



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y  
DEL AMBIENTE**

**Trabajo de Graduación**

**Evaluación del incremento y productividad en plantaciones de *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus caribaea* Morelet var. *hodurensis*, en la finca San Nicolás, Municipio de San Fernando, Nueva Segovia, Nicaragua.**

**AUTORAS**

**Bra: Nohemí Margarita Espinoza Silva  
Bra: Madelin del Carmen Rodríguez Mendoza**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. Lucía Romero  
Ing. Andrés López**

**Managua, Nicaragua  
Noviembre, 2010**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>ii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>III MATERIALES Y METODOS</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Descripción general del área de estudio</b>	<b>3</b>
<b>3.2 Proceso metodológico</b>	<b>6</b>
3.2.1 Reconocimiento del área y georeferenciación de parcelas permanentes de medición	6
3.2.2 Toma de datos de campo	6
3.2.3 Procesamiento y análisis de datos	7
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Crecimiento y porcentaje de crecimiento entre años</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Incremento Corriente Anual (ICA)</b>	<b>12</b>
<b>4.3 Incremento Medio Anual (IMA)</b>	<b>14</b>
<b>4.4 Índices de sitio por especies y productividad de los rodales</b>	<b>16</b>
<b>4.5 Consideraciones silviculturales para los rodales</b>	<b>18</b>
<b>V CONCLUSIONES</b>	<b>20</b>
<b>VI RECOMENDACIONES</b>	<b>20</b>
<b>VII LITERATURA CITADA</b>	<b>21</b>
<b>VIII ANEXOS</b>	<b>23</b>

## DEDICATORIA

A **Dios** sobre todas las cosas por darme la vida, salud, fortaleza, conocimientos y por haberme ayudado en los momentos más difíciles en el transcurso de mi carrera.

A mis padres **Porfirio Rodríguez Meza** y **Miriam Roque Mendoza** porque de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional y su confianza para culminar mis estudios.

A mis abuelitos maternos **Cándida Natalia Mendoza Lanuza** y **Mario Roque Lara** porque en todo momento obtuve su apoyo y comprensión. A mis tíos **Mario Daniel, Carolina, Cony, Socorro** y **Yohana Roque Mendoza**, porque siempre me apoyaron.

A mis amigos, por compartir su amistad y alegría y porque siempre estuvieron en los momentos difíciles.

### **Bra. Madelin del Carmen Rodríguez Mendoza**

Le dedico nuestro trabajo investigativo principalmente a **Dios** por llenarme de salud, fuerza, perseverancia y sabiduría.

A mis padres **Israel Ezequiel Espinoza Dávila** y **Reyna Silva Mejía** por brindarme su apoyo incondicional, comprensión, confianza y amor.

A mi esposo **Roberto José Castillo Aguirre** por brindarme apoyo y comprensión en los últimos años de mi carrera.

A mis amigos por brindarme tan gratos momentos y credibilidad en la amistad, por su apoyo y solidaridad.

A los docentes que hicieron posible mi formación profesional en toda el transcurso de mi vida académica.

*Todo lo puedo en Cristo que me fortalece  
Filipenses 4:3*

**Bra. Nohemí Margarita Espinoza Silva**

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** todo poderoso por darme la vida, salud fortaleza y sabiduría para la culminación de mis estudios universitarios.

A mis padres **Porfirio Rodríguez Meza** y **Miriam Roque Mendoza** por que estuvieron junto a mí brindándome su apoyo moral, espiritual y económico, por darme consejos y alentándome a seguir adelante.

A nuestros asesores **Ing. M. Sc. Lucía Romero** e **Ing. Andrés López**, por brindarnos confianza y darnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo de investigación.

A la **familia Centeno** por haber facilitado la realización de este trabajo, mediante su plena colaboración y asistencia.

Al Lic. Miguel Garmendia, por brindarnos apoyo en la fase de análisis de datos de nuestro trabajo de investigación.

**Bra. Madelin del Carmen Rodríguez Mendoza**

Agradezco a **Dios** sobre todas las cosas y en todo momento.

A los propietarios de la finca San Nicolás, **familia Espinoza Centeno** por brindarnos el espacio para la realización nuestro trabajo de investigación.

Agradezco a mis asesores **Ing. M. Sc. Lucía Romero** e **Ing. Andrés López** por colaborar en el proceso y realización de este proyecto, con sus conocimientos y experiencia, con gran profesionalismo y ética.

**Bra. Nohemí Margarita Espinoza Silva**

<b>CUADRO</b>	<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>PÁGINA</b>
1.	Información de rodales, parcelas y árboles en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua, 2009.	5
2.	Incremento Corriente Anual (2008-2009) en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.	13
3.	Incremento Medio Anual en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.	15
4.	Comparación del incremento medio anual en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> en dos regiones de Nicaragua.	16
5.	Clasificación de clases de sitio en plantaciones forestales.	16
6.	Índices de sitio por rodal, en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2009).	17
7.	Productividad de rodales en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua. (2009).	17

<b>FIGURA</b>	<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
1.	Ubicación de la finca San Nicolás en el departamento de Nueva Segovia.	3
2.	Mapa de ubicación de rodales y plantaciones de pino en la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.	5
3.	Crecimiento en diámetro en dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).	10
4.	Crecimiento en diámetro en dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).	10
5.	Crecimiento en altura en dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).	11
6.	Porcentaje de crecimiento en altura entre dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).	11

**ANEXO****ÍNDICE DE ANEXOS****PÁGINA**

1. Hoja de campo

23

## RESUMEN

El estudio se realizó en la finca San Nicolás, municipio de San Fernando, Nueva Segovia, con el fin de evaluar el crecimiento y productividad de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* y *Pinus oocarpa* Schiede, establecidas entre los años 1996 - 1998. La evaluación fue realizada mediante la medición de árboles en parcelas permanentes de muestreo, en cuatro rodales. Se hicieron dos mediciones, una en el año 2008 y otra en el año 2009, tomando datos de diámetro y altura. Para el análisis se utilizó el programa Excel en una base de datos con edad de los rodales, diámetro y altura por cada árbol. Se calcularon volumen con un factor de forma de 0.43, incremento corriente anual (ICA) de diámetro, altura y volumen; incremento medio anual (IMA) de diámetro, altura y volumen. Se utilizó el programa INFOSTAT-2009, para determinar diferencias entre incremento en diámetro, altura y volumen entre los dos años de evaluación y entre las parcelas y rodales. Se determinó índice de sitio utilizando el programa Manejo de Información de los Recursos Arbóreos (MIRASILV-9, versión 3.2), que facilita la evaluación de plantaciones y analiza la dinámica de los árboles que conforman las parcelas, obteniendo resultados de calidad de índice de sitio a una edad base de 15 años. El ICA en diámetro para las dos especies oscila entre 0.81 y 1.25 cm; en altura oscila entre 1.04 y 2.09 m y en volumen oscila entre 0.023 y 0.044 m<sup>3</sup>. El IMA en diámetro oscila entre 1.19 y 1.85 cm; en altura oscila entre 1.06 y 1.28 m y en volumen oscila entre 0.011 y 0.019 m<sup>3</sup>. En los cuatro rodales el índice de sitio se encuentra en un rango entre 17 y 22 m. La mayor productividad en área basal lo obtuvieron los rodales I y V, con 0.2521 y 0.1233 m<sup>2</sup>/ha/año respectivamente, así como la mayor productividad en volumen lo obtuvo el rodal I con 1.551 m<sup>3</sup>/ha/año. Se justifica que esta mayor productividad en esta parcela se debe a que en ella se implementaron tratamientos silviculturales.

## ABSTRACT

Study was carried out at San Nicolás farm, San Fernando's municipality, Nueva Segovia. The purpose is to evaluate growing and productivity of plantations of *pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* and *pinus oocarpa* Schiede, established between 1996 - 1998. Evaluation was taken through measurement of trees, in permanent sample plots at four sites (rodals). Two measurements were made. First one at 2008 and another one at 2009. Taking diameter data and height. For analyzing, computer program Excel was used. In a data base with rodal's age diameter and height by each tree, were calculated volume with a form factor of 0.43 current annual increment (CAI) diameter, height and volume. Average annual increase (AAI), diameter, height and volume. It was used INFOSTAT program - 2009, to determine difference among increment on diameter, height and volume among two years of evaluation between plots and rodals. It was determined of place index, using a program called: Information Management Tree Resources (IMTR V-9. Version 3.2), which facilitates assessment of plantations and analyze trees dynamic, that conform plots obtaining results of quality of place index to a base age of its years. CAI obtained in diameter for both species oscillate between 0.81 and 1.25 cm in height between 1.04 and 2.09 m, and volume between 0.023 and 0.044 m<sup>3</sup>. AAI in diameter oscillate between 1.19 and 1.85 cm height between 0.011 and 0.019 m<sup>3</sup>. In four rodals of place index is in a range among 17 and 22m. Higher productive growths in basal area got it rodal I and V with 0.2521 and 0.1233 m<sup>2</sup>/ha/year respectively as well as higher productivity so as higher productivity in volume, was obtained by rodal I with 1.511 m<sup>3</sup>/ha/year. It justifies this higher productivity in this plot is because in this one silvicultural treatments were implemented.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de pinos de Nicaragua están ubicados mayoritariamente en el noreste de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), en el norte en los departamentos de Nueva Segovia, Estelí, Madriz y en la región central en Jinotega y Matagalpa.

Los pinares de Nueva Segovia han sido diezmados por el descortezador *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, donde se registra, que producto del último ataque entre 1999 y 2001, de una cobertura inicial de 1,370 km<sup>2</sup>, equivalente al 43.7% del territorio departamental y al 2.4% de la cobertura forestal nacional, ésta disminuyó significativamente en alrededor de 32,000 ha (INTECFOR/INAFOR, 2003). Ante esta problemática se han impulsado medidas mitigables como son la integración de proyectos de repoblación forestal.

Los pinos son especies con gran potencial para la reforestación y para el establecimiento de plantaciones con fines industriales, no solamente para la producción de madera, sino también para la producción de semillas por su alto valor genético, además de la producción de resina, protección del suelo, conservación de fauna, entre otros atributos.

En la finca San Nicolás, municipio de San Fernando perteneciente al territorio de Nueva Segovia, por iniciativa de sus propietarios, se han promovido las plantaciones forestales, estableciendo, en su mayoría, las especies *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* y en menor cuantía *Pinus oocarpa* Schiede, especies de gran potencial en la industria maderera. La primera no se encuentra abundantemente de manera natural en la zona.

Estas plantaciones, además de ser utilizadas en el futuro para el aprovechamiento maderable, serán destinadas también en parte, como fuentes de semilla, fuente de información científica, adicional al valor ambiental que por sí solas ellas representan.

Por lo antes mencionado, se dio la necesidad de hacer un estudio para evaluar el crecimiento de estas plantaciones en las condiciones de la finca y determinar el comportamiento de su estructura vertical y horizontal, evaluando su crecimiento e incremento a través de mediciones periódicas en parcelas permanentes de muestreo.

Los resultados demostrarán si el establecimiento de las plantaciones, particularmente las de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* en el área efectiva de estudio garantiza rentabilidad mediante la interrogante ¿El desarrollo es óptimo para la producción de madera de alta calidad?

## II. OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

Evaluar el crecimiento y productividad de plantaciones de pino, en la finca San Nicolás, municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar el Incremento Corriente Anual y el Incremento Medio Anual en las plantaciones de pino estudiadas.
2. Determinar índices de sitio y productividad para las especies de pino y rodales estudiados.
3. Proponer posibles tratamientos a los rodales, con base en los datos de crecimiento y su estado silvicultural.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción general del área de estudio

##### a) Localización

El municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia, se encuentra a 245 km de Managua, limita al norte con Honduras, al sur con el municipio de Ciudad Antigua, al este con los municipios de Jalapa y El Júcaro y al oeste con el municipio de Mozonte, en las coordenadas 13° 40' latitud norte y 86°19' longitud oeste (MECD, 2005).

La finca San Nicolás se localiza a 5 km de la comarca Santa Clara, municipio de San Fernando, 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 (figura 1). El área total es de 188.86 ha, de las cuales, 42.1 ha están sujetas a plan de manejo (Vílchez y Lazo, 2007, citados por Ballespi, 2008).

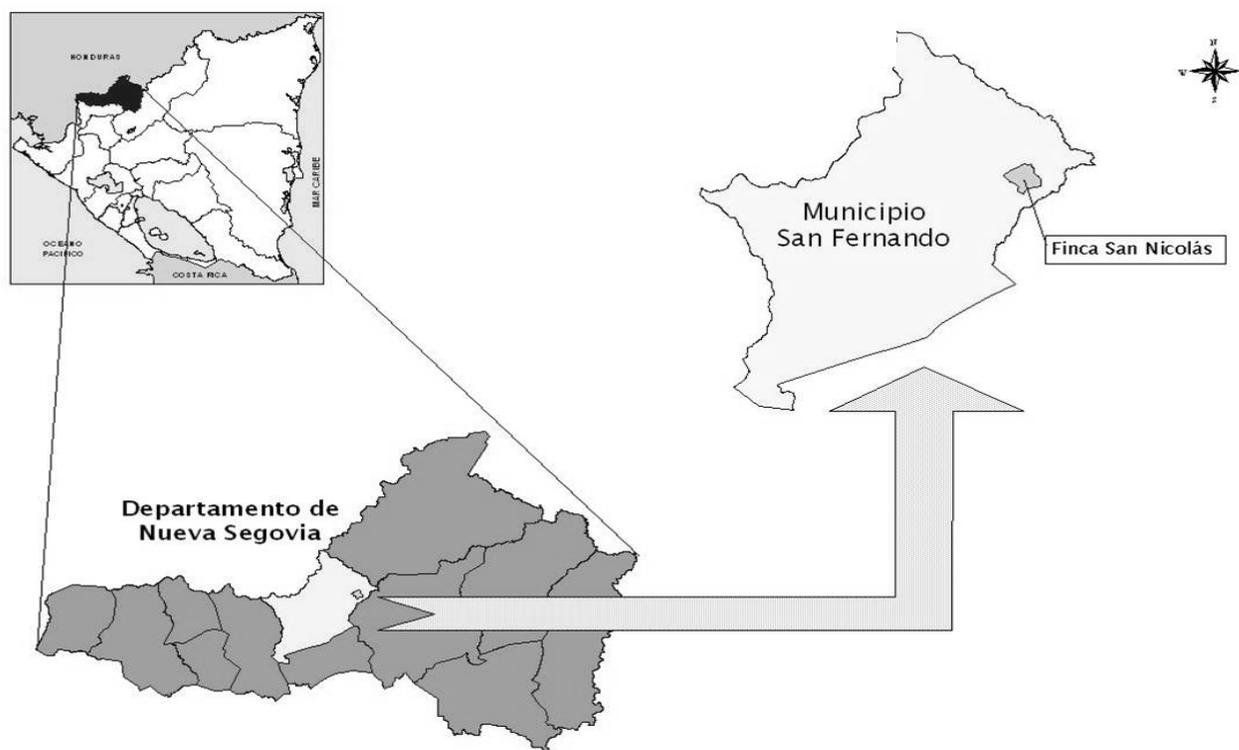


Figura 1. Ubicación de la finca San Nicolás en el departamento de Nueva Segovia. (Fuente: Base de datos geográficas de INETER de los municipios y departamentos, 2000.)

## ***b) Características biofísicas***

*Clima:* El clima es de sabana tropical, con temperatura promedio entre 23° y 24°C, precipitación pluvial media anual de 1,347 mm, normalmente llueve entre los meses de mayo y diciembre (MECD, 2005).

*Suelo:* En su mayoría, los que predominan son suelos arenosos y ácidos. A esto se debe la presencia del bosque de pino (MECD, 2005).

*Vegetación:* La vegetación predominante es el bosque de pino, el cual también está asociado con diferentes especies como: Guayaba (*Psidium guajava*), Nance (*Byrsonima crassifolia*), Carbón (*Acacia pennatula*), Jagua (*Genipa americana*), Jiñocuabo (*Bursera simaruba*), Cortez (*Tabebuia crhysantha*), Mango (*Mangifera indica*), Helequeme (*Eyihtrina poeppigiana*), Limón (*Citrus aurantium*), Quebracho (*Lysiloma sp*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*) y Acetuno (*Simarouba glauca*) (Ballespi, 2008).

*Accesibilidad:* La zona presenta fácil acceso en todo el año dado que se cuenta con una red de camino amplia, previendo cualquier dificultad en la época lluviosa. La finca está ubicada a la orilla de la carretera Ocotál-Jalapa, en el kilómetro 266 (MECD, 2005).

## ***c) Antecedentes de la plantación (Ampié, 2000)***

Entre 1996 y 1998, en la finca San Nicolás se establecieron plantaciones con las especies *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht en cinco rodales (figura 2).

El rodal I, con un área de 1 hectárea, fue plantado con la especie *Pinus caribaea*. La procedencia de la semilla es Alamikamba; la fecha de establecimiento es agosto 1996. Su referencia de localización dentro de la finca es contiguo a la carretera Ocotál-Jalapa.

El rodal II, con un área de 6 hectáreas, fue plantado con la especie *Pinus caribaea*. La procedencia de la semilla es San Nicolás, Nueva Segovia, su establecimiento fue en julio de 1998. Su referencia de localización en la finca es en dirección al arenal cerca del árbol de Ceiba.

El rodal IV, con un área de 2.4 hectáreas, fue plantado con la especie *Pinus oocarpa*. La procedencia de la semilla es Daraylí, Condega, su establecimiento fue en septiembre de 1996. Su referencia de ubicación es en dirección a la trocha que va a las áreas de bosque natural.

El rodal V, con un área de 1.5 hectáreas, fue plantado con la especie *Pinus caribaea*. La procedencia de la semilla es San Nicolás, Nueva Segovia. La fecha de establecimiento es julio de 1997. Su referencia de ubicación es en dirección a la trocha, contiguo al rodal IV.

El que habría sido el rodal III tuvo una mortalidad del 100% de plantas, por lo tanto no se registró ninguna información y el área fue destinada para cultivo, por lo cual no se menciona más en este estudio.

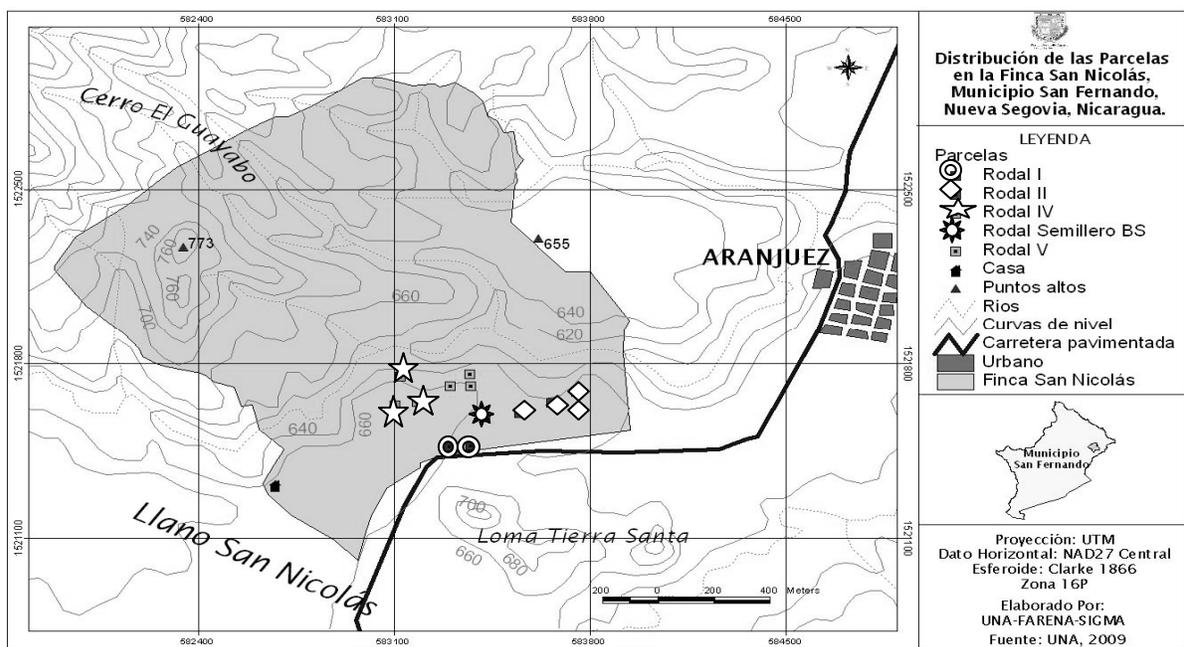


Figura 2. Mapa de ubicación de rodales y plantaciones de pino en la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.

En cada rodal, proporcional con su área (cuadro 1), se estableció un número variable de parcelas permanentes de medición y en cada una se seleccionó un número variable de árboles a evaluar. Esta variación en número de parcelas y número de árboles, fue a criterio del dueño la finca, según el tamaño de los rodales. La distancia entre árboles fue de 2m x 2m.

Los árboles a evaluar se marcaron con un anillo alrededor del fuste, utilizando pintura blanca, a una altura aproximada de 1 m y se les colocó una ficha de aluminio que tenía grabado un número indicando la identificación designada para cada uno de ellos.

Cuadro 1. Información de rodales, parcelas y árboles en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua, 2009.

N° rodal	Edad (años)	Área (ha)	N° de parcelas	Total de árboles/parcela	Coordenadas UTM de las parcelas (zona 16P)
<b>I</b>	12.9	1	1	21	583299E y 1521420N
			2	17	583375E y 1521424N
<b>II</b>	11	6	1	17	583550E y 1521598N
			2	35	583664E y 1521641N
			3	35	583751E y 1521615N
			4	27	583763E y 1521615N
<b>IV</b>	12.8	2.4	1	58	583182E y 1521644N
			2	53	583103E y 1521630N
			3	36	583124E y 1521745N
<b>V</b>	12	1.5	1	49	183302E y 1521708N
			2	33	583370E y 1521755N
			3	36	583375E y 1521709N
<b>Total</b>		<b>10.9</b>	<b>12</b>	<b>417</b>	

## **3.2. Proceso metodológico**

Este estudio comprende la información recopilada en la plantación entre los años 2008 y 2009, durante los cuales se realizaron, entre otras actividades, mediciones de diámetro y altura en los árboles seleccionados por cada parcela.

### **3.2.1. Reconocimiento del área y georeferenciación de parcelas permanentes de medición**

Mediante un recorrido del área se observaron las características generales de la finca y de la plantación, ubicando los rodales y la distribución espacial de cada parcela permanente de medición dentro de ellos.

La georeferenciación de parcelas permanentes de medición se hizo utilizando un receptor GPS en cada uno de los rodales, con la finalidad de plasmar en un mapa los límites de la finca, la división de rodales y la localización espacial de cada parcela.

### **3.2.2. Toma de datos**

En esta fase se realizaron las siguientes actividades:

#### ***a) Levantamiento de datos dasométricos.***

En los dos años referidos, en cada árbol seleccionado, en las 12 parcelas, se midió el diámetro a una altura de 1.3 m, utilizando cinta diamétrica y la altura total, desde la base del árbol hasta su ápice, usando la pistola Haga.

#### ***b) Observaciones cualitativas***

Simultáneo con las mediciones dasométricas se hicieron observaciones cualitativas en el entorno donde se desarrollan los árboles, con el fin de hacer una valoración de las condiciones que pueden o no influir en su crecimiento y desarrollo. Así mismo se realizaron observaciones sobre el estado silvicultural, como calidad de fuste, calidad de copa, tendencia de crecimiento, con la finalidad y / objetivo de determinar los probables tratamientos silvícolas.

Según POSAF II/MARENA, (2005) los tratamientos silviculturales pueden definirse como la medicina que se aplica a los rodales para incrementar su desarrollo. Para determinar si un rodal necesita uno o varios tratamientos, será necesario basarse en normas, en técnicas, en la experiencia del técnico, en las observaciones que hizo durante el inventario y en los siguientes parámetros promedio del rodal:

- Índice de sitio
- Crecimiento en volumen ( $m^3/ha/año$ )
- Crecimiento en área basal ( $m^2/ha/año$ )).

Previo a la toma de datos, se elaboraron hojas de registro para coleccionar la información (Anexo 1).

### 3.2.3. Procesamiento y análisis de datos

#### a) *Elaboración de base de datos y su procesamiento en EXCEL*

Los datos de los rodales, número de parcelas, su edad, junto con los datos de diámetro, altura y factor de forma para cada árbol medido, se ingresaron en una tabla de cálculo de EXCEL para disponer de la base de datos original para su procesamiento.

#### b) *Cálculo de volúmenes*

Con los datos de diámetro se hicieron los cálculos de área basal ( $m^2$ ), para posteriormente, con los datos de altura y factor de forma, calcular el volumen ( $m^3$ ) para cada árbol, parcela y rodal. El factor de forma utilizado fue 0.43.

El factor de forma establecido para las especies de pino en pie, a una altura comercial, es de 0.47 (INAFOR, 2004), pero como en este estudio se utilizó la altura total, el factor utilizado fue menor (0.43) (POSAF II/ MARENA, 2006).

Las fórmulas introducidas al programa fueron las siguientes:

Área basal

$$AB = (0.7854) * (D)^2$$

AB: área basal ( $m^2$ )

D: diámetro normal (cm)

Volumen

$$\text{Volumen} = AB * H * ff$$

AB: Área basal ( $m^2$ )

ff: factor de forma (0.43)

H: altura (m)

#### c) *Cálculo de Incremento Corriente Anual (ICA) y porcentaje de crecimiento*

Con las mediciones del crecimiento de diámetro y altura y los volúmenes calculados, en los dos años de evaluación, se hicieron los cálculos de ICA a cada árbol por cada una de las variables referidas. Estos cálculos estuvieron basados en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$(ICA) = \text{Medición 2009} - \text{Medición 2008}$$

Para el cálculo de porcentaje de crecimiento se utilizó una regla de tres, incluyendo el ICA registrado entre los dos años, sobre el crecimiento del año 2008, por cien.

$$\% \text{ de crecimiento} = \frac{ICA * 100\%}{\text{crecimiento 2008}}$$

#### ***d) Cálculo de Incremento Medio Anual (IMA)***

Con la medición del crecimiento de diámetro y altura y el volumen calculado en el año 2009, se hizo el cálculo del IMA a cada árbol por cada una de las variables referidas. Este cálculo estuvo basado en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{IMA} = \frac{\text{Crecimiento 2009}}{\text{Edad del árbol}}$$

Para hacer los cálculos de ICA e IMA por parcela y rodal se utilizaron los datos promedio de diámetro, altura y volumen de todos sus árboles.

#### ***e) Determinación de índices de sitio y productividad de rodales***

Para obtener los índices de sitios y la productividad de los rodales se utilizó el programa de cómputo “Manejo de Información de los Recursos Arbóreos” (MIRASILV-9. versión 3.2) (CATIE-INFOA, 2009), el cual facilita la evaluación de plantaciones y a través de la aplicación del sistema se analiza la dinámica de los árboles, por parcelas y por rodal.

La metodología que propone MIRASIL V-9 es el ingreso en el software de las variables altura y edad, además se incluyen fecha de medición y número de árboles por parcela, a partir de las cuales se obtienen resultados tales como: altura dominante, altura total promedio e índice de sitio a una edad base de 15 años.

Con el mismo programa MIRASILV se obtuvo el tamaño de las parcelas, determinado por el número de árboles y la distancia entre ellos (2m x 2m).

Con los datos de área basal (m<sup>2</sup>) y volumen (m<sup>3</sup>) obtenidos anteriormente para el año 2009 y el tamaño de las parcelas obtenidas del programa, se realizaron los cálculos de productividad de los rodales, aplicando las siguientes fórmulas:

1. Área de muestreo (AM)  $AM = CP * TP$  (ha)

CP: Número de parcelas

TP: Tamaño de la parcela (ha)

2. Área basal por hectárea

$$AB/ha = \frac{\text{Área basal total}}{AM}$$

3. Volumen por hectárea

$$VOL/ha = \frac{\text{Volumen total}}{AM}$$

4. Área basal por hectárea por años

$$AB/ha/año = \frac{AB/ha}{\text{Edad (años)}}$$

5. Volumen por hectárea por años

$$VOL/ha/años = \frac{Vol/ha}{\text{Edad (años)}}$$

### *f) Análisis estadístico de los datos*

El procesamiento estadístico, se realizó a través del análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias por pruebas de rangos múltiples de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para determinar diferencias significativas entre incrementos en diámetro, altura y volumen, entre los dos años de evaluación, entre parcelas y rodales, de acuerdo al criterio de Duncan. Para tal efecto se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2009 (Universidad Nacional de Córdoba, 2009).

La metodología que propone INFOSTAT versión 2009, es el ingreso de variables dasométricas en el software tales como altura (m), diámetro (cm) y volumen ( $m^3$ ), cantidad de parcelas, cantidad de rodales y años de evaluación, a partir de las cuales se obtiene el grado de significancia del incremento en diámetro, altura y volumen, entre años, parcelas y rodales.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Crecimiento y porcentaje de crecimiento entre años

#### a) Diámetro

Al comparar las mediciones de los dos años, a nivel de todos los rodales, se encontró que el crecimiento en diámetro fue significativo (f: 9.84,  $p < 0.0018$ ), igualmente fue significativo entre los rodales (f: 37.23,  $p < 0.0001$ ), sin embargo, no fue significativo a nivel de parcelas (f: 2.27,  $p > 0.0793$ ) (figura 3).

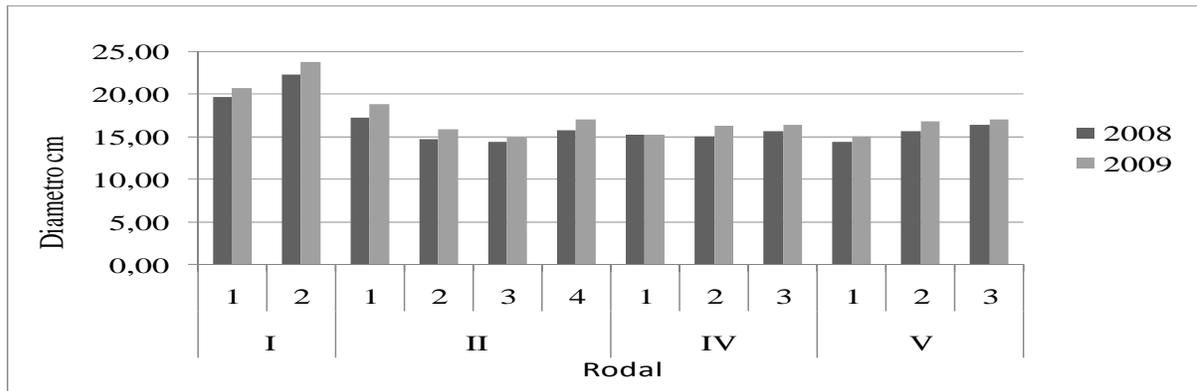


Figura 3. Crecimiento en diámetro en dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).

Al determinar el porcentaje de crecimiento en diámetro entre los dos años de medición, se observa que la parcela 1 del rodal II alcanzó el mayor porcentaje con 8.96 %, seguido por la parcela 2 del rodal IV con 8.30 %. Los otros porcentajes de crecimiento diamétrico de las parcelas oscilan entre 0.53 y 7.97 %. El rodal que alcanzó el mayor porcentaje de crecimiento es el II con 7.12 %, seguido por el rodal I con 5.59 % (figura 4).

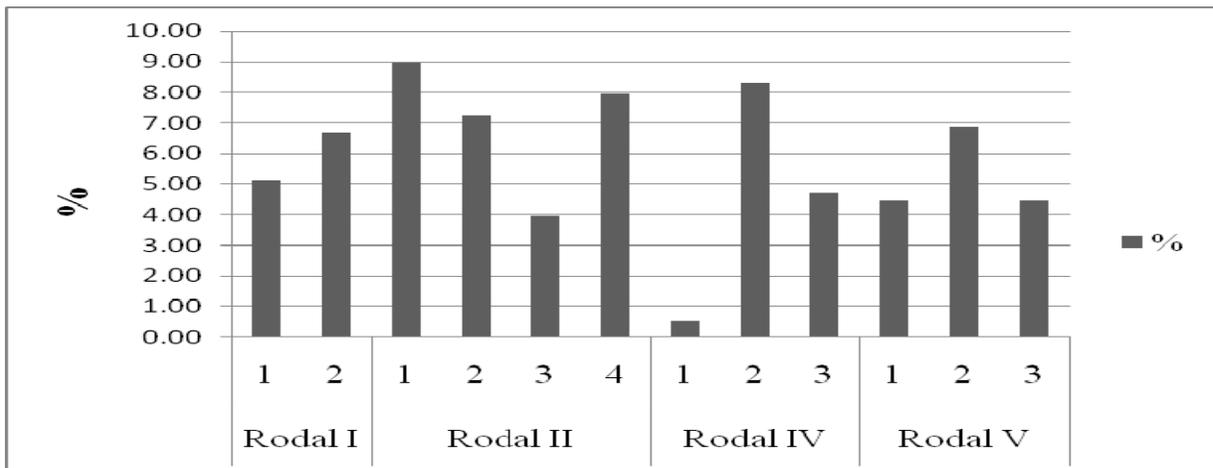


Figura 4. Porcentaje de crecimiento en diámetro entre dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).

**b) Altura**

Cuando se compararon las mediciones de altura entre los dos años, a nivel de todos los rodales, se obtuvo también que el crecimiento fue significativo (f: 101.01,  $p < 0.0001$ ) e igualmente, fue significativo a nivel de los rodales (f: 58.31,  $p < 0.0001$ ) y a nivel de las parcelas (f: 13.24,  $p < 0.0001$ ) (figura 5).

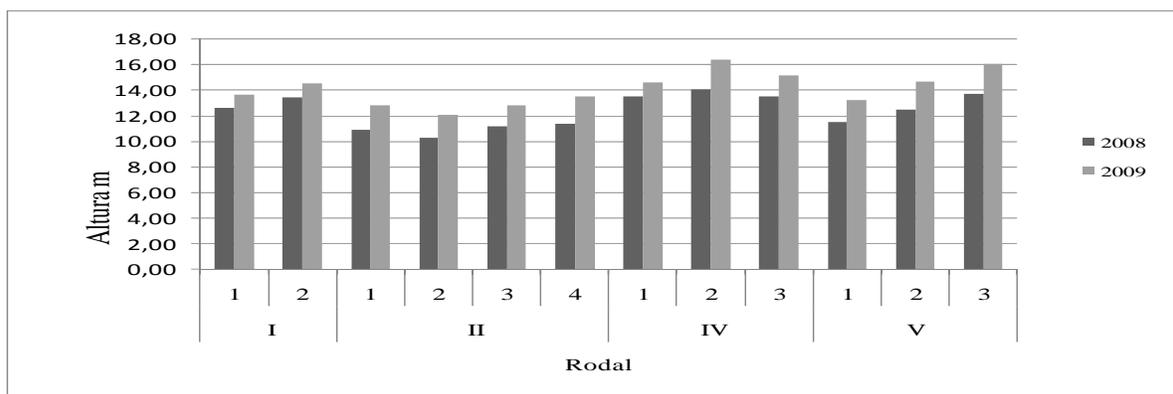


Figura 5. Crecimiento en altura en dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).

El análisis del porcentaje de crecimiento en altura indica que la parcela 4 del rodal II alcanzó un mayor porcentaje con 18.88 %, seguido por la parcela 2 del rodal V con 17.96 %. El resto de parcelas se encuentra entre 7.83 y 17.83%. A nivel de los rodales, el II alcanzó el mayor porcentaje con 17.12 %, seguido por el V con 16.64 % (figura 6).

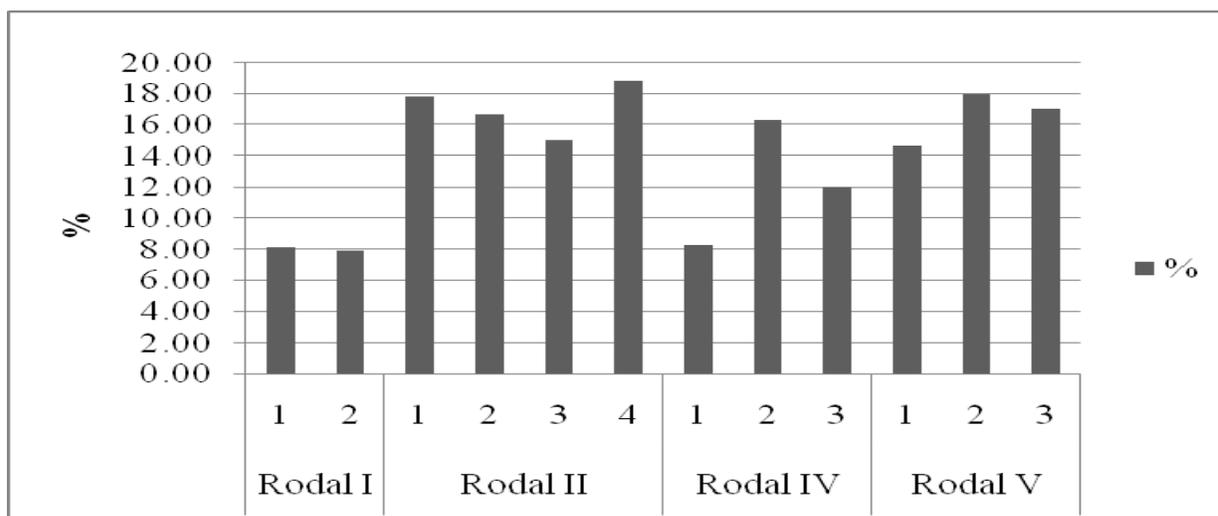


Figura 6. Porcentaje de crecimiento en altura entre dos años de medición en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2008-2009).

El mayor porcentaje de crecimiento registrado en diamétrico es de 8.96% dentro de un rango de 0 a 10%, el cual se determinó como un valor excelente o altamente productivo, las otras parcelas registran un porcentaje de crecimiento de 0.53 a 7.97% demostrando que no todas las

parcelas se encuentran en condiciones favorables para su desarrollo lo cual produce esta variante entre parcelas. La cual se traduce en parcelas que producen mayor incremento diametral que otras.

El mayor porcentaje de crecimiento registrado en altura es de 18.88% dentro de un rango de 0 a 20%, el cual se determinó como un valor excelente, las otras parcelas registran un porcentaje de crecimiento de 7.83 a 17.83%. en este caso el dato nos ayuda en la toma de decisión dentro de las parcelas, determinando cual de ellas está enfocando su crecimiento en altura dado por una mayor densidad de árboles, por la falta de manejo silvicultural.

#### **4.2. Incremento Corriente Anual (ICA)**

Cuando se habla de incremento corriente anual se refiere al crecimiento que tiene el árbol entre un año y otro de evaluación; lo que puede variar en dependencia de la edad del árbol. Los árboles obtienen mayor crecimiento a una edad joven y tienden a decrecer a una edad madura, pero en el transcurso de su vida pueden existir variaciones entre un período y otro debido a las condiciones climáticas, edáficas y fitosanitarias que presenta el entorno, donde en un año de evaluación pueden registrar crecimientos mayores que en otro período (Espinoza y García, 1994).

##### ***a) Diámetro***

Al determinar los incrementos a nivel de parcelas se obtuvo que la parcela 1 del rodal II tiene un incremento mayor, 1.55 cm, seguido por la parcela 2 del rodal I, con 1.49 cm. El resto de parcelas obtuvieron incrementos oscilantes entre 0.08 y 1.26 cm. Al realizar el análisis estadístico entre las parcelas el incremento total obtenido no es significativo, (f: 1.57,  $p > 0.1953$ ) (cuadro 2).

A nivel de rodal, los mayores incrementos se dieron en los rodales I y II, con 1.25 y 1.11 cm, respectivamente, mientras que los rodales IV y V, tuvieron los menores incrementos, 0.69 y 0.81 cm, siendo las diferencias estadísticamente significativas (f: 18.05,  $p < 0.0001$ ).

##### ***b) Altura***

En la parcela 3 del rodal V se obtuvo el mayor incremento en altura, 2.33 m, seguido por la parcela 2 del rodal IV, 2.30 m. El incremento en el resto de parcelas oscila entre 1.06 y 2.24 m. Al hacer la comparación estadística entre parcelas, no hay diferencia significativa (f: 2.31,  $p > 0.00756$ ) (cuadro 2).

A nivel de rodal, el mayor incremento lo obtuvo el rodal V con 2.09 m, seguido por el rodal II con 1.87 m. Los incrementos más bajos los obtuvieron los rodales I y IV con 1.04 y 1.68 m respectivamente. Al hacer la comparación estadística entre rodales, la diferencia es significativa (f: 18.47,  $p < 0.0001$ ).

## b) Volumen

El incremento en volumen fue mayor en la parcela 2 del rodal I, con 0.054m<sup>3</sup>, seguido por la parcela 1 del rodal II con 0.046 m<sup>3</sup>. El incremento en las otras parcelas oscila entre 0.017 y 0.044 m<sup>3</sup>. Al hacer la comparación estadística entre parcelas, no hay diferencia significativa (f: 1.19, p>0.3138) (cuadro 2).

A nivel de rodales el mayor incremento lo obtuvo el rodal I con 0.044 m<sup>3</sup>, seguido por el rodal V con 0.036 m<sup>3</sup>. Los incrementos más bajos los obtuvieron los rodales II y IV con 0.035 y 0.023 m<sup>3</sup>, respectivamente. Al hacer la comparación estadística entre rodales, hay diferencia significativa (f: 11.08, p<0.0001).

Cuadro 2. Incremento Corriente Anual (2008-2009) en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.

Rodal/Especie	Parcelas	Diámetro(cm)		Altura (m)		Volumen (m <sup>3</sup> )	
		parcela	rodal	parcela	rodal	parcela	rodal
<b>I</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>1</b>	1,01	1,25	1,02	1,04	0.035	0.044
	<b>2</b>	1,49		1,06		0.054	
<b>II</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>1</b>	1,55	1,11	1,94	1,87	0.046	0.035
	<b>2</b>	1,07		1,72		0.027	
	<b>3</b>	0,57		1,68		0.027	
	<b>4</b>	1,26		2,15		0.040	
<b>IV</b> <i>Pinus oocarpa</i>	<b>1</b>	0,08	0,69	1,12	1,68	0.018	0.023
	<b>2</b>	1,25		2,30		0.017	
	<b>3</b>	0,74		1,63		0.033	
<b>V</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>1</b>	0,64	0,81	1,69	2,09	0.030	0.036
	<b>2</b>	1,08		2,24		0.044	
	<b>3</b>	0,73		2,33		0.035	

El rodal IV está plantado con la especie *Pinus oocarpa* y presentó el menor incremento diamétrico en comparación con los rodales plantados con *Pinus caribaea*.

Discutiendo estos resultados, se puede comentar que las dos especies son nativas de la zona, pero *Pinus oocarpa* se encuentra en mayor proporción y al realizar comparación de crecimiento entre ambas especies se obtiene mejor crecimiento diametral en *Pinus caribaea*. Es probable que *P.caribaea*, aun siendo de la zona, pero encontrándose en menor cantidad que *P. oocarpa*, tenga más probabilidades de crecer mejor en condiciones de plantación que en bosque natural, ya que ambas especies tienen un mismo diseño de plantación, tienen la misma edad y se desarrollan en una misma condición climática, además, siendo una plantación, los árboles reciben mayor cuidado que en un bosque natural.

La diferencia de incremento entre todas las parcelas y rodales puede deberse a que unos se encuentran en sitios más favorables que otros. Así mismo, la procedencia de las semillas pudo influir en la adaptación y crecimiento de los árboles en el sitio de plantación.

Es preciso mencionar que el rodal I ha recibido limpiezas, podas e inclusive raleos, por lo cual, es de esperarse, que estas labores influyan en el incremento diamétrico de los árboles, no así en su incremento en altura, ya que la práctica silvicultural del raleo estimula el crecimiento en diámetro y el árbol al no tener competencia por luz, reduce su crecimiento en altura.

Según estudios de Espinoza y García (1994), el crecimiento en diámetro, como respuesta al raleo, incrementa significativamente, particularmente en los espaciamientos más amplios.

Por el contrario, el comportamiento de mayor crecimiento en altura de los rodales IV y V se atribuye a que estos rodales, por no haber sido raleados, al momento de tomar las mediciones, tenían mayor densidad arbórea, lo que estimula la competencia entre los árboles por la luz, obligándolos a proyectarse en un mayor crecimiento en altura.

El rodal II ha recibido limpiezas y poda, lo cual pudo influenciar un mayor incremento en diámetro, acompañado con un mayor incremento en altura producto de la competencia entre sus árboles, ya que en éste tampoco se ha aplicado raleo.

### **4.3. Incremento Medio Anual (IMA)**

El incremento medio anual se refiere al crecimiento anual promedio que el árbol ha tenido durante su vida. En todos los árboles el incremento medio anual del diámetro tiende a decrecer con la edad y más marcadamente cuando es mayor la densidad (Espinoza y García, 1994).

#### ***a) Diámetro***

El rango diamétrico obtenido en todos los árboles, para el año 2009, oscila entre 14 y 23 cm, con un promedio de 17.34 cm.

Al determinar el incremento medio anual del diámetro en las parcelas, el mayor se obtuvo en la parcela 2 del rodal I, con 1.85 cm/año, seguido por la parcela 1 del rodal II con 1.71 cm/año. En el resto de parcelas el incremento ha oscilado entre 1.19 y 1.61 cm/año.

A nivel de rodal, los mayores incrementos han correspondido a los rodales I y II con 1.73 y 1.52 cm/año, respectivamente y los rodales con menores incrementos han sido el IV y el V con 1.25 y 1.36 cm/año, respectivamente (cuadro 3).

#### ***b) Altura***

El rango de alturas obtenido en todos los árboles, para el año 2009, está entre 12 y 16 m, con un promedio de 14 m.

El mayor incremento medio anual en altura, entre parcelas, lo obtuvo la parcela 3 del rodal V con 1.34 m/año, seguido por la parcela 2 del rodal IV con 1.28 m/año. El incremento en el resto de parcelas ha oscilado entre 1.06 y 1.23 m/año.

Entre rodales, los mayores incrementos corresponden a los rodales IV y V, con 1.20 y 1.22 m/año, respectivamente. Los rodales con menores incrementos fueron el I y el II, con 1.09 y 1.17 m/año, respectivamente (cuadro 3).

### c) Volumen

El mayor incremento medio anual en volumen lo obtuvo la parcela 2 del rodal I con 0.022 m<sup>3</sup>/año, seguido por la parcela 1 del rodal I con 0.016 m<sup>3</sup>/año. El resto de parcelas oscila en un rango de 0.010 a .015 m<sup>3</sup>/año.

A nivel de rodal, los mayores incrementos corresponden a los rodales I y II con 0.019 y 0.016 m<sup>3</sup>/año, respectivamente y los menores incrementos los obtuvieron los rodales IV y V con 0.011 y 0.013 m<sup>3</sup>/año, respectivamente (cuadro 3).

Cuadro 3. Incremento Medio Anual en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua.

Rodal/Especie	Edad (años)	Parcelas	Diámetro (cm)		Altura (m)		Volumen (m <sup>3</sup> )	
			parcela	rodal	parcela	rodal	parcela	rodal
<b>I</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>12.9</b>	<b>1</b>	1,61	1,73	1,06	1,09	0.016	0.019
		<b>2</b>	1,85		1,13		0.022	
<b>II</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>11</b>	<b>1</b>	1,71	1,52	1,17	1,17	0.015	0.016
		<b>2</b>	1,44		1,09		0.010	
		<b>3</b>	1,36		1,17		0.010	
		<b>4</b>	1,55		1,23		0.013	
<b>IV</b> <i>Pinus oocarpa</i>	<b>12.8</b>	<b>1</b>	1,19	1,25	1,14	1,20	0.010	0.011
		<b>2</b>	1,27		1,28		0.010	
		<b>3</b>	1,28		1,18		0.012	
<b>V</b> <i>Pinus caribaea</i>	<b>12</b>	<b>1</b>	1,25	1,36	1,10	1,22	0.010	0.013
		<b>2</b>	1,40		1,23		0.013	
		<b>3</b>	1,43		1,34		0.014	

Se comparó este estudio con el realizado por Tercero, González y Olivas, (1999), quienes evaluaron plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de 13 años, en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) y obtuvieron un incremento medio anual del diámetro de 0.66 cm/año, altura de 0.46 m/año, datos, que según el criterio de los investigadores, son bajos.

Se argumenta que los bajos rendimientos en estas plantaciones son porque no tuvieron tratamientos silvícolas, además de ser afectadas por fuego y por una baja profundidad de subsoleo, ya que se pretendía demostrar que los tratamientos en el suelo contribuirían a mejorar rendimientos productivos de la plantación, objetivo que no fue cumplido.

En el caso de este estudio, comparando solamente los rodales de la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, que registraron, en promedio, 1.38 cm/año en diámetro y 1.20 m/año en altura, es evidente que estos incrementos son superiores a los obtenidos en la RAAN, debido a que los rodales se encuentran en mejores condiciones de sitio y de manejo silvícola que

favorecen su crecimiento y por tanto, han experimentado un mayor incremento medio anual (cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación del incremento medio anual en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en dos regiones de Nicaragua.

Sitio	Edad (años)	Diámetro (cm/año)	Altura (m/año)
Finca San Nicolás, Nueva Segovia	12	1.38	1.20
RAAN	13	0.66	0.46

#### 4.4. Índices de sitio por especies y productividad de los rodales

##### a) Índice de sitio

Se denomina sitio a un “área considerada en términos de sus factores, con referencia a la capacidad de producir bosques u otra vegetación; lo que es la combinación de las condiciones biofísicas, climáticas y edáficas de un área” (Alfaro, 1983).

Calidad de sitio se define como “la combinación e interacción de los factores bióticos y abióticos con la vegetación existente”. En el caso forestal, dicha calidad se estima como la máxima cosecha de madera o biomasa, que el bosque produce en un tiempo determinado, es decir, la productividad de dicho bosque (Alfaro, 1983).

Las categorías de clase de sitio son bajo, medio, alto, excelente, las que a continuación se describen (cuadro 5) (Vásquez y Ugalde, 1995, citados por Vaides López, 2004).

Cuadro 5. Clasificación de clases de sitio en plantaciones forestales.

Índice de sitio			Descripción
Categoría de sitio	<i>Pinus caribaea</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	
Bajo	16-17	16-18	Sitios por debajo del promedio, considerados como marginales, difícilmente rentables, que no deberían ser recomendados para ser plantados.
Medio	18-20	19-21	Sitios buenos, alrededor del promedio, con manejo apropiado tendrían buenas posibilidades de ser rentables.
Alto	21-23	22-24	Agrupación de plantaciones con mejor crecimiento, superior al promedio, sitios con mayor potencial económico.
Excelente	24+	25+	Sitios con las mejores condiciones de producción para el crecimiento de la especie, altamente rentables, gran potencial económico.

Con la utilización del programa MIRASILV-9, se determinó la altura dominante en un total de 417 árboles, lo cual se hizo por rodales.

La mejor calidad de sitio, clasificada como alta, se presenta en el rodal IV, con la especie *Pinus oocarpa* (22.3 m), a una altura dominante de 19.1 m y el rodal I, con la especie *Pinus*

*caribaea*, obtuvo una clasificación baja (17 m), con altura dominante de 15.8 m. Los rodales V y II, con *Pinus caribaea*, clasificaron con calidad media (20.3 y 18.1 m), a una alturas dominantes de 18.3 y 15.6 m, respectivamente (cuadro 6).

Cuadro 6. Índices de sitio por rodal, en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua (2009).

Especie	Rodal	Edad (años)	Altura dominante (m)	Índice de sitio (m)	Clasificación cualitativa
<i>Pinus caribaea</i>	I	12.9	15.8	17	Bajo
<i>Pinus caribaea</i>	II	11	15.6	18.1	Medio
<i>Pinus oocarpa</i>	IV	12.8	19.1	22.3	Alto
<i>Pinus caribaea</i>	V	12	18.3	20.3	Medio

### b) Productividad

Se realizaron los cálculos de productividad por la sumatoria de áreas basales y volúmenes reportados en el último año de medición, 2009, obteniendo como resultados parámetros en  $m^2/ha/año$  y  $m^3/ha/año$ , con el fin de visualizar lo productivo de la plantación.

A nivel de rodal, la mayor productividad en área basal, lo obtuvo el rodal I con  $0.2521 m^2/ha/año$ , seguido por el rodal V con  $0.1233 m^2/ha/año$ . Los rodales II y IV obtuvieron la menor productividad con  $0.1159 m^2/ha/año$  y  $0.1233 m^2/ha/año$  respectivamente.

La productividad en volumen es un reflejo directo de la influencia del diámetro, ya que son los mismos rodales I y V los que tuvieron mayor productividad, con  $1.551 m^3/ha/año$  y  $0.825 m^3/ha/año$ , respectivamente y los rodales II y IV, los que tuvieron menor productividad, con  $0.659$  y  $0.784 m^3/ha/año$ , respectivamente (cuadro 7).

Cuadro 7. Productividad de rodales en plantaciones de pino de la finca San Nicolás, Nueva Segovia, Nicaragua. (2009)

Especie	Rodal	Edad años	Tamaño promedio parcela (ha)	Nº de parcelas	AB ( $m^2$ )	VOL ( $m^3$ )	AB $m^2/ha/año$	VOL $m^3/ha/año$
<i>Pinus caribaea</i>	I	12.9	0.23	2	1.4960	9.204	0.2521	1.551
<i>Pinus caribaea</i>	II	11	0.49	4	2.5001	14.200	0.1159	0.659
<i>Pinus oocarpa</i>	IV	12.8	0.67	3	2.8937	20.175	0.1124	0.784
<i>Pinus caribaea</i>	V	12	0.59	3	2.6193	17.523	0.1233	0.825

Analizando el rodal I, que presenta mayor productividad volumétrica y un menor índice de sitio, se debe a que el cálculo de índice de sitio está basado en alturas dominantes y este rodal registró menores alturas con relación a los demás, pero presentaba los mayores diámetros dando como resultado esta variante y es más productivo.

Comparando con el estudio de Campbell y Machado (2001), realizado en El Pinal, Laguna de Perlas (RAAS), sobre el estado forestal de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, donde se evaluó un rodal de bosque natural de 17 años, con un área de 7.29 ha, sin ningún tratamiento silvicultural, éste presenta un incremento medio anual en volumen de 0.46m<sup>3</sup>/ha/año.

Al comparar este dato con los de la finca San Nicolás, cuyo rendimiento promedio para la especie es de 1.011m<sup>3</sup>/ha/año, es evidente que es superior al volumen obtenido en El Pinal, Laguna de Perlas.

Esta comparación, aun cuando se trata de dos condiciones diferentes, bosque natural y plantación, nos indica que a pesar de que la plantación de San Nicolás es más joven, ha obtenido una mayor productividad, la cual por supuesto se ha visto favorecida también por la aplicación de tratamientos.

Esta comparación indica la importancia y la ventaja de establecer plantaciones de *Pinus caribaea*, principalmente en áreas desprovistas de vegetación forestal en la zona, ya que se puede obtener mayor producción en menor tiempo y relativamente a menores costos que si se maneja el bosque natural. Sin embargo, para llegar a conclusiones más concretas, sería necesario hacer otras comparaciones en otros sitios de la zona, evaluar otros aspectos como incidencia de plagas y enfermedades, efecto de los incendios forestales y, además, realizar estudios de rentabilidad de las plantaciones para una toma de decisiones más acertada.

#### **4.5. Consideraciones silviculturales para los rodales**

El establecimiento de las plantaciones de pino en esta finca tiene como objetivo principal la producción de madera, por lo tanto, es necesario proyectar un mayor crecimiento en diámetro en el menor tiempo posible. Por esta razón, se definen algunas actividades silviculturales a desarrollar en cada uno de los rodales.

El ICA y el IMA en diámetro del rodal I fue mayor, lo cual fue atribuido a que recibió los tratamientos de limpieza, poda y raleo precomercial, por lo cual es conveniente seguir implementado manejo silvicultural e inclusive aplicar raleo comercial para obtener mejor espaciamiento para los árboles deseables de futura cosecha.

El rodal II ha sido beneficiado con poda y limpieza y tomando en consideración la aplicación de estos tratamientos se recomienda realizar raleo pre comercial para estimular homogeneidad en su desarrollo (diámetros y alturas), promoviendo árboles de buena calidad.

A los rodales IV y V no se les ha aplicado ningún tratamiento y debido a que los árboles se encuentran más aglomerados, esto les permite que tengan mayor competencia por luz y espacio entre ellos, lo cual los condiciona a tener mayor crecimiento en altura, por lo tanto se recomienda la aplicación de limpieza, poda y raleo pre comercial.

Adicionalmente a los tratamientos silviculturales, es importante realizar monitoreo en los rodales, integrando medidas preventivas como mantenimiento de rondas cortafuego,

prevención de plagas y enfermedades, tomando como medida el raleo para disminuir la densidad, ya que con ello disminuye la incidencia de plagas y enfermedades, todo con la finalidad de reducir efectos negativos en la plantación.

Otro elemento para el manejo de las plantaciones es la selección de árboles plus que provean la semilla con el potencial genético para obtener individuos de buena calidad para la producción futura de madera.

## V. CONCLUSIONES

Los mayores valores de ICA en diámetro fueron en los rodales I y II con 1.25 y 1.11 cm respectivamente. La limpieza y poda influenció el incremento diamétrico en el rodal I y II, e inclusive la aplicación de raleo en el caso del rodal I.

El incremento en altura, fue mayor en los rodales V y II con 2.09 y 1.87 m, respectivamente, lo cual estuvo influenciado por la competencia por luz ya que no habían recibido tratamiento de raleo.

El incremento en volumen fue mayor en los rodales I y V, con 0.044 y 0.036 m<sup>3</sup>, respectivamente, para el cálculo de volumen la variable diámetro ejerce mayor influencia.

Los mayores valores de IMA en diámetro se obtuvieron en los rodales I y II, con 1.73 y 1.52 cm/año, respectivamente; en altura fueron en los rodales IV y V, con 1.20 y 1.22 m/año, respectivamente y en volumen fueron en los rodales I y II, con 0.019 y 0.016 m<sup>3</sup>/año, respectivamente. Este comportamiento se atribuye a que los rodales I y II han sido beneficiados con tratamientos silvícolas y los rodales IV y V no han tenido ninguna intervención.

Los índices de sitio que predominan en los rodales son medios y altos. El rodal IV presentó el mejor índice con 22.3 y altura dominante de 19.1 m.

En cuanto a productividad, el rodal I fue el mejor, con un área basal de 0.2521 m<sup>2</sup>/ha/año y un volumen de 1.551 m<sup>3</sup>/ha/año.

## VI. RECOMENDACIONES

- Seguir las recomendaciones silviculturales en cada uno de los rodales para fomentar su incremento diamétrico y por tanto obtener mayor volumen de madera comercial.
- Continuar con el monitoreo después de aplicar los tratamientos silviculturales y verificar el efecto de estos sobre los árboles, por medio de mediciones periódicas a la plantación.
- Realizar un análisis financiero de la rentabilidad de la plantación, en función de los incrementos obtenidos, ya que se trata de un área bajo manejo forestal, cuyo principal objetivo es la producción de madera.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alfaro, M. 1983.** Relación entre factores edáficos e índice de sitio para *Cupressus lusitanica* (Mill.) en el valle central, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional. Heredia, CR. 132 p.
- Ampié Bustos, E. 2000.** Plan de manejo forestal en bosque de pino, San Nicolás Nueva Segovia, Nicaragua.
- Ballespi, Y. 2008.** Incidencia de gorgojo descortezador del genero *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. Universidad Nacional Agraria.
- Campbell, A; Machado, R. 2001.** Estado forestal del *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* en El Pinal, Laguna de Perlas, RAAS, Nicaragua. Trabajo de diploma. Universidade Nacional Agraria. 59 p.
- CATIE-INFOA. 2009.** (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- International Forestry and Agroforestry) Manejo de Información de Recursos Arbóreos (MIRASILV-9.versión 3.2).
- INAFOR. 2004.** (Instituto Nacional Forestal) Estandarización de unidades de medida y calculo de volumen de madera. Ed única. 22 p.
- INTECFOR/INAFOR. 2003.** (Intituto Tecnico Forestal/Instituto Nacional Forestal) Guía metodológica. Promotoría forestal comunitaria. Nueva Segovia, Nicaragua. 1 ed. 96 p.
- Espinoza, M; Garcia, J. 1994.** Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Casilla 154-C, Concepción 3, Chile.
- MARENA-DANIDA. 1994.** (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - Danish International Development Agency) Pinos de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Ed. único. Hispamer. 15 p.
- MECD.** (Ministerio de Educación Cultura y Deporte). **2005.** (En línea). Managua, Nicaragua. Consultado 28 ag. 2009. Disponible en [http://www.nicaraguaeduca.edu.ni:8088/.../San Fernando](http://www.nicaraguaeduca.edu.ni:8088/.../San_Fernando).
- POSAF II/MARENA. 2005.** (Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal/Ministerio del Ambianta y los Recursos Naturales) Manejo del bosque de pino en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 61p.
- POSAF II /MARENA. 2006.** (Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal/Ministerio del Ambianta y los Recursos Naturales).Manejo del bosque de pino en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 65 p.

**Tercero, J; González, S; Olivas, R. 1999.** Evaluación de crecimiento en sitios con diferente preparación de suelo (*Pinus caribaea*). Programa Forestal del Noreste -RAAN, INTECFOR, Estelí, Nicaragua. Tesis. 49 p.

**Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2009.** INFOSTAT versión 2009, grupo INFOSTAT, FCA.

**Vaides, L. 2004.** Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca. Turrialba, Costa Rica. Tesis de maestría. CATIE Turrialba. 95 p.

