



*"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y  
DEL AMBIENTE**

**Trabajo de Graduación**

**INFLUENCIA DE DOS TIPOS DE SUSTRATOS Y  
TRES TIPOS DE DESINFECCION EN EL  
CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLANTAS DE  
*Pinusoocarpa* (Schiede) PRODUCIDAS EN UN  
VIVERO DE SAN FERNANDO, NUEVA SEGOVIA,  
NICARAGUA.**

**AUTORES**

**Bra. Elieth del Carmen Narváez Espinoza**

**Br. Martín Ismael Santos Maradiaga**

**ASESORES**

**Ing. MSc. Alberto Sediles**

**Ing. MSc. Lucía Romero**

**MANAGUA, NICARAGUA**

**Julio, 2014**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y**  
**DEL AMBIENTE**

**Trabajo de Graduación para optar al título  
de Ingeniera en Sistemas de Protección  
Agrícola y Forestal e Ingeniero Forestal**

**INFLUENCIA DE DOS TIPOS DE SUSTRATOS Y  
TRES TIPOS DE DESINFECCION EN EL  
CRECIMIENTO Y CALIDAD DE PLANTAS DE  
*Pinus oocarpa* (Schiede) PRODUCIDAS EN UN  
VIVERO DE SAN FERNANDO, NUEVA SEGOVIA,  
NICARAGUA.**

**AUTORES**

**Bra. Elieth del Carmen Narváez Espinoza**

**Br. Martín Ismael Santos Maradiaga**

**ASESORES**

**Ing. MSc. Alberto Sediles**

**Ing. MSc. Lucía Romero**

**MANAGUA, NICARAGUA**

**Julio, 2014**

**Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador, designado por la decanatura de la facultad como requisito parcial para optar al título de**

**Ingeniera en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal e  
Ingeniero Forestal**

**Miembros del tribunal examinador**

---

**Dr. Benigno Gonzáles Rivas**  
**Presidente Secretario**

---

**Ing. MSc. Juan José Membreño**

**Ing. MSc. Nicolás Valle**

---

**Vocal**

## DEDICATORIA

“El éxito en la vida no se mide por lo que has logrado, sino por los obstáculos que has tenido que enfrentar en el camino”.  
Anónimo

Con mi más profundo amor, respeto, admiración y nostalgia dedico esta tesis a mi padre Alfredo Asunción Narváez Brenes, porque aunque ya no se encuentre a mi lado ha sido mi ejemplo a seguir, mi guía, mi consejero y mi inspiración, por enseñarme a ser tenaz y perseverante ante las adversidades, por haber confiado y creído en mis capacidades hasta el último día de su vida y simplemente por ser el mejor padre que pudo ser.

A mi madre Rafaela Espinoza Calero, por cárgame y traerme a este mundo, por brindarme su apoyo incondicional, por estar siempre que la necesito y darme los mejores consejos a lo largo de mi vida y por tener la paciencia necesaria que solamente una madre puede experimentar con sus hijos.

A mi hermana GrethelLubianka Narváez Espinoza, por su amistad, por sus consejos, por escucharme, por hacerme reír, por su compañía y simplemente por ser quien es.

A mis dos sobrinitas bellas, Anaid y Zeltzin por ser una gran bendición en la familia.

A mis amigas del alma las hermanas Nubia e Indiana Palaviccini, por el privilegio de haberlas conocido, por ser lo más cercano a mi familia y darme su amistad, por estar conmigo en las buenas pero sobre todo por no faltarme en la malas, por compartir conmigo bellos momentos pero también por compartir los momentos difíciles, por sus consejos, apoyo y simplemente por el honor de permitirme ser su amiga y abrirme las puertas de su hogar, les agradezco infinitamente.

Mi abuelita Sofía Espinales y mi tía María de Jesús Calero y Evelin Narváez por su apoyo incondicional.

Sinceramente

*Elieth del Carmen Narváez Espinoza.*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a DIOS, creador de todas las cosas y punto clave en mi vida permitiéndome finalizar con mi carrera profesional, a quien debo mi fortaleza, sabiduría y entendimiento.

A mis abuelos: Carmen Rocha, Martin Picado y Melania Avelares, por darme ese inmenso cariño y por apoyarme siempre en todas las decisiones. Quienes con sus consejos y apoyo han ayudado a mi formación.

A mi excelente madre: Francisca Maradiaga Avelares por ser padre y madre para mi hermana y mi persona, por ese apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, no darse por vencida y luchar hasta lograr que yo culmine mis estudios, brindarme ese apoyo moral y económico en toda mi etapa estudiantil e inculcarme los valores y responsabilidades que me han formado como profesional.

A mi hermana Katherine Gissell Santos Maradiaga y primos Robín Dionisio Márquez Maradiaga, JaroslyNohelia Pérez Maradiaga, por su comprensión, amor y respeto durante el desarrollo de mis estudios. En especial a RobinMarquezpor su excelente apoyo, consejos sabios y por darme fuerzas para seguir alcanzando las metas que me he propuesto como profesional, aún en momentos difíciles.

A mis Tios: VeronicaMaradiaga, Reyna Maradiaga, Roger Maradiaga, Alba Santos, Jazmina Santos, Candelario Santos, que de una forma u otra me han impulsado a seguir adelante y nunca rendirme hasta lograr los objetivos propuestos.

A mi familia y mis amigos por todo el apoyo que me han dado, principalmente en los momentos más difíciles y por ser parte de mi inspiración para culminar mi carrera universitaria. A la Universidad Nacional Agraria por darme la oportunidad de formarme como profesional en esta casa de estudios y los recursos necesarios para terminar con mucho éxito mi carrera.

*Martin Ismael Santos Maradiaga*

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada agradezco a Dios por darme la vida, por ser mi guía y darme fuerza y voluntad para seguir adelante tanto personal como profesionalmente.

A la Universidad Nacional Agraria, por todas las facilidades otorgadas a lo largo de mis estudios.

Al Instituto Nacional Forestal (INAFOR), por todo el apoyo económico que brindó a lo largo del proceso para llevar a cabo la tesis.

Al Ing.Msc Alberto Sediles, por ser un punto clave en mi formación académica, además de brindarme su confianza y amistad, pero sobre todo por ser el ser humano que es.

A la Ing.Msc. Lucia Romero, por compartir sus conocimientos, amistad, confianza y disponibilidad de ayuda en todo momento y más aún por su gran calidad humana.

A Dr. Oscar Gómez, por todos los consejos y observaciones valiosas para mejorar este trabajo.

Al Ing.Msc. Alvaro Noguera, por su disponibilidad incondicional y tiempo dedicado a nuestras consultas.

Al señor Alcides Centeno, por todas las facilidades brindadas en su finca para llevar a cabo esta tesis.

Les agradezco a todos y todas, por darme la oportunidad de conocerlas, por ser una gran compañía y hacer más agradable y llevadero esta travesía, por su apoyo incondicional, simplemente por creer en mí, por eso y más mil gracias, pido disculpas a todos los que involuntariamente omití pero que igualmente me siento agradecida por su amistad.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS.

*Elieth del Carmen Narváez Espinoza*

## AGRADECIMIENTO

Ante todo agradezco muy grandemente a Dios por haberme dado el don de la vida y permitirme finalizar con éxito mi carrera profesional, que ha sido uno de mis grandes sueños que hoy culmino satisfactoriamente.

A mi familia y mis amigos por todo el apoyo que me han dado, principalmente en los momentos más difíciles y por ser parte de mi inspiración para culminar mi carrera universitaria.

A la Universidad Nacional Agraria por darme la oportunidad de formarme como profesional en esta casa de estudios y los recursos necesarios para terminar con mucho éxito mi carrera.

A los asesores de este trabajo de graduación, Ing. Msc Alberto SedilesJaen e Ing. Msc Lucía Romero, por su apoyo constante, excelentes consejos y motivación para culminar esta investigación.

Agradezco al Instituto Nacional Forestal(**INAFOR**)por el financiamiento brindado para la elaboración y ejecución de este proyecto en la finca forestal San Nicolás, ubicada en San Fernando.

*Martin Ismael Santos Maradiaga*

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PAGINA</b>
1. Resultado del análisis químico de macro y micro nutrientes por procedencia de suelo	5
2. Combinación de niveles de sustratos con niveles de desinfección (tratamientos)	8
3. Síntesis de la información de los promedios numéricos para todas las variables morfológicas evaluadas, por tratamiento y procedencia de suelo	26
4. Análisis de varianza de variables morfológicas, en respuesta a los tratamientos, suelo San Nicolás	27
5. Análisis de varianza de variables morfológicas, en respuesta a los tratamientos, suelo Macuelizo.	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PAGINA</b>
1. Ubicación geográfica de la finca San Nicolás, San Fernando-Nueva Segovia.	4
2. Tratamiento biológico con <i>Trichoderma harzianum</i> al sustrato.	6
3. Aplicación del tratamiento con cal al sustrato	7
4. Diseño experimental en campo	9
5. Porcentaje de plantas cloróticas por tratamiento durante el período de evaluación en el vivero, suelos San Nicolás y Macuelizo.	16
6. Porcentaje de sobrevivencia de plantas por tratamiento durante el período de evaluación en el vivero, suelos San Nicolás y Macuelizo.	18
7. Tendencia del crecimiento en altura por tratamiento, suelos San Nicolás y Macuelizo	20

## RESUMEN

La finca forestal San Nicolás está ubicada en el municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia, a 267 kilómetros de Managua. En dicha finca se realizó el presente estudio durante los meses de abril a julio del año dos mil trece, con el objetivo de evaluar la influencia de dos tipos de sustratos y tres tipos de desinfección en el crecimiento y calidad de plantas de plantas de *Pinusoocarpa*Schiede, producidas en vivero. En dicho estudio se trabajó con suelo de dos localidades diferentes Macuelizo y San Nicolás, suelo del bosque de pinares con el fin de garantizar las micorrizas. Ambos suelos se trabajaron como un solo ensayo experimental, pero sin hacer comparaciones. El diseño de campo utilizado fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones, evaluando dos sustratos como factor A y cuatro niveles de desinfección del sustrato como factor B. Los sustratos utilizados fueron mezcla de 70% suelo-30% arena y 100% suelo; la desinfección consistió en: desinfección biológica con *Trichoderma*, desinfección química con Carbendazim, desinfección con cal, usada artesanalmente en Nicaragua para desinfección de suelo y el testigo al cual no se aplicó desinfección. Las variables evaluadas fueron: sobrevivencia, crecimiento en altura, diámetro, síntomas de enfermedades, peso húmedo de la parte aérea y radicular, peso seco de la parte aérea y radicular. Para evaluar la calidad de la planta se calcularon los índices: relación parte aérea y parte radical, índice de esbeltez, índice de calidad, índice de lignificación y un análisis estadístico. Los índices calculados muestran que los mejores resultados se obtuvieron del sustrato 70% suelo- 30% arena en ambas localidades.

*Palabras claves:* vivero, pinos, desinfección, sustrato, calidad de planta.

## ABSTRACT

The San Nicolas forestry farm is located in the town of San Fernando, department of Nueva Segovia, 267 kilometers north from Managua. In this farm the present study was conducted from April to July 2013. In order to evaluate the growth and quality of plants *Pinus oocarpa* Schiede produced under different management conditions in nursery stage. Soil from two different localities was used: Macuelizo and San Nicolas, to ensure the mycorrhizae activity the soils were collected from areas covered by pine forest. No comparisons were made between the soils. The field design used was split plot in Randomized Complete Blocks (BCA) with four replicates of each treatment, evaluating two substrates as factor A and four levels of substrate disinfection as factor B. The substrates used were ground mixture of 1) 70% soil + 30 % sand and 2) 100 % soil; levels of disinfection consisted of: 1) *Trichoderma* biological disinfection, 2) chemical disinfection with Carbendazim , 3) disinfection with lime and the 4) control to with no disinfection were applied. The variables evaluated were: survival, growth in height, diameter at the root collar, wet weight of the aerial part and root system, dry weight of the aerial and root system. To assess plant quality several indexes were calculated: ratio aerial part and root part, slenderness index, quality index, index of lignification and statistical analysis. The indexes calculated show that the best results were obtained using the substrate mixture of: 70 % soil + 30% sand in both locations.

*Keywords:* nursery, pines, disinfection, substrate, plant quality

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación y descripción del área experimental	4
3.2 Proceso metodológico	5
3.2.1 Establecimiento del ensayo	5
3.2.1.1 Preparación de sustratos	5
3.2.1.2 Desinfección de sustratos	6
3.2.1.3 Llenado de bolsas y establecimiento según diseño	7
3.2.1.4 Siembra	7
3.2.1.5 Actividades complementarias al establecimiento del ensayo	8
3.2.2 Diseño experimental	8
3.2.3 Variables evaluadas	9
3.2.4 Cálculo de índices	12
3.2.4.1 Relación parte aérea y parte radical	12
3.2.4.2 Índice de esbeltez	12
3.2.4.3 Índice de calidad de Dickson	12
3.2.4.4 Índice de lignificación	12
3.2.5 Análisis estadístico	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Síntomas de enfermedades por tratamiento y suelo según localidad	13
4.2 Sobrevivencia de plantas por tratamiento y suelo según localidad	17
4.3 Crecimiento en altura por tratamiento y suelo según localidad	19
4.4 Crecimiento en diámetro por tratamiento y suelo según localidad	21
4.5 Índice de lignificación, (IL) por tratamiento y suelo según localidad	21
4.6 Relación parte aérea-parte radical, (RAR) por tratamiento y suelo según localidad	22
4.7 Índice de esbeltez, (IE) por tratamiento y suelo según localidad	24
4.8 Índice de calidad por tratamiento y suelo según localidad	25
4.9 Análisis estadístico de los resultados	25
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. LITERATURA CITADA	31

## I. INTRODUCCION

El avance de la frontera agropecuaria, la explotación irracional del recurso maderero, los incendios forestales y más recientemente, los ataques masivos de descortezadores son factores que afectan el desarrollo de los bosques de coníferas en Nicaragua e inciden también de forma negativa en el establecimiento de la regeneración natural.

El departamento de Nueva Segovia ha tratado de revertir dichos impactos retomando la importancia ecológica, económica y ambiental del ecosistema de pinares, dándose a la tarea de proteger dichos bosques mediante la protección contra plagas, incendios, el manejo de la regeneración natural y en sitios donde la regeneración no es adecuada o se ha perdido toda posibilidad de regeneración natural, se realizan prácticas de establecimiento de plantaciones aunque aún no son una práctica generalizada.

Las plantaciones tienen la ventaja que pueden establecerse en aquellos lugares que también necesitan ser rehabilitados, además de que si se manejan de una manera apropiada, se puede obtener de ellas una producción aceptable en un lapso de tiempo menor que en un bosque natural.

Un punto de partida determinante para lograr que las plantas de vivero presenten el mejor desarrollo en el campo, es que el material que se va a plantar sea de la mayor calidad, es decir, que las plantas provenientes del vivero tengan el tamaño, vigor y sanidad que garanticen su sobrevivencia y crecimiento óptimo, según las condiciones del sitio donde se plantarán. *“La planta de calidad es aquella que posee ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (aclimatarse)”* (Rodríguez, 2008). Así mismo, *“Es difícil determinar que es lo que se tiene que medir, teniendo en cuenta los numerosos atributos morfológicos y fisiológicos que afectan al comportamiento en campo; pero una vez identificados, permiten definir la planta ideal, que incluye todas las características morfológicas y fisiológicas que se pueden ligar cuantitativamente con el éxito de la plantación”* (Rose et al (1990); citado por Birchler, et al 1998).

A nivel local, nacional y regional no existe suficiente información científica-técnica que guíe la producción de plantas de pino y específicamente, a nivel nacional, no hay información técnica sobre tipos y mezclas de sustratos, tipos y niveles de fertilización, tipos de desinfección, tipos de envases, entre otros aspectos, que orienten al viverista nicaragüense para la obtención de las mejores plantas, por lo que las prácticas que se aplican son eminentemente empíricas, produciendo plantas sin la calidad debida y consecuentes pérdidas económicas en el caso de plantas que debido a su pobre calidad son abandonadas en el vivero. ***“El control de calidad de planta en el vivero se debe visualizar de dos formas: la primera para alcanzar ciertos estándares, morfológicos y fisiológicos, que denotan calidad; la segunda, se relaciona con la especificación de tales estándares comprobados estadísticamente en campo”*** (Rodríguez, 2008).

La UNA, consciente de la problemática de falta de conocimientos apropiados e información técnica para la producción de plantas de vivero de pino y considerando la importancia estratégica de este recurso forestal, dado los bienes y servicios ambientales que genera, retoma la problemática y propone esta investigación, mediante el establecimiento de un ensayo experimental en un vivero de pino en la finca San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia, para generar información preliminar sobre la tecnología requerida para el aseguramiento de la producción en vivero de plantas de pino de calidad.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Generar información base para la producción de plantas de pino de calidad en condiciones de vivero en Nueva Segovia.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar dos tipos de sustratos en relación al crecimiento y calidad de plantas de *Pinus oocarpa* producidas en vivero.
- Evaluar tres tipos de desinfección de sustratos en relación al crecimiento y calidad de plantas de *Pinus oocarpa* producidas en vivero.
- Recomendar el mejor sustrato y tipo de desinfección con base en el crecimiento y calidad de plantas de *Pinus oocarpa* obtenidas en vivero.

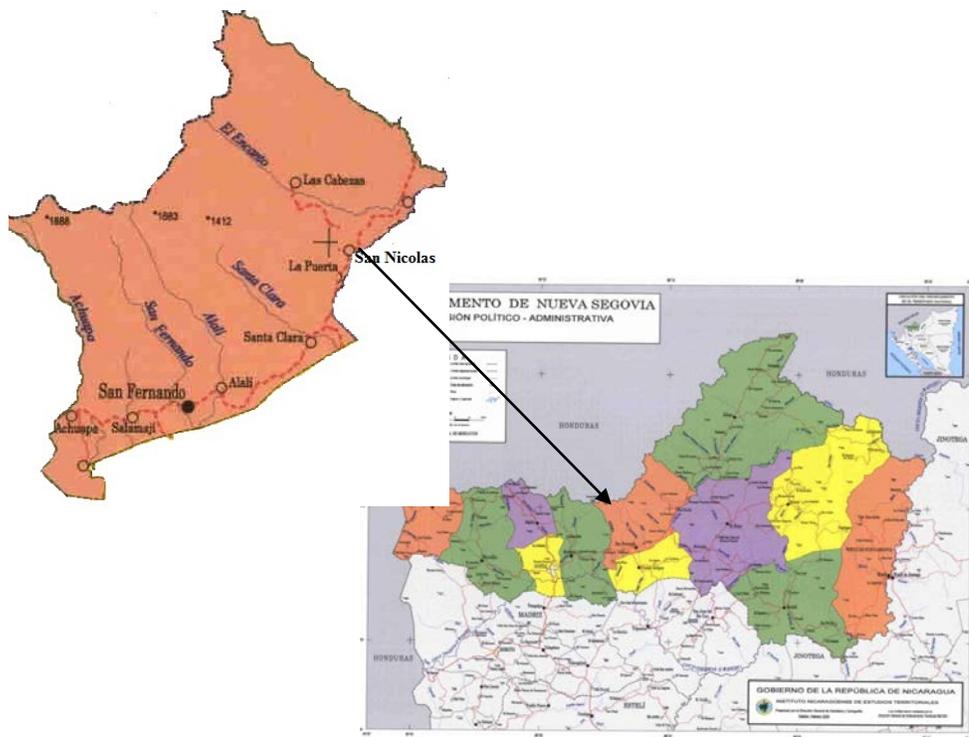
### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación y descripción del área experimental

El experimento se estableció en el vivero forestal de la finca San Nicolás, municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia, a 267 kilómetros de Managua (figura 1).

San Fernando limita al norte con Honduras, al sur con el municipio de Ciudad Antigua, al este con los municipios de Jalapa y El Jícaro y al oeste con el municipio de Mozonte. Se ubica en las coordenadas 13° 40' latitud norte y 86°19' longitud oeste, posee clima de sabana tropical de altura con temperaturas entre 23 y 24°C (AMUNIC, 1995).

La finca San Nicolás se localiza a 9 km. de la comarca Santa Clara jurisdicción del municipio de San Fernando, entre las coordenadas 13°45'40'' y 13°46'36'' latitud norte y entre 85°13'55'' y 86°15'60'' longitud oeste, a una altura de 670 msnm.



**Figura 1. Ubicación geográfica de la finca San Nicolás, San Fernando Nueva Segovia.**

## 3.2 Proceso metodológico

### 3.2.1 Establecimiento del ensayo

El proceso de establecimiento del ensayo, inició desde el día 15 de marzo del 2013, antes del establecimiento de diseño experimental, fecha en que se realizó la preparación y desinfección de los sustratos.

#### 3.2.1.1 Preparación de sustratos

La preparación de los sustratos consistió en dos modalidades para cada procedencia:

- a) Suelo puro de bosque de pino (100% suelo)
- b) Mezcla proporción: suelo 70% y arena 30%

El sustrato fue suelo extraído de los bosques de pinares de Macuelizo y San Nicolás (San Fernando), el obtener suelo de bosque de pino aseguró la presencia de micorrizas pues es conocida la asociación natural de estos hongos con las raíces del pino. Según estudios realizados por Rodríguez, 2008, las plantas forman asociaciones micorrízicas, aumentando la superficie de la raíz para absorber agua y nutrientes, incrementando la resistencia a la tensión hídrica y además resultan antagónicas a hongos fitopatógenos.

Para conocer el estado nutricional de los suelos, ambas procedencias fueron sometidas a análisis químicos de pH, macro y micro nutrientes (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado del análisis químico de macro y micro nutrientes por procedencia de suelo.

Localidad	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	%		Ppm	me/ 100 g suelo			Ppm			
San Nicolás	6.01	0.3007	7.86	0.41	42.64	5.52	20.40	0.34	0.00	42.00
Macuelizo	3.37	0.1684	0.19	0.31	11.15	1.78	47.20	0.00	0.00	113.00

MO: materia orgánica, N: Nitrógeno, P: Fosforo, K: Potasio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, Fe: Hierro, Cu: Cobre, Zn: Zinc, Mn: Manganeso.

Cabe aclarar que las procedencias de los sustratos no son sujetas de evaluación ni de comparación entre ellas, solamente son referentes de suelos donde crecen naturalmente los bosques de pino y se asume la presencia de las micorrizas.

### 3.2.1.2 Desinfección de sustratos

La desinfección de los sustratos consistió en la aplicación de cuatro niveles de desinfección:

**Tratamiento testigo:** Los dos tipos de sustratos sin ningún tipo de desinfección.

**Tratamiento biológico con *Trichoderma harzianum*:** Este hongo ha sido estudiado intensamente como hiperparásito de hongos del suelo y se ha utilizado para controlar algunas enfermedades del suelo y del follaje (Arrollo, 1975).

La dosis aplicada fue de 25 g disueltos en 20 litros de agua. La aplicación se hizo en la cantidad de mezcla necesaria hasta empapar el sustrato (ver figura 2).



Figura 2. Tratamiento biológico con *Trichoderma harzianum* al sustrato.

**Tratamiento químico con Carbendazim:** Carbendazim es un fungicida sistémico muy utilizado con fines de proteger o prevenir el ataque de hongos en las plantas. Es mejor conocido como “*KEMDAZIN 500 SC y 50 WP, los cuales son productos de ingrediente activo CARBENDAZIM, fungicida orgánico sistémico, de efecto preventivo y curativo, formulado como suspensión concentrada para el control de enfermedades ocasionadas por hongos imperfectos, ascomicetos y algunos basidiomicetos*” (Barpen, 2004).

Su modo de acción es: “*Fungicida orgánico sistémico de efecto preventivo y curativo. Se absorbe a través de las raíces y los tejidos verdes con translocación acropétala (ascendentemente)*”, (Barpen, 2004).

La dosis aplicada fue 50 ml del producto por cada 20 litros de agua. La aplicación se hizo en la cantidad de mezcla necesaria hasta empapar el sustrato.

**Tratamiento con cal:** Utilizada en la agricultura artesanal de Nicaragua para controlar enfermedades en los suelos.

La dosis aplicada fue de 1 lb por m<sup>2</sup> de suelo. Para la preparación del suelo con cal fue necesario pesar la libra necesaria por m<sup>2</sup>, posteriormente se procedió a espolvorearla gradualmente sobre el sustrato mientras se incorporaba gradualmente al sustrato con ayuda de una pala (ver figura 3).



Figura 3. Aplicación del tratamiento con cal al sustrato

**Tratamiento testigo:** Para efecto de comparación se usaron los dos tipos de sustratos sin ningún tipo de desinfección.

### 3.2.1.3 Llenado de bolsas y establecimiento según diseño

En las fechas 22 al 23 de marzo una vez preparados y desinfectados los sustratos, según los tratamientos a establecer, se procedió al llenado de las bolsas y a ubicarlas en el campo según el diseño experimental establecido. Se usaron bolsas de polietileno negro de 8 x 4 pulgadas.

### 3.2.1.4 Siembra

Se utilizó semilla de *Pinus oocarpa* procedente del ecosistema de pinares del municipio de Macuelizo, Nueva Segovia. Esta semilla fue colectada y procesada artesanalmente entre los meses de enero y marzo del 2013.

La siembra se realizó el día 25 de marzo 2013. Para asegurar una germinación del 100 % de las bolsas, se depositaron 3 semillas por bolsa. Desde esta fecha hasta el inicio de su germinación (aproximadamente 15 días después de la siembra) se mantuvo riego tres veces al día, posteriormente el riego se limitó a dos veces al día.

### 3.2.1.5 Actividades complementarias al establecimiento del ensayo

Como parte complementaria al establecimiento del ensayo se llevaron a cabo las siguientes actividades: ocho días después de la siembra (fecha 3 de abril 2013), se realizó la actividad de repique durante la mañana para asegurar el 100% de bolsas con plántulas. El 01 de mayo 2013 se realizó un raleo en bolsas con más de una planta con ayuda de tijeras.

Con fines de favorecer a las plantas en su crecimiento, se realizó una fertilización a los dos meses y medio de haber establecido el vivero con una solución de 100 g de 18-46-0 disuelto en 5 litros de agua, con una dosis de 20 cc por cada planta. Esta fertilización no es sujeta a evaluación, puesto que se aplicó a todas las plantas por igual.

### 3.2.2 Diseño experimental

Los factores a evaluar en el ensayo experimental fueron:

- Factor A: Tipos de sustratos  
(2 niveles) (100% suelo) y (70% suelo, 30% arena de río)
- Factor B: Tipos de desinfección del sustrato  
(3 niveles y el Testigo) (*Trichoderma*), (Carbendazim), (Cal).

La combinación de los diferentes niveles por cada factor dio un total de 8 tratamientos, aplicados a cada procedencia de suelos, descritos en el cuadro 2.

Cuadro 2. Combinación de niveles de sustratos con niveles de desinfección (tratamientos)

<b>Descripción tratamiento</b>	<b>San Nicolás</b>	<b>Macuelizo</b>
T1. S100 sin desinfección (testigo)	N100D0	M100D0
T2. S100+Desinfección con cal	N100DCAL	M100DCAL
T3. S100+Desinfección con Carbendazim	N100DCAR	M100DCAR
T4. S100+Desinfección con <i>Trichoderma</i>	N100DTRI	M100DTRI
T5. S70/30 Sin desinfección (testigo)	N70D0	M70D0
T6. S70/30+Desinfección con cal	N70DCAL	M70DCAL
T7. S70/30+Desinfección con Carbendazim	N70DCAR	M70DCAR
T8. S70/30+Desinfección con <i>Trichoderma</i>	N70DTRI	M70DTRI

S100 =suelo puro      S70/30= mezcla de 70 % suelo y 30 % de arena de río

Por cada uno de los tratamientos se hicieron cuatro repeticiones, por cada repetición se utilizaron 20 plantas, de manera el experimento consistió de 640 plantas por localidad. El ensayo fue establecido en la finca San Nicolás, con el fin de minimizar gastos de transporte, alojamiento y fines de logística.

El diseño experimental fue un bi-factorial en parcelas divididas con cuatro repeticiones, (ver figura 4) y el modelo experimental se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Es el k-ésimo elemento perteneciente al j-ésimo nivel del factor B y al i-ésimo tratamiento del nivel del factor A.

$\mu$  = es la media general.

$A_i$  = Es el efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

$B_j$  = Es el efecto debido al j-ésimo nivel del factor B.

$(AB)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel del factor B y el i-ésimo del factor

Bancal 1. Suelo San Nicolás.

Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Repetición 4	
T3	T1	T5	T8	T2	T1	T5	T7
T2	T4	T7	T6	T3	T4	T8	T6
T5	T6	T2	T1	T7	T6	T4	T3
T8	T7	T4	T3	T1	T8	T1	T2

Bancal 2. Suelo Macuelizo

Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Repetición 4	
T1	T3	T4	T2	T5	T6	T8	T5
T4	T2	T3	T1	T7	T8	T6	T7
T6	T5	T8	T7	T1	T3	T3	T2
T7	T8	T5	T6	T2	T4	T4	T1

Figura 4. Diseño experimental en campo

### 3.2.3 Variables evaluadas

**En el vivero: desde la germinación hasta tres meses y medio después de la siembra.**

#### a) Supervivencia

La supervivencia de las plantas se evaluó, después de la germinación a partir del 1 de mayo y se continuó los días 10 de mayo, 04 de junio, 29 de junio y 17 de julio del 2013, haciendo un recuento de plantas por tratamiento y sus respectivas repeticiones hasta la finalización de la etapa de campo, 26 de julio, cuando se recogieron plantas para hacer otras mediciones en laboratorio.

### **b) Crecimiento en altura**

En el mismo período de evaluación de la sobrevivencia en campo, se tomaron datos de altura a las plantas, por medio de una regla graduada en centímetros, realizándose en todas las plantas de cada tratamiento y repetición.

### **c) Síntomas de enfermedades**

Al mismo tiempo de realizar la evaluación de las dos variables anteriores, se realizaron observaciones en las plantas, lo que permitió levantar un registro de plantas sanas, plantas caídas, cloróticas y bolsas sin platas.

### **En el laboratorio: 29 julio - 4 agosto**

Para la evaluación en el laboratorio, se tomaron del vivero, por cada repetición una cantidad de 9 plantas, para un total de 36 plantas por tratamiento. Para su selección se enumeraron las plantas del 1 al 20 y se extrajeron aquellas a las que les correspondió un número impar. Las variables evaluadas en esta etapa fueron las siguientes:

#### **d) Altura final de la planta**

Esta variable se midió cortando la planta en la base del tallo y a partir de ahí se procedió a medir con ayuda de una regla graduada en centímetros su eje principal hasta el ápice. Este proceso se realizó en todas las plantas de cada tratamiento y repetición.

#### **e) Diámetro del cuello de la raíz**

El diámetro es un mejor indicador de calidad de planta que la altura. Generalmente se considera como el diámetro la parte que se encuentra ligeramente por encima del cuello de la raíz (Rodríguez, 2008).

Una vez cortada la parte aérea de las plantas, se procedió a medir el diámetro del cuello próximo a sus raíces, con la ayuda de un vernier graduado en mm. Este cuello de la raíz es la parte inmediata a la base del tallo.

#### **f) Peso húmedo de la parte aérea y del sistema radicular de la planta al final del experimento**

Con una balanza digital calibrada en gramos se procedió a pesar las partes aéreas y radicales de cada una de las plantas.

#### **g) Peso seco de las partes aéreas y radicales de las plantas al final del experimento**

Para obtener el peso seco de la parte aérea de la planta, se procedió a introducirlas en un horno de secado a una temperatura de 70 °C, durante un período de 72 horas. Pasado este período las plantas se extrajeron del horno, posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica para determinar su peso, una vez secas. Este mismo procedimiento se utilizó para determinar el peso seco de las raíces.

#### **h) Otras variables observadas al momento de la evaluación final**

- Coloración del follaje: natural, clorosis inicial, clorosis avanzada, marchitamiento
- Tipo de tallo: recto o curvado
- Ahijamiento del tallo: con ahijamiento o sin ahijamiento. Conteo del número de rebrotes.

### 3.2.4 Cálculo de índices

#### 3.2.4.1 Relación parte aérea y parte radical

Es el balance entre la parte aérea y la parte radical, se calcula habitualmente como el cociente entre el peso seco aéreo (g) y el peso seco radical (g). Pardos, (1997) propone un valor de la relación menor de 2 para *Pinus halepenses* (Birchler, T. *et al*, 1998).

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

#### 3.2.4.2 Índice de esbeltez:

Este índice según (Vargas, 1996 citado por Cano y Cenita 2004), mide la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del tallo (mm), que refleja, en cierta medida, la capacidad de la planta para tolerar daños físicos; ofrece una buena medida de la calidad, tanto en plantas a raíz desnuda como en contenedores. Valores menores a 6 son recomendables (Vargas, 1996 citado por Cano y Cenita 2004).

$$\text{IE} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

#### 3.2.4.3 Índice de calidad de Dickson

Dickson, *et al* 1960, Olivo y Buduba 2006, citados por Soriano, 2011), sugirieron que cuanto mayor sea el valor del índice, mejor es la calidad de la planta. Se calcula integrando los valores del peso seco total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz de la planta. Este índice junto con el índice de lignificación, son indicadores que permiten determinar la calidad de la planta producida.

$$\text{Índice de calidad} = \frac{\text{Peso seco total (gr)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (gr)}}{\text{Peso seco raíz (gr)}}$$

#### 3.2.4.4 Índice de lignificación

Es una medida que expresa el grado de pre-condicionamiento o endurecimiento de las plantas (Soriano, 2011).

$$\text{IL} = \frac{\text{Peso seco total (gr)}}{\text{Peso fresco total (gr)}} \times 100$$

### 3.2.5 Análisis estadístico

Los promedios de los datos se organizaron en tablas de Excel y el análisis estadístico se realizó a través de análisis de varianza y correlación, además de comparaciones de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 5$ ), utilizando los programas SAS y GraphPad InStat.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentarán los principales resultados obtenidos en el estudio, los cuales en un principio abordan la incidencia de enfermedades, seguido por la variable sobrevivencia, luego las variables de crecimiento en altura y diámetro y finalmente los índices de calidad determinados para las plantas por cada tratamiento según procedencia de suelo.

Para ambas procedencias de suelo y para todos los tratamientos, en el cuadro 3, que se presenta al final de la descripción y discusión de los resultados, se sintetiza la información numérica para todas las variables evaluadas, seguido por el análisis estadístico de las mismas.

### 4.1 Síntomas de enfermedades por tratamiento y suelo según localidad

Durante las observaciones realizadas a lo largo de la etapa de vivero de las plantas de *Pinus oocarpa*, se llevó un control de plantas sanas y plantas con evidencia de enfermedades. Este recuento se llevó por tratamientos en cada procedencia de suelo, encontrándose únicamente plantas con síntomas de clorosis.

#### Suelo San Nicolás

En la primera y segunda observación, se encontraron porcentajes de plantas con clorosis de un 43% hasta un 50% respectivamente, en el tratamiento N70DCAL; estas dos primeras observaciones tuvieron los mayores porcentajes dentro de este tratamiento, ya que fue muy evidente que a la tercera observación disminuyó a un 0%, en cuarta aumento a un 6.25% para disminuir finalmente a un 3.75%.

Es muy probable que la clorosis presente en las plantas del tratamiento N70DCAL se deba a la aplicación del fertilizante 18-46-0, teniendo en cuenta que el suelo inicialmente contenía 7.86 ppm de Fosforo, provocando de esta manera un exceso del mismo. Según Legaz y Primo, (s/f), el **exceso de fósforo** aparentemente no provoca ninguna sintomatología de intoxicación. Sin embargo, las cantidades excesivas de este elemento pueden dificultar la absorción de otros, provocando en consecuencia la clorosis resultante en estas plantas.

En Fitopatología, la clorosis es una condición fisiológica anormal en la que el follaje produce insuficiente clorofila. Cuando esto ocurre, las hojas no tienen la coloración normal verde, sino que tienen una coloración verde pálido, amarilla blanquecina o amarilla (Cecilia R, 2011).

De los 8 tratamientos, el anteriormente descrito fue en el que las plantas presentaron mayor evidencia de clorosis en las primeras semanas del establecimiento del vivero, seguido por el tratamiento de desinfección N100DCAL, que presentó, en un primer recuento, 41.25% de plantas cloróticas, manteniéndose así hasta el segundo recuento, en el tercero disminuyó a 0%, aumentó en el cuarto a 2.25% y finalmente, en la última observación, no se presentaron plantas con clorosis.

La clorosis presente en los tratamientos N70DCAL y N100DCAL, pudo deberse al hecho que la cal modificó el pH del suelo dado el efecto alcalinizante de la misma, siendo muy conocido que el pino requiere para su buen desarrollo pH ácidos del orden de los 5 a 5.5, esta modificación de pH pudo causar una interferencia fisiológica y nutricional que causó finalmente presencia de clorosis en las plantas, a todo esto se suma que el pH original del suelo fue de 6.63 según el análisis realizado previamente.

También la actividad de las micorrizas asociada a la nutrición de las plantas, necesita de un suelo con pH adecuado a sus necesidades de desarrollo, por ello se considera que la actividad de los hongos micorrizos en su rol de nutrición pudo ser afectada por la modificación del pH producto de la aplicación de Cal que es una enmienda utilizada para disminuir la acidez de los suelos, ***“El pH es considerado como una de las propiedades químicas más importantes del suelo, debido al significativo efecto que ejerce tanto sobre las características físicas, químicas y biológicas de hongos y el grupo de bacterias-actinomicetos que constituyen los dos grandes grupos de microorganismos del suelo y el predominio de uno u otro grupo depende de las condiciones locales, especialmente del pH y del contenido de humedad”***(Jackson 1970, citado por Pereira *et al*, 2007).

Los tratamientos donde se encontraron menos plantas cloróticas fueron: N70DCAR, con 11.25 y 12.5% en las dos primeras evaluaciones y en las siguientes no se encontró evidencia de clorosis; los otros tratamientos donde se presentó clorosis fueron N100DCAR y N100D0, alcanzando 7.5% y 5% respectivamente, esto se presentó solamente en el primer recuento ya que no hubo más evidencia al finalizar la etapa de vivero.

Carbendazim al ser un inhibidor del crecimiento de hongos potencialmente pudo afectar la actividad de las micorrizas, lo cual pudo causar la clorosis observada en los tratamientos que incluyeron este producto. La aplicación del fertilizante 18-46-00 pudo contribuir a mejorar la condición de clorosis observada en las plantas afectadas. Según (Menge, *et al*, 1992 citados por Mendoza *et al*, 1987), enfatizan que aplicar fungicidas de manera libre sobre un sustrato, puede afectar a todo el complejo fúngico que prevalece en él, en este caso pudo afectar al complejo micorrícico.

Los tratamientos que no presentaron clorosis a lo largo del tiempo de evaluación fueron: N70D0, N100DTRI Y N70DTRI (Ver figura 1), debe destacarse que estos tratamientos no incluyeron ni el uso de cal, ni el uso de fungicidas, así pues no había efecto previsible ni sobre la acidez del suelo, ni sobre el contenido y disponibilidad de nutrientes.

El hecho que las plantas del tratamiento testigo (caso San Nicolás) no presentaron síntomas de clorosis deja en evidencia que el suelo natural presenta la condición de pH necesaria para que la planta se desarrolle sin evidencia de clorosis. Lo que refuerza la idea que la adición de cal y/o el uso de fungicidas contribuyen a cierto desequilibrio fisiológico o de nutrición que propicia el desarrollo de clorosis

En el tratamiento con *Trichoderma*, las plantas no presentaron síntomas de clorosis, por lo que se asume que este hongo es básicamente antagónico con cierto grupo de hongos fitopatógenos y no lo es con el complejo micorrícico.

Estudios demuestran el beneficio de la interacción de *Trichoderma sp* como controladores biológicos de patógenos del suelo. Según Sosa *et al*, (2005), hay determinadas especies empleadas en control biológico que pueden ser compatibles con las micorrizas y en consecuencia pueden ser aplicadas conjuntamente en el mismo inóculo, con la finalidad de incrementar el crecimiento vegetal en términos de rendimiento y sanidad. ***“Para el caso de Trichoderma sp., se ha demostrado que diferentes especies pueden mejorar el desarrollo del simbionte micorrícico y que esta interacción tiene influencia sobre el crecimiento de la planta hospedera.”*** (Calvet *et al*, 1993; Godeas *et al.*, 1999, citados por Sosa *et al*, 2005).

### **Suelo Macuelizo**

En la primera observación se encontró un 25% de plantas cloróticas en el tratamiento M100D0, disminuyendo hasta llegar a un 0% en la última observación. Esta clorosis pudo deberse a una pobre condición nutritiva y de calidad de suelo, lo cual pudo generar déficit nutricional y un pobre enraizamiento de plantas en un sustrato 100% suelo, ***“El sustrato utilizado en los viveros debe adaptarse de manera que permita una aireación y drenaje suficientes para el buen desarrollo del micelio fúngico (Honrubia et al., 1997, citados por Carrillo 2000:1), características que también son imprescindibles para un buen desarrollo de la planta (Peñuelas 1998, citado por Carrillo 2000).”***

Los tratamientos M70DCAL y M70DCAR, presentaron plantas clóricas con valores de 16.25% y 11.25% respectivamente, pero dicha clorosis disminuyó en ambos tratamientos al final de la evaluación. Siendo la Cal y el Carbendazim, productos que por su naturaleza inciden sobre la acidez del suelo y sobre los hongos presentes, se considera que pudieron afectar los procesos de disponibilidad de nutrientes y el desarrollo biológico de los hongos micorrizicos, dando como consecuencia síntomas de clorosis en las plantas *“Normalmente cuando se trata de controlar patógenos radicales, se utilizan fungicidas, sin que preocupe su acción sobre la flora micorrizigena. Algunos fungicidas reducen la presencia de la simbiosis: micorriza, vesículo-arbuscular (MVA) y otros no la afectan o la favorecen” (Menge., et al, 1992, citado por Mendoza et al, 1987).*

Otro factor que pudo incidir en este resultado es el hecho de haber aplicado cal en un suelo cuyo pH ya era alto 6.97.

Las plantas que no presentaron clorosis durante toda la evaluación fueron las del tratamiento M70D0 y las del tratamiento M70DTRI, apenas con 1.25% en la primera observación, desapareciendo la clorosis en las siguientes observaciones. Este mínimo de clorosis puede atribuirse a que el sustrato, al tener arena, tuvo una mejor condición de aireación, lo cual pudo favorecer el asocio de hongos micorrizicos con la planta.

En el caso del tratamiento con *Trichoderma*, se asume que la presencia de este hongo benéfico pudo contribuir a facilitar la adsorción de nutrientes por parte de las plantas. Así mismo, la reducción de clorosis también pudo haber estado influenciada por la fertilización general, aplicada a todas las plantas antes de la tercera observación, observando su efecto a partir de la cuarta observación y disminuyendo en el resto de observaciones (Ver figura 5).

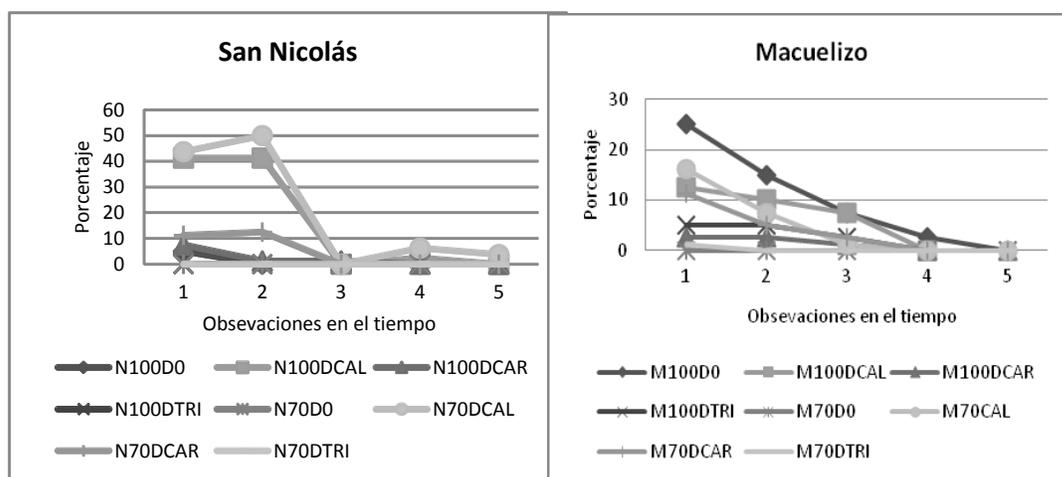


Figura 5. Porcentaje de plantas cloróticas por tratamiento durante el período de evaluación en el vivero, suelos San Nicolás y Macuelizo.

## 4.2 Supervivencia de plantas por tratamiento y suelo según localidad

### Suelo San Nicolás

Las plantas con mayor porcentaje de supervivencia fueron las del tratamiento N100DTRI, con un 98.75%, seguido por las plantas del tratamiento N100D0, con un 96.25% al inicio y 95% de supervivencia al final de la evaluación.

Las plantas con mayor mortalidad fueron las del tratamiento N100DCAR, con un rango de 22.5 hasta 30% durante la evaluación, seguido por las plantas del tratamiento N100DCAL, con un rango de mortalidad desde 13.75 hasta 20% y al final se considera al tratamiento N70DCAL, con un rango de mortalidad entre 6.25% hasta 16.25% en su última evaluación.

Los tratamientos con menor variación en la supervivencia de plantas durante el período de evaluación fueron: N70DCAR, con variación de supervivencia de 95 a 91.25%; N70DTRI, que varió de 95% a 91.25% y N70D0, con variación entre 96.25% y 92.5% de supervivencia al final de la evaluación (ver Figura 2).

*“La asociación micorrícica se establece entre las raíces de una planta y hongos específicos. La planta produce fotosintatos que comparte con los hongos, cubriendo sus demandas de carbono y los hongos contribuyen a incrementar la absorción de agua y minerales (especialmente fósforo) que pasan a la planta, brindando protección física a las raíces, induciendo la ramificación radicular y ofreciendo protección bioquímica contra patógenos del suelo. El resultado es el mejoramiento del prendimiento, de la tasa de crecimiento y de la supervivencia de las plantas, particularmente en hábitats adversos como los expuestos al estrés hídrico”* (Meyer 1973, Reid 1978, Duddridge *et al.* 1980, Harley y Smith 1983, Boyd *et al.* 1986, citado por Baltasar, 2007).

El hecho de que los tratamientos con mayor mortalidad de plantas implicaron la presencia de Cal y el fungicida Carbendazin nos permite reforzar la tesis que estos compuestos de alguna manera, afectaron el desarrollo normal de las plantas, ya que es posible se interfiriera con la acción de los hongos micorrícicos pues estos forman una asociación determinante en las plantas de pino para lograr una buena supervivencia y desarrollo.

## Suelo Macuelizo

En la primera observación las plantas con mayores porcentajes de sobrevivencia correspondieron a los tratamientos M70D0 con 100% y M100D0 con 96.25%; durante la segunda observación M70D0 bajó a 98.75% hasta llegar a 97.5% en la observación final; M100DTRI obtuvo 98.75% de sobrevivencia de plantas en la primera observación, disminuyendo hasta 95% al final; M70DTRI obtuvo un 98.75% de plantas vivas al inicio, disminuyendo a 96.25% hasta la fecha final.

Los tratamientos con mayor porcentaje de plantas muertas fueron: M100DCAL con 6.25% al inicio, finalizando con 22.5%; M70DCAL con 5% de mortalidad inicial, finalizando con un 20%; M100DCAR y M70DCAR con 8.75% al inicio, finalizando con 16.25% para ambos tratamientos (Ver figura 2).

El hecho que la mayor mortalidad de plantas se presentó en los tratamientos que involucraron Cal y Carbendazim, fortalece la tesis que estos productos actuaron sobre la calidad del suelo y generaron una condición negativa para el desarrollo de las plantas, posiblemente por crear condiciones que interfirieron con el buen desarrollo de los hongos; posterior al realizarse la aplicación del fertilizante 18-46-00 se observó alguna recuperación en la coloración de las plantas, no obstante en algunos casos fue tarde y no pudo evitarse la mortalidad observada. ***“La mayor sobrevivencia en campo de las plantas bien micorrizadas, respecto de las que no lo están, especialmente en condiciones difíciles, es otro factor que define la importancia de una adecuada micorrización en vivero”*** (Carrillo 2000).

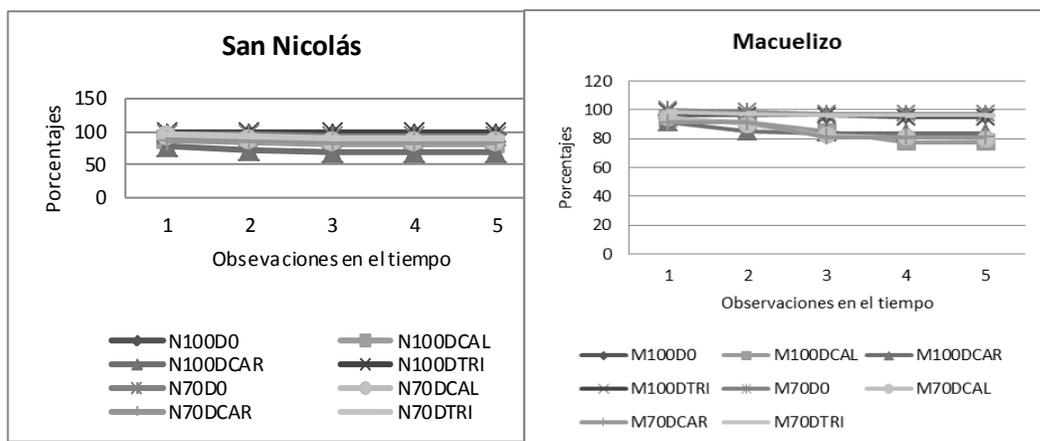


Figura 6. Porcentaje de sobrevivencia de plantas por tratamiento durante el período de evaluación en el vivero, suelos San Nicolás y Macuelizo.

### 4.3 Crecimiento en altura por tratamiento y suelo según localidad

#### Suelo San Nicolás

Según la tendencia del crecimiento en altura (ver figura 3), se observa que entre la primera y la segunda evaluación, las plantas no crecieron significativamente, alcanzándose los puntos de mayor altura a partir de la tercera y cuarta fecha de evaluación. Este incremento a nuestro juicio es atribuido a que previo a estas dos evaluaciones se realizó la fertilización, lo cual notoriamente favoreció el crecimiento de las plantas en altura.

Entre los tres tratamientos con plantas de mayor altura están: N70D0, con 23.48 cm, seguido por el tratamiento N70DTRI, con 21.88 cm de altura y finalmente el tratamiento N100D0 con 21.20 cm.

Los tratamientos que obtuvieron plantas con altura intermedia fueron: N100FTRI, con 18.91 cm de altura, seguido del tratamiento N70DCAR con 17.02 cm de altura y por último el tratamiento N100DCAR, con 15.77 cm.

Los tratamientos con plantas de menor altura fueron: N100DCAL y N70DCAL, en que éstas alcanzaron una altura promedio final de 14 y 14.41 cm respectivamente.

Asumiendo que en los tratamientos N100DTRI, N70DTRI, N100D0 Y N70D0, no hubo afectación en presencia y accionar de las micorrizas, éstas jugaron un papel muy importante en la nutrición de las plantas, permitiendo mayor asimilación y translocación de los nutrientes, lo cual se reflejó en el crecimiento en altura y follaje de las plantas en estos tratamientos. Sosa *et al*, (2005:44) enfatizan que las micorrizas constituyen una asociación multifuncional con las plantas, cuyos beneficios van más allá de los aspectos nutricionales. ***“Los beneficios de las micorrizas desde el punto de vista biológico, se derivan de su interacción con los diversos grupos de macro y microorganismos de la rizósfera, tal es el caso de aquellos que están implicados en el ciclaje de nutrientes como las bacterias fijadoras de nitrógeno y los microorganismos solubilizadores de fosfato”*** (Azcón y Barea, 1996; Kim *et al.*, 1998; Hodge, 2002, citados por Sosa *et al*, 2005).

En los tratamientos donde hubo desinfección con carbendazim y cal, en ambas combinaciones de sustratos, se observaron las menores alturas de las plantas. ***“Existe una estrecha relación entre suelo-hongo-planta, donde un desequilibrio o alteración en la composición físico-química del suelo puede afectar negativamente al eslabón más débil o dependiente, que sin dudas, es la planta”*** (Fernández, 2008).

La clorosis y la poca altura de las plantas, se modificaron considerablemente a raíz de la aplicación de fertilizantes, ya que *“La micorriza en sí, no es garantía de una incorporación de nutrientes a la planta anfitriona u hospedera, sino más bien, es un elemento natural que canaliza y cataliza la incorporación de nutrientes a la raíz, independientemente de la calidad del suelo en que se presenta.”* (Fernández, 2008).

### Suelo Macuelizo

Las plantas con mayores alturas corresponden a los tratamientos: M70DTRI con altura inicial de 5.57cm hasta 19.96 cm; M70D0 con altura inicial de 5.77 cm hasta 18.88 cm; M100DTRI con altura inicial de 5.46 cm hasta 17.19 cm y M100D0 con altura inicial de 5.62 cm hasta 17.93cm. Las plantas que alcanzaron alturas intermedias fueron las de los tratamientos M100DCAR con altura inicial de 5.41 cm hasta 16.19 cm, seguido por M70DCAR con altura inicial de 5.48 cm hasta 5.71 cm y las plantas con menor altura fueron las de los tratamientos: M70DCAL con altura inicial de 5.02 cm hasta 13.52 cm y M100DCAL con altura inicial de 5.02 cm hasta 10.14 cm (Ver figura 3).

Al igual que en el suelo San Nicolás, se observa similar comportamiento de las plantas en cuanto al crecimiento en altura, donde se destaca mayor crecimiento de plantas en los tratamientos en que hubo desinfección con *Trichoderma* y el que no tuvo desinfección. Por su parte, las plantas con menor altura fueron las de los tratamientos en que hubo desinfección con cal, atribuyendo siempre este resultado a un potencial efecto que tuvo este tratamiento de desinfección en la flora micorrícica de los sustratos.

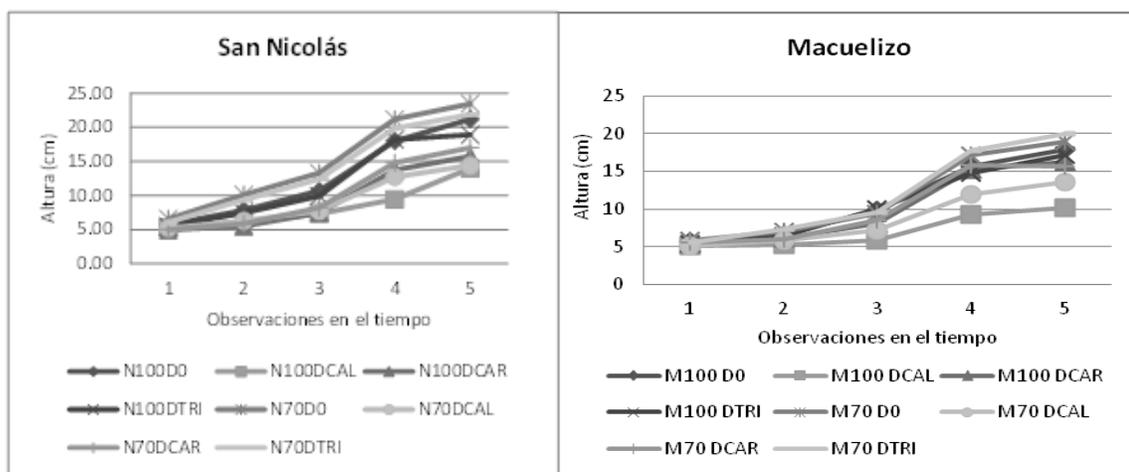


Figura 7. Tendencia del crecimiento en altura por tratamiento, suelos San Nicolás y Macuelizo.

#### **4.4 Crecimiento en diámetro por tratamiento y suelo según localidad**

##### **Suelo San Nicolás**

Las plantas del tratamiento N70D0, fueron las que presentaron mayor diámetro 3.6 mm; siendo, en este orden N70D0, N70DTRI y N100D0, N100DTRI los tratamientos que presentaron valores más altos, desde 3.6 hasta 2.8 mm.

Los tratamientos cuyas plantas presentaron los menores valores en diámetro fueron N100DCAL, N100DCAR, N70DCAL, N70DCAR, las cuales presentaron en promedio, un diámetro de 2 mm.

##### **Suelo Macuelizo**

Las plantas que alcanzaron mayores diámetros corresponden a aquellos tratamientos con desinfección con *Trichoderma* y sin desinfección para los dos tipos de sustratos, siendo el valor más alto el del tratamiento M70DTRI con 3.1 mm. Los valores más bajos se encontraron en las plantas cuyo tratamiento de desinfección fue la cal en ambos tipos de sustratos.

Según (Santiago *et al.*, 2007 y Rodríguez, 2008, citados por Hernández, 2012), señalan que las plantas con diámetro mayor a 5 mm soportan daños causados por animales e insectos y están mejor aisladas del calor en comparación con las de diámetro menor.

En las dos procedencias de suelo, los valores de diámetros en las plantas evaluadas son bajos y no alcanzan los valores propuestos, también (Mezal y Landis, 1990; citados por Soriano, 2001) quienes consideran un diámetro ideal de planta entre 5 y 6 mm; por otro lado en el caso de árboles producidos en contenedor se establece como diámetro ideal igual o mayor a 0.44 cm (Barnett, 1984, citado por Rodríguez, 2008).

En estudios realizados por Soriano (2011), se obtuvieron diámetros entre 3 y 4 mm en plantas de pino producidas en vivero, atribuyendo estos bajos valores a la corta edad en que se desechó el experimento por restricciones del tiempo.

Por los requerimientos mencionados por los autores, los diámetros de las plantas obtenidas en nuestro experimento presentan valores por debajo de los recomendados, por lo tanto serían más susceptibles a daños mecánicos.

#### **4.5 Índice de lignificación (IL), por tratamiento y suelo según localidad**

La lignina es una macromolécula de alto peso molecular, presente de un 25% a 31% en la madera de coníferas; 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 (Díaz-Vaz, 2003; citado por Orozco, 2010).

En la madera de árboles tropicales la cantidad de lignina es de 20 a 30% (Whetten *et al.*, 1998; Boudet, 1998 citados por Orozco *et al* 2010), mientras que en coníferas es de 25 a 30% (Panshin y De-Zeeuw, 1970; Higuchi, 1990 citados por Orozco *et al* 2010).

### **Suelo San Nicolás**

En las plantas evaluadas los tratamientos que obtuvieron mayor valor son N70D0 Y N70DTRI con 25.97% y 25.84% respectivamente.

Los demás tratamientos no llegan al 25% y el que más se aleja del valor ideal es el tratamiento N70DCAR con un índice de 22.84%.

### **Suelo Macuelizo**

Por lo descrito anteriormente, la mayoría de las plantas de los tratamientos están dentro del rango de aceptación por la explicación previa a los requerimientos, siendo las plantas del tratamiento M70D0 con 24.96%, las únicas que no alcanzaron el 25% referido en la bibliografía.

## **4.6 Relación parte aérea-parte radical, (RAR) por tratamiento y suelo según localidad**

### **Suelo San Nicolás**

El valor máximo de biomasa aérea seca para esta procedencia de suelo lo obtuvieron las plantas del tratamiento N70D0, con un peso promedio de 1.42 g/planta, mientras que el mínimo fue de 0.53 g/planta en el tratamiento N100DCAL.

Se observó que los tratamientos con mayores valores fueron: N70D0, N70DTRI, N100D0 Y N100DTRI, en orden decreciente y los que obtuvieron menores valores fueron: N100D0, N100DCAR, N70CAL, N70DCAR, con un intervalo entre 0.53 y 0.60 g.

Mientras tanto, los valores máximos de biomasa radical fueron obtenidos en los tratamientos N100D0, de 0.42 g/planta y N70D0 Y N70DTRI con 0.39 g/planta en ambos tratamientos.

En el caso del tratamiento N100D0, al ser un suelo puro proveniente de bosques de pino y no haber sido sujeto a desinfección, podría haber compensado la falta de aireación, con un mayor porcentaje micorrízico, el cual ayudó al crecimiento y desarrollo de las raíces.

Se asume que no ocurrió lo mismo con los tratamientos N100DCAR, N70DCAL, N70DCAR Y N100DCAL, cuyos valores estuvieron entre 0.16 a 0.18 g/planta, siendo éstos los más bajos y en los cuales por haber aplicado desinfección con cal y carbendazim, se presume que hubo afectación en las micorrizas que no dieron lugar a un mayor crecimiento y desarrollo de raíces.

La relación parte aérea/raíz se expresa con base en el peso seco de ambas partes y establece el balance entre el consumo de agua por el follaje y la capacidad de absorción por parte de la raíz; se recomienda que el cociente no sea mayor a 2.5 (Cano y Cenita 2004); según este índice, la mejor calidad de planta será la correspondiente a una menor parte aérea en relación con la raíz; de esta manera, según (May, 1984 y Pineda *et al*; 2004, citados por Soriano, 2011), se garantiza una mayor supervivencia en campo ya que se evita que la transpiración de la planta exceda a su absorción de agua. (Thompson, 1985, citado por Soriano, 2011) también recomienda una relación no mayor a 2.5; mientras que (Pardos, 1997; citado por Birchler, T. *et al*, 1998) por su parte proponen un valor de la relación menor de 2 para *Pinus halepenses*.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se observó que las plantas del tratamiento N100D0 obtuvieron una menor relación parte aérea-parte radical con un valor de 2.89; sin embargo, este valor es superior a los propuestos por los diferentes autores, lo que significa que no hay un adecuado balance entre las parte aérea y radical de la planta; esto se lo podemos atribuir a que las plantas evaluadas mostraron la presencia de rebrotes lo que se tradujo en una mayor producción de biomasa en la parte aérea, lo cual causó el desbalance entre ambas partes.

### **Suelo Macuelizo**

Las plantas que presentaron mayores valores en biomasa seca aérea corresponden al tratamiento, M70DTRI con un promedio de 1.17gr/planta, seguido por M100D0 con 0.96gr/planta y M70D0 con 0.95g/planta. Las plantas que presentaron valores promedios más bajos corresponden a los tratamientos M70DCAL con 0.62 g/planta y M100DCAL 0.46 g/planta.

Las plantas de los tratamientos que presentaron los mayores resultados en biomasa seca radical fueron: M70DTRI con 0.29 gr/planta, esto puede ser atribuido a que este tratamientos, cuyo sustrato es mezcla de tierra y arena, era menos compacto y hubo mayor aireación facilitando el desarrollo y nutrición de las raíces;

Otro tratamiento con promedios altos en biomasa seca radical fue: M70DCAL con 0.27 gr/planta. Las plantas que tuvieron los valores mas bajos fueron: M70DCAR con 0.24 gr/planta y M100DCAR con 0.23 gr/planta.

Las plantas que presentaron un mejor equilibrio entre la parte aérea y la parte radical fueron las de los tratamientos M70DCAL con 2.34 y M100DCAL con 2.16. Es observable que este último tratamiento aunque tuvo los menores promedios de crecimiento en las partes aérea como radical, obtuvo la mejor RAR, lo que demuestra que este índice no esta influenciado por valores mayores de crecimiento de las partes sino por el balance que existe entre ellas.

Los demás tratamientos obtuvieron valores mayores al 2.5 recomendado en la bibliografía, esto se atribuye a un aumento en la biomasa aérea, con respecto a la biomasa radical. Este aumento en la biomasa aérea fue por el desarrollo de numerosos rebrotes, probablemente en respuesta al estrés sufrido por las plantas por la constante manipulación cuando se levantaron los datos en la etapa de campo. Cuando una planta está sometida a condiciones significativamente diferentes de las óptimas para su vida, se dice que está sometida a estrés, de ahí que las especies o variedades difieren en sus requerimientos óptimos y por tanto en su susceptibilidad a un determinado estrés (Hsiao 1973 y Levitt 1980, Citados por Valladares *et al* (2004:165).

Esta respuesta al estrés en las plantas de *Pinus oocarpa*, ocasionó una deformación en las mismas. ***“El estrés biológico sería cualquier factor ambiental capaz de producir una deformación (strain) potencialmente nociva en un organismo”*** (Levitt 1980, citado por Valladares *et al* (2004). ***“La deformación o strain sería la extensión o compresión -respuesta al estrés- resultante de una tensión o estrés determinado al que está sometido una planta; la resistencia al estrés en una planta se podría definir como la tensión necesaria para producir una determinada deformación, y un valor que se suele utilizar como medida de resistencia al estrés es el DL50, o el punto donde se produce la muerte del 50% de los individuos”*** (Levitt 1980, citado por Valladares *et al* (2004). En este caso la producción excesiva de rebrotes puede ser indicador de esas deformaciones.

#### **4.7 Índice de esbeltez, (IE) por tratamiento y suelo según localidad**

La relación entre la altura y el diámetro de una planta permite evaluar su resistencia física durante las operaciones de plantación y su resistencia al efecto mecánico por el viento (Quiroz *et al*, 2009; citado por Soriano, 2011). (Cibian y Belo, 2000, Pineda *et al*, 2004; citados por Soriano, 2011), proponen un índice no mayor de seis, ya que los valores bajos están asociados con una mejor calidad de planta. Por su parte (Hun, 1990; citado por Soriano, 2011) considera que el valor de esbeltez debe ser menor o igual a ocho para que la planta esté equilibrada.

##### **Suelo San Nicolás**

De acuerdo al valor sugerido, el tratamiento N70D0 alcanzó 6.5, siendo el tratamiento con mejor índice, al contrario de los tratamientos N70DCAR y N100DCAL, con un índice de 8.31 y 8 respectivamente, excediendo a los valores deseados, por tanto las plantas de estos últimos tratamientos no están equilibradas en su altura con respecto al diámetro.

Otros tratamientos de valores adecuados fueron N100DTRI y N100D0 alcanzando valores de 6.7 y 6.83 respectivamente; los tratamientos con valores intermedios fueron: N70DTRI con 7.05, N70DCAL con 7.17 y finalmente el tratamiento N100DCAR con 7.81.

## **Suelo Macuelizo**

Los resultados obtenidos en las plantas para este suelo, fueron óptimos ya que sus índices alcanzaron valores entre 5.77 y 6.84, específicamente en los tratamientos M100DCAL y M70D0 respectivamente, por tanto se puede decir que existe un buen equilibrio de altura con respecto al diámetro de las mismas.

Los resultados obtenidos de las plantas de esta localidad están dentro del rango de aceptación propuesto por los autores; el índice en todos los tratamientos resultó menor que 8, siendo el valor más alto 6.84 para el tratamiento M70D0 y el más bajo 5.77 para el tratamiento M100DCAL. Con esto se puede decir que todas las plantas están equilibradas en su relación altura y diámetro.

### **4.8 Índice de calidad por tratamiento y suelo según localidad**

Este índice, propuesto por (Dixon, *et al.*, 1960 citado por Cano y Cenita 2004) se genera de mediciones que involucran biomasa, relación parte aérea/raíz, altura y diámetro. Valores altos se relacionan con una mejor calidad de planta. Thompson, 1985, (citado por Cano y Cenita 2004) refiere que en ensayos realizados con coníferas, este índice diferencia satisfactoriamente el potencial de supervivencia de plantas de diferentes tamaños y edades.

## **Suelo San Nicolás**

Las plantas con el mejor índice de calidad corresponden al tratamiento N70D0, con valor 1.46, al ser el tratamiento cuyas plantas están mayormente equilibradas en su relación parte aérea-parte radical y en su relación altura-diámetro, presentan un mayor desarrollo de raíz y en su totalidad. De igual manera, se observó que las plantas con menor calidad corresponden al tratamiento N100DCAL, con un valor de 0.55.

## **Suelo Macuelizo**

Las plantas de mejor calidad para este suelo se obtuvieron en el tratamiento M70DTRI con un índice 1.20, seguido por M100D0 con 0.98 y por último M70DTRI con 0.97. Por otro lado las plantas con un bajo índice de calidad fueron las del tratamiento M100DCAL con 0.30, seguido por M70DCAL con 0.66 siendo estas las plantas con menor calidad de todo el experimento.

### **4.9 Análisis estadístico de los resultados**

A manera de síntesis de los resultados se presentan en el cuadro 3 los datos globales por tratamiento para las variables evaluadas por cada procedencia de suelo que formó parte del estudio y en los cuadros 4 y 5 los principales resultados de las pruebas estadísticas, seguidos de la interpretación de los mismos.

Cuadro 3. Síntesis de la información de los promedios numéricos para todas las variables morfológicas evaluadas, por tratamiento y procedencia de suelo.

<b>Suelo San Nicolás</b>							
<b>Tratamientos</b>	<b>Plantas cloróticas (%)</b>	<b>Sobrevivencia (%)</b>	<b>Altura total (cm)</b>	<b>Relación parte aérea/radical</b>	<b>Índices</b>		
					<b>Índice de esbeltez</b>	<b>Índice de lignificación</b>	<b>Índice de calidad</b>
N100D0	0	95	21.20	2.89	6.83	24.88	1.26
N100DCAL	0	80	14.00	2.96	8	24.68	0.55
N100DCAR	0	70	15.77	3.46	7.81	23.39	0.58
N100DTRI	0	98.75	18.91	3.28	6.7	25.97	1.04
N70D0	0	92.5	23.48	3.62	6.5	23.41	1.46
N70DCAL	3.75	83.75	14.41	3.49	7.17	24.36	0.57
N70DCAR	0	85	17.02	3.67	8.31	22.84	0.61
N70DTRI	0	91.25	21.88	3.40	7.05	25.84	1.37
<b>Suelo Macuelizo</b>							
M100D0	0	96.25	17.93	3.74	6.73	26.42	0.98
M100DCAL	0	77.5	10.14	2.16	5.77	27.85	0.30
M100DCAR	0	83.75	16.19	3.72	6.40	25.83	0.88
M100DTRI	0	95	17.19	3.21	6.58	26.97	0.86
M70D0	0	97.5	18.88	3.79	6.84	24.96	0.97
M70DCAL	0	80	13.52	2.34	6.30	29.71	0.66
M70DCAR	0	81.25	15.71	3.47	6.32	25.36	0.84
M70DTRI	0	96.25	19.96	4.02	6.50	25.06	1.20

Cuadro 4. Análisis de varianza de variables morfológicas, en respuesta a los tratamientos, suelo San Nicolás.

<b>Variable</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>CV</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Altura	31	534.2289	8.0589	0.72	3.71	<0.001**
Dm	31	0.1830	0.0020	0.80	5.56	0.4260 ns
PSA	31	5.4701	0.0780	0.75	4.27	0.5392 ns
PSR	31	0.5401	0.0059	0.80	5.65	0.3552 ns
RAR	31	9.7517	0.2989	0.44	1.12	0.5868 ns
IE	31	2263.1438	44.0635	0.64	2.57	<0.001**
IL	31	74.3194	1.2594	0.69	3.15	<0.001**
IC	31	5.8311	0.07856	0.75	4.32	0.5306 ns

Dm: diámetro, PSA: peso seco aéreo, PSR: peso seco radical, RAR: relación parte aérea-radical, IE: índice de esbeltez, IL: índice de lignificación, IC: índice de calidad, \*\*Altamente significativo, ns: no significativo en ( $p>0.05$ )

El análisis de varianza mostró resultados altamente significativos ( $p<0.001$ ) en las variables altura, índice de esbeltez e índice de lignificación, por parte de los tratamientos, ejerciendo efecto sobre las plantas.

Según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), se determinó que hubo diferencia significativa entre las medias de las alturas según el factor sustrato, observándose que en los tratamientos N70D0 y N70DTRI, donde el sustrato fue 70% suelo y 30% arena, se registraron las mayores alturas a diferencia de los tratamientos donde el sustrato fue 100% suelo; comprueba que el sustrato influyó en el crecimiento en altura de las plantas. Esta misma prueba demostró que el factor desinfección no implicó mayor diferencia en el crecimiento en altura de las plantas entre todos los tratamientos.

El mismo análisis reflejó que no hubo efecto significativo ( $p>0.05$ ) por parte de los tratamientos sobre las variables diámetro, peso seco aéreo y radical, relación parte aérea parte radical (RAR) e índice de calidad, lo que puede atribuirse a los rebrotes que presentaron las plantas, que causaron el desbalance entre las partes aérea y radical, básicos para calcular el RAR e índice de calidad, aspectos antes mencionados cuando se describieron los resultados sobre estos índices.

Sin embargo, el análisis de correlación revela un alto efecto de la combinación de los factores sustrato y desinfección sobre las variables evaluadas.

Cuadro 5. Análisis de varianza de variables morfológicas, en respuesta a los tratamientos, suelo Macuelizo.

Variable	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	R <sup>2</sup>	CV	Pr>F
Altura	31	509.6435	10.3806	0.63	2.39	<0.05*
Dm	31	10.4654	0.2665	0.54	1.64	0.1646 ns
PSA	31	4.5301	0.1192	0.52	1.54	0.1962 ns
PSR	31	0.4339	0.0171	0.28	0.56	0.8552 ns
RAR	31	40.1337	1.3260	0.40	0.94	0.5331 ns
IE	31	19.4816	0.6376	0.41	0.97	0.5155 ns
IL	31	175.9336	6.6352	0.32	0.65	0.7791 ns
IC	31	4.7293	0.1272	0.51	1.48	0.2186 ns

Dm: diámetro, PSA: peso seco aéreo, PSR: peso seco radical, RAR: relación parte aérea-radical, IE: índice de esbeltez, IL: índice de lignificación, IC: índice de calidad, \*Significativo, \*\*Altamente significativo, ns: no significativo en ( $p>0.05$ )

El ANDEVA realizado para los tratamientos en este suelo, muestra que solamente la variable altura es afectada significativamente ( $p\leq 0.05$ ) por los tratamientos, pero el mismo análisis indica que hay correlación entre los factores combinados sustrato y desinfección con las variables altura, diámetro, peso seco aéreo e índice de calidad.

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) indica que no hubo diferencia significativa entre las medias de todas las variables por efecto del factor sustrato.

Sin embargo, para el factor desinfección sí hubo diferencia significativa entre las medias de las variables altura, diámetro, peso seco aéreo e índice de calidad, siendo las desinfecciones con carbendazim y cal los que mostraron menores resultados en tales variables. Para las otras variables peso seco radical, RAR, índice de esbeltez e índice de lignificación, no hubo diferencia significativa entre sus medias para este factor.

Al parecer los tratamientos no tuvieron efecto sobre el crecimiento de las plantas para este tipo de suelo, dado los niveles no significativos del ANDEVA y el índice de correlación que aun cuando fue mayor de 0.5, no llegó a más de 0.63, no así las diferencias entre las medias de las variables vinculadas con el factor desinfección.

Esta variación entre factores se podría atribuir al efecto inhibitorio que tuvo la desinfección con respecto a las micorrizas.

## V. CONCLUSIONES

### Suelo San Nicolás

- En ninguno de los dos tipos de sustratos utilizados se registró mortalidad por incidencia de enfermedades de suelo y para ambos sustratos las plantas con desinfección de suelos con *Trichoderma* mostraron los mayores porcentajes de sobrevivencia
- Los mayores porcentajes de plantas cloróticas se presentaron en los tratamientos que incluyeron desinfección de suelos con **Carbendazim o Cal**. En el caso del tratamiento N70D0 y desinfección con *Trichoderma* no se presentaron plantas cloróticas
- En tratamientos que incluyeron desinfección con **Carbendazim o Cal** se obtuvieron los menores porcentajes de sobrevivencia, menores alturas, menores índices de lignificación, menores diámetros del cuello de raíz y menores índices de calidad
- En las plantas del tratamiento N70D0 se observó: sobrevivencia 92,5%, mayor altura, mejor índice de lignificación, mejor diámetro de planta, mejor índice de esbeltez y mejor índice de calidad de planta respecto a las plantas de los otros tratamientos

### Suelo Macuelizo

- En ninguno de los dos tipos de sustratos utilizados se registró mortalidad por incidencia de enfermedades de suelo y las mayores sobrevivencias de plantas se presentaron en los tratamientos M70D0 con 97,5% y M100D0 con 96,25 %.
- El tratamiento M70D0 no presentó plantas cloróticas en ninguna de las evaluaciones, seguido del tratamiento M70DTRI que presentó 1.25 % plantas clóricas en la primera evaluación.
- En los tratamientos que incluyeron desinfección con **Carbendazim o Cal** se obtuvieron los menores porcentajes de sobrevivencia, menores alturas, menores diámetros del cuello de raíz y menores índices de calidad.
- En las plantas del tratamiento M70DTRI se observó: sobrevivencia 96,25%, mayor altura 19,96 cm, mejor diámetro de planta y mejor índice de calidad de planta respecto a las plantas de los otros tratamientos.

## VI. RECOMENDACIONES

Considerando que éste ha sido el primer experimento sobre vivero de pino que se tiene registrado y a partir de la experiencia y resultados obtenidos, es importante conducir nuevos estudios enfocados en aspectos particulares como:

- Realizar nuevas evaluaciones más específicas usando por evaluación un menor número de tratamientos, para tener un mejor enfoque y control de las variables en estudio.
- Prestar mayor atención a nuevas evaluaciones que tengan como base el sustrato 70% suelo/30% arena y la desinfección con *Trichoderma*, ya que ambos podrían ser la base para determinar la mejor mezcla, la mejor dosis y el mejor momento de desinfección de sustrato para un programa de manejo integrado de la producción de pino en vivero.
- Evitar la excesiva manipulación de las plantas en el vivero, ya que contribuye a causar estrés que propicia crecimientos anormales y deficiencia fisiológicas que pueden interferir con el normal desarrollo de las plantas.
- Con base en la tendencia de esta evaluación, se recomienda utilizar mezcla de sustrato 70% suelo-30% arena, ya que garantizan mayor sobrevivencia y calidad de plantas; sin embargo, es necesario seguir experimentando para precisar científicamente esta recomendación.
- Realizar análisis de suelos previo a su utilización, para tener conocimiento sobre su estado sanitario y nutricional y con base en ello, tomar las medidas necesarias para proteger a las plantas de posibles ataques de plagas y/o enfermedades y realizar las enmiendas nutricionales necesarias para producir plantas de calidad.

## VII.LITERATURA CITADA

- AMUNIC (Asociación de Municipios de Nicaragua). 1995. Revista San Fernando.
- Arrollo, T.** 1975. Control biológico del ojo de gallo en el café causado por *Mycena citricolor* (Berk & Curt) Sacc. En época seca. Universidad de Costa Rica. 65 p.
- Barpen (calidad a tiempo, todo el tiempo).** 2004. Ficha técnica Kendazim 500 SC y 50 WP (en línea). Información técnica de productos Barpen. 8:1-7. Consultado 18 de septiembre de 2013. Disponible en [http://www.bam.com.co/admin\\_internas/fichas/BARPEN/A/AGRIFOS%20400%20SL.pdf](http://www.bam.com.co/admin_internas/fichas/BARPEN/A/AGRIFOS%20400%20SL.pdf)
- Baltasar, D.; Barroetaveña, C.; Rajchenberg, M.** 2007. Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en la etapa de vivero. BOSQUE. 28(3):226-233.
- Birchler, T.; Rose, R.W.; Royo, A.; Pardos, M.** 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sis. Recur. For. 7(1 y 2).
- Cano, A.; Cenita V.** 2004. Calidad de planta en vivero y prácticas que influyen en su producción. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) Folleto Técnico Núm. 12. Coahuila- México. 24 p.
- Carrillo, C.** 2000. Técnicas de micorrización en vivero con hongos ectomicorrícicos. Experiencias realizadas en el Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”. Tercer Curso Avanzado de Viveros y Producción de Planta Forestal. Ministerio del Medio Ambiente, Guadalajara-España 19 p.
- Cecilia, R.** 2011. ¿Qué es la clorosis? (en línea). Consultado el 03 de octubre de 2013. Disponible en: <http://organicsa.net/%C2%BFque-es-la-clorosis.html>
- Fernández, R.** 2008. Las micorrizas: desenterrando un tesoro. Agricultura Orgánica. N°1:22-25.
- Hernández, R.** 2012. “Evaluación del crecimiento en plantas en el vivero de la Universidad de la Sierra Juárez”. Tesis. Ing. Ixtlán de Juárez, Oaxaca. UNSIJ. 110 p.
- Legaz, F; Primo, E.** Norman para la fertilización de los Agrios. Instituto valenciano de investigaciones Agrarias. N° 5:88.
- Mendoza, I.; Sánchez, M.; Sieverding, E.** 1987. Efecto de algunos fungicidas sobre la interacción *Rhizoctonia solani* Kuhn-Micorriza vesícula arbuscular en soya, *Glycine max* Merril. Acta Agron. 37(3): 18-33.

**Orozco, G.; Muños, J.; Villaseñor, F.; Rueda, A.; Sigala, J.; Prieto, J.** 2010. Diagnóstico de calidad de plantas en los viveros forestales del estado de Colima. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. No 1.

**Pereira, G.; Herrera, J.; Machuca, A.; Sánchez, M.** 2007. El efecto del pH sobre el crecimiento *in vitro* de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. BOSQUE. 28(3):215-219.

**Rodríguez, D.** 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-prensa México. P. 156

**Sosa, T.; Sánchez, J.; Morales, E.; Cruz, F.** 2005. Interacción micorrizas arbusculares-*Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). Acta biológica colombiana. 11(1):43-54.

**Soriano, G.** 2011. Efecto de fertilización de N, P y K en la calidad de planta de *Pinus patula* y *P. devoniana* en vivero. Tesis M.Sc. Montecillo, MX, Institución de Enseñanza e Investigaciones en Ciencias Agrícolas.72 p.

**Valladares, F.; Vilagrosa, A.; Peñuelas, J.; Ogaya, R.; Camarero, J.; Corcuera, L.; Siso, S.; Gil-Pelegrín, E.** 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. Ecología del bosque mediterráneo. 163-190.