron mayor peso aéreo y peso radical, al momento de determinar su RAR, éste fue mayor que el de las plantas del tratamiento F0, considerando que las plantas de éste último tienen un mejor valor, ya que los valores de las otras plantas se acercan más al límite extremo mayor establecido.

El ANDEVA indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, considerando la relación peso seco aéreo y peso seco radical; de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F2 presentó los mayores valores alcanzados en RAR (Anexo 2).

4.1.5 Índice de robustez por tratamiento

El cociente de la altura sobre el diámetro da el índice de robustez, como un indicador de resistencia de la planta, para lo cual, Rodríguez (2008), propone valores menores a seis, ya que valores superiores disponen a la planta a daños por viento, sequías y heladas, esto es debido a la desproporción que hay entre la altura y el diámetro, lo que indica que las plantas con diámetros muy delgados no tendrán la capacidad de sostener un tallo elongados lo cual lo hace más propenso a doblarse.

Los valores de índice de robustez por cada tratamiento F0, F1 Y F2 son 8.55, 9.41 y 10.42 respectivamente; en este caso las plantas de los tres tratamientos estudiados superan estos valores, lo cual indica que en los tres casos existe desequilibrio entre el crecimiento en altura y el diámetro, pudiendo suponer que las plantas estarían propensas a ser dobladas por el viento una vez que se establezcan en la plantación.

Se asume que en esta etapa de vivero es normal encontrar este fenómeno, pues las plantas se desarrollan más en altura que en diámetro por el hecho de encontrarse agrupadas las obliga a competir por luz solar, acelerando su crecimiento en altura y reprimiendo su desarrollo en diámetro.

Es importante mencionar que este fenómeno resulta ventajoso económicamente para el productor ya que el objetivo es obtener plantas con ciertas alturas en el menor tiempo posible, para así llevarla al lugar de plantación y reducir costos; sin embargo, morfológicamente esto puede afectar en la calidad de la planta.

El ANDEVA indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable; de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F2 presentó diferencias significativas con respecto a F1 y F0, siendo el que alcanzó un valor mayor, que en este caso representa el tratamiento con plantas con el índice de robustez menos deseado (Anexo 2).

4.1.6 Índice de calidad de Dickson por tratamiento

Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura pero con mayor vigor (Sáenz, R. *et al.*, 2010).

Las plantas con el mayor valor de índice de calidad corresponden a los tratamientos F2 y F1, con valores de 1.66 y 1.57 respectivamente. De igual manera, se observó que las plantas con menor valor de calidad corresponden al tratamiento F0, con un valor de 0.37.

En el estudio realizado por Saenz, R. *et al* (2010), los rangos de calidad de Dickson van de 0.2 a 0.5 en el que se incluyeron categorías de calidad donde valores menores a 0.2 son considerados de calidad baja, entre 0.2 y 0.5 de calidad media y mayores de 0.5 de calidad alta.

Por lo anterior mencionado se observa que las plantas con calidad alta corresponden a los tratamientos F2 y F1 ya que los valores son mayores a 0.5, y las plantas del tratamiento F0 según los rangos mencionados son de calidad media.

En este caso podemos afirmar que la fertilización tuvo mucha influencia en el desarrollo de las plantas ya que las que fueron fertilizadas, según el índice de calidad obtenido fueron las mejores y las de menor calidad fueron las plantas no fertilizadas.

Es preciso recordar que para el cálculo del índice de calidad de Dickson se toma en cuenta el peso seco total de la planta y las plantas F0, que en otros parámetros fueron mejor calificadas, al ser éstas más pequeñas, su peso seco total también, por tanto, su índice de calidad de Dickson resultó menor.

El ANDEVA indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos considerando el índice de calidad de Dickson (ICD); de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F0 presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos F1 y F2 siendo estos los que alcanzaron mayores valores y por tanto representan las plantas con mejor calidad (Anexo 2).

4.1.7 Índice de lignificación

El índice de lignificación consiste en determinar el porcentaje de peso seco, con relación al contenido de agua en las plantas, lo cual expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas; según Prieto *et al.*, (2009) los valores óptimos de lignina presentes en las coníferas están entre 25 y 30%.

Los valores de Índice de lignificación por cada tratamiento F0, F1 y F2 son 31.08, 29.34 y 28.90 respectivamente; en las plantas evaluadas los tres tratamientos obtuvieron valores entre los rangos propuestos por el autor.

Este índice es importante ya que la lignificación del tallo le provee soporte a la planta ante el estrés hídrico, cambios ambientales y finalmente propicia su establecimiento en el campo, es decir realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas.

El ANDEVA realizado indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos considerando el índice de lignificación; de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F0 presentó los mayores valores alcanzados en este índice (Anexo 2).

En contraste con los otros índices, el índice de lignificación de las plantas no fertilizadas fue mejor que en las fertilizadas, lo que se atribuye a que la fertilización estimuló el crecimiento y producción de follaje más succulento en las plantas fertilizadas, lo que no ocurrió en las no fertilizadas, por tanto éstas últimas obtuvieron un índice de lignificación mayor.

4.2 Resultados de la etapa de plantación

4.2.1 Supervivencia inicial en la plantación

Los resultados obtenidos de la variable supervivencia para la segunda etapa (evaluación inicial en la plantación), señalan que la plantación de *Pinus oocarpa* a los cuatro meses de plantada, para cada uno de los tratamientos aplicados en el vivero, según la clasificación de Centeno, 1993, es de calidad muy buena.

En el cuadro 4 se observa que el porcentaje de plantas vivas para las tres parcelas bajo estudio es alto, el mayor porcentaje de sobrevivencia lo obtuvo la parcela F0 con 97.9% de plantas vivas, seguido la parcela F2 con un porcentaje de sobrevivencia de 94.4% y la parcela que obtuvo menor sobrevivencia es F1 con 88.9% de plantas vivas.

Cuadro 4. Sobrevivencia en la etapa de evaluación inicial en la plantación de *Pinus oocarpa* a los cuatro meses de plantada

Sobrevivencia en la fase de evaluación inicial de la plantación				
N° inicial de plantas= 144				
Parcela	Período (meses)	plantas vivas	plantas muertas	% sobrevivencia
F2	4	136	8	94.4
F1	4	128	16	88.9
F0	4	141	3	97.9

El período de evaluación en la plantación fue muy corto, lo que no permite derivar claramente en el caso de la sobrevivencia cómo será el comportamiento de las plantas cuando las condiciones ambientales fueran desfavorables, ya que cuando la plantación se estableció las condiciones eran favorables y las que pudieron sufrir estrés eran las plantas más grandes.

Puede observarse que la sobrevivencia en las plantas F0, hasta el momento de la evaluación, fue mayor, lo que puede atribuirse a, que por su tamaño, fueron las menos maltratadas, no sufrieron estrés por sequías al momento del traslado, obtuvieron el mejor índice de lignificación en el vivero y todas las condiciones fueron favorables a ellas durante ese período.

Todo éxito de una plantación inicia en el vivero. El alto nivel de sobrevivencia para los tres tratamientos lo podemos relacionar con el buen índice de lignificación que obtuvieron las plantas en vivero, lo cual ayuda a una mejor adaptación de las plantas en el campo, reduciendo que sufran estrés hídrico y ser menos vulnerable a cambios ambientales.

Se observó que a medida que se avanzaba en las evaluaciones de campo, la parcela F1 resultó la más afectada, debido a daños por insectos defoliadores de *Atta sp.*, conocido comúnmente como zompopo, lo que posiblemente incidió en la sobrevivencia de estas plantas, es decir disminuyó la cantidad de individuos plantados, siendo éste el daño más observado en relación al porcentaje de plantas sanas presentes.

Según Coulson y Witter, (1990), por lo común estos insectos defoliadores ocasionan la muerte de árboles individuales retardo en crecimiento, debilitando así al árbol por lo que se hace más susceptible al ataque de otros insectos y enfermedades.

Según Emmel, (1975) el fenómeno de defoliación presenta un patrón de distribución temporal donde los insectos se distribuyen en las distintas horas del día para sus procesos alimenticios, principalmente en las horas de la mañana donde se encuentra un mayor número de insectos en las plantas y disminuye a medida que la temperatura de bosque aumenta durante el día. Hasta

el último periodo de evaluación la defoliación no provocó un mayor daño a la sobrevivencia de la plantación.

4.2.2. Análisis del incremento diamétrico de *Pinus oocarpa* en la etapa inicial de plantación

A los cuatro meses de establecida la plantación, las plantas que alcanzaron mayores valores en diámetro fueron las del tratamiento F2 con valor promedio de 8.02 mm, seguido de las plantas del tratamiento F1 con 7.29 mm y F0 con 5.71 mm.

En la figura 4 se puede apreciar que el diámetro de las plantas de los tratamientos F1 y F2, a los dos meses de establecida la plantación eran similares, sin embargo en los otros dos períodos de evaluación hubo un mayor crecimiento en diámetro para las plantas de F2, así mismo se puede observar en la figura 5 que no hay mucha diferencia entre las plantas de los tratamiento F2 y F0, los cuales experimentaron mayores incrementos, 0.99 mm/mes y 0.94 mm/mes que las plantas del tratamiento F1, con 0.76 mm/mes.

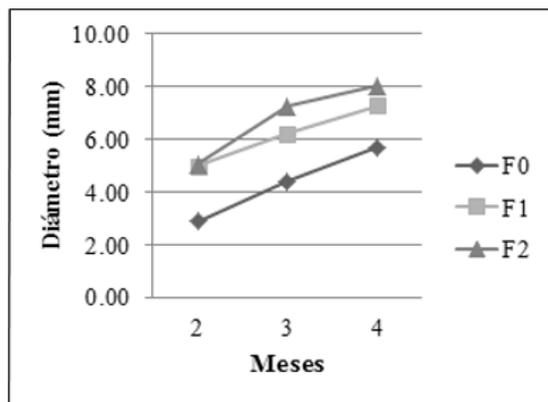


Figura 4. Crecimiento en diámetro de *Pinus oocarpa* según tratamiento

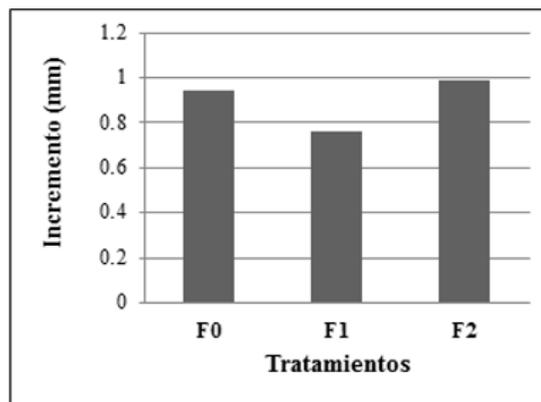


Figura 5. Valores del Incremento medio mensual en diámetro (mm) de *Pinus oocarpa* según tratamiento

No se puede atribuir ninguna causa al menor incremento en diámetro de las plantas del tratamiento F1, pero podría pensarse que el traslado y la manipulación de las plantas a la hora de su plantación pudieron ocasionar algún grado de estrés mayor al sufrido por las otras, dando como resultado un menor incremento en diámetro.

El ANDEVA indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable diámetro e incremento diamétrico; sin embargo de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F2 presentó diferencias significativas con respecto a F1 y F0 en cuanto a las variables diámetro, siendo el que alcanzó un valor mayor y en cuanto al incremento medio mensual en diámetro F1 presentó diferencia significativa con respecto a F0 y F2, siendo este el menor valor en incremento alcanzado (Anexo 3).

4.2.3 Análisis del incremento en altura de *Pinus oocarpa* en la etapa inicial de plantación

En cuanto a esta variable, plantas que alcanzaron un mayor crecimiento a los cuatro meses de establecidas fueron las del tratamiento F2 con valor promedio de 53.19 cm, seguido de las plantas del tratamiento F1 con 48.39 cm y por último las del tratamiento F0 con 45.17 cm de altura (figura 6)

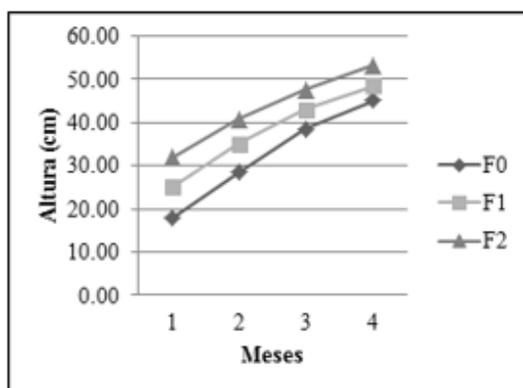


Figura 6. Crecimiento en altura de *Pinus oocarpa* según tratamiento

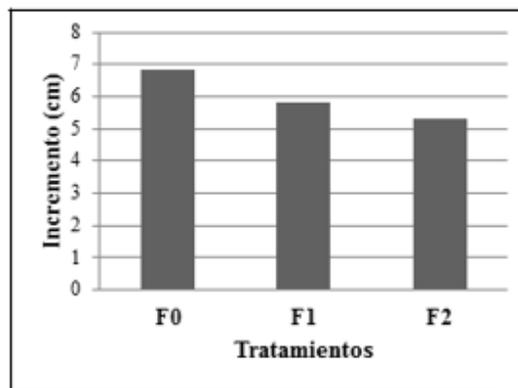


Figura 7. Valores del Incremento medio mensual en altura (cm) de *Pinus oocarpa* según tratamiento

Así mismo, en la figura 7 se observa que a pesar de que las plantas del tratamiento F2 fueron las de mayor altura, al final del periodo de evaluación, éstas obtuvieron el menor valor de incremento periódico mensual, mientras que las del tratamiento F0 obtuvieron el mayor valor.

Se puede observar que las plantas más pequeñas tuvieron un incremento más intenso que las plantas más altas, este evento se puede asociar con el hecho de que no había factores limitantes que evitaran que estas plantas crecieran, es decir, las condiciones ambientales fueron favorables a ellas durante ese período y por ser las más pequeñas es probable que al ser trasladadas desde el vivero al sitio de plantación no fueron maltratadas, contrario al estrés que pudieron sufrir por su tamaño las plantas de los tratamientos F1 y F2.

Por lo anteriormente mencionado y por el hecho de ser pequeñas y estar rodeadas de malezas se puede suponer que las plantas del tratamiento F0 tuvieron un crecimiento acelerado para competir por luz solar.

El ANDEVA indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos para la variable altura e incremento en altura; sin embargo de acuerdo a la prueba de Tukey el tratamiento F2 presentó diferencias significativas con respecto a F1 y F0 en cuanto a las variable altura, siendo el que alcanzó un valor mayor y en cuanto al incremento medio mensual en altura F0 presentó diferencia significativa con respecto a F1 y F2, siendo este el mayor valor en incremento alcanzado (Anexo 3).

4.2.4 Condición fitosanitaria de la planta

Los problemas fitosanitarios pueden ser causantes de debilitamiento, lento crecimiento, baja calidad y/o cantidad en los productos a obtener así como pérdida total de los individuos. La valoración de este efecto cambia dependiendo del ambiente en el cual se encuentra la planta. (Pinzón 2010)

El éxito de una plantación inicia en el vivero, donde la calidad de planta es fundamental para determinar dicho éxito; esta calidad está ligada a factores que influyen en la misma, uno de estos son la calidad de la semilla, la fertilización y las condiciones medioambientales en la que se desarrolla, cualquiera de estos factores puede ser el punto débil para que la planta producida pierda su calidad y esto permita que fracase la plantación.

Cuadro 5. Condición de planta por tratamiento

		Condición de planta			Total
		Planta sana	Planta clorótica	Planta dañada	
Tratamiento	F0	139	1	1	141
	F1	125	3		128
	F2	129	7		136
Total		393	11	1	405

Como se observa en el cuadro 5 y 6, la plantación en general presenta un buen estado fitosanitario, ya que las plantas de los tres tratamientos estudiados presentan un alto porcentaje de plantas sanas con respecto a las cloróticas y dañadas. Los daños que se presentaron durante el periodo de evaluación fueron mínimos, ya que solo se presentaron afectaciones por clorosis.

Cuadro 6. Análisis estadístico de la condición de plantas por tratamiento

Análisis de varianza					
N° Medición	Variable	N	R2	CV	
4	Condición de planta	405	0.01	18.4	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F. V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	2	0.04	1.07	0.3443
Tratamiento	0.08	2	0.04	1.07	0.3443
Error	14.51	402	0.04		
Total	14.58	404			
Test: Tukey Alfa= 0.05 DMS=0.05429					
Error: 0.0361 gl: 402					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
F0	1.02	141	0.02	a	
F1	1.02	128	0.02	a	
F2	1.05	136	0.02	a	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)					

El ANDEVA muestra que no hay diferencia significativa en cuanto a la condición de las plantas con respecto al tratamiento del que provienen; tomando en cuenta este resultado podemos atribuir el buen estado de la plantación al buen índice de lignificación que presentaron las plantas en vivero, además de que a pesar de que la calidad de las plantas no fertilizadas es menor que el de las fertilizadas, éstas presentaban calidad media, fueron las mejor lignificadas y las que menos estrés recibieron en el momento de su traslado por lo tanto obtuvieron un buen estado sanitario al igual que las otras plantas.

Otro factor que se puede relacionar a estos resultados es la procedencia de la semilla utilizada en vivero, se utilizó semilla de *Pinus oocarpa* procedente del ecosistema de pinares del municipio de Macuelizo, Nueva Segovia; precipitación promedio de 1,000 mm anuales; altura entre 900 y 1138 msnm, temperaturas entre 20 y 27 °C. Esta semilla fue colectada y procesada artesanalmente entre los meses de enero y marzo del 2013 y a las condiciones ambientales ya que en el periodo de evaluación eran favorables (época lluviosa).

4.3. Relación de la calidad de plantas producidas en vivero y su comportamiento en la plantación

A manera de síntesis de los resultados, se presenta en el cuadro 7, donde se visualizan los resultados de las dos etapas evaluadas en forma conjunta, para así poder apreciar la influencia que tiene la fertilización en la calidad de las plantas en vivero y el comportamiento de esta planta de calidad en el crecimiento inicial en la plantación.

Cuadro 7. Síntesis de la información numérica para todas las variables evaluadas por tratamiento y por etapas de evaluación

Tratamiento	Parámetros						
	Calidad en vivero		Desarrollo en plantación				
	ICD	IL	Sobrevivencia	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Incremento Periódico Mensual en Altura	Incremento Periódico Mensual en Diámetro
F0	0.37	31.08	97.90	45.17	5.71	6.81	0.94
F1	1.57	29.34	88.90	48.39	7.29	5.83	0.76
F2	1.66	28.90	94.40	53.19	8.02	5.32	0.99

En el cuadro 7 se puede observar que las plantas con mejor calidad en vivero son las plantas donde hubo dos niveles de fertilización, por lo cual se asume que esta sí tiene influencia sobre la calidad de las mismas, ya que las plantas donde no hubo fertilización, son las del menor valor; sin embargo, son las que presentaron el mayor índice de lignificación.

El buen desarrollo de las plantaciones forestales está muy ligado a la calidad morfológica y fisiológica de las plantas, la cual depende, a su vez, del modo en que las plantas son cultivadas en el vivero. Una de las prácticas viverísticas que más incidencia tiene sobre las características funcionales de la planta y su posterior desarrollo en campo es la fertilización (Villar, 2001).

La fertilización produce plantas más grandes, con mayores contenidos de nutrientes y una mayor capacidad de producción de nuevas raíces. Dichas características han sido a menudo relacionadas positivamente con la supervivencia y crecimiento de las plantaciones jóvenes (Villar.2001).

Comparando los resultados del índice de lignificación con los de la plantación se puede apreciar que al final del periodo de evaluación, el porcentaje de sobrevivencia para cada uno de los casos fue alto y tomando en cuenta la importancia que tiene la lignificación de las plantas en su sobrevivencia en campo, podemos suponer que este índice influyó en los buenos resultados en la plantación ya que todas las plantas en vivero de todos los tratamientos alcanzaron, inclusive, índices mayores que los propuestos.

Con estos altos valores de lignificación, se puede asumir que las plantas, al momento de establecerse en el campo, llegaron lo suficientemente lignificadas, es decir, que los tallos se mostraron relativamente duros, lo que pudo contribuir a que tuvieran un mejor soporte ante el estrés hídrico y más resistencia a los cambios ambientales, lo que ayudó a lograr su sobrevivencia en la plantación.

Este índice, considerando el tiempo en que fue determinado para las plantas de este vivero, puede orientar al productor para decidir el momento en que la planta puede ser trasladada al campo.

En este caso, es importante mencionar que las plantas de menor calidad presentaron el mayor índice de lignificación que las plantas de los otros tratamientos. Es sabido que la fertilización estimula el crecimiento y producción de tallos y follaje suculentos en las plantas, lo que no ocurre en las no fertilizadas, por tanto se asume que en este caso se presentó la misma situación.

Por lo anteriormente mencionado, se puede pensar que la fertilización, más allá de lo requerido por la planta, puede ser perjudicial para la misma, ya que por la suculencia de sus tallos, éstos no le permiten enfrentar las adversidades del campo. Es por esta razón que las plantas fertilizadas, si no reciben un pre-acondicionamiento (rustificación) en la última fase de la etapa de vivero, es probable que su capacidad de resistir estrés a la hora de ser trasladadas a campo, disminuya, afectando su sobrevivencia, lo que traería perjuicio económico para el dueño de la plantación.

También se puede observar que las plantas no fertilizadas que obtuvieron la menor calidad, alcanzaron menor altura y diámetro al final de la etapa de evaluación, sin embargo, presentaron los mayores incrementos tanto en diámetro como en altura. Este fenómeno se dio probablemente porque siendo más pequeñas, no sufrieron mucho daño al ser trasladadas del vivero a la plantación, además de que las condiciones les fueron favorables durante el traslado y el periodo de evaluación, al contrario de las plantas más altas que sufrieron estrés al ser trasladadas desde el vivero al sitio de plantación; con base en esta última aseveración, es importante tomar en cuenta las medidas para el adecuado traslado de las plantas al campo.

Según García (2004), se define el estrés como el conjunto de condiciones capaces de producir una influencia desventajosa en los procesos fisiológicos de las plantas. Como resultado, el estrés puede ocasionar desde cambios en el crecimiento hasta daño en células y/o tejidos.

Si bien es cierto que la doble fertilización produjo las plantas de mayor calidad y un alto porcentaje de sobrevivencia, no se puede afirmar que sea la mejor, ya que comparándola con los resultados de la fertilización única no existe diferencia significativa entre ellas.

En cuanto a la fertilización única es conveniente, ya que igualmente, generó plantas de calidad y alto índice de lignificación en el vivero. En la plantación se obtuvo sobrevivencia muy buena e incremento similar a las doblemente fertilizadas, que al compararlas estadísticamente no mostraron diferencias significativas.

Así mismo la no fertilización puede resultar conveniente, ya que a pesar que generó plantas de menor calidad que las plantas con una y doble fertilización, éstas presentaron alto índice de lignificación en vivero y en la plantación obtuvieron un alto porcentaje de sobrevivencia y los mayores incrementos en altura y diámetro que las otras.

A pesar de este comportamiento, es importante mencionar que el período de evaluación fue relativamente corto como para afirmar que será de la misma manera cuando las condiciones ambientales sean desfavorables para las plantas.

V. CONCLUSIONES

La doble fertilización produjo plantas con mejor calidad y mayor crecimiento en la etapa de vivero.

La no fertilización produjo plantas más pequeñas, menos suculentas y por tanto más lignificadas en el vivero, lo que permitió obtener mayor sobrevivencia de estas plantas en el campo.

En la plantación, durante el período de evaluación, las plantas sin fertilización y las doblemente fertilizadas mostraron mayor sobrevivencia.

Las plantas no fertilizadas fueron las de menor calidad en el vivero, sin embargo, obtuvieron los mayores incrementos y el mejor estado fitosanitario en la etapa inicial de plantación.

Considerando los resultados obtenidos en este primer estudio, la no fertilización y la fertilización única fueron las mejores opciones.

VI. RECOMENDACIONES

Si bien la fertilización tiene alta influencia en la calidad de la planta producida en vivero, esta se puede ver afectada en la última fase de la etapa de vivero (fase de endurecimiento), donde ocurre el pre-acondicionamiento de las plantas; por lo tanto se recomienda que en futuros trabajos se tome en cuenta el manejo que se le debe dar a las plantas de acuerdo a las tres etapas de crecimiento durante el desarrollo de la planta en vivero.

En futuros trabajos de investigación de este tipo tomar en cuenta el período de evaluación, ya que períodos más largos nos permite derivar claramente cuál será el comportamiento de una plantación ante cualquier condición ambiental.

Por los resultados obtenidos del tratamiento F1, recomendamos al productor realizar una sola fertilización en el vivero, esto le generará plantas de calidad.

Los resultados obtenidos pueden utilizarse como referencia tanto para el sector productivo como para futuras investigaciones.

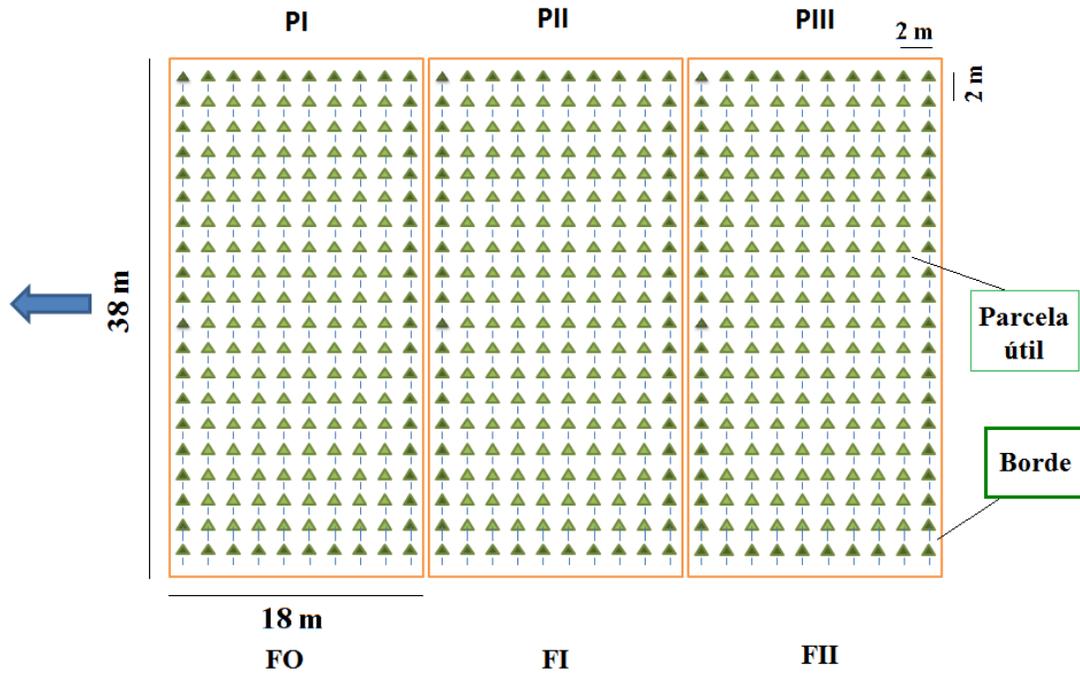
VII. LITERATURA CITADA

- Ballespi, Y. 2008.** Incidencia de gorgojos descortezadores del género *Ips* y sus insectos asociados en troncos de *Pinus sp* en la finca San Nicolás, jurisdicción de Santa Clara, municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia. Nicaragua. Tesis. ISPAF. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 32 p.
- Centeno, M. 1993.** Inventario nacional de plantaciones en Nicaragua. Trabajo de diploma. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 79 p.
- Coolson, R.; Witter, J. 1990.** Entomología forestal: Ecología y control. 1^{er} ed. Mexico, D.F. Limusa
- Emmel, T. C. 1975.** Ecología de poblaciones. México, D. F. 182 Pág.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CR). 2004.** Estrategia Regional para Sanidad y Manejo Forestal en América Central. San José, CR. 59 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, UY). 2006.** Manual de campo: Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay. UY. 167 p.
- García, M., 2004.** Fisiología Vegetal. (En línea) Argentina, AR. Consultado 10 de abr. 2014. Disponible en <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=125>
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2009.** Resultados del Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007-2008. 2 ed. Managua, NI. INAFOR.232p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales). 2007.** Estado del Ambiente De Nicaragua: III Informe GEO 2003-2006. Managua, NI MARENA.253p.
- MECD (Ministerio de Educación Cultura y Deporte). 2005.** (en línea). Managua, NI. Consultado 19 sept. 2013. Disponible en: <http://www.nicaraguaeduca.edu.ni:8088/.../sanfernando>
- Pinzón, O. 2010.** Problemas Fitosanitarios en Plantaciones Forestales en Colombia. (en línea). Colombia, CO. Consultado 6 mar. 2014. Disponible en http://www.rds.org.co/aa/img_upload/aea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451/semillero2.PDF
- Prieto, R., 2004.** Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus spp*. En vivero y en su establecimiento en campo. Tesis Phd en ciencias con especialidad en manejo de RRNN. MX, UANL.131 p.

- Prieto, R.; García R.; Mejía B.; Huchín A. S.; Aguilar V. 2009.** Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. MX. 48 p.
- POSAF II / MARENA ,2007** (Proyecto Socioeconómico y forestal, /Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales) .Establecimiento Y Manejo de Plantaciones Forestales .Managua, NI .66 p.
- Rodríguez T., D. A. 2008.** Indicadores de calidad de planta forestal.MX, Mundi Prensa México.MX. 156 p.
- Ruiz, F; Soria, F; Pardo, M; Toval, G. 2001.** Ensayos factoriales de fertilización en masas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) de mediana edad. Análisis de rentabilidad de inversión por fertilización. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el eucalipto del futuro. Valdivia, Chile. 9p.
- Sáenz, R. J. T.; Villaseñor R. F. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A.; Prieto R. J. A. 2010.** Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. (en línea).Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. Consultado 20 sept. 2013. Disponible en: <http://www.biblioteca.inifab.gob.mx:calidaddelaplantaenviveroforestaldeclimatempladoenmichoacan.pdf>
- Styles, 1994.** EN: Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales. MARENA-DANIDA. 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, NI. Hispamer. 48 p.
- Toro, J. 1995.** Avances en fertilización en *Pino radiata* y *Eucalyptus* en Chile. In: Simposio IUFRO. Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales. Valdivia, Chile pp. 293-298.
- Villar, P., 2001.** Influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Qercus ilex* L. y su desarrollo en campo. Madrid, ES. 25 p.

ANEXOS

Anexo 1. Plano del ensayo



Anexo 2. Valores medios de altura, diámetro de cuello e indicadores de calidad, por tratamiento, en plantas de *Pinus oocarpa* a los cuatro meses de edad, producidas en el vivero de finca forestal San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia.

Tratamiento	Altura (cm)		Diámetro del cuello (mm)		Indicadores de calidad							
					RAR		IR		ICD		IL	
F2	24.94	a	2.52	a	2.39	a	10.42	a	1.66	a	28.9	c
F1	19.51	b	2.18	b	2.02	b	9.41	ab	1.57	a	29.34	b
F0	8.56	c	1.01	c	1.76	c	8.55	b	0.37	b	31.08	a

Prueba de Tukey. Letras diferentes para la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Anexo 3. Valores medios de altura, diámetro de cuello e incremento periódico mensual diamétrico y de altura, por tratamiento, en plantas de *Pinus oocarpa* a los cuatro meses de establecida la plantación en finca forestal San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Ipma	Ipmd
F2	53.18 a	8.02 a	5.32 b	0.99 a
F1	48.39 b	7.29 b	5.83 b	0.76 b
F0	45,17 c	5.71 c	6.83 a	0.94 a

Prueba de Tukey. Letras diferentes para la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$)