

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS INCENTIVOS FORESTALES,  
EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE INFLUYEN EN EL  
CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CIPRÉS COMÚN (*Cupressus lusitánica* Miller)  
EN PLANTACIONES FORESTALES Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA REGIÓN V.2 DEL  
INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB-, Guatemala C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD  
DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**PABLO MINICIO ARGUETA MAYEN**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO EN  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO  
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS  
JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr.	Lauriano Figueroa Quiñónez
VOCAL PRIMERO	Dr.	Ariel Abderamán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. Forestal	Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	P. Forestal	Carlos Alberto Monterroso González
SECRETARIO	Ing. Agr.	Carlos Echeverría

Guatemala, noviembre de 2011

Guatemala, noviembre de 2011

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación **“DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS INCENTIVOS FORESTALES, EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE CIPRÉS COMÚN (*Cupressus lusitánica* Miller), Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA REGIÓN V.2 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB-- ”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación me es grato suscribirme,

Atentamente ,

Pablo Vinicio Argueta Mayen

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Por bendecirme, cuidarme e iluminarme en el transcurso de mi carrera, por permitirme concluir esta etapa importante en mi vida y por permitirme hacerlo al lado de las personas más importantes en mi vida.
- A MIS PADRES: Arturo Argueta y Any de Argueta, por Tener la bendición de ser su hijo y por el ejemplo de lucha y dedicación que recibí de ellos que, Dios los bendiga.
- A MI ESPOSA: Sandra, por su AMOR incondicional, y el sacrificio que dedico a mi lado en todo el proceso de este proyecto.
- A MI HIJA: Nicolle, por ser la Bendición más Grande de mi vida y motivarme a ser cada día un mejor padre.
- A MIS HERMANOS: Oscar, Rony y David, por cada momento especial compartido en nuestras vidas.

A MIS SOBRINOS:

Juan Antonio, José Pablo, Ana Rebeca  
María Jimena, José Eduardo, Anita  
Cristi, Cristian David.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO A:

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB–

SUB-REGION V.2

MI FAMILIA

MIS PADRINOS

MIS ASESORES

MIS AMIGOS.

## AGRADECIMIENTO

**A DIOS:** Por la fortaleza que me diste para concluir mi carrera, y permitirme llenar de satisfacción a los que me aman y aprecian, por ser la luz que me guía siempre.

**A MIS ASESORES:** Ingenieros agrónomos Edwin Enrique Cano y Pedro Peláez, por su esfuerzo continuo, por su tiempo y dedicación para llevar a cabo la realización del presente trabajo de graduación, gracias por su amistad y por compartir su conocimiento con mi persona, que Dios los bendiga.

**FAMILIA** A mis abuelitas Zoila Papa y Rosalina Chinchilla por todo su amor y apoyo.

**FACULTAD** Por brindarme la oportunidad de ser un mejor guatemalteco y hombre de bien.

**SUEGROS** Gustavo Cruz y Sandra de Cruz, por su cariño y apoyo.

**AMIGOS** Cesar Fernando Flores, Ronald Herrera Marvin Samayoa, Diego Franco, Francisco Fajardo, por su valiosa amistad.



## Índice de Contenido

RESUMEN .....	1
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LOS PROYECTOS PERTENECIENTES AL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES PINFOR, EN LA SUBREGIÓN V-2 DEL INAB, CHIMALTENANGO .....	5
1.1 INTRODUCCIÓN .....	6
1.2 OBJETIVO .....	7
1.3 METODOLOGÍA .....	8
1.3.1 Delimitación del área objeto de estudio .....	8
1.3.2 Realización del Diagnostico .....	8
1.3.3 Primera Fase de Gabinete .....	8
1.3.4 Fase de campo .....	9
1.3.5 Segunda fase de gabinete .....	9
1.4 RESULTADOS .....	10
1.4.1 Datos Generales .....	10
1.5 CONCLUSIONES .....	17
1.6 RECOMENDACIONES .....	18
1.6 BIBLIOGRAFIA .....	19
CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN: VALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE CIPRÉS COMÚN (CUPRESSUS LUSITÁNICA MILLER), EN PLANTACIONES FORESTALES DE GUATEMALA, 2007” .....	20
2.1 RESUMEN .....	21
2.2 INTRODUCCIÓN .....	22
2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	23
2.4 OBJETIVOS .....	25
2.4.1 General .....	25
2.4.2 Específicos .....	25
2.5 METODOLOGÍA .....	26
2.6 TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	26
2.7 UBICACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS PARCELAS .....	26
2.8 VARIABLES EVALUADAS DENTRO DE LAS PARCELAS .....	27
2.9 VARIABLES DE SITIO .....	27
2.10 VARIABLES DE SUELO .....	28
2.11 VARIABLES SILVÍCOLAS .....	29
2.12 MARCO TEÓRICO .....	30
2.12.1 Marco conceptual .....	30
2.12.2 Generalidades .....	30
2.12.3 Factores edáficos .....	37
2.12.4 Importancia de las parcelas de medición permanente .....	44
2.13 MARCO REFERENCIAL .....	46
2.13.1 Descripción de la especie .....	48

2.13.2	Realidades del programa de incentivos forestales –Pinfor- .....	49
2.13.3	Generalidades del programa “Manejo de la información sobre recursos arbóreos componente de la silvicultura” (MIRASILV Versión 2.9).....	51
2.13.4	Localización del área de estudio .....	51
2.14	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
2.14.1	Factores que influyen en el crecimiento de Cupressus Lusitánica Miller .....	53
2.14.2	Factores químicos – edáficos que tienen efecto significativo en el desarrollo de Cupressus lusitánica Miller.....	65
2.15	CONCLUSIONES .....	77
2.16	RECOMENDACIONES .....	79
2.17	BIBLIOGRAFIA .....	80
CAPÍTULO III: NFORME FINAL DE SERVICIO PRESTADO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB- EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO.....		84
3.1	INTRODUCCIÓN .....	85
3.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	86
3.3	OBJETIVOS.....	87
3.3	METODOLOGÍA .....	88
3.3.1	Descripción del área experimental .....	88
3.3.2	Repeticiones.....	88
3.3.3	Diseño experimental.....	88
3.3.4	Variables a medir.....	88
3.3.5	Tipo de Horno.....	89
3.3.6	Tamaño de las muestras .....	89
3.3.7	Preparación de las muestras .....	90
3.3.8	Carbonización de las muestras .....	90
3.3.9	Manejo y traslado del producto de la carbonización.....	90
3.3.10	Análisis de laboratorio.....	91
3.3.11	Ordenamiento de la información .....	91
3.3.12	Procesamiento de datos .....	91
3.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	92
3.4.1	Rendimiento .....	92
3.4.2	Calidad .....	92
3.5	CONCLUSIONES .....	95
3.6	BIBLIOGRAFÍA .....	96
10.	ANEXOS.....	97

### Índice de Cuadros

Cuadro 1	Proyectos incentivados en la Subregion V-2, en etapa de Mantenimientos y Manejos 2-5 en el año 2007.....	10
Cuadro 2	Proyectos establecidos en el año 2006 incentivados en el 2007. (Establecimiento, Protección 1, producción 1) .....	12
Cuadro 3	Total de proyectos incentivados en el 2007.....	13

Cuadro 4 Variables de sitio tomadas en cuenta en las PPM, separadas por tipo de variable .....	27
Cuadro 5 Variables de suelo tomadas en cuenta a dos profundidades diferentes en las PPM, separadas por tipo de variable. ....	28
Cuadro 6 Variables silviculturales directas e indirectas a tomar en cuenta en las PPM.....	29
Cuadro 7 Crecimiento en altura, diámetro y volumen de un árbol.....	32
Cuadro 8 Especies prioritarias para plantaciones del PINFOR, superficie reforestada y porcentaje, Certificado 2007.....	47
Cuadro 9 Montos para proyectos de reforestación en el -PINFOR- .....	50
Cuadro 10 Resumen de los resultados de rendimiento y calidad del carbón vegetal de la especie <i>Quercus peduncularis</i> Née.....	92

### Índice de Figuras

Figura 1 Distribución gráfica de los proyectos incentivados en la Subregión V-2, en etapa de Mantenimientos y Manejos 2-5 en el año 2007. ....	11
Figura 2 Distribución gráfica de los proyectos establecidos en el año 2006 incentivados en el 2007. (Establecimiento, Protección 1, producción 1).....	12
Figura 3 Distribución gráfica del total de proyectos incentivados en el 2007 .....	13
Figura 4 Superficie y porcentaje reforestada por especie para Guatemala, por medio del PINFOR, datos certificación 2005 .....	48
Figura 5 Edad de la plantación de las PPM ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller).....	54
Figura 6 Altura de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) de la especie <i>Cupressus lusitanica</i> Miller.....	55
Figura 7 Porcentaje de pendiente encontrado en el área de muestreo de las PPM ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller) .....	56
Figura 8 Incremento Medio Anual en Altura versus pendiente del terreno encontrado en las PPM. ....	56
Figura 9 PH de las PPM ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller) .....	58
Figura 10 Crecimiento medio anual – IMA en volumen versus el potencial de PH. ....	58
Figura 11 Porcentaje de pedregosidad PPM ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller).....	59
Figura 12 Clase Textural de las PPM a profundidad de 0-20 cms ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller) .....	60
Figura 13 Clase Textural de las PPM a profundidad de 0-40 cms ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller) .....	61
Figura 14 Incremento Medio Anual en altura observado en las especies versus porcentaje de Materia Orgánica encontrada en el sitio.....	62
Figura 15 Influencia del viento en las PPM ( <i>Cupressus lusitanica</i> Miller) .....	63
Figura 16 Incremento Medio Anual en Altura vrs. Temperatura .....	64

Figura 17 Incremento Medio Anual en volumen versus la cantidad de P en partes por millón encontradas en el área. ....	65
Figura 18 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de P en partes por millón encontradas en el área.....	66
Figura 19 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Ca en partes por millón encontrado en el área. ....	67
Figura 20 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Cu en partes por millón encontrado en el área. ....	68
Figura 21 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Fe en partes por millón encontrada en el área. ....	69
Figura 22 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Fe encontrado en partes por millón en el área.....	69
Figura 23 Incremento Medio Anual en Volumen versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área. ....	70
Figura 24 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área. ....	71
Figura 25 Incremento Medio Anual en Volumen versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área. ....	71
Figura 26 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Mg 1 en partes por millón encontrada en el área. ....	72
Figura 27 Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de Mg 2 en partes por millón encontrada en el área. ....	73
Figura 28 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Na en partes por millón encontrada en el área. ....	74
Figura 29 Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de K1 en partes por millón encontrada en el área. ....	74
Figura 30 Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de K2 en partes por millón encontrada en el área. ....	75
Figura 31 Incremento Medio Anual en Altura versus NT .....	76

## RESUMEN

Como parte del protocolo de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a continuación se describe el trabajo de graduación ejecutado de febrero a noviembre del 2007 en la subregión V.2 departamento de Chimaltenango con apoyo del instituto nacional de bosques –INAB- .

Este documento de graduación comprende tres capítulos: diagnóstico, investigación, y servicios. El diagnóstico describe la situación actual del programa de incentivos forestales –PINFOR- para el año 2007 en la sub-región V.2 Chimaltenango. El trabajo fue realizado debido a la importancia que tiene el sector forestal en esta área y en el país y con apego a La Ley Forestal Decreto Legislativo No. 101-96, la cual considera que “los recursos forestales pueden y deben constituirse en la base fundamental del desarrollo económico y social de Guatemala” y que “el incremento de la productividad sostenible de los bosques, así como de los bienes y servicios que aportan a la sociedad guatemalteca, constituyen el principio para su conservación”. A partir de de 1996, se ponen en marcha varias estrategias, entre las cuales destaca la de desarrollar un programa de incentivos forestales con el fin de motivar a los distintos agentes del sector forestal para el desarrollo de iniciativas asociadas al manejo de bosque natural y a la reforestación por medio de pagos directos. Estos pagos se han definido, impulsado e implementado mediante el Programa de Incentivos Forestales PINFOR.

El diagnóstico tiene como finalidad actualizar el status de los proyectos que se manejan en la subregión V-2 del INAB, Chimaltenango, desde el año 2007.

La investigación comprende una evaluación de las características de sitio que influyen en el crecimiento y la productividad del ciprés común (*Cupressus lusitánica* Miller), en plantaciones forestales de la región V.2 del INAB en el año 2007.

Las variables sobre las cuales se basó la investigación de este documento fueron el crecimiento y la productividad de la especie *Cupressus lusitánica* Miller en 30 sitios diferentes de la región de Guatemala, las cuales se encuentran establecidas en una red de Parcelas Permanentes de Monitoreo –PPM-.

El estudio comprendió análisis cualitativos y cuantitativos de las características de sitio de las áreas asignadas; las variables analizadas fueron: pedregosidad, drenaje superficial, erosión, pendiente, viento, posición topográfica, pH, acidez, contenido nutriente y porcentaje de materia orgánica que se concentra en cada uno de los suelos de las distintas parcelas.

Bajo la aplicación de la metodología Mirasilv se analizaron las variables silvícolas de las parcelas; estas variables fueron: edad de la plantación, espaciamiento promedio, DAP, altura, índice de sitio, área basal, volumen total.

En el documento se detallan los resultados de la investigación y la influencia que las variables tienen en el crecimiento y productividad en cada plantación; asimismo se proponen recomendaciones para dar continuidad al estudio realizado.

Dada que la población de Guatemala depende en gran medida de los recursos forestales para satisfacer sus necesidades energéticas, principalmente la leña (y el carbón vegetal como un subproducto de ésta), se propuso la elaboración de servicios durante el Ejercicio Profesional Supervisado EPS en el periodo de Febrero a Noviembre del año 2007, que generaran información para cumplir con el enfoque social que promueve la facultad de agronomía. Por tanto, como parte de los servicios prestados al Instituto Nacional de Bosques -INAB- se optó, por la realización de una evaluación del rendimiento y calidad del carbón vegetal producido a partir de la especie forestal de crecimiento rápido encino (*Quercus peduncularis* Nee).

## **ABSTRACT**

As San Carlos of Guatemala University Agronomy faculty protocol, next is described the graduation work carried out from February to November 2007 in the V.2 sub-region Chimaltenango department, with Forests National Institute –INAB- support, Guatemala C.A.

This graduation document includes three chapters: diagnosis, investigation and services. The diagnosis describes the current situation of the forests incentives program –PINFOR- for year 2007 in the V.2 sub-region Chimaltenango. The work was carried out due the importance that the forest sector in this area and for the whole country has and with attachment to the Legislative Decree 101-96 of Forest Law which considers “the forests resources can and must constitute themselves on fundamental base of economic and social development of Guatemala” and which “the forest sustainable productivity increase, as well as the goods and services that contribute to the Guatemalan society, they constitute the principle for its conservation”. From 1996, several strategies start up, between which is emphasizes the develop of forests incentives program with the purpose to motivate the different forest sector agents for the development of initiatives associated to the handling of natural forests and reforestation by directs payments. These payments have been defined, impelled and implemented by Forest Incentives Program –PINFOR-.

This diagnosis was aimed to update the status of projects that are managed at the V.2 sub-region, INAB, Chimaltenango, from year 2007.

The investigation encompasses an evaluation of the site characteristics that has influence on growth and productivity of common cypress (*Cupressus lusitánica* Miller), in Guatemala forest plantation, year 2007.

Variable on which this investigation was based included growth and productivity at 30 different sites from Guatemala region, which are established on a permanent monitoring plots. – PPM -.

The study encompassed qualitative and quantitative analyses of site characteristics on assigned areas; the analyzed variables were: stoning, superficial drainage, erosion, slope,

wind, topographic position, pH, acidity, nutrient and organic matter content on each one of different sail and plots.

Under Mirasilv methodology application, were analyzed the forestry variables of parcels; these variables were: plantation age, space average, DAP, height, site index, basal area, total volume.

On this document, it is detailed the investigation results and the influence that variables has on growth and productivity on each plantation; also recommendations set out to give continuity to the current study.

Given that Guatemala population depends on a great extend of forests resources to satisfy its energetic needs, mainly the firewood (and the charcoal as a by product) service that generated information for fulfill the social approach that promotes the agronomy faculty. Therefore, was proposed. National Forests Institute –INAB- chooses as services, to determine the yield and quality of charcoal produced by the fast growth forest specie Encino (*Quercus peduncularis* Nee).

## **1. CAPÍTULO I**

### **DIAGNÓSTICO DE LOS PROYECTOS PERTENECIENTES AL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES PINFOR, EN LA SUBREGIÓN V-2 DEL INAB, CHIMALTENANGO.**

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La mitad del territorio nacional posee vocación forestal, mientras que la cobertura forestal del país en el 2001 equivalente al 42,11% del territorio nacional.

El cambio neto de la cobertura forestal durante el período 1991 – 2001 ha sufrido su más alta crisis en el territorio de Guatemala. Algunas de las principales causas de la deforestación en el país se atribuyen a los efectos de agricultura migratoria (78,5%), ganadería extensiva (10%), tala ilícitas (5%), consumo de leña (3%) e incendios forestales (2%), entre otros (Carrera 2004).

La Ley Forestal Decreto Legislativo No. 101-96 considera que los recursos forestales pueden y deben constituirse en la base fundamental del desarrollo económico y social de Guatemala” y que “el incremento de la productividad sostenible de los bosques, así como de los bienes y servicios que aportan a la sociedad guatemalteca, constituyen el principio para su conservación”. A partir de de 1996, se ponen en marcha varias estrategias, entre las cuales destaca la de desarrollar un programa de incentivos forestales con el fin de motivar a los distintos agentes del sector forestal para el desarrollo de iniciativas asociadas al manejo de bosque natural y a la reforestación por medio de pagos directos. Estos pagos se han definido, impulsado e implementado mediante el Programa de Incentivos Forestales PINFOR.

El presente diagnóstico tiene como finalidad presentar un diagnóstico de los proyectos que se manejan en la subregión V-2 del INAB, Chimaltenango, durante el año 2007.

## **1.2 OBJETIVO**

1. Identificar los alcances de la producción forestal sostenible del programa Pinfor en la región V.2.
2. Generar información para el establecimiento una masa crítica de bosques productores de materia prima para el desarrollo de la industria forestal.
3. Verificar el estado de los incentivos para el mantenimiento de bosques naturales para la generación de servicios ambientales.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 Delimitación del área objeto de estudio**

Se recopilaron los datos bibliográficos, revisión de los expedientes de cada uno de los proyectos incentivados y se elaboraron los mapas del departamento de Chimaltenango.

Para la elaboración de los diferentes mapas, se utilizaron hojas cartográficas digitales y fotografías aéreas generados por el Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, que comprende el área en estudio.

### **1.3.2 Realización del Diagnóstico**

El procedimiento general se desarrolló de acuerdo a las siguientes fases:

#### **1.3.3 Primera Fase de Gabinete**

##### **1.3.3.1 Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área**

Se recabaron datos de proyectos existentes, número de proyectos, se analizaron los expedientes de cada una de ellas con el fin de determinar la fase a que correspondía su certificación y se determinaron los proyectos a incentivar en el año 2007, esto se realizó con el fin de tener un conocimiento de los proyectos nuevos y en proceso de ejecución, y generar una base en la cual indique las fases y números de proyectos existentes así también obtener información sobre la localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión, información relevante sobre clima y sus principales variables tales como: precipitación pluvial, temperatura, vientos y otras características del área como zonas de vida, formas de la tierra y origen de los suelos.

### **1.3.3.2 Determinación de la muestra**

Con la recopilación de los datos obtenidos del número de proyectos a certificar, se determinó un 10% de los proyectos para muestreo esto con el fin de evaluar las labores silviculturales como limpieza, existencia de rondas cortafuegos y podas realizadas.

### **1.3.4 Fase de campo**

#### **1.3.4.1 Verificación de la situación de los proyectos**

Esta actividad se realizó con caminamientos, observaciones visuales y con la ayuda de la boleta de evaluación, coordinando con el Director Subregional y los técnicos de la Subregión las visitas de campo a cada uno de los proyectos seleccionados.

### **1.3.5 Segunda fase de gabinete**

#### **1.3.5.1 Integración y análisis de los datos recabados en campo**

Sobre la base de factores evaluados se procesaron los datos recabados en campo y gabinete, generando cuadros de la cantidad de proyectos de la subregión V-2, Chimaltenango así mismo los datos de la muestra obtenida de los proyectos evaluados.

## 1.4 RESULTADOS

### 1.4.1 Datos Generales

El departamento de Chimaltenango pertenece a la región forestal V, subregión forestal V-2, del instituto Nacional De Bosques INAB.

En la subregión que cuenta con los 6 Técnicos que tienen asignadas actividades referentes al PINFOR, cuyo número a discusión no es adecuado para el desarrollo de las actividades propias del PINFOR, por las siguientes razones:

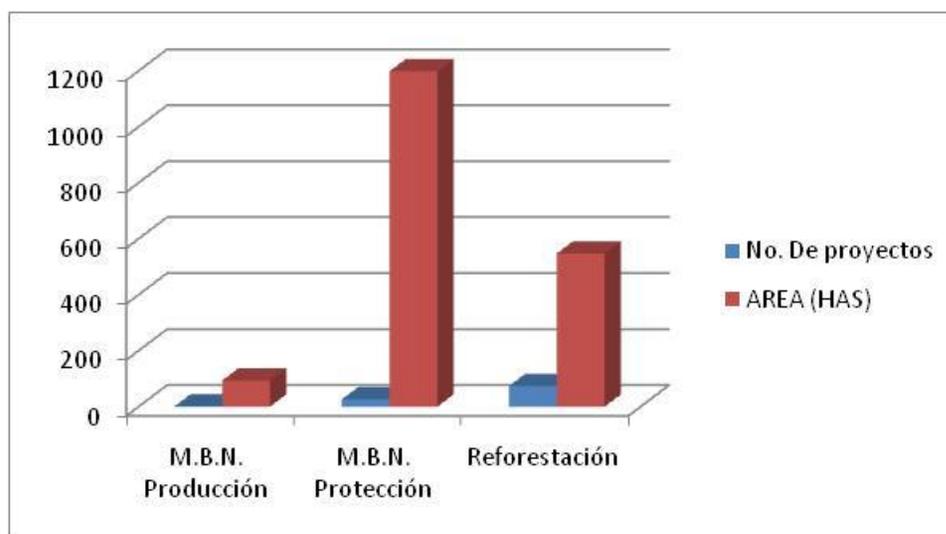
- A) A la mayoría le son asignadas otras actividades se razón forestal, que les abarca a mayoría de tiempo, y por lo general el técnico visita los proyectos incentivados únicamente 1 o 2 veces máximo al año, lo que influye en que debe existir más presencia del INAB en las plantaciones forestales y los bosques manejados, uno a razón de asesoramiento Técnico, y dos a razón de Divulgación del PINFOR y ampliación del Programa. Respecto a la infraestructura, el servicio de Internet es deficiente, para el uso de la base de Datos del Programa, como para otras actividades referentes al INAB.
- B) La Subregión cuenta con 4 Vehículos y 3 motocicletas, de los cuales a la fecha únicamente 1 vehículo está en funcionamiento, y 3 están varados por desperfectos.

**Cuadro 1** Proyectos incentivados en la Subregion V-2, en etapa de Mantenimientos y Manejos 2-5 en el año 2007.

TIPO DE PROYECTO	No. De proyectos	AREA (ha)
M.B.N. Producción	1	93.65
M.B.N. Protección	26	1,198.67
Reforestación	74	547.75
<b>Total general</b>	<b>99</b>	<b>1,840.07</b>

Fuente: Instituto Nacional de Bosques –INAB- 2007

**Figura 1 Distribución gráfica de los proyectos incentivados en la Subregión V-2, en etapa de Mantenimientos y Manejos 2-5 en el año 2007.**



Tomando en cuenta el cuadro 1 y figura 1, podemos observar que en la subregión se manejan 3 tipos de proyectos, la de manejo de bosque natural para producción, manejo de bosque natural para protección y reforestación.

Para los proyectos de bosque natural para producción se cuenta únicamente de 1 proyecto en etapa de mantenimiento 2 a mantenimiento 5, lo cual es preocupante ya que nos da la idea de que no se está incentivando el manejo de los bosques naturales por falta de interés de los propietarios o por falta de extensión.

De los proyectos de manejo de bosque natural con fines de protección, se encuentran incentivándose un total de 26 proyectos con un área total de 1198.67 hectáreas, lo que nos refleja que las extensiones para este tipo de proyectos son bastante altas e indica que las personas se interesan más por proteger y no por producir económicamente los bosques.

En cuanto a los proyectos de reforestación se cuenta con un total de 74 proyectos, que hacen un área de 547.75 hectáreas, que se encuentran en la etapa de mantenimiento 1 hasta mantenimiento 5. Este indicador permite establecer las extensión promedio de cada

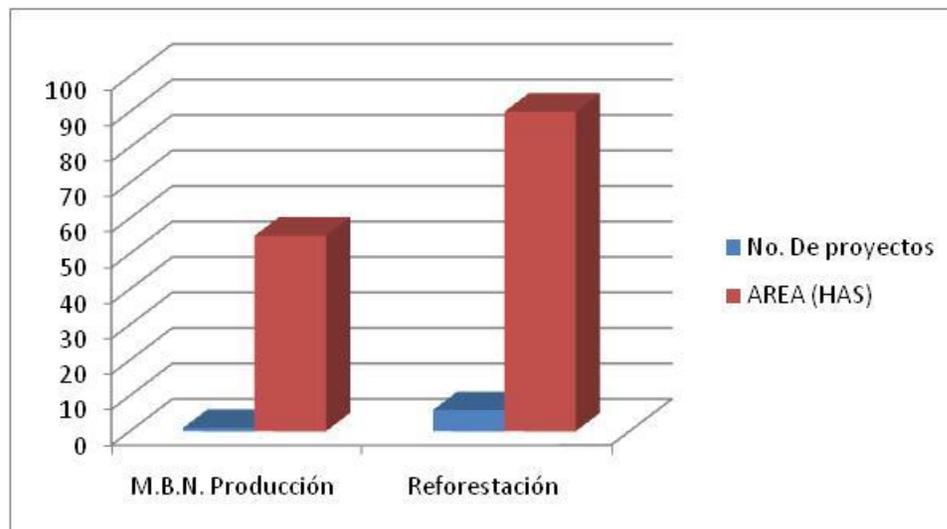
proyecto es de 6.40 hectáreas esto debido a la situación de la tenencia de la tierra en el departamento.

En total todos los proyectos hacen un área de 1840.07 hectáreas con incentivo forestal en la subregión V-2

**Cuadro 2** Proyectos establecidos en el año 2006 incentivados en el 2007. (Establecimiento, Protección 1, producción 1)

TIPO DE PROYECTO	No. De proyectos	AREA (ha)
M.B.N. Producción	1	55.12
Reforestación	6	90.07
<b>Total general</b>	<b>7</b>	<b>145.19</b>

**Figura 2** Distribución gráfica de los proyectos establecidos en el año 2006 incentivados en el 2007. (Establecimiento, Protección 1, producción 1)



Basado en cuadro 2 y figura 2, se establecieron para el 2007 dos tipos de proyectos, manejo de bosque natural para producción y reforestación, no se presentan proyectos de manejo de bosques naturales con fines de protección.

Los proyectos de manejo de bosque natural con fines de producción a incentivarse en el 2007 que se encuentran en etapa manejo 1, es un solo proyecto que hace un total de 55.12 hectáreas.

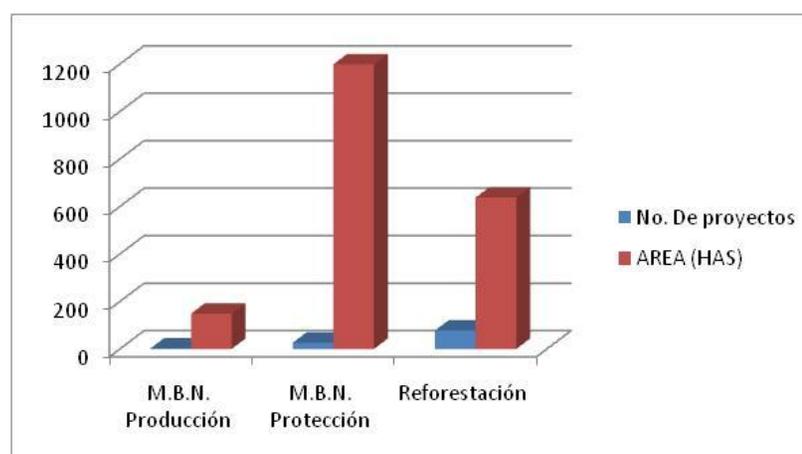
En cuanto a los proyectos de reforestación se cuenta con un total de 6 proyectos, que hacen un área de 90.07 hectáreas, a incentivarse en el presente año.

En total todos los proyectos hacen un área de 145.19 hectáreas para ser incentivadas en el 2007 en la subregión V-2.

**Cuadro 3**Total de proyectos incentivados en el 2007

TIPO DE PROYECTO	No. De proyectos	AREA (ha)
M.B.N. Producción	2	148.77
M.B.N. Protección	26	1198.67
Reforestación	78	637.82
<b>Total general</b>	<b>106</b>	<b>1,985.26</b>

**Figura 3**Distribución gráfica del total de proyectos incentivados en el 2007



De acuerdo al cuadro 3 y figura 3, los proyectos de manejo de producción se encuentra en menor número de proyectos y áreas siendo 2 en número y en área 148.77ha, en el caso de las áreas incentivadas para protección presenta un número de proyectos 26 respecto al área corresponde a 1198.67 ha, y las áreas reforestadas corresponden a un

total de 78 proyectos con un área de 637.82 ha, siendo estas un reflejo de la distribución y tenencia de la tierra de estas áreas ya que existe un mayor número de proyectos pero las áreas son menores respecto a las de protección,

### **AMENAZAS DE ALGUNOS PROYECTOS EN LA REGIÓN V:**

REGION	SUBREGION	AMENAZAS	QUE PROYECTO SE VE AFECTADO POR ESA AMENAZA
V	V-2	Falta de ejecución de medidas culturales como limpias y brechas corta fuegos.	No se invierte en las áreas, establecidas abandonan totalmente las plantaciones, esto implica que los árboles mueren por presencia de malezas, cortas ilícitas de los árboles u otras circunstancias. Expedientes DSR-V-2-06-2004-REF- PINFOR Nombre de Gloria Judith Galindo , Tecpán Guatemala- de Chimaltenango.
v	v-2	Incendios forestales, por falta de ejecución de medidas culturales y de protección de las plantaciones posterior a la finalización del incentivo.	Podría afectar los proyectos de Reforestación de la Sra. Marissa Julia Margarita Carcuz Arango , Finca Pino Alto, Tecpán Guatemala, ya que la finca colinda a Patzun, donde hay bosques abandonados.  Benedicto Recinos 2.50 ha., 3.00 ha., 8.85 ha., y 4.60 ha. Municipalidad de Chimaltenango 7.00 ha. (ya que existen muchas áreas con cultivos agrícolas, es decir, prácticas de rozas en terrenos aledaños).  Jorge Velazquez Morales (u.n.), Proyecto grande de un comité, que al darse por finalizado entra en riesgo de incendiarse o perder parte de su plantación al intervenir talas ilícitas, por la poca preocupación de seguimiento.  Proyectos de reforestación finalizados de BIENES FAMILIARES, SOCIEDAD ANÓNIMA, corren el riesgo de incendiarse debido a la poca ejecución de actividades culturales como limpias, en el interior de la plantación. Proyectos a nombre de MUNICIPALIDAD DE TECPÁN GUATEMALA que han finalizado y ya no tienen actividad silvícola, por carecer de mas incentivos posterior ala fase del PINFOR.
v	v-2	Muerte de la plantacion por influencia de las Condiciones naturales, falta de humedad y vientos fuertes.	Por la presencia de condiciones de falta de humedad y suelos pobres, provoca que la planta sufra de estrés hídrico.  1 proyectos, de Nery Horlando Ruano Galvez Expediente DSR-V-2-003-2004-REF-PINFOR. Aldea Chijocon San Martín Jilotepeque.  El Proyecto a nombre del señor, Julio Roberto Navas, en modalidad de protección, ubicado en el Municipio de San Martín Jilotepeque, es influenciado por vientos fuertes, otro factor que influye son las pudientes fuertes, que con la presencia de la lluvias intensas provocarían deslizamientos.
v	v-2	Riesgo de falta de medidas de remediación Fitosanitaria de Plagas y enfermedades Forestales.	La roya que ataca el tallo de una planta puede llegar a quebrar el fuste, debido a que debilita a la misma haciéndola susceptible al ataque del aire y otros patógenos secundarios.

			<p>1 Proyecto No. DSR-V-2-01-2006-REF-PINFOR-INAB A NOMBRE DE Gabriel Antonio Medrano Valenzuela , TECPAN GUATEMALA.</p> <p>Ataque del gorgojo del Pino debido a que el bosque se encuentra sobre maduro.</p> <p>1 Proyecto No. DSR-V-2-01-2006-MBPT-PINFOR NOMBRE DE Gabriel Antonio Medrano Valenzuela TECPAN GUATEMALA.</p> <p>2 proyectos, de Nery Horlando Ruano Galvez Expediente DSR-V-2-028-2005-MBPT-PINFOR Y DSR-V-2-031-2005- MBPT-PINFOR . Aldea Chijocon San Martín Jilotepeque.</p> <p>Podría afectarse con Roya, los proyectos de Bosques de Protección ya liberados de la Finca Los Laureles, Tecpán Guatemala, ya actualmente las plantaciones y bosques con las cuales colinda se encuentran infestadas con roya (mas en el municipio de Patzicia).</p> <p>La plantación establecida en la finca BUENA VISTA O LABOR VIEJO, del Municipio de San Martín Jilotepeque podría ser afectados por roya, ya que el bosque maduro adjunto posee individuos infectados.</p> <p>Benedicto Recinos y Recinos (u.n.) 8.85 ha, (existe un foco de gorgojo del pino, el cual esta en proceso de control).</p>
v	v-2	sobre pastoreo	Martin Pemech Similox (u.n.), proyecto cuyo propietario introduce ganado a las plantaciones, que han finalizado y que ponen en riesgo las plantaciones de menor edad.
v	v-2	Extracción ilegal	Este fenómeno se da en todos los proyectos de las municipalidades, al finalizar el periodo de los incentivos forestales.
v	v-2	Falta de Manejo Forestal	<p>Por falta de manejo silvicultura de las plantaciones de Tecpán (podas y raleos), las plantaciones podrían perder su capacidad de crecimiento y desarrollo, lo cual podría estar expuestos a roya, gorgojo e incendios forestales.</p> <p>Teniendo presente la demanda de madera y el crecimiento demográfico, además de la ubicación, pendiente y acceso los siguientes proyectos después de haber gozado del PINFOR Podrían sufrir intervención: Armando del Pilar Garcia Rivera, Manuel Antonio Roca Roca,</p>

			Rosa Maria Batres Ruano de Navas, localizados en el municipio de San Martin Jilotepeque, Chimaltenango.  Municipalidad de San Andrés Itzapa, 8.50 ha., (El proyecto ya salio del programa).
<b>REGION</b>	<b>SUBREGION</b>	<b>AMENAZAS</b>	<b>QUE PROYECTO SE VE AFECTADO POR ESA AMENAZA</b>
V	V-2	Falta de Manejo forestal, respecto a ejecución de medidas silviculturales como raleos y podas	SE DA PRINCIPALMENTE PARA LAS MUNICIPALIDADES YA QUE AL FINALIZAR los periodos de pago de los incentivos los funcionarios, o alcaldes que pasan al siguiente periodo electoral no conocen la existencia de las plantaciones forestales, aparte de no invertir en las áreas, establecidas abandonan totalmente las plantaciones, esto implica que los árboles mueren por presencia de malezas, cortas ilícitas de los árboles u otras circunstancias. Expedientes 52-106-00-a y V-2-004-R-99 a nombre de la MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, Proyecto De la Municipalidad de Chimaltenango,

DISTRIBUCIÓN DEL INCENTIVO POR TIPO DE PROPIETARIO Y RANGO DE AREAS: A NIVEL SUBREGIONAL

SUBREGOIN V-2

TIPO PROP	<15		>45		15 a 45	
	Has	No. Proyec	Has	No. Proyec	Has	No. Proyec
ASOCIACION			67	1	18.74	1
EMPRESA	124.76	18	1577.95	6	316.88	13
FUNDACION	4	1				

## 1.5 CONCLUSIONES

1. Los seis técnicos que integran el personal operativo de la subregión V.2 del INAB, encargados de desarrollar las actividades referentes al PINFOR no cubre las necesidades para el desarrollo adecuado del programa.
2. En la subregión V-2 Chimaltenango, se manejan 3 tipos de proyectos, la de manejo de bosque natural para producción, manejo de bosque natural para protección y reforestación.
3. Se incentivaron por primera vez para el 2007 dos tipos de proyectos, manejo de bosque natural para producción y reforestación, los de manejo de bosque natural con fines de producción que se encuentran en etapa manejo 1, corresponde a 1 proyecto que hace un total de 55.12 hectáreas. En cuanto a los proyectos de reforestación se cuenta con un total de 6 proyectos en su etapa de establecimiento, que hacen un área de 90.07 hectáreas. En total todos los proyectos hacen un área de 145.19 hectáreas para ser incentivadas por primera vez en el 2007 en la subregión V-2.
4. El total de proyectos a incentivar en el año 2007 correspondiente a todas las etapas, son para manejo de bosque natural con fines de producción 2 con un total de 148.77ha, en el caso de las áreas incentivadas para protección presenta un número de proyectos 26 que corresponde a 1198.67 ha, y las áreas reforestadas corresponden a un total de 78 proyectos con un área de 637.82 ha.

## **1.6 RECOMENDACIONES**

1. Debido al bajo número de proyectos nuevos incentivados por primera vez en el año 2007, se recomienda fomentar y divulgar el programa en todo el departamento, con el fin de obtener mayor número de ingresos de proyectos para el siguiente año.
2. Incrementar el número de personal para ejecutar de mejor manera las evaluaciones de campo y certificaciones en la subregión V-2.
3. Tener en buenas condiciones los vehículos para la realización de las evaluaciones de campo.

## 1.6 BIBLIOGRAFIA

1. Congreso de la República de Guatemala, GT. 1996. Ley forestal, decreto 101-96. Diario de Centro América, Guatemala, Guatemala, diciembre, 4:1129-1136.
2. Cruz S, JR De la. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, en el ámbito de reconocimiento basado en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. 24 p.
3. IARNA (URL, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, GT); URL (Universidad Rafael Landivar, GT); IIA (Asociación Instituto de Incidencia Ambiental, GT). 2006. Perfil ambiental de Guatemala: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. Guatemala. 250 p.
4. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1979. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. p. irre.
5. \_\_\_\_\_. 1976. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja no 2060 III, 2059 IV y 2959 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). s.f. Glosario de términos forestales. Guatemala. s.p.
7. \_\_\_\_\_. 1999. Manual técnico forestal. Guatemala. 110 p.
8. \_\_\_\_\_. 2001. Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centroamericano). Guatemala, PROCAFOR. 264 p.
9. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2007. Lineamientos técnicos de manejo forestal sostenible. Guatemala, INAB / CONAP. 44 p.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegida, GT); MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); UVG (Universidad del Valle de Guatemala, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT). 2004. Mapa de cobertura forestal de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:50,000.
11. Padilla, H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. México, Universidad Autónoma de Chapingo / LIMUSA. 263 p.
12. Richters, J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central, hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, Costa Rica, IICA. 440 p.
13. Simmons, CS; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

## **2 CAPITULO II**

### **INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE CIPRÉS COMÚN (*Cupressus lusitánica* Miller), EN PLANTACIONES FORESTALES DE GUATEMALA, 2007”**

**EVALUATION OF THE SITE CHARACTERISTICS THAT INFLUENCE IN THE GROWTH AND THE PRODUCTIVITY OF COMMON CYPRESS (*Cupressus lusitánica* Miller) IN FOREST PLANTATIONS OF GUATEMALA, 2007.**

## 2.1 Resumen

El ciprés se caracteriza por presentar una alta variación genética muy relacionada con los factores ambientales y que se expresa en varias de las variables de crecimiento. En los primeros años la plantación crece aproximadamente 1.2 m/año y en 30 años puede alcanzar hasta 30 metros.

Dentro de la presente investigación se evaluó el crecimiento y la productividad de la especie *Cupressus lusitánica* Miller en 30 sitios diferentes de la región V.2 de Guatemala, las cuales se encuentran establecidas en una red de Parcelas Permanentes de Monitoreo –PPM-.

El estudio se basó en la evaluación de variables de sitio como pedregosidad, drenaje superficial, erosión, pendiente, viento, posición topográfica, etc.; variables del suelo por medio de análisis químicos y físicos que permitieran conocer datos como pH, acidez y contenido de elementos nutrientes y porcentaje de materia orgánica que contiene cada uno de los suelos de las distintas parcelas.

Asimismo, se aplicó la metodología Mirasilv para medir las variables silvícolas, tales como la edad de la plantación, espaciamiento promedio, DAP, Altura, Índice de Sitio, Área Basal, Volumen Total.

En el contenido se especifican cada uno de los resultados y la influencia que las variables tienen en el crecimiento y productividad en cada plantación; asimismo se proponen recomendaciones para dar continuidad al estudio realizado.

## 2.2 Introducción

Guatemala es considerado un país netamente forestal, debido a sus características climáticas y fisiográficas, donde el manejo de la cobertura forestal debe considerarse como una de las actividades socioeconómicas más importantes de la economía nacional. Para el año 1996, se reportaban tasas de deforestación anual de 90,000 ha y tasas de reforestación menores a 4,000 ha existiendo un déficit de 86,000 ha por año. (10). Este problema ha venido incrementándose de forma acelerada, como menciona Ugalde (38) establece que el desarrollo forestal en la última década, ha tenido un mayor auge en varios países tropicales, especialmente en América Central con respecto al establecimiento de plantaciones forestales. Esto se ha visto favorecido en gran parte, por la aprobación y puesta en marcha en varios países, de Programas de Incentivos Forestales -PINFOR-, con el propósito de promover la reforestación con la participación de productores individuales, comunidades, cooperativas y/o empresas privadas.

El Programa de Incentivos Forestales –PINFOR- es una de las principales actividades de fomento de Plantaciones Forestales y de Manejo de Bosque Natural en Guatemala, el cual es impulsado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB). Esta institución cuenta con Nueve regiones a nivel nacional, las cuales están divididas en 39 subregiones.

Los resultados de la presente investigación, indican que los factores edáficos de las áreas donde se encuentran establecidas las parcelas permanentes de muestreo son determinantes en la productividad de la masa boscosa; mientras que se determinó que los factores de sitio influyen directamente en el crecimiento.

En el presente documento se discute cómo los factores de sitio y edáficos determinan la calidad de las plantaciones de *Cupressus lusitánica* Miller en las diferentes regiones de Guatemala en las que se ubican las parcelas permanentes de muestreo del PINFOR.

### **2.3 Definición del Problema y Justificación del Estudio**

El programa de Incentivos Forestales, del INAB, propone especies prioritarias para ser plantadas en Guatemala, encontrándose dentro de estas el ciprés común. Esta especie prioritaria es plantada en varias regiones del país, independientemente de las condiciones del sitio y suelo de cada región, debido a la falta de información generada para el país.

El crecimiento de árboles y la productividad del bosque son resultado de las respuestas fisiológicas a la interacción de factores bióticos y abióticos del ambiente; es importante conocer estos datos para la planificación de las plantaciones. Es necesario agregar que el manejo de las plantaciones forestales juega un papel importante en el crecimiento y la productividad de estas plantaciones.

El conocer los comportamientos de las plantaciones, y en especial de estas especies, servirá como aporte en la planificación de las labores silviculturales necesarias para el manejo adecuado de los individuos, con el fin de tener en el futuro producto de buena calidad y cantidad para el desarrollo de la región a través del recurso forestal y apoyada en la producción. Al igual que se conocerá si las labores silviculturales aplicadas a las plantaciones tienen influencia en el crecimiento y productividad.

Esta investigación está dirigida hacia la búsqueda de recomendaciones prácticas, pretendiendo desarrollar una herramienta técnica que facilite la clasificación de áreas para programas de reforestación y de esta manera orientar mejor los programas existentes como los incentivos, para disminuir fracasos generados a partir de una falta de información en la selección del sitio.

El objetivo del presente estudio, es conocer las variables climáticas, fisiográficas, de suelo y silviculturales de las cuales depende el crecimiento y la productividad de Ciprés común (*Cupressus lusitánica*), con el fin de generar una herramienta técnica más de decisión al momento de proponer proyectos de reforestación, tanto para los propietarios como para el INAB, en el momento de aprobar el beneficio del PINFOR.

La información obtenida del presente trabajo de investigación permitirá mostrar tendencias que sirvan como parámetro para el desarrollo de otros estudios en lo referente a índices

de sitio, así como en el desarrollo de investigaciones similares en el campo forestal, que puedan servir de base para ampliar el conocimiento a este respecto a través de estudios específicos, y poder seleccionar las características más adecuadas para establecer ciprés común.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 General**

Evaluar las características de sitio que influyen en el crecimiento y productividad de *Cupressus lusitánica* Miller en plantaciones pinfor de la región V.2 de la República de Guatemala del INAB.

### **2.4.2 Específicos**

1. Determinar los factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Cupressus lusitánica* Miller en Guatemala.
2. Determinar los factores del suelo que influyen en el crecimiento de *Cupressus lusitánica* Miller en Guatemala.
3. Determinar los factores de sitio que influyen en la productividad de *Cupressus lusitánica* Miller en Guatemala.
4. Determinar los factores del suelo que influyen en la productividad de *Cupressus lusitánica* Miller en Guatemala.

## **2.5 Metodología**

La información se recabó mediante una muestra compuesta por Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM), las cuales se encuentran establecidas en una red, en plantaciones beneficiadas por el programa de incentivos forestales del INAB.

## **2.6 Tamaño de la Muestra**

El número de parcelas evaluadas (n), se estableció basados en los recursos disponibles para efectuar el estudio, partiendo de la posibilidad de contar con el análisis de fertilidad de 120 muestras de suelo. Con este estudio se evaluaron para cada sitio dos lotes (de bajo y alto crecimiento) y para cada lote dos profundidades con el fin de evaluar las características del suelo. Partiendo de lo expuesto anteriormente se tiene información que se evaluaron un total de 60 PPM, en las distintas regiones forestales de Guatemala donde se encuentre plantado Ciprés Común con este programa de incentivos; teniendo en total 30 sitios diferentes, distribuidos en las regiones I, II, III, IV,V, VI, VII y IX (Figura 1A).

## **2.7 Ubicación y Medición de las Parcelas**

Las parcelas que se utilizaron para la evaluación, son PPM establecidas por el INAB de acuerdo a la metodología recomendada por Ugalde (2001), instaladas a través de un muestreo exploratorio, las cuales consideran diferentes condiciones de sitio como: tipo de suelo, pendiente, drenaje, entre otros; estas parcelas tienen un área aproximada de 500 metros cuadrados y de forma cuadrada.

La distribución del número de parcelas medidas en cada región se efectuó de manera proporcional al área plantada con cada especie, en plantaciones con edad por arriba de los 2 años, que se encuentran dentro del PINFOR.

## 2.8 Variables evaluadas dentro de las parcelas

Las variables que se evaluaron se refieren a la respuesta que el sitio tienen en el crecimiento de Cipres Común (*Cupressus lusitánica*), por lo que se definen estas cuatro como las separaciones generales de las variables, como las utilizadas por Vaides (2004), de la siguiente manera:

## 2.9 Variables de Sitio

Estas variables se refieren a las que se proponen por el sistema MIRASILV (Ugalde, 2001), las cuales se presentan en el Cuadro 2 y fueron evaluadas para cada una de las PPM que se midieron.

Dentro de estas variables se pueden separar en variables climáticas y variables fisiográficas. Para las variables climáticas se utilizaron datos meteorológicos del programa grid del MAGA,

**Cuadro 4 Variables de sitio tomadas en cuenta en las PPM, separadas por tipo de variable**

TIPO	VARIABLE
Variables Fisiográficas	Elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
	Posición topográfica  (1 = cima, 2=pendiente media, 3=pendiente inferior y 4=fondo plano)
	Drenaje Superficial (1= libre y 2= impedido)
	Pedregosidad (1= 30%, 2 entre 30 y 60 % y 3 > 60%)
	Erosión (1=ninguna, 2=moderada, 3=severa y 4=muy severa)
	Pendiente media de la parcela (en porcentaje)
	Aspecto / Exposición (1=Norte, 2=Este, 3=Sur, 4=Oeste, 5=Llano)
	Viento (1 = Poco viento, no afecta el crecimiento, 2 = Moderado, afecta poco el crecimiento y 3= Muy severo, afecta el crecimiento)**

**Nota: Basado a si el viento ha dañado la plantación o no, se nota más en la época y sitios más susceptibles a los vientos.**

## 2.10 Variables de suelo

Para la obtención de las variables de suelo se elaboró una calicata al centro de cada PPM con una profundidad de 0.50 m, obteniendo dos muestras de cada parcela, a dos profundidades diferentes: la primera de estas de 0 a 0.20 m y la segunda de 0.20 a 0.40 m de profundidad. A cada una de las muestras se le efectuó un análisis completo de fertilidad contando con las variables que se muestran en el cuadro 5, que sirvieron para definir las variables del suelo que influyen en el crecimiento de Ciprés Común. Las profundidades tomadas en cuenta se basan en estudios efectuados anteriormente y citados en la revisión bibliográfica, donde se han encontrado resultados de la relación suelo - planta.

**Cuadro 5 Variables de suelo tomadas en cuenta a dos profundidades diferentes en las PPM, separadas por tipo de variable.**

TIPO	VARIABLES
Análisis químico	pH, acidez extractable, contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Fósforo (P) y Nitrógeno (N), adición de bases (CaMgK) y Materia Orgánica
Análisis físico	Contenido de arena, limo y arcilla en porcentaje.
Otras variables	Grosor del horizonte orgánico (O) y sáprico (Oa) (milímetros)
	Drenaje interno (1= bueno, 2 = moderado, 3 = imperfecto)
	Compactación, Profundidad efectiva
	Uso anterior del suelo

Fuente: Instituto Nacional de Bosques –INAB- Características de Sitio. Ing. Estuardo Vaidez

## 2.11 Variables silvícolas

En cada una de las PPM se tomaron variables silvícolas, basados en la metodología del sistema MIRASILV, de manera directa, a partir de las cuales se obtuvieron otras variables silvícolas indirectas, las cuales se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6 Variables silviculturales directas e indirectas a tomar en cuenta en las PPM.**

TIPO	VARIABLE
Variables silviculturales directas	Edad de la Plantación (en años)
	Espaciamiento promedio (en metros)
	DAP de todos los árboles (en milímetros)
	Altura total de todos los árboles (en decímetros)
	Área de la PPM (en metros cuadrados)
Variables silviculturales indirectas	Número inicial de árboles (árboles / ha)
	Número actual de árboles (árboles / ha)
	Altura promedio de los árboles por ha (metros)
	Altura dominante de los árboles (metros)
	Índice de sitio (metros)
	Área basal (metros cuadrados / ha)
	Volumen total

Se evaluaron además de las anteriores, variables de manejo de las plantaciones, como podas, raleos, limpiezas, donde se tomaron el número y la frecuencia por año de cada una de estas; y si se efectuó alguna labor de preparación del terreno antes de establecer la plantación.

## **2.12 Marco Teórico**

### **2.12.1 Marco conceptual**

### **2.12.2 Generalidades**

#### **2.12.2.1 Productividad.**

Zepeda y Rivero, citados por Escobedo (11), consideran que debido a la dificultad para determinar la productividad de los terrenos forestales, se ha recurrido a enfocarla en función de factores ambientales; tal es el caso de la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produce en un tiempo determinado.

La productividad de los bosques depende de una serie de factores ambientales que comprenden radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Este último factor también depende de dichas condiciones ambientales y en la mayoría de los bosques, la productividad está relacionada directamente con la absorción y disponibilidad de nutrientes, Binkley (5).

#### **2.12.2.2 Crecimiento**

Es el aumento gradual en el tamaño de un organismo (árbol), población (bosque) en un período de tiempo. Este aumento se produce por la actividad fisiológica de la planta. El ritmo o tasa de crecimiento está determinado por factores internos (genéticos), externos (sitio) y por el tiempo, FAO (13).

Los requisitos internos para el crecimiento de los árboles según Bockheim (6) son:

- Suministro adecuado de carbohidratos.
- Agua.
- Minerales.
- Reguladores hormonales del crecimiento.

El crecimiento de un árbol en un bosque, depende de la capacidad de adaptarse y expresar su potencial genético en el medio ambiente a que está expuesto según Daniel (9).

El crecimiento se puede entender a nivel de un sólo árbol o bien a nivel de un rodal, del mismo modo, puede ser enfocado básicamente bajo aspectos fisiológicos.

### **2.12.2.3 Crecimiento de árboles individuales**

El comportamiento de crecimiento de los árboles y de las masas forestales, sigue un patrón sigmoide, variando según el genotipo y ambiente de acuerdo a Daniel et al (9).

El crecimiento de los árboles varía naturalmente según las especies, edad y lugar donde crecen (clima, calidad y humedad del suelo, exposición al sol, posición sociológica, etc). También agentes externos pueden afectar el crecimiento (intervenciones humanas, daños causados por fuego, plagas, enfermedades y elementos atmosféricos, etc) y finalmente la competencia con otras plantas (principalmente otros árboles) (23).

Paiz (28) cita a Simmons, estableciendo que los tres elementos de crecimiento (altura, diámetro y volumen) no tienen ritmo paralelo a lo largo de la vida del árbol, sino que varía dependiendo de su etapa fenológica, como se presenta en el Cuadro 7.

**Cuadro 7 Crecimiento en altura, diámetro y volumen de un árbol**

<b>Período del árbol</b>	<b>Altura</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Volumen</b>
Muy joven	Muy rápida	Lento	Ninguno
Joven	Rápido	rápido	Rápido
Maduro	Lento	regular	Rápido
Viejo	Ninguno	Muy lento	Lento

**Fuente: Tesis Ing. Agrónomo, Estuardo Vaidez (2004)**

Daniel (9) y Klepac (22) establecen que la mayoría de especies crecen en períodos limitados, dependiendo de la especie, la edad y el ambiente. La época de crecimiento está determinada principalmente por la temperatura y las relaciones hídricas adversas, que influyen en la suspensión del crecimiento del tronco.

#### **2.12.2.4 Crecimiento de masas forestales**

El crecimiento total dentro de un rodal, puede expresarse en muchas formas que dependen específicamente de la ordenación forestal; entre estas formas, se encuentra el rendimiento total a lo largo de la rotación, incremento medio anual, incremento periódico anual, crecimiento bruto y el crecimiento neto. El crecimiento de los rodales se ve afectado por el estado de desarrollo de la comunidad, la edad, la calidad de sitio, las especies, la densidad, el área basal y los tratamientos silvícola, Paiz (28).

### **2.12.2.5 Incremento**

Consiste en la diferencia de tamaño entre el comienzo y final de un período de crecimiento. El crecimiento se manifiesta en el cambio de dimensiones de las diferentes variables que lo caracterizan según Ferreira (13). Así mismo, menciona que existen varios tipos de incrementos:

Incremento corriente anual (ICA) es el incremento en volumen durante cierto año, el incremento medio anual (IMA) es el incremento anual durante la edad del árbol y el incremento periódico anual (IPA) es el incremento medio anual durante un periodo definitivo. El incremento de los árboles depende de su edad, la especie y la capacidad productiva de una localidad, es decir la calidad de sitio. Los tres tipos

### **2.12.2.6 Sitio**

El sitio se define como un área considerada en términos de su ambiente, particularmente determinado por el tipo y calidad de la vegetación que el área soporta (1).

De acuerdo con Oliva (26), con este concepto se logra identificar la productividad potencial de los terrenos forestales, lo cual permite seleccionar las especies, delimitar áreas homogéneas como unidades de manejo y estimar su rendimiento, mejorar condiciones difíciles del suelo y prever riesgos de enfermedades.

### **2.12.2.7 Calidad de sitio**

La calidad de un sitio se identifica con la capacidad de producir bosque u otro tipo de vegetación como producto de la interrelación de factores edáficos, bióticos y climáticos, Rojas (34)

Clutter (7) hace mención que la calidad de sitio puede ser definida, en términos de manejo forestal, como el potencial de producción de madera de un sitio para determinada especie.

La calidad de sitio es la suma de muchos factores ambientales: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, su composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, el microclima, las especies que viven sobre él y otros más. Estos factores a su vez son función de la historia geológica, fisiográfica, macro clima y del desarrollo de la sucesión vegetal, Montero Mata (25).

De acuerdo a Prodan (31) definen la calidad de sitio como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de los árboles. Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar. Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal para elegir los mejores sitios, para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar sus características. De acuerdo con Dvorak, la especie crece a altitudes de 1500 a 3500 msnm.

#### **2.12.2.8 Importancia de la calidad de sitio**

Revolorio (32), menciona que la productividad forestal varía considerablemente en función de la calidad de sitio. Por tal razón, es muy importante conocer y evaluar las variables que más influyen en la calidad de un sitio para una especie determinada. El conocimiento de la calidad del sitio, es una valiosa herramienta para planificar trabajos silvícolas y para tomar decisiones económicas en programas de ordenación forestal y de reforestación.

Schriavastava y Ulrich (36), determinan que los resultados obtenidos en los estudios de sitio, pueden ser utilizados como herramientas para establecer una nueva plantación con ciertas prioridades, para predecir el crecimiento de los árboles y para futuras producciones y así como para responder a preguntas como cuándo cortar, cuánto cortar y qué cortar, por lo que pueden elaborarse mejores planes de manejo.

### **2.12.2.9 Importancia de la calidad de las plantaciones**

La calidad radica en obtener árboles que estén más cerca de la condición deseada que aquellos que se utilizan comúnmente según Zobel (44).

### **2.12.2.10 Evaluación de la calidad de sitio**

Clutter (7) divide la cuantificación de la calidad de sitio de la siguiente forma:

Métodos directos

- 1 Estimación a través del rendimiento por registros históricos.
- 2 Estimación basada en datos del volumen del rodal.
- 3 Estimación basada en datos de altura de las especies.
- 4 Estimación a partir de datos de incremento periódico en altura.

La calidad de sitio es determinada a través de esta metodología en función de datos históricos de rendimiento de volumen, crecimiento en altura dominante (índice de sitio) o crecimiento entre nudos. Se utiliza en plantaciones ya establecidas, Vaidez (41).

#### **Métodos indirectos**

Estimación a partir de las relaciones entre especies del estrato superior.

Estimación a través de la relación de las especies del sotobosque.

Estimación a través de los factores climáticos, edáficos y topográficos.

Estos métodos se utilizan para clasificar sitios donde aún no hay plantaciones, utilizan relaciones entre especies, características de la vegetación inferior (sotobosque) o factores climáticos, edáficos y topográficos, Vaidez (41).

#### **2.12.2.11 Factores de crecimiento que influyen en la calidad de sitio**

Un factor de crecimiento es cualquier característica ambiental que en su mínima expresión, es capaz de crear un efecto en el crecimiento de un árbol y que una vez estudiado y analizado, puede generar una predicción en la productividad de una especie forestal, Klepac (23).

Los factores de crecimiento suelen ser conocidos también como factores de sitio y son clasificados en tres grandes grupos: climáticos, fisiográficos y edáficos. El desconocimiento de cómo estos factores determinan la fenología del crecimiento de las especies forestales, constituye uno de los múltiples problemas que es necesario resolver para obtener los mejores resultados en el manejo de bosques naturales y plantaciones forestales, con el propósito de aplicar las técnicas silvícolas en el momento preciso, Becerra (4).

Para sobrevivir y crecer, los árboles deben tener ciertos requisitos internos como lo son: suministro adecuado de carbohidratos, agua, minerales y reguladores hormonales del crecimiento, Bockheim (6).

Jadan (20), Spurr y Barnes (37), establecen que de la gran cantidad de estudios realizados trabajando con estas premisas, se ha observado que el crecimiento de los árboles forestales es afectado principalmente, por la cantidad de suelo ocupado por las raíces de los árboles y por la disponibilidad de humedad y nutrientes en este espacio limitado.

Haig (18), establece que las coníferas tropicales parecen ser, en general, poco exigentes a los factores del medio; sin embargo, muchos factores intervienen en el desarrollo de las mismas.

### **2.12.3 Factores edáficos**

Arteaga (1), señala que el suelo y la topografía de un lugar están estrechamente relacionados, ya que las características topográficas de un sitio afectan el desarrollo de los perfiles edáficos, así como la textura y estructura de la superficie del suelo.

Los factores del suelo en la clasificación de sitios, constituyen una valiosa ayuda por cuanto muchos de ellos son fáciles de medir y además pueden cuantificarse, Rojas (34).

Daniel (9), establecen que la productividad de los rodales depende de las características físicas y químicas de los suelos, considerándose las físicas más importantes, debido a que el nivel de nutrientes dependen en gran medida de las propiedades físicas.

Según Forsythe (14), la calidad del suelo es un complejo de sus propiedades físicas, químicas y biológicas que proporcionan a) un medio para el crecimiento de la planta, b) la regulación y distribución del flujo de agua en el ambiente, c) un filtro ambiental eficaz.

#### **2.12.3.1 Características físicas**

Los factores físicos del suelo como la porosidad, aireación y retención de agua, crean una influencia en la formación de tejidos leñosos, porque la mayoría de los suelos forestales están en la capacidad de relacionarse con los nutrientes químicos requeridos por los árboles, de acuerdo a Kadambi (21).

#### **2.12.3.2 Profundidad efectiva del suelo**

El suelo debe proporcionar un espacio adecuado para el desarrollo de las raíces de las plantas. Esto está relacionado con el almacenaje de nutrimentos y agua para las plantas y la posibilidad de que el árbol desarrolle un buen soporte mecánico, Ferreira (14).

La profundidad del suelo es otra característica edáfica importante que influye sobre la productividad de los pinos. Revolorio (32) indica que para el caso de los pinos, la profundidad de suelo disponible a las raíces, es más importante que la fertilidad y éstos pueden crecer bien en suelos con limitaciones de Nitrógeno y Fósforo.

#### A. Drenaje

La falta de aireación impide la actividad biológica. La descomposición de la materia orgánica se retarda y la tasa de mineralización de los compuestos orgánicos de Nitrógeno disminuye según Baver (3).

#### B. Textura

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las diversas partículas minerales como arena, limo y arcilla, en el suelo, Bockheim (6).

Es determinante en la calidad del sitio, ya que su contenido de arcilla regula la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención de humedad, la aireación y la penetración de raíces. Esto último varía con la especie, por ejemplo Jadan (20), Spurr y Barnes (37) han determinado que *Pinus resinosa* crece en suelos, con altos contenidos de arena o en horizontes "A" engrosados por lixiviación y *Picea mariana* en suelos pesados.

#### C. Estructura del suelo

Según Daniel (9), Jadan (20), Spurr y Barnes (37), establecen que el bosque favorece la conformación de una estructura deseable por la incorporación de materia orgánica y junto a la textura, influyen el crecimiento forestal. La estructura puede compensar efectos indeseables de la textura.

#### D. Materia Orgánica

Bockheim (6) afirma que la materia orgánica en el suelo forestal realiza varias funciones importantes:

- 1 Mejora la estructura del suelo y aumenta la porosidad y ventilación del mismo.
- 2 Influye en el régimen de temperatura.
- 3 Sirve como fuente de energía para los microbios del suelo.
- 4 Aumenta la capacidad de retención de la humedad de los suelos forestales.
- 5 Retiene las sustancias nutritivas y las intercambia.

La mayor parte de la materia orgánica se añade al suelo forestal en forma de hojarasca, que incluye las hojas recientemente caídas, los brotes, los tallos, la corteza, los conos y las flores.

#### E. Porosidad

Se refiere al porcentaje de volumen del espacio de suelo total no ocupado por partículas sólidas. Influye en la retención y movimiento del agua, aireación del suelo y penetrabilidad de las raíces, Bockheim (6).

#### F. Color

Para Jadan (20), el color se relaciona con otros aspectos, el origen geológico, cantidad de materia orgánica, oxidación y reducción, acumulación de hierro y otros factores.

## G. Agua disponible

Los árboles pueden presentar déficit temporal de agua interna, al medio día debido a la resistencia del movimiento del agua dentro del suelo y las raíces, retrasando la absorción respecto a la transpiración, Clutter (7).

No solamente la humedad del suelo influye en la distribución y crecimiento de la vegetación forestal, sino que también actúa como un solvente para transportar nutrientes hacia la raíz del árbol. El contenido de agua del suelo influye en su consistencia, ventilación, temperatura, grado de actividad microbiana, concentración de sustancias tóxicas y grado de erosión del suelo, Bockheim (6).

Spurr y Barnes (37), determinaron que algunos árboles crecen más durante la noche, en respuesta al patrón de disponibilidad de agua; es por esa razón que en el verano por el déficit de agua en el suelo, los tejidos al sufrir escasez de agua reducen el crecimiento arbóreo.

Revolorio (32), menciona que diversos estudios relacionados con la calidad de sitio de bosques pinares, coinciden en señalar que los factores asociados con el drenaje del suelo, son los que más influyen en el crecimiento y desarrollo de los pinos.

### **2.12.3.3 Características químicas**

Además de las propiedades físicas, la composición química del suelo también influye en el desarrollo de los árboles. Esta composición depende de la roca madre, del clima, de la actividad biológica, del tiempo y de la topografía, Escobedo López (12).

Los fenómenos químicos del suelo contribuyen a permitir el almacenamiento de agua y de nutrientes, que son determinantes en el crecimiento y capacidad competitiva de las especies forestales. La formación del suelo es afectada en gran medida por el movimiento de sustancias entre la planta y el retorno a través del mantillo, y tendrá como efecto influencia sobre la vegetación posterior según Daniel (9), Spurr y Barnes (37).

Se distinguen tres grupos de nutrientes según la FAO (12):

- *Macronutrientes*: Estos son requeridos en cantidades sustanciales. Son elementos tales como Nitrógeno (N), Fósforo(P), Potasio(K), Calcio(Ca), Magnesio(Mg) y Azufre (S).
- *Micronutrientes*: Estos son requeridos en cantidades pequeñas. Son elementos tales como Cobre (Cu), Boro (B) y Hierro (Fe).
- *Elementos trazas*: Estos son requeridos en cantidades mínimas. Uno de estos elementos es el Cobalto (Co)

Binkley (5), menciona que cada uno de estos elementos presentará un patrón único de origen, transformaciones y disponibilidad para las plantas en diferentes condiciones ambientales.

Las raíces y raicillas de los árboles que absorben los nutrientes, se concentran en los primeros 30 cm de la tierra. Sin embargo, la raíz pivotante y las raíces laterales pueden penetrar profundamente en el suelo, Escobedo López (12).

#### A. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

El intercambio catiónico es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar formas positivamente cargadas, de sustancias nutritivas de las plantas, Bockheim (6).

Los suelos arenosos tienen baja CIC y los arcillosos alta CIC, que es una medida de la fertilidad del suelo<sup>1</sup>. La precipitación y la descomposición de la materia orgánica, favorecen la disponibilidad de los cationes (Al, Ca, Mg, K, Na, N, H), tanto para la absorción de las raíces como para la lixiviación. Los aniones móviles en la solución del suelo, contribuyen a la lixiviación, pudiendo dejar pocas bases para ser absorbidas por el sistema radicular según Daniel (9), Spurr y Barnes (37).

## B. Nutrientes

Los nutrientes minerales realizan muchas funciones en los árboles. Son constituyentes de los tejidos vegetales, catalizadores en diversas reacciones, reguladores osmóticos, constituyentes de sistemas de amortiguamiento y reguladores de la permeabilidad de las membranas (6).

El N, P, K, y Ca son los que generalmente se encuentran restringidos en el suelo, el S, Mg y Fe rara vez presentan disponibilidad limitada; los elementos menores son requeridos en mínimas cantidades, por lo que rara vez son deficientes, Revolorio (33).

## C. Nitrógeno

Es el componente más importante de todos los aminoácidos, los cuales son las unidades estructurales de las proteínas. Las proteínas desempeñan una gran variedad de funciones, que van desde la formación de las paredes celulares hasta la regulación de la velocidad de las reacciones químicas, Binckley (5).

El Nitrógeno más que cualquier otro elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro. Las plantas necesitan mucha cantidad de Nitrógeno, porque forma parte de muchos compuestos importantes como las proteínas y la clorofila según Plaster (29).

Se incorpora al sistema por la precipitación y por fijación (*Azotobacter*, *Clostridium*). La acidez de los bosques de coníferas limita la velocidad de la fijación según Daniel et al (9), Spurr y Barnes (37).

## D. Potasio

Es un nutriente clave para las plantas, ya que consumen más Potasio que cualquier otro nutriente, exceptuando el Nitrógeno. Activa las necesidades de enzimas en la formación

de proteína, almidón, celulosa y lignina. Regula la apertura y el cierre del estoma de la hoja. Contribuye al movimiento de los azúcares producidos por la fotosíntesis dentro de la planta según Plaster (29).

#### E. Fósforo

Su deficiencia rara vez se manifiesta, es altamente móvil dentro de la planta y se considera que 50 ppm de Fósforo disponible son suficientes para la mayoría de especies forestales de acuerdo a lo expresado por Jadan (20).

Forma parte de las transformaciones de energía de las células en forma de adenosíntrifosfato (ATP).

En los suelos, existe en las rocas en forma de fosfato inorgánico (adsorbido en las superficies o precipitado como sales), y en la materia orgánica no descompuesta (5).

#### F. Calcio

Es un elemento nutritivo principal, así como de gran importancia en cuanto a la fertilidad del suelo a través del efecto que tiene sobre las propiedades físicas y químicas del mismo. Salvo en algunos casos de acidez elevada, se encuentra en cantidades suficientes en los suelos según Daniel (9) y Jadan (20).

La función del Calcio es unir a las moléculas orgánicas. Las plantas absorben el  $\text{Ca}^{2+}$  a partir de sales de la solución del suelo y lo utilizan para las moléculas orgánicas, particularmente en las paredes celulares, Binkley (5).

## G. Magnesio

Es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila y es un elemento esencial para la fotosíntesis según Pritchett (30).

## H. pH

El pH es sumamente importante en los suelos forestales, porque influye en la población microbiana del suelo, la disponibilidad del Fósforo, Calcio, Magnesio y elementos residuales, así como en la tasa de nitrificación, o sea, la oxidación biológica de amonio a nitrato. A menudo, los suelos forestales son más ácidos que los agrícolas. Esto se debe a que la hojarasca de los árboles en general es ácida y libera los iones de hidrógeno cuando se descomponen (6).

Francke (1988) consultado por Revolorio (32), menciona que la basicidad del pH del suelo y las texturas arcillosas, influyen negativamente sobre el índice de sitio de *Pinus radiata*.

### **2.12.4 Importancia de las parcelas de medición permanente**

Las parcelas de medición permanente -ppm- son definidas por Ugalde (60) como las superficies de terreno (de forma cuadrangular, rectangular, circular, en faja) demarcadas en forma permanente para cumplir con los objetivos siguientes:

- A. Permitir la medición repetitiva de los árboles individuales durante la vida de la plantación.
- B. Comparar el efecto de diversos espaciamientos iniciales, métodos y regímenes de aclareo - poda, a efecto de ayudar a definir el tratamiento más adecuado para una especie en particular.

C. Estudiar el comportamiento (crecimiento y producción) de una especie o una mezcla de ellas, bajo un manejo definido y continuo.

Las parcelas de medición son la herramienta más eficaz para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además, proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros.

Muchos de los principios y metodologías de establecimiento de parcelas de crecimiento, se aplican tanto a plantaciones como a bosques naturales, aunque lógicamente entre éstos hay diferencias en el tamaño, los tratamientos que se aplican y las variables a medir, debido especialmente a la complejidad por el número de especies y al manejo silvicultural, Shrivastava (38).

Muchos forestales consideran los datos obtenidos de las -ppm- como la contribución más importante para los modelos de crecimiento y rendimiento. Las -ppm- pueden ser utilizadas en estudios sin diseño experimental, es posible elaborar modelos mediante análisis de regresión y correlación, aplicar técnicas de validación estadística de los modelos mediante muestras independientes, Galloway (17).

## **2.13 Marco referencial**

Con la aprobación del decreto legislativo 101-96, en diciembre de 1996, el Congreso de la República de Guatemala, crea la séptima Ley Forestal del país y con ella al INAB como la máxima autoridad en el manejo de bosques fuera de áreas protegidas, teniendo como uno de sus principales programas al PINFOR.

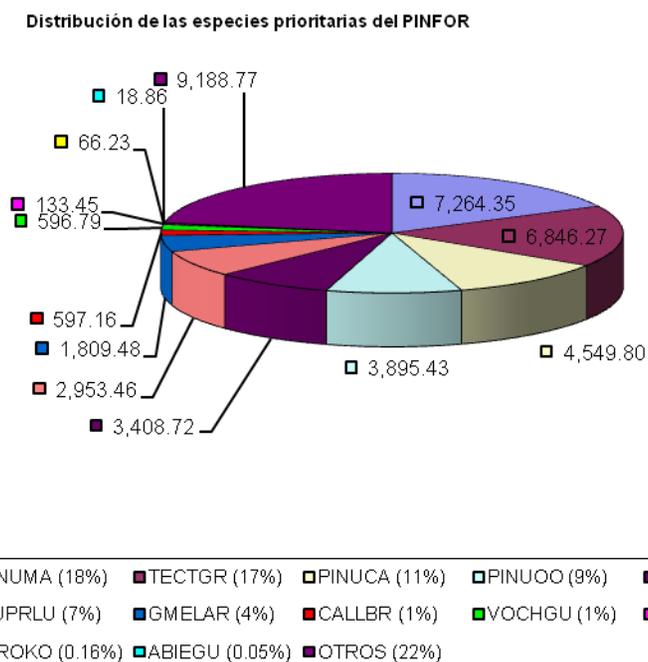
El PINFOR fomenta el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque y el manejo de bosques naturales para producción y protección (Gálvez 2002).

Se tiene hasta el año 2005 un total de 41,328.77 hectáreas plantadas con especies forestales, de las que el 7% (2,953.46 ha) de la superficie se encuentra plantada con *C. lusitánica*.

**Cuadro 8 Especies prioritarias para plantaciones del PINFOR, superficie reforestada y porcentaje, Certificado 2007**

No.	Especie	Código	Superficie reforestada	
			Ha	Porcentaje
1	<i>Pinusmaximinoi</i>	PINUMI	7,264.35	18.00
2	<i>Tectonagrandis</i>	TECTGR	6,846.27	17.00
3	<i>Pinuscaribaea</i>	PINUCC	4,549.80	11.00
4	<i>Pinusoocarpa</i>	PINUOO	3,895.43	9.00
5	<i>Cybistaxdonell-smithii</i>	CYBIDO	3,408.72	8.00
6	<i>Cupressus lusitánica</i>	CUPRLU	2,953.46	7.00
7	<i>Gmelina arbórea</i>	GMELAR	597.16	4.00
8	<i>Callophylumbrasilense</i>	COLLBR	597.16	1.00
9	<i>Vochysiaguatemalensis</i>	VOCHGU	596.79	1.00
10	<i>Alnussp.</i>	ALNUSP	133.45	0.32
11	<i>Virola Koschnii</i>	VIROKO	66.23	0.16
12	<i>Abiesguatemalensis</i>	ABIEGU	62.57	0.05
<i>Total especies prioritarias</i>			32,140.00	78.00
<i>Otras especies</i>			9,188.77	22.00
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>41,328.77</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Instituto Nacional de Bosques – INAB –



**Figura 4 Superficie y porcentaje reforestada por especie para Guatemala, por medio del PINFOR, datos certificación 2005**

### 2.13.1 Descripción de la especie

Reino: Plantae  
 División: Pinophyta  
 Clase: Pinopsida  
 Orden: Pinales  
 Familia: Cupressaceae  
 Genero: Cupressus  
 Especie: Lusitánica  
 Nombre binomial  
 Cupressus Lusitánica

Es un árbol muy utilizado como cerca viva y para producción de madera. Es natural de Centroamérica. El llamarse *Lusitánica* se debe a su introducción en Portugal en el siglo XVII en el Convento de Búcaro. Después. Los ejemplares allí cultivados se enviaron a otros países de Europa y a Brasil, desde entonces continua llamándose con el mismo nombre.

## **2.13.2 Realidades del programa de incentivos forestales –Pinfor-**

### **2.13.2.1 Misión**

El -PINFOR- fomenta la creación de núcleos de producción forestal regional de alta productividad, para impulsar la oferta de productos forestales competitivos, reducir la deforestación, generar servicios ambientales y empleo en el área rural, Haig (19).

### **2.13.2.2 Objetivo principal**

El Programa de Incentivos Forestales constituye un instrumento financiero de la política forestal, al igual que los incentivos crediticios y técnicos contemplados en la misma política y legislación forestal vigentes, Haig (19).

### **2.13.2.3 Objetivos específicos**

- Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales y las plantaciones a la actividad económica productiva.
- Incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosque a la actividad forestal, a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o la regeneración natural.

- Generar una masa crítica de bosques y plantaciones productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal.
- Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques y plantaciones para la generación de servicios ambientales, Haig (19)

#### 2.13.2.4 Metas del Pinfor

El Programa de Incentivos Forestales es para un período de 20 años (1997-2017), mediante el cual el Gobierno incentiva el Manejo y Protección de Bosques Naturales, así como el establecimiento de plantaciones forestales, con especies priorizadas según los requerimientos por cada región y subregión de influencia. Las metas propuestas establecen que deben manejarse 650,000 hectáreas de bosque natural y establecerse 285,000 hectáreas de plantaciones forestales, con recursos provenientes del 1% de los ingresos ordinarios del Presupuesto General de la Nación, Haig (19).

Los montos para proyectos de reforestación se describen en el Cuadro 9.

**Cuadro 9 Montos para proyectos de reforestación en el -PINFOR-**

<b>AÑO</b>	<b>FASE DE MANTENIMIENTO</b>	<b>MONTO Q / ha</b>
1	0 Establecimiento	5000.00
2	1 Mantenimiento	2100.00
3	2 Mantenimiento	1800.00
4	3 Mantenimiento	1400.00
5	4 Mantenimiento	1300.00
6	5 Mantenimiento	800.00
<b>TOTAL</b>		<b>12,400.00</b>

Fuente: Instituto Nacional de Bosques – INAB -

### **2.13.3 Generalidades del programa “Manejo de la información sobre recursos arbóreos componente de la silvicultura” (MIRASILV Versión 2.9)**

- A. Este programa se basa en el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo -ppm- en plantaciones y bosque natural, los objetivos principales son:
  - a. Generar información sobre el crecimiento y productividad de las plantaciones y los bosques naturales.
  - b. Monitorear el estado sanitario y la condición del desarrollo de las plantaciones y bosques naturales.
  - c. Generar información relevante para conocer la dinámica de la masa forestal que permita tomar decisiones sobre las intervenciones silviculturales.
  - d. Permitir hacer proyecciones sobre la productividad esperada y los posibles retornos económicos, INAB (8).
  
- B. Entre los beneficios del sistema de monitoreo y evaluación en bosque natural y en plantaciones con parcelas permanentes de monitoreo están:
  - a. El monitoreo y evaluación de las plantaciones y bosques permite y facilita la planificación técnica de las intervenciones silvícolas (limpias, podas, raleos).
  - b. Estimar en forma más precisa los volúmenes a extraer en los raleos y al final del turno, con el fin de establecer los recursos económicos que se deben invertir para su extracción.
  - c. Contar con una base técnica que permita la implementación de los planes de manejo.
  - d. Analizar los beneficios económicos provenientes de esta actividad, INAB (8).

### **2.13.4 Localización del área de estudio**

La investigación evalúa el crecimiento y productividad de los sitios donde se encuentra plantada la especie Ciprés común (*Cupressus lusitánica*), a nivel nacional, en Guatemala,

haciendo énfasis en las regiones forestales donde se ubican los Proyectos de Incentivos Forestales para la Reforestación con esta especie, que son las siguientes: Región I (Metropolitana), Región II (Las Verapaces), Región III (Nororiente), Región IV (Jutiapa y Jalapa), Región V (Chimaltenango y Sacatepquez), Región VI (Quetzaltenango, Solota, Totonicapán y San Marcos), Región VII (Quiche y Huehuetenango) y Región IX (Costa Sur).Actualizar.

Los sitios donde se desarrolló la investigación corresponden a plantaciones de Ciprés común (*Cupressus lusitanica*) establecidas a partir del año 1997, identificando de manera previa los proyectos en cada una de las regiones forestales.

## **2.14 Resultados y discusión**

### **2.14.1 Factores que influyen en el crecimiento de *Cupressus Lusitánica* Miller**

Dentro del marco de la investigación se realizó una evaluación de las características de sitio en las plantaciones pinfor a nivel nacional que tienen plantada la especie estudiada; se realizó una selección de parcelas en cada región y en todas ellas se aplicó el sistema MIRASILV los resultados de la evaluación se detallan en este apartado.

En las figuras que se muestran a continuación, se representan las variables que tienen mayor relevancia en el desarrollo de la especie (*Cupressus lusitanica*, Miller), la relevancia se conoció por medio de un análisis de regresión en el cual el incremento medio anual (IMA) en Volumen y en Altura se analizó vrs. todas las variables Climáticas, Edáficas y Silvícola. Obteniendo como resultado las siguientes variables significativas:

#### **2.14.1.1 Edad de la plantación**

De acuerdo a la figura 2, el mejor incremento en volumen se puede observar en el rango de 0 a 3, a medida que el rango aumenta, el incremento en volumen se reduce, esto significa que el fósforo (P) influye en una forma negativa en el incremento medio anual y altura de la especie al no mantener el rango indicado.

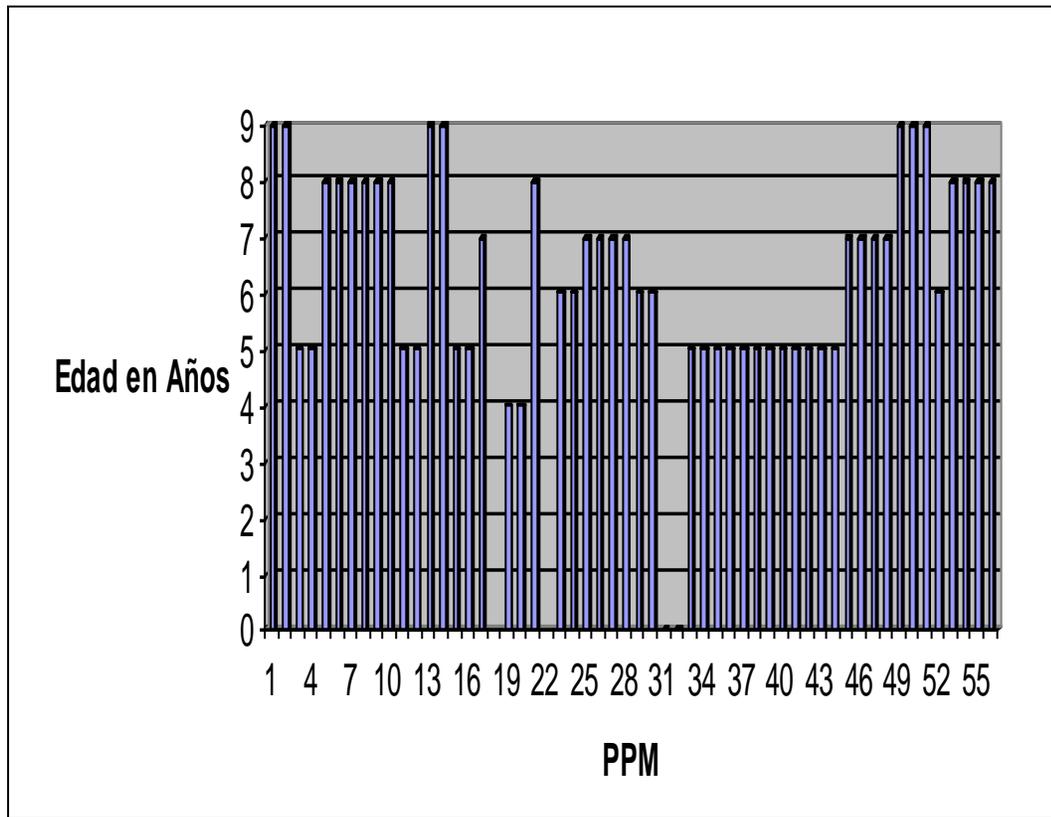


Figura 5 Edad de la plantación de las PPM (*Cupressus lusitánica* Miller)

#### 2.14.1.2 Altura sobre el nivel del mar

Según Dvorak (11), en la descripción de esta especie, se encuentra plantada dentro de un rango de altura de 1500 a 3500 msnm, pero en algunas parcelas se encontraron plantaciones en alturas menores de 1500 msnm, lo que demuestra que el rango de altura sobre el nivel del mar para el establecimiento de la especie *Cupressus lusitánica* Miller es mayor al que se tiene registrado según la revisión bibliográfica sin que tenga impacto significativo en su desarrollo, esto puede ser debido a que las parcelas en las que se encontraron los árboles fuera del rango, contaba con condiciones adecuadas como contenido de materia orgánica suelos no erosionados y alta precipitación.

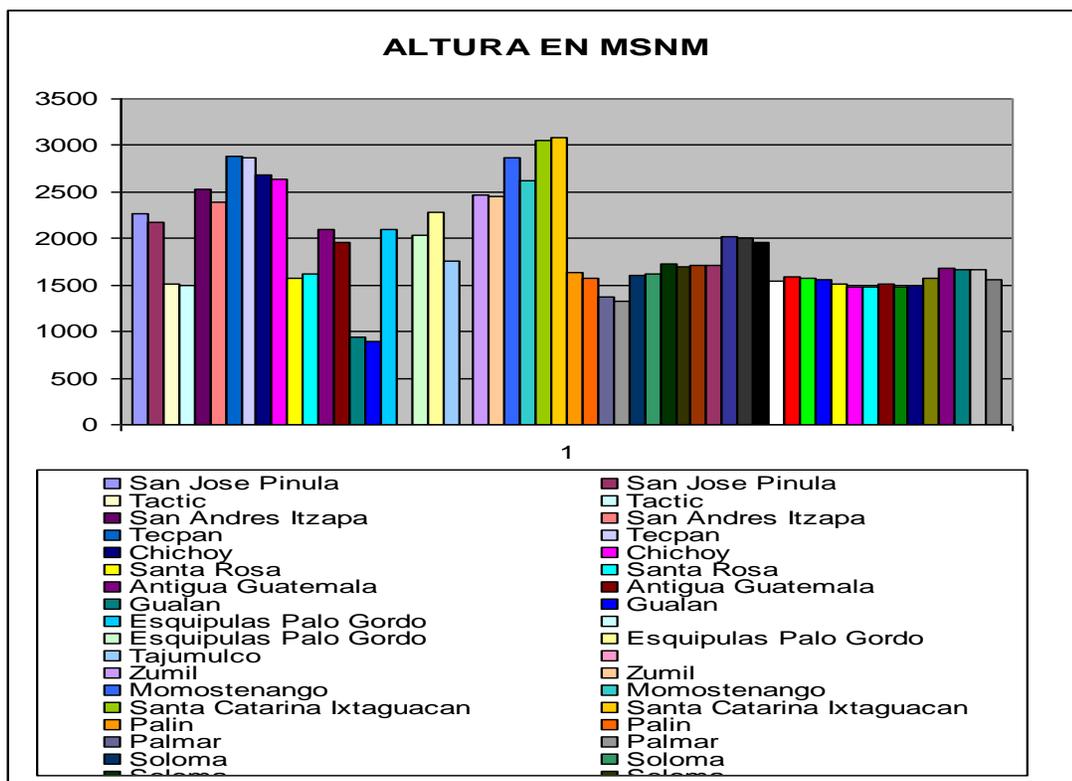


Figura 6 Altura de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) de la especie *Cupressus lusitánica* Miller

### 2.14.1.3 Pendiente

La pendiente del terreno en la que se encuentran los proyectos evaluados se establecen en un rango de 0 % de inclinación hasta un 70 %. La mayor parte de las plantaciones están ubicadas en pendientes mayores al 20%, tal y como se observa en la Figura 7.

De acuerdo con la observación de las parcelas, las cimas de montañas, cuyas áreas presentaron pendiente cero, evidencian buen porcentaje de materia orgánica; sin embargo, en áreas donde la pendiente empieza a ser mayor a cero, el nivel de materia orgánica es menor al de la cima, esto se debe al arrastre provocado por la escorrentía de las lluvias que traslada de éstas áreas hacia la falda de la montaña la materia orgánica y

otros nutrientes; por ello, que en ésta área, que se encuentran en las partes bajas y con pendiente cero, se evidencia alto desarrollo de la especie.

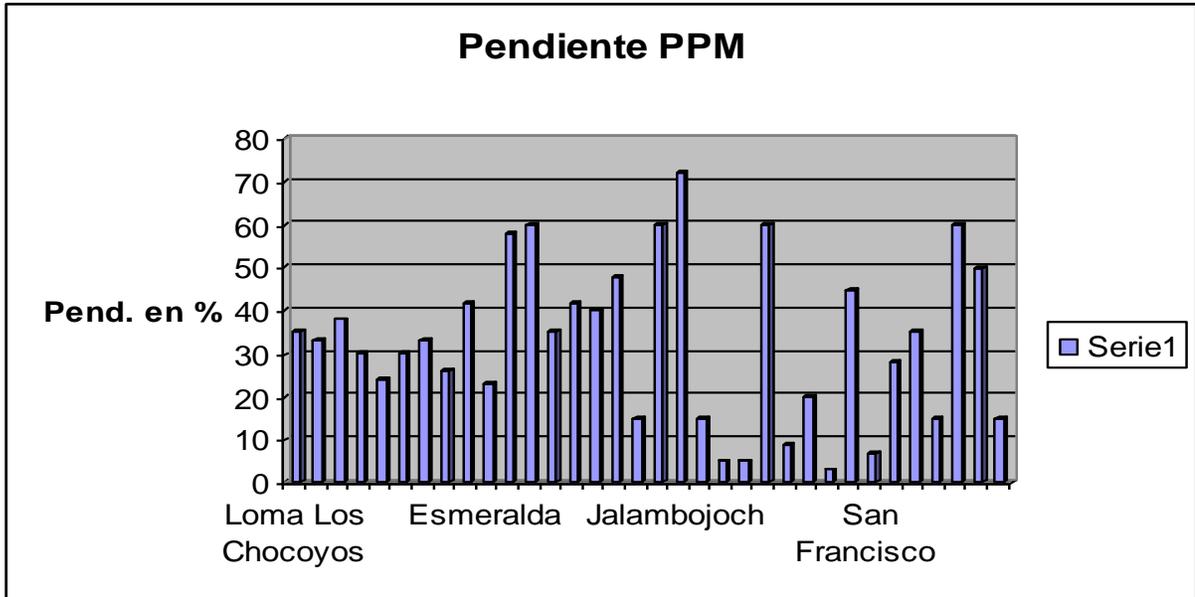
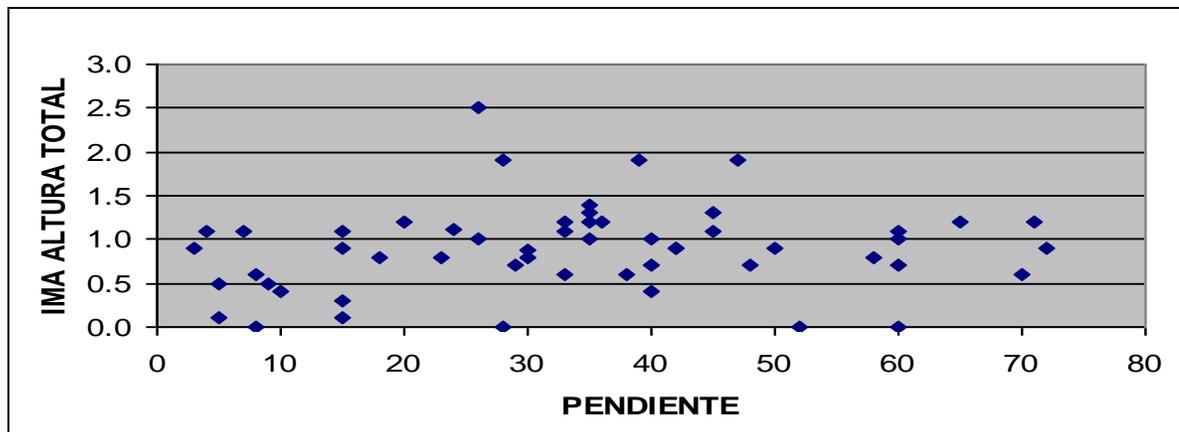


Figura 7 Porcentaje de pendiente encontrado en el área de muestreo de las PPM (*Cupressus lusitanica* Miller)



	IMA ALTURA total (m/año)	Pendiente
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Pendiente	0.143158918	1

Figura 8 Incremento Medio Anual en Altura versus pendiente del terreno encontrado en las PPM.

#### **2.14.1.4 Factores edáficos que influyen en el crecimiento y productividad**

Los factores que se evaluaron en el análisis del crecimiento y productividad del suelo están el pH, la pedregosidad y la pendiente; las parcelas presentan variación de acuerdo con las regiones del país en la que se encuentran

#### **2.14.1.5 Potencial Hidrógeno (pH)**

Como se observa en la Figura 4 a través de la toma de datos en campo se determinó que la especie *Cupressus Lusitanica*, Miller esta siendo plantada en lugares que presentan un pH entre 5 y 8, como se puede observar en las Figuras 9 y 10.

De acuerdo con Pritchett (30), el rango de pH permisible para el desarrollo del ciprés es de 5.5 a 8.5 por lo que las parcelas cuyo pH es menor a 5.5 presentan un IMA Vol. Total es menor;

Esto se debe a que, en la acidificación del suelo, la disponibilidad de nutrientes Fósforo (P), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca), indispensables para el desarrollo de *Cupressus lusitánica* Miller, disminuyen, afectando directamente el crecimiento de las plantas y el proceso microbiológico del suelo.

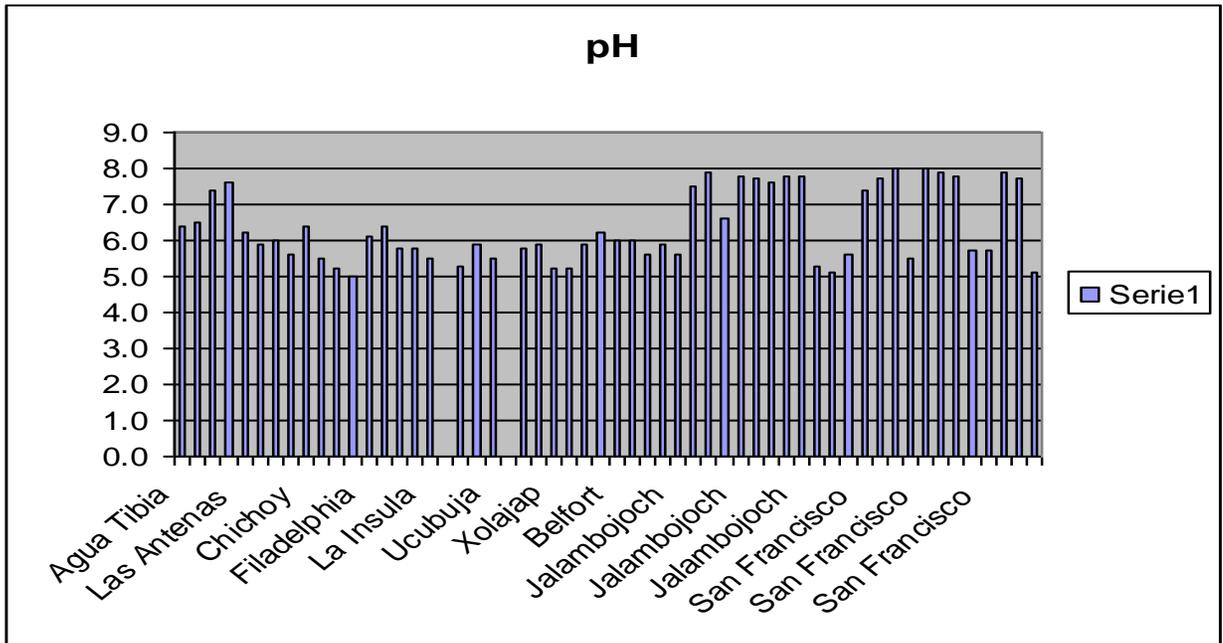
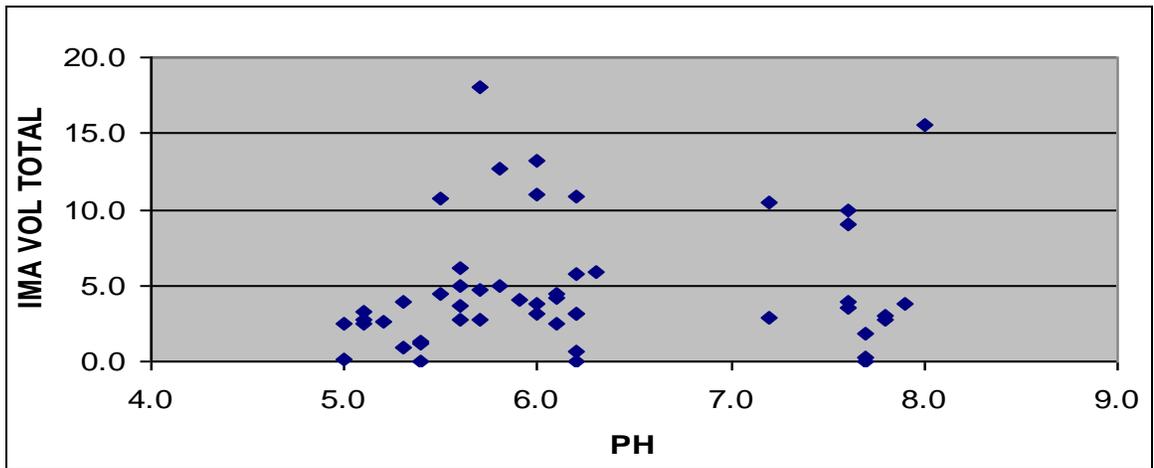


Figura 9 PH de las PPM (*Cupressus lusitánica* Miller)



	pH 1	IMA VOL. TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año
pH 1	1	
IMA VOL. TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año	0.125720208	1

Figura 10 Crecimiento medio anual – IMA en volumen versus el potencial de PH.

### 2.14.1.6 Pedregosidad

La variable pedregosidad en este caso se refiere a la encontrada en el perfil del terreno. Se puede observar en la Figura 11 que más de un 50% de las plantaciones se encuentran en zonas menores del 10% de pedregosidad, aunque cabe mencionar que más del 25% de las plantaciones están ubicadas en zonas con una pedregosidad mayor al 30%. Estas plantaciones no muestran una deficiencia en su desarrollo, lo cual indica del total de parcelas muestreadas (cincuenta y cuatro parcelas), treinta presentan un nivel de pedregosidad de 1-10% por lo que la cantidad de material pedregoso que contiene el suelo no es limitante para el desarrollo de las raíces y el establecimiento del bosque; diez parcelas se encuentran establecidas en terrenos con nivel de pedregosidad moderado que permite el crecimiento lento del ciprés y catorce parcelas, que representan el 26% del total muestreado se ubican en terrenos con porcentajes de pedregosidad mayores al 30% lo cual es un rango elevado, pero que permite el establecimiento de la especie. Por lo anterior, se determinó que los niveles de pedregosidad del terreno no son limitantes para su establecimiento.

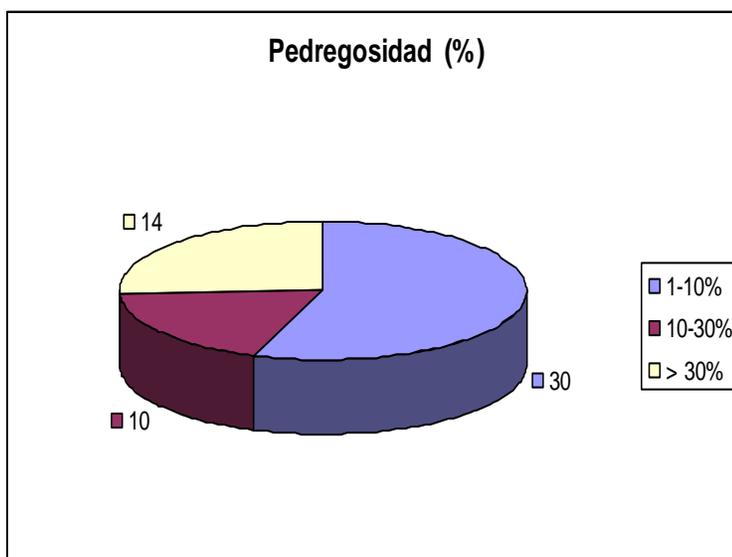


Figura 11 Porcentaje de pedregosidad PPM (*Cupressus lusitánica* Miller)

### 2.14.1.7 Textura

Los suelos Franco arenosos tienen dominancia en cuanto a la clase textural que se presenta en las plantaciones de *Cupressus Lusitánica* Miller; seguido por los suelos francos y los suelos arcillosos. La especie se ha establecido en áreas con las diferentes texturas de suelo, pero presenta mayor desarrollo en suelos arenosos, seguido por los francos y franco arenosos respectivamente.

Debido a la predominancia de suelos arenosos, se ha dado un buen desarrollo de las plantaciones, pues de acuerdo a la bibliografía, la especie presenta mayor desarrollo en suelo fértil y bien drenado.

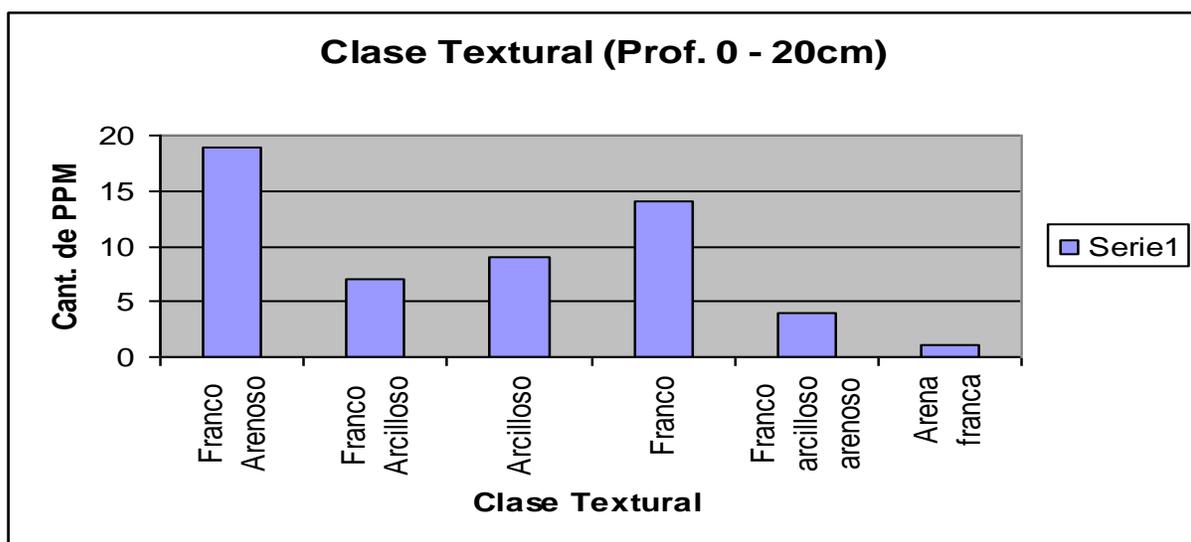


Figura 12 Clase Textural de las PPM a profundidad de 0-20 cms (*Cupressus lusitánica* Miller)

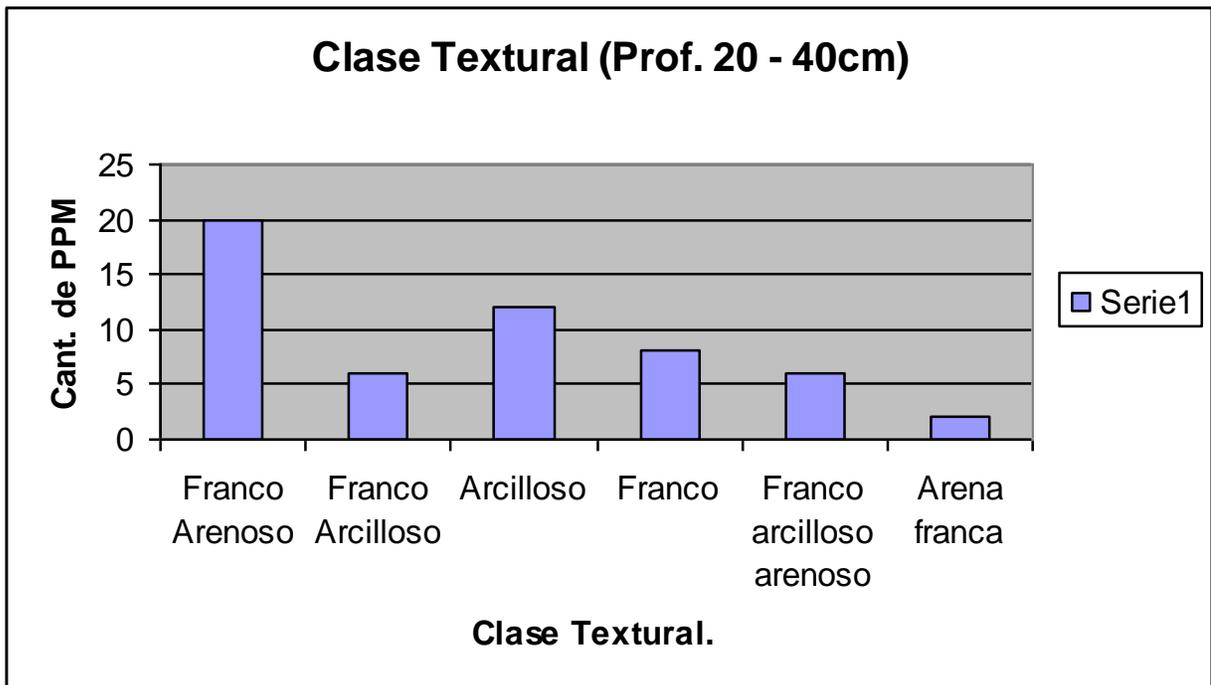
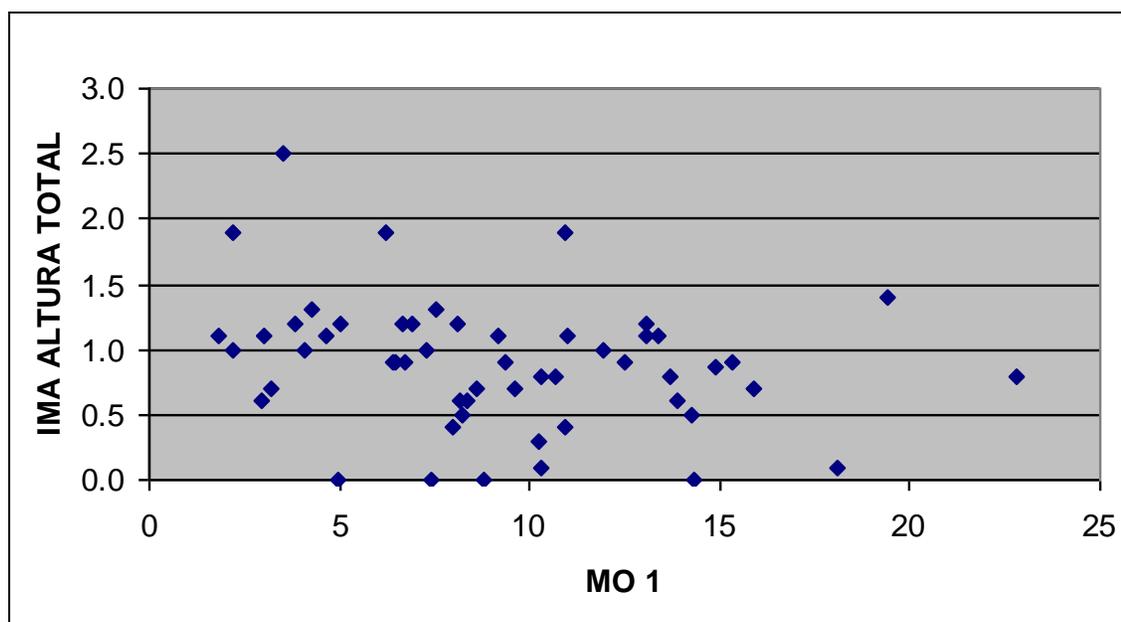


Figura 13 Clase Textural de las PPM a profundidad de 0-40 cms (*Cupressus lusitánica* Miller)

#### 2.14.1.8 Materia orgánica

Esta variable se refiere al desarrollo de la especie y como se puede observar en la Figura 14 el incremento mayor en altura se encuentra en el rango de 20 a 50% de pendiente, esto esta relacionado con la variable de M.O ya que en este rango de pendiente la escorrentía dirige la materia orgánica hacia abajo a lugares de una pendiente menor.

Al analizar la Figura 11 se puede observar que la Materia Orgánica es de beneficio para un buen incremento en altura de la especie (*Cupressus Lusitánica*, Miller) en un rango de 0 a15 y en un rango mayor de 15 la influencia de esta variable no afecta el desarrollo de la especie. De acuerdo a Victora (43) a mayor porcentaje de materia orgánica los suelos tienden tener un mayor intercambio de gases, estabilización de la estructura e incremento de la permeabilidad; lo que permite que fluya adecuadamente el agua y oxígeno en las plantas.



	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>M.O 1</i>
<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	1	
<i>M.O 1</i>	-0.257756941	1

**Figura 14** Incremento Medio Anual en altura observado en las especies versus porcentaje de Materia Orgánica encontrada en el sitio.

#### **2.14.1.9 Factores climáticos que influyen en el crecimiento de la especie *Cupressus lusitánica* Miller.**

Entre los factores climáticos que dominan el crecimiento en las plantaciones de PINFOR evaluadas las predominantes son Precipitación promedio Anual, Temperatura promedio anual y viento.

### 2.14.1.10 Viento

La influencia del viento está considerada en el desarrollo de las plantaciones, eso quiere decir que el poco viento, no afecta el desarrollo de los cipreses y el viento moderado, afecta en algunos casos, provocando la calidad del fuste, pues es importante recalcar, que la velocidad del viento es un factor que puede causar deformación de la planta, así como la pérdida del follaje de la especie, y por consiguiente, afecta su crecimiento, pues limita el proceso fisiológico de la fotosíntesis. En las parcelas hay predominancia de poco a moderado viento con velocidades que van de 2 a 3 Km/hora, por lo que no se considera un factor que determine el crecimiento de las plantaciones. En la Figura 15 se presenta el número de parcelas ubicadas dentro de la influencia del viento.

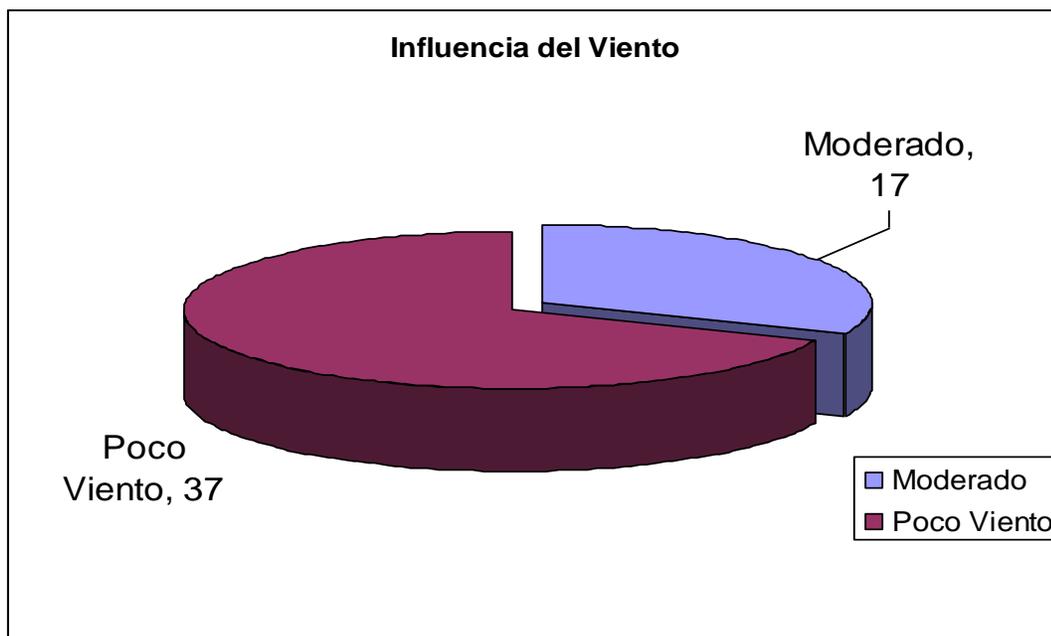
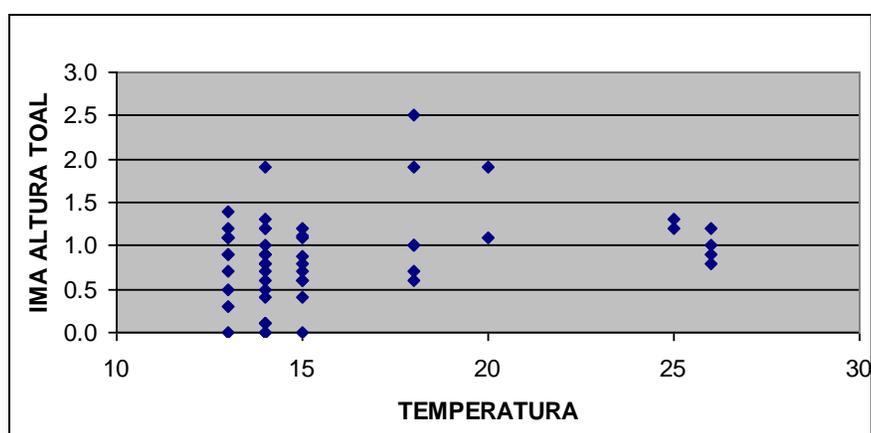


Figura 15 Influencia del viento en las PPM (*Cupressus lusitánica* Miller)

### 2.14.1.11 Temperatura

La especie *Cupressus lusitánica* Miller, se desarrolla en temperaturas mayores a 12° C y no mayores de 22° C. La Figura 16 muestra que la temperatura es una de las variables que mostró mayor relevancia en el desarrollo de esta especie, debido a que dentro del rango de 15 a 25 grados el IMA Altura es mayor que en ambientes más cálidos y fríos, por lo que este factor climático tiene un efecto determinante en el desarrollo de crecimiento de las plantas.



	IMA ALTURA total (m/año)	T° promedio anual (°C)
IMA ALTURA total (m/año)	1	
T° promedio anual (°C)	0.396763205	1

**Figura 16 Incremento Medio Anual en Altura vrs. Temperatura**

La variable de temperatura esta relacionada directamente a la variable de altitud en MSNM, a pesar de no ser la altitud una variable significativa en el análisis de regresión.

## 2.14.2 Factores químicos – edáficos que tienen efecto significativo en el desarrollo de *Cupressus lusitánica* Miller

### 2.14.2.1 Fósforo

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 %.

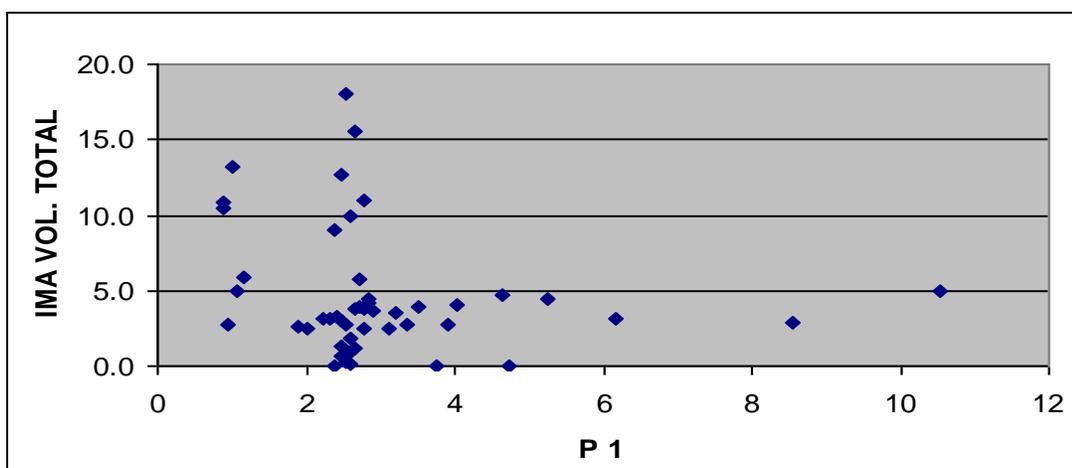
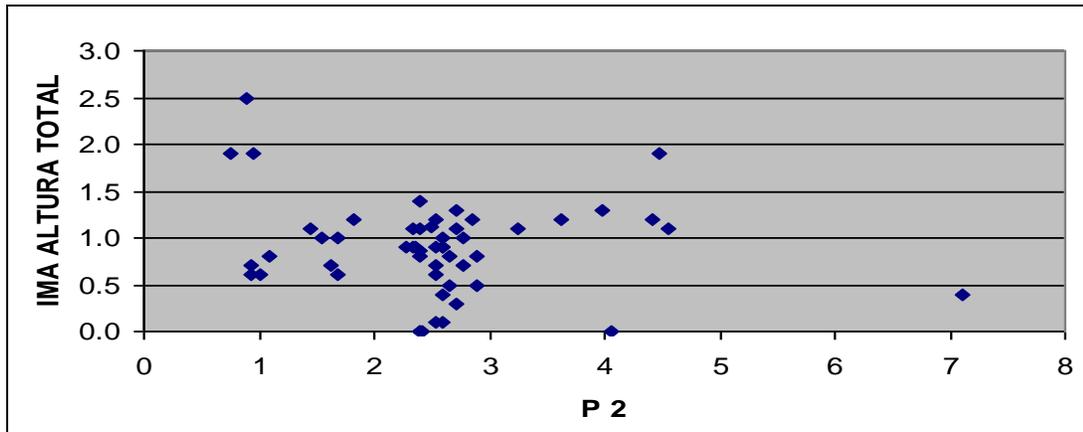


Figura 17 Incremento Medio Anual en volumen versus la cantidad de P en partes por millón encontradas en el área.

	P1	IMA VOL. TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año
P1	1	
IMA VOL TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año	-0.192210701	1



	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>P2</i>
<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	1	
<i>P2</i>	-0.157292753	1

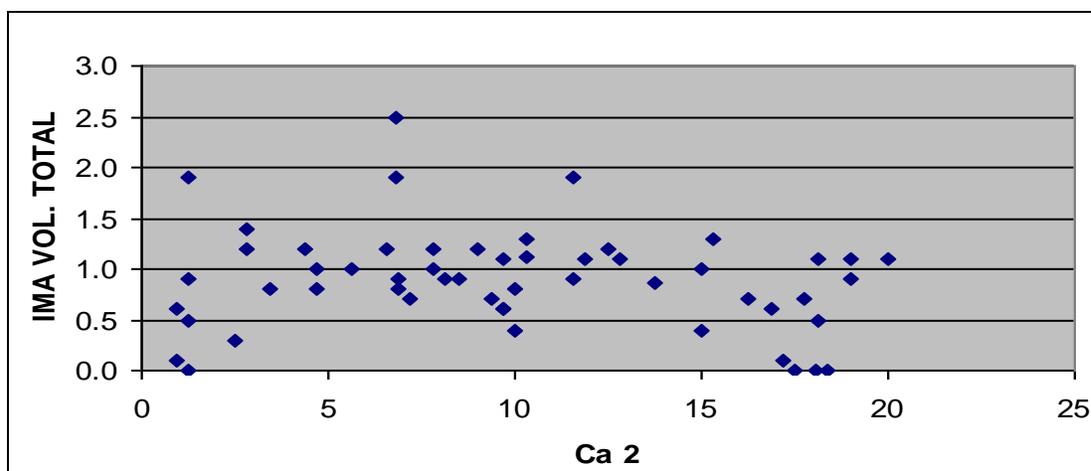
**Figura 18** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de P en partes por millón encontradas en el área.

### 2.14.2.2 Calcio

El calcio es uno de los elementos que tuvo relevancia según el análisis de regresión, por su valor de -0.1706 se puede apreciar que es una variable dependiente en el incremento en volumen en el desarrollo de esta especie, ya que si el nivel de calcio varía, se verá reflejado en el IMA del volumen de la plantación.

En la Figura 19 se presenta el resultado del efecto que provoca el Calcio en el incremento medio anual de la especie; se observa que el volumen no se reduce a medida que incrementa el nivel de Ca<sup>2</sup>, esto se debe a que la especie presenta incremento en niveles igual o mayores a 5 ppm; sin embargo, en niveles menores a éste, la especie crece de forma aceptable.

La importancia de medir los niveles de calcio radica en que éste contribuye al crecimiento de las semillas, transporte de otros minerales necesarios para el crecimiento de la planta y su retención.

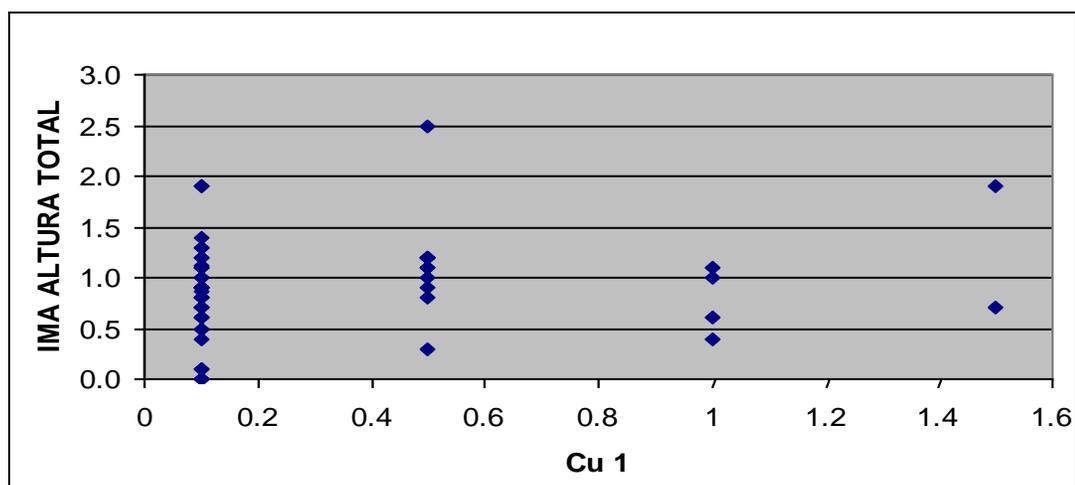


	IMA ALTURA total (m/año)	Ca2
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Ca2	-0.170645412	1

Figura 19 Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Caen partes por millón encontrado en el área.

### 2.14.2.3 Cobre

Evaluar el nivel de cobre (Cu) es de suma importancia, pues éste participa en el crecimiento vegetal, activando enzimas que son parte del proceso de formación de la clorofila; ayuda en el metabolismo de las raíces y consigue que las plantas utilicen mejor las proteínas. En la Figura 17 se observa que el cobre no tiene influencia en el incremento en altura de la especie (*Cupressus lusitánica*, Miller), esto lo confirma el análisis de regresión el cual nos da un resultado positivo de 0.1916. También se puede observar en la Figura 20, que la mayor parte de las plantaciones se encuentran en el rango de cobre de 0 a 0.6.

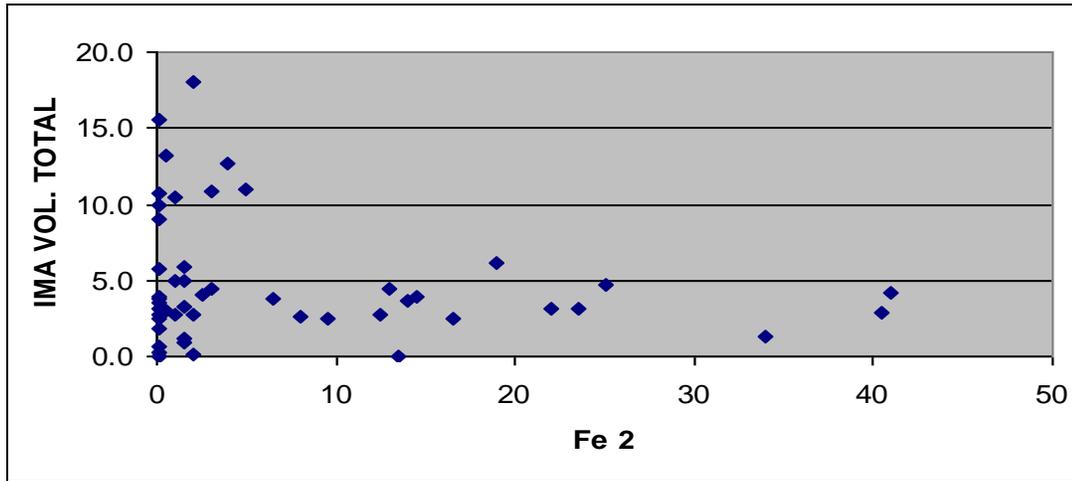


	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>Cu1</i>
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Cu1	0.191670871	1

**Figura 20** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Cu en partes por millón encontrado en el área.

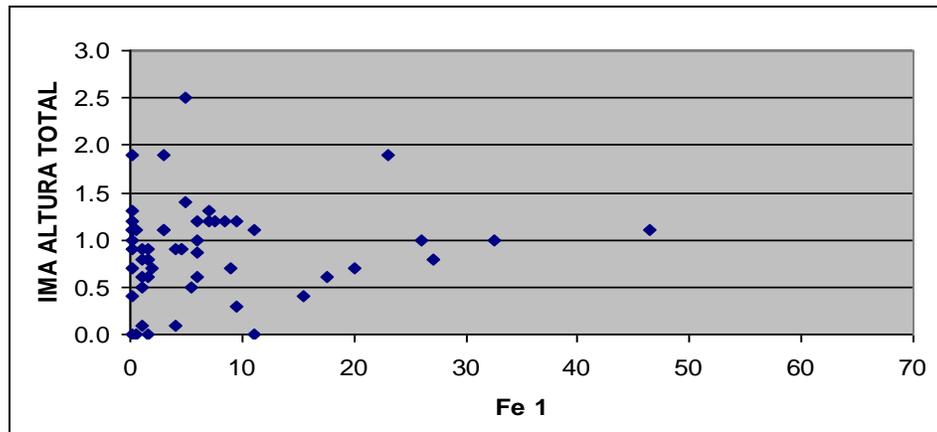
#### 2.14.2.4 Hierro

El hierro (Fe) es un componente estructural en la planta, funciona como cofactor enzimático y es esencial para la síntesis de clorofila. Dadas las gráficas de la cantidad de Fe en el suelo, se aprecia que tiene incidencia en el incremento del volumen de la plantación pero no en el incremento de altura, esto se confirma con el análisis de regresión lineal realizado en el que se muestra al Fe con influencia en únicamente una de las características de la especie.



	<i>Fe2</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m^3/ha/año</i>
Fe2	1	
IMA VOL. TOTAL m^3/ha/año	-0.18016245	1

**Figura 21** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Fe en partes por millón encontrada en el área.



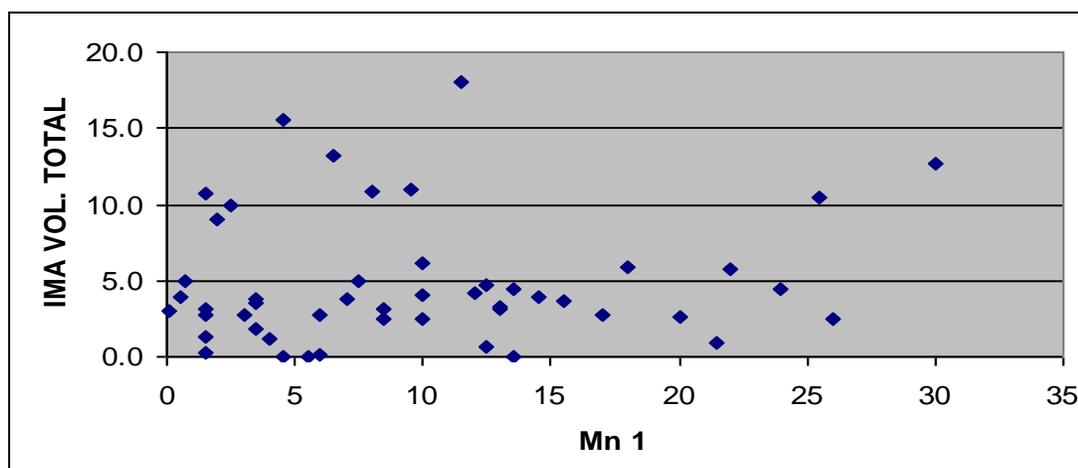
	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>Fe1</i>
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Fe1	0.099865216	1

**Figura 22** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Fe encontrado en partes por millón en el área.

Las dos graficas anteriores del elemento Fe nos muestran que el rango en el que se encuentra el mayor incremento en altura como en volumen es en el rango de 0 a 10.

### 2.14.2.5 Manganeso

Como se aprecia en la Figura 23, el Manganeso es una variable que influye positivamente en el incremento en volumen de esta especie, a pesar de no ser una variable altamente significativa para el incremento en volumen, es un elemento necesario para el desarrollo de la especie por ser esencial en la liberación de oxígeno de la planta en el proceso de la fotosíntesis.

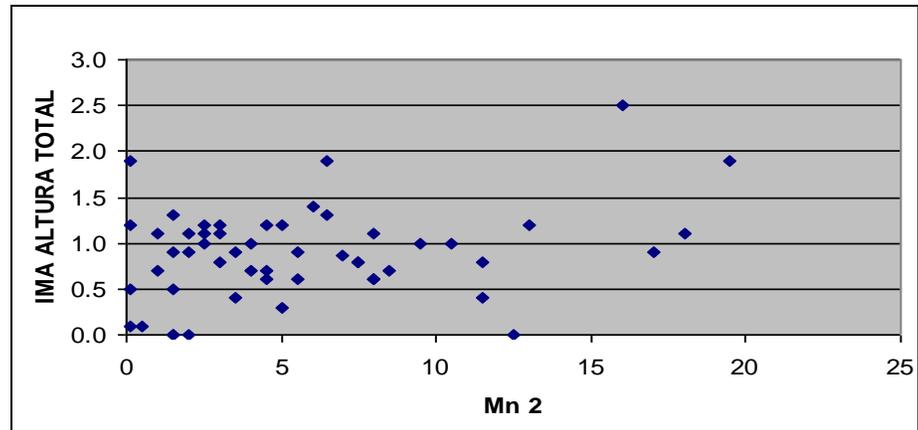


	<i>Mn1</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>
Mn1	1	
<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>	0.10564953	1

**Figura 23** Incremento Medio Anual en Volumen versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área.

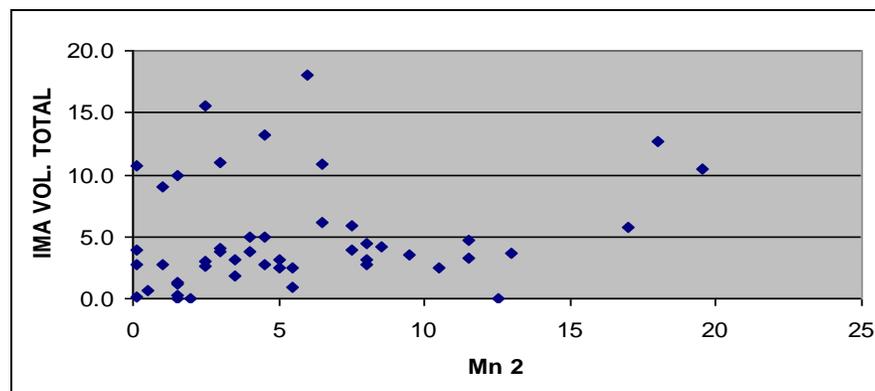
El Mn es un elemento que influye en el incremento en volumen como en el incremento de altura, esto nos da una idea de la importancia del Mn para el desarrollo de esta especie.

Por medio del análisis de correlación nos damos cuenta de que esta variable tiene mayor influencia en el incremento en altura pero es favorable para los dos incrementos.



	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>Mn2</i>
<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	1	
<i>Mn2</i>	0.300749436	1

**Figura 24** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área.

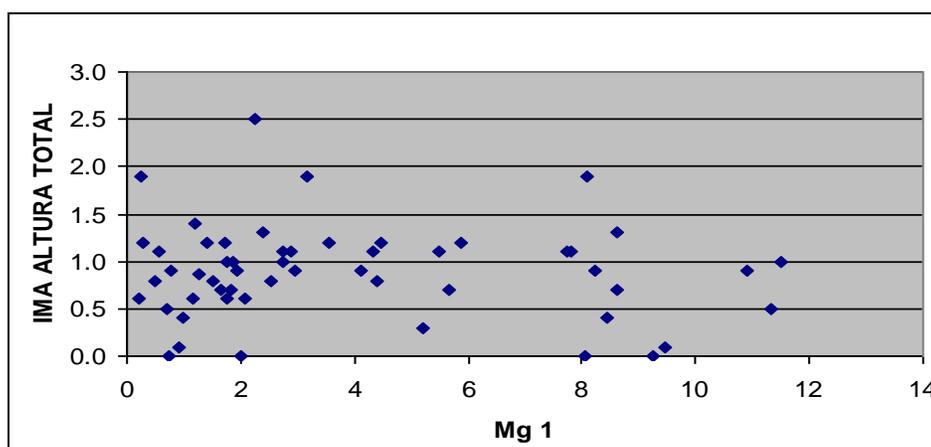


	<i>Mn2</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m^3/ha/año</i>
<i>Mn2</i>	1	
<i>IMA VOL. TOTAL m^3/ha/año</i>	0.185227161	1

**Figura 25** Incremento Medio Anual en Volumen versus cantidad de Mn en partes por millón encontrada en el área.

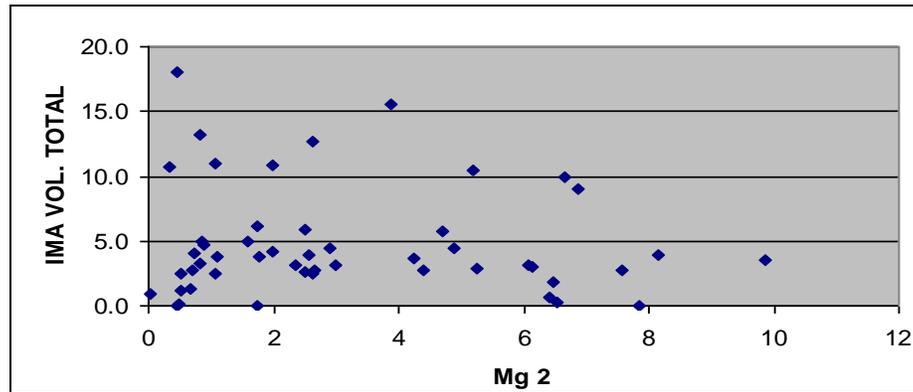
### 2.14.2.6 Magnesio

Como se puede apreciar en las Figuras 26 y 27, el rango de Mg que presenta mayor incremento en volumen como en altura en las plantaciones de ciprés es de 0 a 4, se observa que conforme el rango aumenta de 4 en adelante el incremento de la plantación disminuye, siendo esta una variable que es determinante para el incremento de altura y volumen para esta especie. Este elemento es importante en el desarrollo de la planta pues es el único constituyente de la molécula de clorofila y es un elemento esencial para la fotosíntesis.



	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>Mg1</i>
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Mg1	-0.109429228	1

**Figura 26** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Mg 1 en partes por millón encontrada en el área.

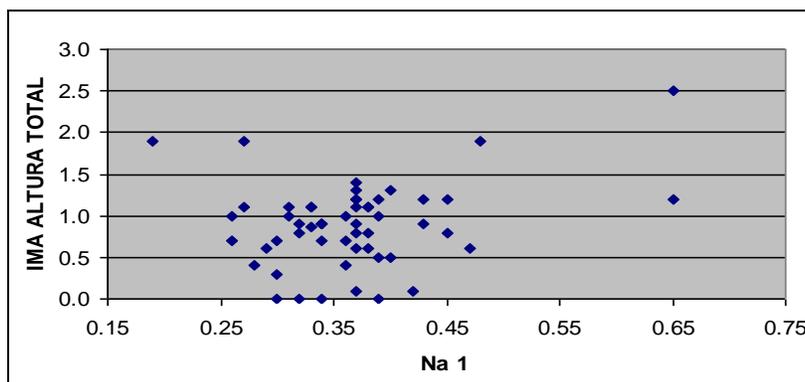


	Mg2	IMA VOL. TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año
Mg2	1	
IMA VOL. TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año	-0.102159861	1

**Figura 27** Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de Mg 2 en partes por millón encontrada en el área.

### 2.14.2.7 Sodio

En la Figura 28 se aprecia que el crecimiento óptimo de las plantas se dá cuando existe concentración entre 0.25 – 0.45 ppm de sodio (Na), esto quiere decir que el Na tiene una relación indirecta en el desarrollo de esta especie, pues una alta concentración de este elemento, inhibe la absorción de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), lo que se traduce en efecto negativo en la clorofila, provocando defoliación en la planta.



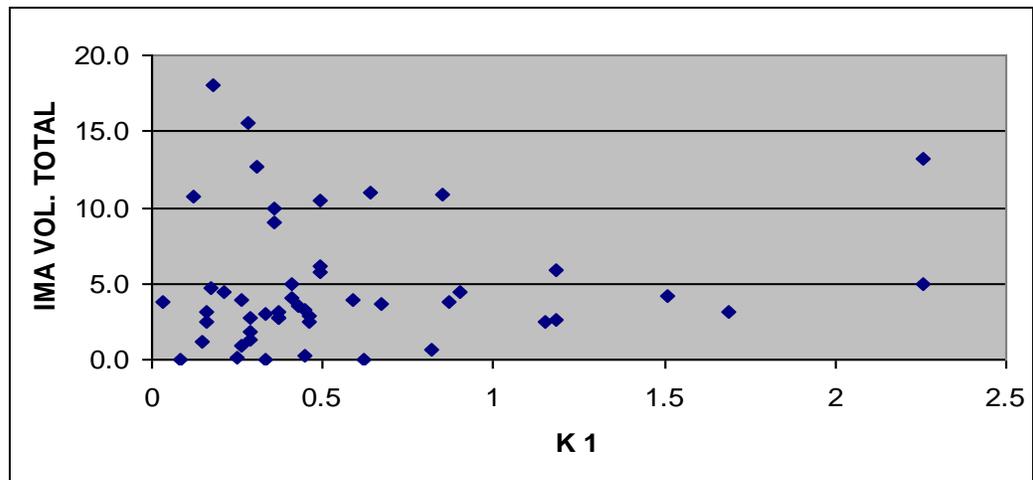
	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>Na1</i>
IMA ALTURA total (m/año)	1	
Na1	0.256996672	1

**Figura 28** Incremento Medio Anual en Altura versus cantidad de Na en partes por millón encontrada en el área.

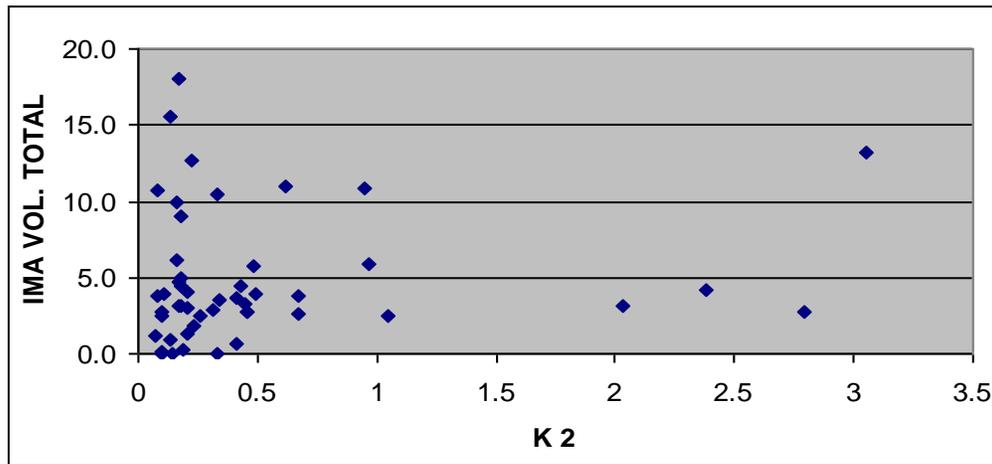
Este cuadro presenta el resultado del análisis de regresión del sodio con un número positivo de 0.2569 esto confirma la relevancia positiva de esta variable.

#### 2.14.2.8 Potasio

El potasio al igual que el nitrógeno y el fósforo, es uno de los tres nutrientes que no pueden ser reemplazados en el desarrollo de la planta por otro nutriente; la deficiencia de este elemento, provoca que las plantas tengan un lento crecimiento y un pobre desarrollo del sistema radicular.



**Figura 29** Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de K1 en partes por millón encontrada en el área.



**Figura 30** Incremento Medio Anual en volumen versus cantidad de K2 en partes por millón encontrada en el área.

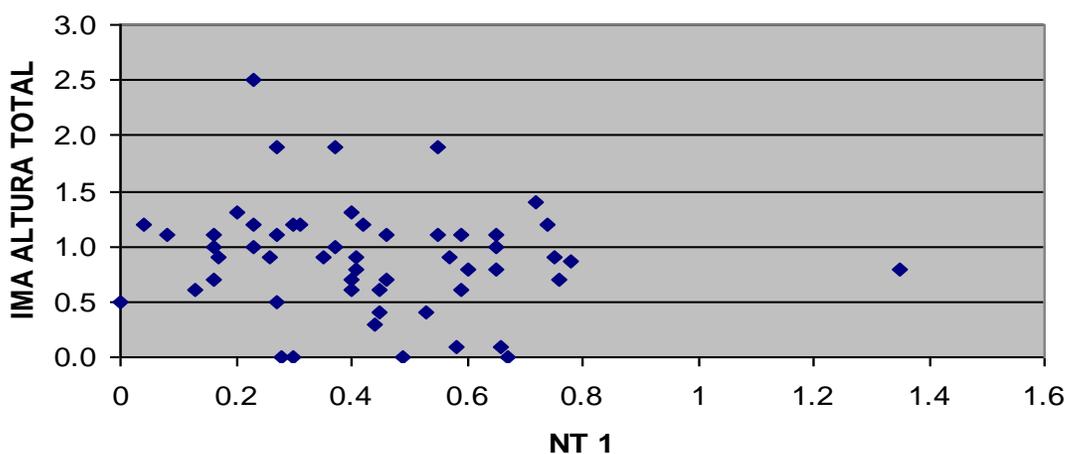
	<i>K1</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>
<i>K1</i>	1	
<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>	0.105129198	1
	<i>K2</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>
<i>K2</i>	1	
<i>IMA VOL. TOTAL m<sup>3</sup>/ha/año</i>	0.122588168	1

La Figura 30 muestra una relación directa entre el incremento en volumen y el potasio, en las mismas se puede observar que el mayor número de plantaciones se encuentra en el rango de 0 a 1 y esta variable tiene un efecto directo el incremento del volumen de la plantación cuando se encuentra en un rango de 0-0.5 ppm.

En el cuadro, se presentan los resultados de los análisis de correlación del potasio, en el cual se puede observar que son resultados positivos lo que nos indica que tienen una influencia positiva directamente en el incremento en volumen en las plantaciones de ciprés.

### 2.14.2.9 Nitrógeno

El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y tiene un papel importante en el proceso de la fotosíntesis. La falta de nitrógeno, significa que el árbol no utilizará la luz solar como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes.



	<i>IMA ALTURA total (m/año)</i>	<i>NT1</i>
IMA ALTURA total (m/año)	1	
NT1	-0.13956522	1

**Figura 31** Incremento Medio Anual en Altura versus NT

En la Figura 31 se puede apreciar que el rango N total donde se presenta el mayor incremento en altura de las plantaciones es de 0.2 a 0.6 y a medida que aumenta el NT de 0.6 o mayor, se puede observar un descenso en el incremento, por lo que el análisis confirma que el N total es una variable determinante en el incremento en altura, para las plantaciones de ciprés común.

## 2.15 CONCLUSIONES

- 1 El crecimiento de las especies de *Cupressus lusitánica* Miller está directamente determinado por los factores de sitio: temperatura, altura sobre el nivel del mar y en rangos muy elevados la pedregosidad y la pendiente.
- 2 Los factores edáficos que tienen relación con el crecimiento de la especie *Cupressus lusitánica* Miller son: P, Cu, Fe, Mn, Mg, Na y N, la cuál está determinada por el IMA en Altura Total.
- 3 La productividad de las especies de *Cupressus lusitánica* Miller está directamente determinado por los factores de sitio pedregosidad y pendiente en rangos altos, altura sobre el nivel del mar, temperatura.
- 4 Los factores edáficos que tienen relación significativa en la productividad de la especie *Cupressus lusitánica* Miller son: pH del suelo, el P, Ca, Fe, Mn, Mg, y K, ya que un cambio en las concentraciones de estos elementos se traduce en un cambio en la productividad de la especie.
- 5 Es importante mencionar que el Incremento Medio Anual en Volumen está relacionado de una forma directa con la Productividad de esta especie, y el Incremento Medio Anual en Altura está relacionado en forma directa con el Crecimiento de esta especie.
- 6 La investigación se realizó en plantaciones de 4 a 9 años en las diferentes regiones de Guatemala. Los suelos que influyen directamente en la productividad de la especie *Cupressus lusitánica* Miller de acuerdo con los análisis físicos de suelos,

son los Franco Arenoso por su característica de buen drenaje, seguido de Suelos Francos y arcillosos.

## 2.16 RECOMENDACIONES

- 1 Realizar investigaciones de la especie *Cupressus lusitánica* Miller a nivel de vivero, haciendo ensayos para evaluar las plantas más jóvenes con diferentes aplicaciones de los elementos que se demostró, tienen relevancia en el crecimiento y en la productividad de la especie, y compararlas con plantas testigo.
- 2 Desarrollar investigaciones a nivel regional de los bosques de ciprés con el fin de obtener datos más específicos de cada una de las regiones que están bajo el control del Instituto Nacional de Bosques y brindar información más concreta de cada área investigada.
- 3 Realizar anualmente la toma de datos de las PPM por especie de una forma continua y ordenada, así se podrá contar con una secuencia actualizada de datos de incrementos de varios años y así contar con una base de datos. Entre los beneficios que esta sugerencia tiene es podemos reducir el tiempo en campo del investigador.

## 2.17 BIBLIOGRAFIA

1. Arteaga Martínez, B. 1988. Factores del sitio que influyen en la productividad de *Pinus patula* Schl. et Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, México. *Agrociencia* no. 72:121-131.
2. Barros, F de N. 1981. Algunas consideraciones sobre relaciones entre sitio y suelo en los neotrópicos. *In* Simposio (1980, Río Piedras, Puerto Rico). Producción de madera en los neotrópicos vía plantaciones. Eds. por JL Whitmore. Río Piedras, Puerto Rico, IUFRO / MAB / Servicio Forestal. p. 133-144.
3. Baver, LD; Gardner, WH; Gardner, WR. 1973. Física de suelos. Trad. por José Manuel Rodríguez y Rodríguez. México, Hispano-Americana. 529 p.
4. Becerra, F; Ramírez, MH. 1982. Algunos factores climáticos y su influencia en el incremento en diámetro de nueve especies forestales en Chapingo, Mex. Chapingo: Nueva Época no. 31-32:3-6.
5. Binkley, D. 1993. Nutrición forestal: prácticas de manejo. Trad. por Manuel Guzmán Ortíz. México, Limusa. 340 p.
6. Bockheim, JG. 1991. Suelos forestales. *In* Young, RA (comp.). Introducción a las ciencias forestales. Trad. por José Hurtado Vega. México, Limusa. p. 119-139.
7. Clutter, J; Fortson, J; Pienaar, L; Brister, H; Bayley, R. 1983. Timber management: a quantitative approach. New York, US, John Wiley. 333 p
8. Daniel, PW; Helms, UE; Baker, FS. 1998. Principios de silvicultura. Trad. por Ramón Elizando Mata. 2 ed. México, McGraw-Hill. 492 p.
9. Díaz Visquerra, ME. 1998. Estimación de los costos medios, conveniencia y viabilidad financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas: una aplicación para los incentivos para el manejo forestal en Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 5-39.
10. Dvorak, W; Hodge, E; Gutiérrez, L; Osorio, F. 2000. Conservation and testing of tropical and subtropical forest species by the Camcore Cooperative. US, College of Natural Resources. 189 p.
11. Escobedo López, M. 1995. Índices de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl, en los departamentos de Chimaltenango y Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
12. FAO, IT. 1982. Producción forestal. México, Trillas. p. 27-38.
13. Ferreira, O. 1995. Manual de ordenación de bosques. Siguatepeque, Honduras, s.e. 128 p.
14. Forsythe, W. 1997. Las condiciones físicas, la producción agrícola y la calidad del suelo. *Agronomía Costarricense* 1(1):153.

15. Galloway, G; Alomoto, V; Maldonado, E. 1991. Estudio de algunas especies forestales en la región costera del Ecuador (borrador). Ecuador, DESFIL / AID / Sub Secretaria Forestal y de Recursos Naturales Renovables. 160 p.
16. Gálvez, J; Buch, M; Revolorio, A; López P, J. 2002. El programa de incentivos forestales de Guatemala como instrumento de política forestal: una revisión basada en el estudio de las principales modalidades de aplicación. *In* Congreso Forestal Latinoamericano (2, 2002, Guatemala). Bienes y servicios del bosque fuente de desarrollo sostenible: memoria. Guatemala. 1 CD.
17. Guzmán Díaz, CA. 2003. Establecimiento de una red de parcelas permanentes de medición forestal en bosques naturales de *Pinus oocarpa* Shiede, del departamento de Chiquimula, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNORI. 67 p.
18. Haig, IT; Huberman, MA; Din, UA. 1959. Silvicultura tropical. Roma, Italia, FAO. v. 1, p. 184-190.
19. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2002. Programa de incentivos forestales - PINFOR-. Guatemala. 12 p. (Ficha informativa).
20. \_\_\_\_\_. 2003. Curso de establecimiento y medición de parcelas (PPM) para la evaluación de las plantaciones del programa PINFOR en Guatemala. Guatemala. 5 p.
21. Jadan P, SV. 1972. Sistema de clasificación de índices de sitio para *Eucalyptus deglupta* Bl. en Turrialba, Costa Rica. Costa Rica, IICA. 98 p.
22. Kadambi, K. 1966. Estimating biological productivity of forests on the basis of ecological factors, climatic and edaphic-evolving of an index of productivity. *In* Congreso Forestal Mundial (6, 1966, España). Madrid, España. p. 1804-1811.
23. Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 365 p.
24. Luna Lugo, A; Mendoza, S. 1989. Algunas consideraciones sobre el crecimiento de los pinos del oriente venezolano. *Revista Forestal Venezolana* 23(33):83-90.
25. Montero Mata, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.F. y *Bombacopsis quinatum* (Jacq), Dugand, en Costa Rica. Tesis MSc. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 111 p.
26. Núñez Saravia, OM. 1986. Estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 130 p.
27. Oliva Hurtarte, EO. 1990. Comportamiento en plantación de mangium (*Acacia mangium* Wild) y aripín (*Caesalpinia velutina* (B. y R.) Standl.) en América Central. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117 p.

28. PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT). 2002. Documentación y evaluación de cinco modalidades de aplicación del Programa de Incentivos Forestales de Guatemala. Guatemala, PAFG / FAO/GCP/GUA/008/NET. 61 p.
29. Paiz Schwartz, G. 1998. Estudio de crecimiento de tres especies de pino (*Pinus* spp.) en Cobán, A.V. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 78 p.
30. Plaster, EJ. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Trad. por Patricia Scott. España, Paraninfo. 419 p.
31. Pritchett, WL. 1990. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Trad. por José Hurtado Vega. México, Limusa. 634 p.
32. Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. 1997. Mensura forestal. San José, Costa Rica, IICA. 561 p.
33. Revolorio Quevedo, A de J. 1996. Evaluación de la calidad de sitio para *Pinus oocarpa* Schiede, en la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Sierra de Las Minas, Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 141 p.
34. Rojas, OE. 1988. Estudio del crecimiento y rendimiento de *Pinus oocarpa* Shiede y *Pinus pseudostrobus* Lindl. en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 95 p.
35. Salas, G De las. 1974. Factores edáficos y climáticos en la clasificación de sitios forestales. Bosques de Colombia 1:15-30.
36. Santos López, CA. 1997. Determinación del crecimiento y calidad de sitio para camaldulensis (*Eucalyptus camaldulensis* Den.) en cuatro departamentos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 87 p.
37. Shrivastava, MB; Ulrich, U. 1978. Quantitative assessment of forest site productivity. Indian Forester 104:79-89.
38. Spurr, S; Barnes, B. 1982. Ecología forestal. Trad. por Carlos L. Raigorodsky. México, AGT. 690 p.
39. Ugalde Arias, L. 2001. Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en investigación y en programas de reforestación con la metodología MIRA. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p.
40. \_\_\_\_\_. 2002. Monitoreo y evaluación del crecimiento de especies nativas con la utilización del sistema MIRA-SIL. In Taller-Seminario: especies forestales nativas (2002, Costa Rica). Memoria. Costa Rica, CATIE. p. 77-79.

41. Vaides López, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de teca (*Tectona grandis* L.f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p
42. Vásquez C, W; Ugalde Arias, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. 33 p. (Serie Técnica no. 256).
43. Victora, C; Zamalvide, J. 1979. Contribución de la materia orgánica a la capacidad de intercambio catiónico en distintos suelos del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía. 20 p.
44. Zobel, B; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.

### **3. CAPITULO III**

#### **INFORME FINAL DEL SERVICIO PRESTADO EN EL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB- EN EL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO**

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Una de las finalidades del Ejercicio Profesional Supervisado, además de la realización del trabajo de campo del estudiante para su formación profesional, es el desarrollo de servicios hacia la entidad financiante del EPSA.

Como referencia del servicio, dada la situación del país en que la población de Guatemala depende en gran medida de los recursos forestales para satisfacer sus necesidades energéticas, principalmente la leña (y el carbón vegetal como un subproducto de ésta).

Diversas instituciones de la región se dedican a estudiar y promover especies introducidas de rápido crecimiento, que pueden ayudar a satisfacer las necesidades energéticas de la población, por lo que es necesario validar el uso e importancia a través de la investigación.

Como parte de los servicios prestados al Instituto Nacional de Bosques -INAB- se optó, dada la problemática identificada en el diagnóstico, la realización de una evaluación del rendimiento y calidad del carbón vegetal producido a partir de la especie forestal de crecimiento rápido Quercus peduncularis Nee. El resultado específico fue tener datos confiables que validaran la información acerca de la calidad del carbón obtenido a partir de la especie que se trabajó.

## **SERVICIO I EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CARBON VEGETAL PRODUCIDO A PARTIR DE LA ESPECIE FORESTAL DE CRECIMIENTO RÁPIDO Quercus peduncularis Née.**

### **3.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La cultura, el difícil acceso, así como el aumento considerable en el precio de los combustibles derivados de fuentes fósiles, obligan a los países en vías de desarrollo, que no cuentan con la suficiente riqueza económica a desarrollar nuevas fuentes de energía y hacer más eficientes las fuentes tradicionales.

En Guatemala, la leña y el carbón vegetal ocupan una posición importante como fuente tradicional de energía, con un aporte considerable del balance energético nacional (5). Pues más del 69% de los hogares guatemaltecos consumen leña para cocinar sus alimentos y de manera indirecta lo hace toda la población a través del consumo de tortillas y pan cocidos con leña (4).

Concentrados en encontrar soluciones para esta demanda, se promueve establecer plantaciones energéticas con especies introducidas de rápido crecimiento, entre las que se incluye Quercus peduncularis Née; la cual ha demostrado en nuestro medio buena adaptación y desarrollo y así potenciar y mejorar el poder calorífico de la madera a través del proceso de carbonización.

### 3.3 OBJETIVOS

1. Estimar el rendimiento del carbón vegetal en peso base seca producido a partir de Quercus peduncularis Née.
2. Determinar la calidad del carbón vegetal producido a partir de la especie forestal Quercus peduncularis Née.
3. Evaluar las características que permitan concluir sobre el rendimiento y la calidad del carbón vegetal producido a partir de la especie forestal Quercus peduncularis Née.

### 3.3 METODOLOGÍA

#### 3.3.1 Descripción del área experimental

El área experimental se ubica en Finca La Sierra, Chimaltenango, área cubierta con manejo del Instituto Nacional de Bosques –INAB-, bajo condiciones ambientales de 1100 mm de precipitación promedio anual, a 1495 msnm, temperatura promedio de 19.25° C y 79% de Humedad Relativa promedio anual.

#### 3.3.2 Repeticiones

Se efectuaron 5 horneadas, corriendo en cada una de ellas una repetición cada tratamiento, con lo que se corrieron un total de 5 repeticiones por tratamiento.

#### 3.3.3 Diseño experimental

El diseño estadístico empleado fue el de bloques al azar, debido a la confiabilidad de tener una muestra representativa de la población, el cual se define con el siguiente modelo estadístico:  $Y_{\mu} = M + T_1 + B_j + E_{\mu}$

Donde:

$Y_{\mu}$  = Variable respuesta

$M$  = Efecto de la media

$T_1$  = Efecto del lésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto de la Jotaesimo bloque

$E_{\mu}$  = Error Experimental

#### 3.3.4 Variables a medir

- ✓ A cada muestra de carbón vegetal de las 5 repeticiones se le determinará la siguiente característica:
- ✓ Rendimiento en base seca: Consiste en la fracción de carbón vegetal obtenido de las muestras de madera carbonizadas en base seca.
- ✓ Porcentaje de humedad: Es el contenido de humedad que contienen las muestras de carbón expresado en porcentaje.
- ✓ Porcentaje de materias volátiles: Es el contenido en las muestras de materias que se volatilizan en siete minutos a 950° C expresado en porcentaje.
- ✓ Porcentaje de cenizas: Es el contenido de materias no combustibles de las muestras expresado en porcentaje.
- ✓ Porcentaje de carbono fijo: Es la diferencia entre el 100% del peso de la muestra y los porcentajes de materias volátiles + cenizas + humedad.
- ✓ Poder calorífico: Consiste en el número de calorías liberadas en la combustión completa de una unidad de masa combustible, siendo expresado en Kca./kg (2).

### **3.3.5 Tipo de Horno**

El horno empleado para la carbonización de las muestras, fue del tipo horizontal revestido de ladrillo "tayuyo", el cual consiste en cuatro paredes dobles y piso de ladrillo, provisto de 6 respiraderos (dos al frente y dos en cada uno de sus costados) y una chimenea en la parte posterior lo cual sirve para regular el flujo de aire en el interior, las dimensiones interiores del horno son 2 m x 1 m x 0.5 m lo que nos da un volumen neto de 1 m<sup>3</sup>.

### **3.3.6 Tamaño de las muestras**

Diámetro:                    de 12 a 20 cm

Largo: de 25 cm

### **3.3.7 Preparación de las muestras**

Todas las muestras fueron descortezadas y cortadas en trozos de 25 cm de largo. La madera se colocó dentro de recipientes metálicos de 25 cm de altura y 15 a 20 cm de diámetro (dependiendo del diámetro de la madera), estos recipientes fueron identificados y perforados, a fin de permitir el contacto del fuego y calor con la madera al momento de carbonización. (3)

### **3.3.8 Carbonización de las muestras**

La carbonera se llenó en cada carbonización con madera de Quercus peduncularis Née en recipientes metálicos. Los recipientes fueron distribuidos en el centro de la carbonera y la posición de cada uno fue determinada aleatoriamente. Ya lleno el horno se procedió a carbonizar las muestras. El proceso de carbonización duró entre 48 y 72 horas. Una vez terminada la carbonización se dejó completamente sellado el horno por 48 horas con el propósito de que el fuego del interior se extinga y las repeticiones se enfríen.

### **3.3.9 Manejo y traslado del producto de la carbonización**

Terminada la carbonización se extrajeron los recipientes y en las bolsas plásticas (para no alterar las características y contenido de humedad del carbón), se trasladó al laboratorio una muestra de aproximadamente 300 gr de cada una de las muestras de la especie evaluada.

### **3.3.10 Análisis de laboratorio**

En el laboratorio del INAB se realizaron una serie de pruebas para determinar el porcentaje de Humedad, los contenidos de cenizas, materias volátiles, carbono fijo y el poder calorífico de todas las muestras.

### **3.3.11 Ordenamiento de la información**

La información obtenida de los análisis del laboratorio se ordenó de acuerdo a la repetición correspondiente.

### **3.3.12 Procesamiento de datos**

La información ya ordenada se trasladó a una hoja electrónica para facilitar la posterior utilización de herramientas computarizadas para el análisis estadístico, se realizó el cálculo de los promedios de las repeticiones, se estimó el rendimiento para cada repetición.

### 3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 10 se encuentran los resultados tabulados que permiten concluir sobre el rendimiento (en peso base seca) y las variables que determinan la calidad (Humedad, materias volátiles, carbono fijo, cenizas y poder calorífico) del carbón vegetal, así como los promedios de las repeticiones para cada una de las variables de la especie QuercuspeduncularisNée.

**Cuadro 10** Resumen de los resultados de rendimiento y calidad del carbón vegetal de la especie QuercuspeduncularisNée.

<i>Especie</i>	<i>Repetición</i>	<i>Porcentaje Rendimiento</i>	<i>Porcentaje Humedad</i>	<i>Porcentaje Mat. Volátil</i>	<i>Porcentaje Cenizas</i>	<i>Porcentaje Carb. Fijo</i>	<i>Poder calorífico Kcal/Kg</i>
<i>Quercussp.</i>	1	29.52	3.69	36.29	3.06	56.96	7214.28
	2	30.55	4.09	38.28	3.98	53.65	7109.84
	3	30.15	2.8	51.96	4.69	40.55	7180.95
	4	30.79	3.88	47.98	5.16	42.98	6915.98
	5	32.28	3.87	49.12	5.2	41.82	6741.55
	Promedio	30.66	3.67	44.73	4.42	47.19	7032.52

#### 3.4.1 Rendimiento

Como se mencionó en el cuadro anterior, se encuentran tabulados en la tercera columna los resultados de rendimiento para la repetición, los valores muestran gran similitud en el comportamiento del rendimiento.

#### 3.4.2 Calidad

Las variables que determinan la calidad del carbón vegetal (Humedad, Cenizas, Materias Volátiles, Carbono Fijo y Poder Calorífico) producido a partir de árboles jóvenes de la especie se discuten a continuación:

#### **3.4.2.1 Contenido de Humedad**

Los valores de humedad se encuentran en un rango de 3.66% para Quercus peduncularis Née, los cuales son valores aceptables en relación a las proporciones óptimas de los componentes químicos del carbón vegetal (5), los cuales establecen el rango del 2 al 4%. Esto se debe al bajo contenido de humedad de la madera carbonizada. El bajo contenido de humedad es positivo e influye de manera directa en el poder calorífico, pues al llevarse a cabo la carbonización un alto contenido de humedad implica que es necesario emplear parte del poder calorífico de la madera para evaporar la humedad.

#### **3.4.2.2 Contenido de Cenizas**

Los promedios del contenido de cenizas son 4.42%, valor aceptable con relación a los rangos óptimos que van del 1 al 4%.

Hay dos aspectos importantes en el hecho de obtener un bajo contenido de cenizas, el primero, ya que las cenizas por ser un material inerte no reacciona a la combustión y por lo tanto no genera calor. Por el otro lado es que los desechos y residuos al fin de la combustión serán muy escasos. Un alto contenido de cenizas puede dar una falsa idea del buen rendimiento.

#### **3.4.2.3 Contenido de materias volátiles**

Los valores en general para el contenido de materias volátiles son relativamente altos (44.73), en comparación a las proporciones óptimas que van del 18 – 23%. Estos altos contenidos se debe a que el proceso de carbonización se llevó a cabo a temperaturas por debajo de los 500° C, esto es perjudicial desde el punto de vista energético pues inciden en la disminución del contenido de carbono fijo y con ello del poder calorífico.

#### **3.4.2.4 Contenido de Carbono Fijo**

Los valores de contenido de carbono fijo son bajos (41.79) en comparación a las proporciones óptimas de los componentes químicos que van de 74 – 81%. Este comportamiento está directamente relacionado con el alto contenido de material volátil.

#### **3.4.2.5 Poder Calorífico**

Para este parámetro no existe diferencia significativa, debido a la similitud en el comportamiento de esta variable en los distintos tratamientos y repeticiones.

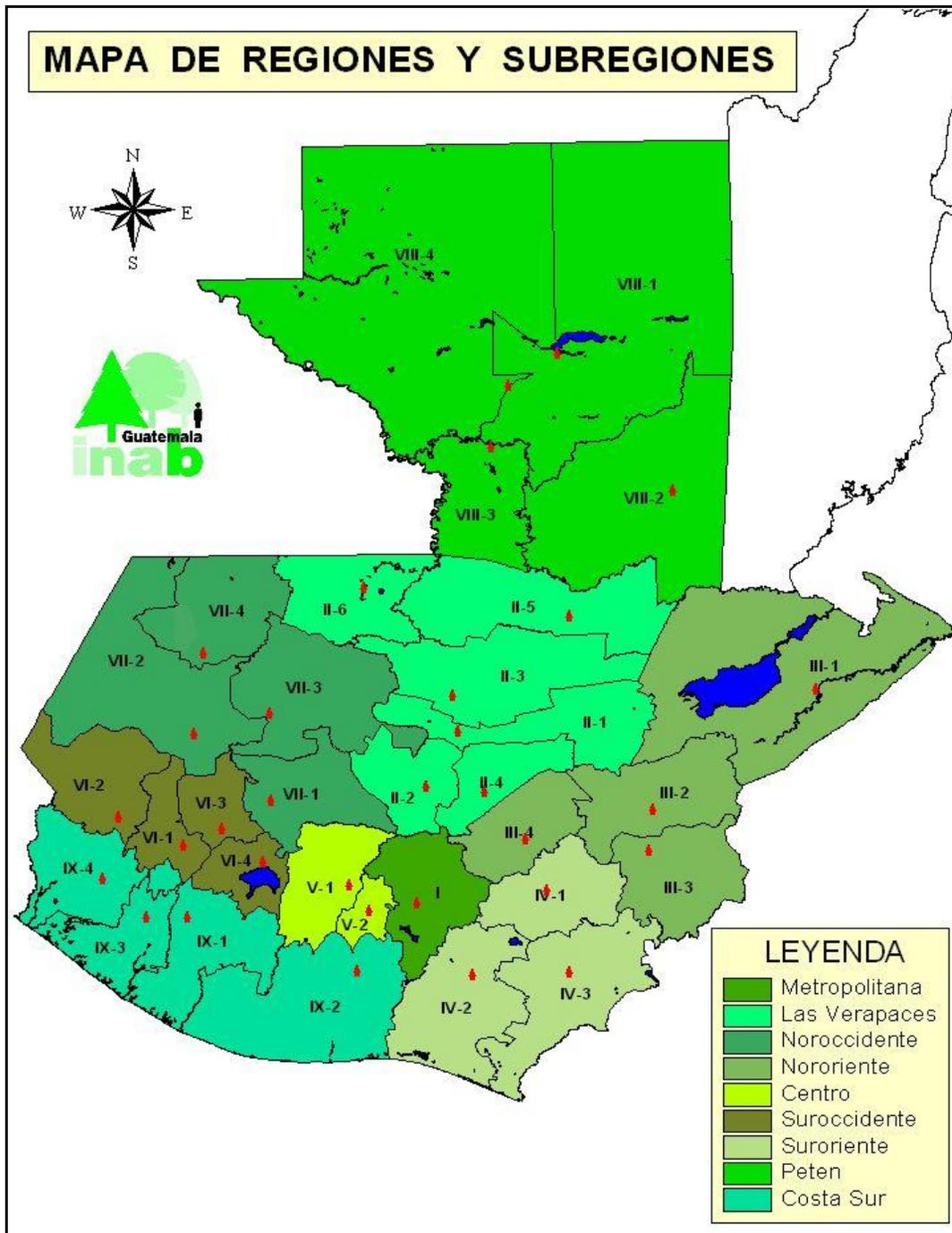
### 3.5 CONCLUSIONES

1. Los resultados de rendimiento y las variables que determinan la calidad de Quercus peduncularis Née están relacionados entre sí, debido a la relación que existe entre el alto contenido de material volátil y el rendimiento, ya que las materias volátiles incrementan el rendimiento del carbón, lo que hace que la especie sea ideal para la producción de carbón vegetal.
2. Los parámetros que presenta la especie Quercus peduncularis Née son aceptables debido a que reúnen los requerimientos para la combustión de un carbón vegetal.

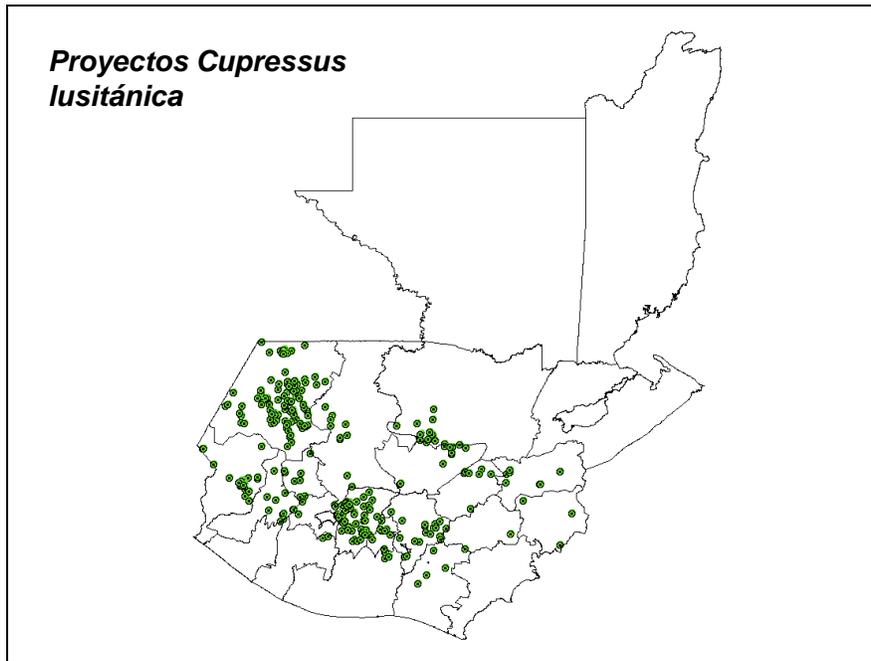
### 3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Ferreira, O. 1990. Manual de inventarios forestales. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. p. 249-256.
2. Leyton, J. 1986. Bases para la planificación del desarrollo forestal en la región de la república de Guatemala. Guatemala, FAO. p. 129-142.
3. Roos, E. 1979. Survey of simple kiln systems and recomendations for the selection of kiln. German, AppropiateTeachnology Exchange. 220 p.
4. Servicio Forestal, MX. 1964. Carbón de leña; producción, venta y uso. México, Herrero.132 p.
5. Young, K. 1980. Guía de árboles para viveros forestales. Guatemala, INAFOR. 200 p. (Informe no. 1).

## **ANEXOS**



**Figura 1A** Mapa de Regiones y Sub-regiones del Instituto Nacional de Bosques -INAB-. 2008.



**Figura 2A Mapa de ubicación de proyectos de Cupressus lusitánica establecidos por medio del PINFOR. Base de datos 2005.**

ACTIVIDADES	AÑO 2007											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Recolección previa de información y documentación		■										
Preparación de anteproyecto		■	■									
Presentación de anteproyecto			■									
Correcciones al anteproyecto			■									
Coordinación con regiones			■	■								
Toma de datos de Campo				■	■	■	■	■				
Análisis de muestras de suelos en laboratorio					■	■	■	■				
Análisis e interpretación de datos obtenidos								■	■	■		

