

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

EFFECTO DEL ASOCIO CON MAÍZ EN EL CRECIMIENTO Y  
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi*  
EN SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO

**FRANCISCO ESAÚ LIGORRÍA BERREONDO**  
CARNET 20896-06

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2015  
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

EFFECTO DEL ASOCIO CON MAÍZ EN EL CRECIMIENTO Y  
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi*  
EN SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**FRANCISCO ESAÚ LIGORRÍA BERREONDO**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN  
EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2015  
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. PEDRO GABRIEL SILVESTRE DELGADO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA  
MGTR. MANUEL SABINO MOLLINEDO GARCÍA  
ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Guatemala 30 de marzo de 2015

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Francisco Esaú Ligorria Berreondo, carné 20896-06, titulada: "Efecto del asocio con maíz en el crecimiento y costos de mantenimiento de una plantación de (*pinus maximinoi*) en San Pedro Carchá, Alta Verapaz".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Pedro Gabriel Silvestre Delgado  
Colegiado no. 4846  
Cod. URL 21315

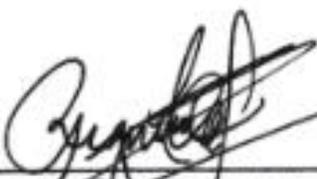
**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante FRANCISCO ESAÚ LIGORRÍA BERREONDO, Carnet 20896-06 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 0622-2015 de fecha 20 de marzo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DEL ASOCIO CON MAÍZ EN EL CRECIMIENTO Y  
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus maximinoi*  
EN SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 16 días del mes de abril del año 2015.

  
\_\_\_\_\_  
**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por el don de la vida, y por mostrarme con su luz el camino hacia la meta.

A la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

A los catedráticos de la carrera de Ingeniería Forestal que a lo largo de este camino compartieron conocimientos, experiencias, amistad y apoyo.

A mis amigos de universidad y amigos de la vida, por todos esos buenos momentos vividos, en especial a Allan Boiton un abrazo hasta el cielo.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Como manifestación de mi compromiso para cumplir con entusiasmo los planes que El tiene para mi vida.

### **A mis padres:**

Yoly y Esaú por todo el amor incondicional que me han brindado y guiarme por el mejor de los caminos.

### **A mis hermanos:**

Vicky, Mayra, Chochi, Guicho, Carlitos por ser parte especial y ejemplo en mi vida.

### **A mi novia:**

Nadya Morales por su amor, apoyo y especialmente la paciencia que me ha tenido.

### **A mis sobrinos:**

Dieguito y Marcelita, espero poder ser un ejemplo en su vida.

## INDICE

RESUMEN	
SUMMARY	
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO .....	2
2.1 PLANTACIÓN FORESTAL.....	2
2.2 MODALIDADES DE PLANTACIONES FORESTALES .....	2
2.3 SISTEMAS AGROFORESTALES .....	2
2.4 ASOCIO ÁRBOL – MAÍZ.....	3
2.6 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES.....	3
2.7 CUIDADOS SILVICULTURALES .....	3
2.8 PRÁCTICAS AGROFORESTALES.....	4
2.9 MANEJO DE INFORMACIÓN SOBRE RECURSOS ARBÓREOS (MIRA-SILV). 4	
2.10 MEDICIÓN DE ÁRBOLES CON LA METODOLOGÍA DEL MIRA-SILV .....	4
2.11 PARCELAS DE MEDICIÓN .....	4
2.12 TIPOS DE PARCELAS.....	4
2.13 TAMAÑO Y FORMA DE PARCELAS.....	5
2.14 NÚMERO DE PARCELAS .....	5
2.15 UBICACIÓN DE LAS PARCELAS.....	5
2.16 DEMARCACIÓN Y SEÑALAMIENTO DE PARCELAS .....	6
2.17 VARIABLES A MEDIR.....	6
2.18 MEDICIÓN DE ARBOLES.....	6
2.19 MEDICIÓN DE ALTURA DE LOS ARBOLES .....	6
2.20 CALIDAD FUSTAL .....	7
2.21 MEDICIÓN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO (DAP) .....	7
2.22 CÓDIGO DE FORMA Y DEFECTOS FUSTAL .....	7
2.23 COMPETENCIA INTERESPECIFICA .....	7
2.24 COMPETENCIA INTRAESPECIFICA .....	7
2.24 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES.....	8
2.24.1 Descripción de Pino Candelillo: <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.....	8
2.24.2 Descripción De Maíz <i>Zea mays</i> , L.....	9
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
IV. OBJETIVOS .....	13
4.1 OBJETIVO GENERAL: .....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	13
V. HIPOTESIS .....	14
VI. METODOLOGIA .....	15
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	15
6.2 CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS .....	16
6.3 MATERIALES.....	16
6.4 MÉTODOS PARA OBTENCION DE DATOS EN CAMPO .....	16
6.4.1 Establecimiento de Parcelas Temporales .....	16

6.4.2	Forma y Tamaño de la parcela.....	17
6.4.3	Numero de Parcelas.....	17
6.4.4	Ubicación de la parcela .....	18
6.4.5	Demarcación de parcelas.....	19
6.4.6	Medición de arboles .....	19
6.4.7	Variables a medir dentro de la parcela .....	20
6.4.8	Medición de altura .....	20
6.4.9	Medición de Dap .....	21
6.4.10	Forma y calidad fustal .....	22
6.4.11	Estimación de densidad .....	22
6.5	COMPILACIÓN DE COSTOS .....	23
6.5.1	Costos establecimiento y mantenimiento de plantación forestal .....	23
6.5.2	Costo de producción maíz y utilidades.....	23
6.6	MODELO ESTADISTICO .....	24
6.7	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	25
6.7.1	Análisis estadístico.....	25
6.7.2	Análisis económico.....	25
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
7.1	RESULTADOS .....	26
7.1.1	Análisis para la variable altura.....	27
7.1.2	Análisis para la variable DAP .....	29
7.1.3	Análisis para la variable densidad .....	31
7.1.4	Análisis para la variable forma .....	33
7.1.5	Análisis para la variable sanidad .....	35
7.2	INFORMACIÓN DE COSTOS.....	37
7.2.1	Costos de establecimiento y mantenimiento en la plantación forestal .....	37
7.2.2	Variables de costos .....	37
7.2.2.1	Variables de productividad .....	37
7.2.3	Costos de Implementación y Mantenimiento por Hectárea de Cultivo de Maíz .....	40
7.2.4	Producción y utilidades de Maíz <i>Zea mays L.</i> por hectárea .....	42
7.3	DISCUSION .....	44
VIII.	CONCLUSIONES .....	47
IX.	RECOMENDACIONES .....	48
X.	BIBLIOGRAFIA .....	49
XI.	ANEXOS .....	52

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Medias de las variables dasometricas, (diámetro, altura y densidad) para los dos tratamientos.....	26
Cuadro 2: Análisis de Varianza para la variable altura .....	27
Cuadro 3: Prueba de Tukey para la Variable altura .....	27
Cuadro 4: Análisis de Varianza para la variable del DAP .....	29
Cuadro 5: Prueba de Tukey para la variable DAP .....	29
Cuadro 6: Cuadro de análisis de la Varianza para la variable Densidad.....	31
Cuadro 7: Prueba Tukey para variable densidad .....	31
Cuadro 8: Medias de las variables de forma (Bifurcación, corona de reina, recto, sinuoso, cola de zorro) para los dos tratamientos según porcentajes.....	33
Cuadro 9: Medias de las variables de sanidad (Enfermos y Sanos) para los dos tratamientos.....	35
Cuadro 10: Costo de establecimiento de plantación forestal por hectárea en la cual no existió asocio con maíz .....	38
Cuadro 11: Costo de establecimiento de plantación forestal por hectárea en la cual existió asocio con maíz .....	38
Cuadro 12: Proyección de los costos de establecimiento y mantenimiento durante los primeros 3 años de la plantación en la cual no existió asocio. ....	39
Cuadro 13: Proyección de los costos de establecimiento y mantenimiento durante los primeros 3 años de la plantación en la cual existió asocio. ....	39
Cuadro 14: Comparación de costos para el establecimiento y mantenimientos de la plantación forestal y rentabilidad entre sistemas.....	40
Cuadro 15: Costos de establecimiento para la producción de maíz por hectárea.....	41
Cuadro 16: Producción de maíz por hectárea. ....	42
Cuadro 17: Costo de producción en 8 hectáreas cultivo de maíz.....	42
Cuadro 18: Cuadro de comparación, en base a los costos de producción y utilidades, calculados por hectárea. ....	43

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del polígono donde se realizo el experimento .....	15
Figura 2. Tamaño y forma de parcela.....	17
Figura 3. Demarcación y ubicación de las parcela .....	18
Figura 4. Demarcación de las parcelas .....	19
Figura 5. Medición de la Altura de los arboles.....	20
Figura 6. Forma de medición de Diámetros de los arboles .....	21
Figura 7. Calidad fustal.....	22
Figura 8. Códigos de forma y calidad fustal.....	22
Figura 9: Grafica de puntos para las medias para las alturas en los dos tratamientos, expresada en metros.....	28
Figura 10: Grafica de puntos de las medias para los diámetros en los dos tratamientos, expresada en centímetros .....	30
Figura 11: Grafica de puntos para las medias para las densidades en los dos tratamientos, expresada en cantidad de individuos por hectárea.....	32
Figura 12: Grafica de barras de calidad de fuste con porcentajes, para los dos tratamientos, según la cantidad de individuos por hectárea.....	34
Figura 13: Grafica de barras donde demuestra los porcentajes de individuos según las variables de sanidad en los dos tratamientos, según la cantidad de individuos por hectárea. ....	36

**EFFECTO DEL ASOCIO CON MAIZ EN EL CRECIMIENTO Y COSTOS DE  
MANTENIMIENTO DE UNA PLANTACION DE *pinus maximinoi* EN SAN PEDRO  
CARCHA, ALTA VERAPAZ**

**RESUMEN**

El presente estudio se desarrolló en una plantación de dieciséis hectáreas de pino (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) de siete años de edad, en la Finca El Palmar, San Pedro Carchá, A.V. Se tomó como testigo ocho hectáreas de la plantación forestal y ocho hectáreas donde se implementó el asocio de pino con maíz (*Zea mays L.*); con la finalidad de evaluar el crecimiento de los individuos. Las variables dasométricas estudiadas fueron; altura, DAP, densidad, calidad fustal y costos de establecimiento y mantenimiento. Los datos colectados se tabularon y procesaron utilizando el análisis Prueba T para medias independientes, desviación estándar, así como varianzas bajo criterio de Tukey para los dos sistemas. Se concluyó que existe mejor crecimiento de altura y diámetro en el sistema agroforestal. En relación a la densidad, se evidenció una menor cantidad de individuos en comparación a la plantación forestal pura. La calidad fustal no mostró variación en ninguno de los dos sistemas. Al utilizar el sistema agroforestal, se redujeron los costos de establecimiento y mantenimiento de una plantación forestal, y se obtuvieron utilidades adicionales en la producción de maíz.

## **EFFECT OF COMBINATION WITH MAIZE ON THE GROWTH AND MAINTENANCE COSTS OF A *pinus maximinoi* IN SAN PEDRO, ALTA VERAPAZ**

### **SUMMARY**

The current study was developed in 16 hectares of pine plantation (*Pinus maximinoi* H. E. Moor) with seven years of age in El Palmar, San Pedro Carcha, Alta Verapaz. Eight hectares from the forestry plantation were used as control group and eight hectares were used implementing maize (*Zea mayz* L.) combined with the pine plantation; the goal, was to determine the growth of the pines in different environments. The dasometric variables studied include: height, DBH, density, fustal quality and establishment and maintenance costs. Data was collected and processed using the T Analysis Test for independent measures, standard deviation and variables under Tukey's criteria for both systems. The conclusion was that there is a better growth in height and diameter using the agro-forestry system. In relation to density, it was proved a minor amount of pines in comparison to the forestry plantation. The fustal quality did not showed any difference in any of the two systems. By using the agroforestry system, the establishment and maintenance costs of a forestry plantation were reduced and additional utilities were obtained as a result of the maize production.

## I. INTRODUCCION

La Política Forestal de Guatemala (MAGA, PAFG, INAB & CONAP, 1999) es un instrumento orientador para los principales actores del sector, con el objeto de facilitar procesos de planificación, ejecución, administración gestión y evaluación de la actividad forestal nacional. Uno de los ejes temáticos de la política es la *Promoción de la Silvicultura de Plantaciones*, con el objeto de crear núcleos de producción forestal y recuperar áreas de vocación forestal que en este momento no posee bosque. La política menciona que uno de los instrumentos principales es el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), que establece el pago en efectivo por parte del Estado para todos aquellos propietarios de tierra que establezcan proyectos de reforestación o de manejo de bosques naturales (Cabrera, 2003).

Sin embargo en el área de las verapaces el asocio de cultivos agrícolas ha venido a ser una práctica común en plantaciones forestales principalmente dentro de plantaciones del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), siendo el cultivo más utilizado el maíz (*Zea mays L.*) en dicho asocio, realizando prácticas agrícolas dentro de plantaciones forestales y buscando percibir un ingreso económico extra en la cosecha de productos agrícolas temporales, e incluso reducir costos en el mantenimiento de la plantación.

Se planteó evaluar los efectos que puede causar el asocio del maíz en plantaciones de pino, teniendo como referencia que este asocio es bueno en el aspecto socioeconómico, pero ignorando si es de beneficio o perjudicial para los árboles de la plantación evaluando variables como crecimiento en diámetro, altura, densidad y forma de los árboles, así como también variables de costo de mantenimiento y manejo entre el sistema agroforestal y la plantación forestal pura. La evaluación se llevó a cabo en la Finca El Palmar, jurisdicción de San Pedro Carcha, Alta Verapaz en la que se encuentra una plantación de pino (*Pinus maximinoi* H. E, Moore) con 5 años de edad y extensión de 16 hectáreas, de las cuales 8 hectáreas contaron con asocio de maíz (*Zea mays L.*) durante los primeros 3 años de edad y en las 8 hectáreas restantes se han manejado como plantación pura, sirviendo como testigo de la investigación.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 PLANTACIÓN FORESTAL**

Según Cabrera (2003) Una plantación forestal se define como la acción de plantar árboles con el objetivo de crear un bosque; también como la acción de crear un bosque a partir de la siembra de plántulas; o el conjunto de un terreno y los árboles que crecen después de haber sido plantados.

### **2.2 MODALIDADES DE PLANTACIONES FORESTALES**

Las plantaciones se pueden diferenciar como puras si se establecen con una sola especie en un mismo sitio o mixtas si dos o más especies se establecen mezcladas o cerca y en un mismo sitio. Las cercas vivas consisten en el empleo de árboles como separados de sectores dentro de fincas y si tienen una función como interruptores de la dirección y velocidad de los vientos se denominan cortinas rompe vientos. Las plantaciones también pueden intercalarse con diferentes tipos cultivos. Ahora bien sin tener un objetivo económico pueden establecerse árboles en áreas urbanas con fines principalmente de embellecimiento y salud, lo cual se conoce como arborización urbana (Briceño, 2004).

### **2.3 SISTEMAS AGROFORESTALES**

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas (árboles o arbustos) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o en explotaciones ganaderas con animales, en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal. (Palomeque, 2006).

- Sistema Taungya

Arboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el período de establecimiento de la plantación forestal. Aunque la obtención de madera es normalmente la meta final, en el sistema "taungya" los ingresos a corto plazo constituyen una gran motivación para los agricultores, mediante: a) cultivos anuales con plántulas de árboles, b) plantación forestal con cultivos, c) corte de la madera, d) siembra de cultivos, e) plantación madura, f) plantación joven. (Palomeque, 2006)

## **2.4 ASOCIO ÁRBOL – MAÍZ**

López, (2010) expone que el este asocio es conocido como sistema agroforestal, consiste en establecimiento del maíz dentro de una plantación forestal, plantando el maíz dentro de los callejones, realizando prácticas agrícolas tradicionales, limpias manuales, manejo del rastrojo y no realizando quemadas de rastrojo.

## **2.6 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES**

Mediante la combinación de la producción agrícola y forestal se pueden alcanzar mejor diversas funciones y objetivos de la producción de bosques y cultivos alimenticios. Existen ventajas ambientales, como también socioeconómicas, de tales sistemas integrados sobre la agricultura y/o monocultivos forestales (Rocero, 2008).

## **2.7 CUIDADOS SILVICULTURALES**

Según (López 2010) Se realizan las siguientes prácticas:

- Primera limpia, chapeo general del área plantada, para desmalezar y liberar la planta, se realiza generalmente en la temporada de lluvias.
- Segunda limpia, chapeo general del área plantada, se realiza antes de la salida del invierno.
- Plateo, ésta última sustituye a la primera o segunda limpia según sea el caso se refiere a limpiar un perímetro determinado alrededor de la planta.
- Deseje, se refiere a quitar los rebrotes que pueda tener la planta.
- Poda temprana, esta actividad se realiza en los primeros años de la plantación y se refiere a la eliminación de ramas laterales para ayudar a la formación de la planta
- Raleo, se refiere a la eliminación de árboles defectuosos o que están haciendo competencia con otros.

## **2.8 PRÁCTICAS AGROFORESTALES**

Consisten en establecer cultivos agrícolas en callejones de plantaciones forestales, manejando el rastrojo y aportando de materia orgánica al suelo (Palomeque 2009).

## **2.9 MANEJO DE INFORMACIÓN SOBRE RECURSOS ARBÓREOS (MIRA-SILV)**

Silvestre (2010) propone para el manejo de información un sistema que permite y facilita el monitoreo y la evaluación del crecimiento y la productividad de los árboles en plantaciones y sistemas agroforestales, con aplicación en investigación y en proyectos de reforestación.

## **2.10 MEDICIÓN DE ÁRBOLES CON LA METODOLOGÍA DEL MIRA-SILV**

Todos los árboles originales o que deberían haber sido plantados en la parcela de medición, deben ser medidos y enumerados en forma secuencial del uno hasta el último árbol de la parcela (Silvestre, 2010).

## **2.11 PARCELAS DE MEDICIÓN**

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. (Ugalde 2002, citado por Silvestre, 2010). y proponen que además que, proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal

## **2.12 TIPOS DE PARCELAS**

Básicamente existen dos tipos de parcelas: las temporales y las permanentes. Como su nombre lo indica, las temporales se miden normalmente una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede eventualmente convertirse en una parcela permanente.

Las parcelas permanentes desde su establecimiento tienen como objetivo principal permitir mediciones de crecimiento por un período largo de años y si éstas se hacen de un tamaño adecuado, podrían servir para monitorear y evaluar el crecimiento de los árboles hasta el final del turno de corta (Silvestre, 2010).

### **2.13 TAMAÑO Y FORMA DE PARCELAS**

Silvestre (2010) el tamaño de parcelas se expresa normalmente en términos de un número de árboles o en base a una superficie de área en metros cuadrados, o en metros lineales en el caso de cercas vivas, árboles en líneas o en linderos. El tamaño apropiado de parcela, sea ésta en base a número de árboles o a superficie, varía dependiendo de los objetivos de la investigación, del producto final y de las variables a medir, y en caso de experimentos pueden influir el tipo de diseño experimental a utilizar. En caso de monitoreo y/o evaluaciones de crecimiento de árboles en reforestaciones, se recomienda que el tamaño de la parcela oscile entre 500 a 1000 metros cuadrados.

### **2.14 NÚMERO DE PARCELAS**

En el caso de establecimiento de parcelas permanentes en programas de reforestación a nivel comercial, para estimar y extrapolar el rendimiento en las diferentes áreas de la finca, el número de parcelas requerido no es una cuestión fácil de determinar y varía dependiendo del material genético, del manejo y de la variabilidad de las condiciones del lugar. Por estas razones, no siempre es apropiado fijar un número determinado de parcelas por superficie, aunque a veces se hace. En muchos casos el número de parcelas permanentes o temporales a establecer se fija en base a la capacidad económica o recursos disponibles por parte de los propietarios o instituciones encargadas de esta labor (Silvestre, 2010).

### **2.15 UBICACIÓN DE LAS PARCELAS**

Las parcelas deben ser establecidas dentro de los estratos seleccionados, considerando aspectos como: condiciones de sitio, topografía, suelos, pedregosidad, uso anterior del sitio, métodos de preparación del terreno, mantenimiento y material vegetativo (Ugalde, 2002). cita también que todos estos factores pueden influir y/o modificar el crecimiento de una especie en un determinado estrato de la plantación. Es importante poder cubrir las diferentes condiciones de sitio y crecimiento dentro de la plantación.

## **2.16 DEMARCACIÓN Y SEÑALAMIENTO DE PARCELAS**

Las parcelas deben marcarse en el terreno de manera que, se puedan reubicar en el futuro por personas o técnicos diferentes a los que las establecieron originalmente, con el fin de facilitar y asegurar las mediciones futuras sin errores. Se realizan zanjas en el suelo en las esquinas de la parcela, de un metro de largo a cada lado de la esquina, con un ancho de 15 a 20 cm. y de 25 a 30 cm. de profundidad. Además, se van marcando con cinta plástica, pintura o placas metálicas, los tres árboles del borde de cada esquina, esto facilita la reubicación y medición de los árboles en mediciones futuras (Silvestre, 2010).

## **2.17 VARIABLES A MEDIR**

Se recomienda hacer mediciones anuales o cada dos años, dependiendo del crecimiento de las especies. Las principales variables a medir son: diámetro, altura total y sobrevivencia. (Ugalde, 2002) propone también que después de haber medido todos los árboles de una especie en varias parcelas, en diferentes condiciones de crecimiento, se pueden desarrollar ecuaciones de regresión entre diámetro y altura o diámetro y altura dominante. Esto permitirá que en el futuro se pueda reducir la medición del número de las alturas por parcela, que es la variable que requiere mayor tiempo para su medición

## **2.18 MEDICIÓN DE ARBOLES**

García (1995) También llamada medición forestal o dasometría, implica la determinación de una altura, diámetros, volúmenes, incrementados y edades individuales de árboles o de rodales completos.

## **2.19 MEDICIÓN DE ALTURA DE LOS ARBOLES**

La altura medida en los árboles puede ser total y comercial o maderable. La *altura total* comprende el fuste y la copa del árbol, en tanto que la *altura comercial o maderable* comprende el fuste o la altura del tronco hasta el cual se pueden obtener trozas comerciales (García, 1995).

## **2.20 CALIDAD FUSTAL**

La condición y forma en la que se encuentra el fuste o tronco principal del árbol (Rodríguez, 2009).

## **2.21 MEDICIÓN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO (DAP)**

García (1995) expone que la medida normal para determinar el diámetro de los árboles en pie, es el diámetro a la altura del pecho, DAP, también llamado, a veces, diámetro normal. El DAP es medido a 1,30 metros sobre el nivel medio del suelo, sobre la corteza.

## **2.22 CÓDIGO DE FORMA Y DEFECTOS FUSTAL**

Es la nomenclatura que se sigue para evaluar la calidad del fuste de los árboles en base a códigos de forma y defectos del fuste de acuerdo a sistemas de medición (Rodríguez, 2009).

## **2.23 COMPETENCIA INTERESPECIFICA**

Diferentes especies interactúan por un recurso compartido, los individuos de una especie no viven separados de los individuos de otras especies. Diferentes especies interactúan compitiendo por un recurso compartido (comida, luz, espacio,...), una puede depender de la otra como fuente de alimento, o puede proporcionar ayuda, o no tener ningún efecto sobre la otra (Carroll, 2004)

## **2.24 COMPETENCIA INTRAESPECIFICA**

Carroll (2004) explica que dicha actividad se caracteriza por la competencia entre individuos de la misma especie como una de las interacciones que condicionan la distribución y abundancia de los individuos en los ecosistemas. La probabilidad de que cualquier individuo se vea afectado adversamente aumenta con el número de competidores, la tasa de mortalidad se incrementa y/o la tasa de natalidad disminuye conforme se aumenta la densidad.

## 2.24 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES

### 2.24.1 Descripción de Pino Candelillo: *Pinus maximinoi* H. E. Moore

FAMILIA:	Pinaceae
GENERO:	Pinus
ESPECIE:	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.
SINONIMO:	<i>Pinus Tenuifolia</i> Bentham
NOMBRE COMUN:	Pino candelillo (Guatemala) Pino Canis (México) Pinabete (Honduras)

El *Pinus maximinoi* H. E. Moore, conocido comúnmente como: pino candelillo, se encuentra naturalmente en ecosistemas forestales puros de esta especie o asociados principalmente a *Pinus tecunumanii*, *Pinus pseudostrobus*, *Alnus* sp., *Ostria virginiana* y *Liquidambar styraciflua*, en sitios de mayor altitud y con *Pinus oocarpa* y *Quercus* sp. en las partes de bajas altitudes. (INAB, 2010) indica también que esta es una especie de amplia distribución ya que se encuentra en sitios que van desde los 600 hasta los 2,400 msnm, con precipitaciones entre 1,000 y 2,400 mm anuales, en suelos de textura francos a francoarcillosos, con pH entre 4.5 a 7.5.

Según Ávila, (2003) la madera es de color castaño pálido, textura fina, grano recto, superficie medianamente lustrosa, olor agradable y sabor no característico. Tiene su peso específico de 0.44 a 0.50 g/cm<sup>3</sup> ligeramente liviana; es fácil de tratar con perseverantes, moderadamente fácil de trabajar y con buena velocidad de secado, sin presentar defectos

El *Pinus maximinoi* H. E. Moore, se extiende desde Sinaloa (México), Guatemala, Honduras, El Salvador hasta el norte de Nicaragua, con una distancia de 2250 km. Se ha establecido en una amplia gama de microclimas y de ambientes. En América Central, los rangos de elevación oscilan entre 600 y 2,400 msnm, aunque es común observarlos de 1,100 a 1,800. Después de *Pinus oocarpa* es el pino más común de Centro América. (Lopez, 2010).

A nivel de Meso América se distribuye en un rango de precipitación anual que oscila de 900 y 2200 mm., sin embargo la especie se encuentra generalmente en sitios donde están las cantidades anuales de precipitación arriba de los 1200 mm. Cuando la especie se encuentra en las áreas que reciben menos de 1000 mm de precipitación, los sitios son caracterizados a menudo por suelos arcillosos que retienen humedad. En muchas áreas montañosas la niebla provee a menudo humedad adicional a los árboles. La gama de temperaturas en las que se encuentra la especie oscila en los meses fríos de 14° - 20° C y 20° - 27° C durante los meses más calientes. (Lopez, 2010).

#### **2.24.2 Descripción De Maíz *Zea mays*, L**

FAMILIA: L. Poaceae

GÉNERO: *Zea*

ESPECIE: *Mays*

NOMBRE *Maíz*

COMUN: *Maíz*

El maíz es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, tallo nudoso y macizo con quince a treinta hojas delgadas y abrasadoras. Es una planta monoica o sea que cada una lleva flores masculinas y femeninas. (SEPHU, 2012).

Rocero (2008) expone que el maíz forma un tallo erguido y macizo, una peculiaridad que diferencia a esta planta de casi todas las demás gramíneas, que lo tienen hueco. La altura es muy variable, y oscila entre poco más de 60 cm en ciertas variedades enanas y 6 m o más; la media es de 2,4 m. Las hojas, alternas, son largas y estrechas. La mazorca crece envuelta en unas hojas modificadas o brácteas; las fibras sedosas o pelos que brotan de la parte superior de la panocha o mazorca son los estilos prolongados, unidos cada uno de ellos a un ovario individual.

El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento (polinización anemófila), cae sobre estos estilos, donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fecundado crece hasta transformarse en un grano de maíz. (Villatoro, 2005).

El tallo principal termina en una inflorescencia masculina; ésta es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, cada una con tres anteras pequeñas que producen los granos de polen o gametos masculinos. (Rocero, 2008) también indica que la inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca, que agrupa hasta un millar de semillas dispuestas sobre un núcleo duro.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La incorporación de cultivos agrícolas a plantaciones forestales especialmente en pino se ha hecho muy común en la región de las Verapaces, en dicha actividad aprovecha el espacio físico y se busca reducir costos de mantenimiento de las plantaciones así como también percibir ingresos extras en la cosecha de estos productos agrícolas, siendo la combinación más usual la introducción de maíz en la plantación forestal, por ser un cultivo tradicional y parte de la dieta alimenticia de la región.

Sin embargo, en Guatemala existen estudios sobre impactos sociales y económicos en estos asocio, pero no se tienen estudios sobre los efectos que puedan causar el asocio de maíz (*Zea mays* L.) con plantaciones de pino (*Pinus maximinoi* H. E. Moore). este asocio pueden ejercer efectos beneficiosos o perjudiciales en el desarrollo, calidad fustal, densidad y sanidad de la plantación de pino, al existir una interacción y poder competir por un recurso compartido como el agua, la luz o el espacio, uno puede depender del otro, por algún beneficio especial o pueden no tener ningún efecto directo el uno sobre el otro.

No conociendo los efectos que pueden influir en el desarrollo de la plantación se planteó evaluar los impactos de dicho asocio, en una plantación de 16 hectáreas de pino con 5 años de edad, tomando como variables principales el crecimiento en altura, diámetro, calidad fustal, densidad y costos de mantenimiento y tratamientos silvícolas. Se espera poder contribuir en determinar si los asocio de cultivos agrícolas con plantaciones forestales y las prácticas agrícolas convencionales influyen en el crecimiento óptimo de una plantación forestal de producción.

### 3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En las Verapaces, la implementación de plantaciones forestales a través del Programa de Incentivos Forestales se realiza en áreas donde se practica la agricultura con cultivos tradicionales y de subsistencia como el maíz (*Zea mays* L.) lo cual ha reducido el área para el establecimiento de estos cultivos.

Lo anterior ha hecho que el establecimiento de una plantación forestal se convierta en un sistema agroforestal, siendo el asocio más común el del maíz, en donde se aprovecha el estado y las condiciones del área de plantación para la producción del cultivo agrícola, dentro de callejones de la plantación forestal. Esta práctica reduce actividades de mantenimientos y cuidados silviculturales de la plantación (limpías y plateos), generando ingresos extras en la cosecha del cultivo, pero no se tienen definidos los efectos que puedan causar las prácticas agrícolas los individuos de la plantación forestal.

Teniendo en cuenta que en un sistema agroforestal existe competencia de nutrientes, agua, espacio y horas luz, pero que a su vez ofrece conservación de suelo, aportes de nutrientes y contribución de biomasa así como también ocasionar algún daño a la plantación forestal en prácticas agroforestales y agrícolas al momento de la preparación de terreno o cosecha del cultivo agrícola, se planteó efectuar un estudio en una plantación de pino (*Pinus maximinoi* H. E. Moore.) con una extensión de 16 hectáreas y 5 años de haber sido establecida, la cual durante sus los primeros 3 años tuvo asocio de maíz *Zea mays* L. en 8 hectáreas del total de la plantación, en donde se realizaron prácticas agrícolas convencionales, dichas prácticas pudieron causar un efecto en variables dasométricas de crecimiento, desarrollo, densidad y calidad fustal en la plantación forestal, utilizando como testigo 8 hectáreas las cuales se manejaron como plantación pura, realizándose en ésta cuidados silviculturales como limpías y plateos.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar los efectos del asocio de maíz *Zea mays* L. en el crecimiento de altura, diámetro, densidad y calidad fustal y costos de establecimiento y mantenimiento en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en la finca "El Palmar", municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el efecto en crecimiento de altura, diámetro y densidad en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en dos tratamientos que son una plantación pura y un sistema agroforestal con asocio de maíz *Zea mays* L., en la finca "El Palmar", municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.
- Evaluar la calidad fustal de la plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en dos tratamientos que son una plantación pura y un sistema agroforestal con asocio de maíz *Zea mays* L., en la finca "El Palmar", municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.
- Evaluar los costos de establecimiento y mantenimiento de un sistema agroforestal con asocio de *Zea mays* L. y de la plantación pura de *Pinus maximinoi* en la finca "El Palmar", municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

## V. HIPOTESIS

### **Hipótesis Nula**

- Al menos los árboles y sus efectos en el desarrollo y crecimiento de altura, diámetro y calidad fustal en uno de los tratamientos no alcanzaran diferencias estadísticamente significativas.

### **Hipótesis Alterna (Ha)**

- Al menos los árboles y sus efectos en el desarrollo y crecimiento de altura, diámetro y calidad fustal en uno de los tratamientos alcanzaran diferencias estadísticamente significativas.

## VI. METODOLOGIA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, establecida en el 2,006 por el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), la cual tenía una edad de 5 años con un área de 16 hectáreas. De estas en un rodal de 8 hectáreas existió asocio con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) durante los 3 primeros años de edad, aprovechando este hecho se determino evaluar los efectos del asocio entre las anteriores especies evaluando densidad, calidad de fuste y variables dasométricas, de la plantación forestal y el costo de mantenimiento en concepto de limpias a la plantación forestal y el sistema agroforestal. Para poder verificar lo anterior se establecieron parcelas temporales para medición de altura y DAP, estudios de densidad y calidad fustal y se revisaron los libros de la finca para analizar los costos de establecimiento y mantenimiento de la plantación forestal y el sistema agroforestal. La plantación se encuentra ubicada en Finca El Palmar, San Pedro Carcha, Alta Verapaz.

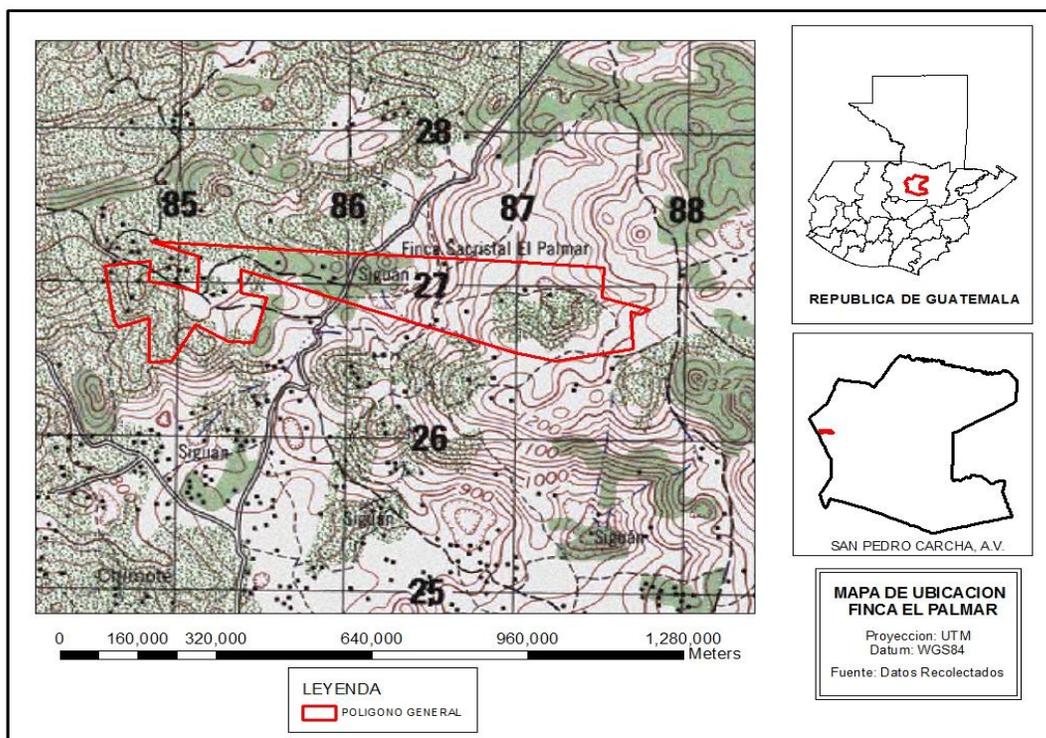


Figura 1. Mapa de ubicación del polígono donde se realizó el experimento

## **6.2 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS**

Por su ubicación la finca se encuentra según Holdridge, (1982), en la zona de vida: Bosque muy Húmedo sub-tropical (cálido) Bmh-S(c), tiene una altitud de 1320 msnm.

Topografía con pendientes entre 32-55%, profundidad de 20-50 cm., pedregosidad limitante y drenaje no limitante, temperatura media anual 20° C teniendo la temperatura mínima en el mes de enero con 10° C y una máxima en el mes de mayo de 29°C, la Precipitación media anual es de 2100 mm. (Prado, 2006).

Según Simons et. al., (1959) la finca el Palmar se encuentra en serie de suelos Tamahú, material de origen caliza y relieve karst.

## **6.3 MATERIALES**

El material y equipo que se utilizó para realizar el trabajo de campo es el siguiente:

- Cinta métrica
- Cinta Diamétrica
- Hipsómetro
- Estacas
- Brújula
- Machete
- Libros de registros de la finca
- Libro de planillas de la finca
- Libro de Ventas y utilidades de la finca
- Libreta de campo
- Formularios o boletas de campo
- Software (Arview, Infostat)
- Listones de nylon rojo
- Estacas de 1 metro
- Pintura (spray)

## **6.4 MÉTODOS PARA OBTENCION DE DATOS EN CAMPO**

### **6.4.1 Establecimiento de Parcelas Temporales**

El procedimiento que se utilizó para la toma de datos, fue el establecimiento de parcelas temporales basado en la metodología de MIRA-SILV, con lo cual se obtuvo información y permitió evaluar características y variables como diámetro, altura de pecho (DAP), altura, códigos de forma y defecto del fuste de árboles, sanidad y posición de los mismos. (Silvestre, 2010).

### 6.4.2 Forma y Tamaño de la parcela

La forma de las parcelas temporales establecidas fue rectangular de 25 X 20 metros, haciendo un área total de 500mts<sup>2</sup>. Área que se utiliza generalmente en la metodología de MIRA-SILV para determinar las variables de estudio.

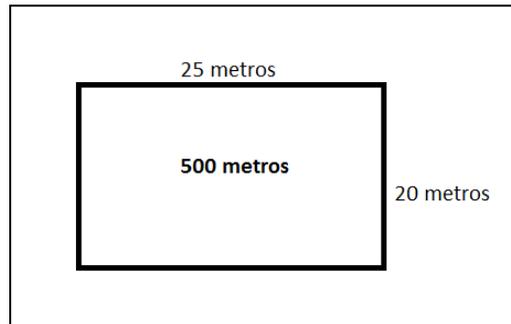


Figura 2. Tamaño y forma de parcela

### 6.4.3 Numero de Parcelas

El tamaño de la población se calculó según fórmula  $N=At/Tp$  (Vaides, 2011), en base a el área total que es 16ha, tamaño de parcela de 500mts<sup>2</sup> y con intensidad de muestreo (IM) del 3%.

At = Area total

Tp = Tamaño de parcela

$N = 160000/500 = 320$  parcelas

Para calcular el tamaño de la muestra (n). se utilizó la fórmula  $n= N*IM$  (Vaides, 2011)

N = numero de parcelas

n = numero de muestra

IM = Intensidad de muestreo

$n = 320 \text{ parcelas} * 3\% = 12 \text{ parcelas}$

Se utilizo el 3% de intensidad de muestreo pues se considera suficiente para la extensión total del área del experimento.

#### 6.4.4 Ubicación de la parcela

La ubicación de las parcelas se realizó recorriendo y reconociendo las condiciones de sitio como: tipo de suelo, pendiente, drenaje entre otros, (Vaides, 2004) o factores y condiciones que pueden influir en el crecimiento, desarrollo y sanidad de los arboles, para poder tener como referencia que cada estrato sea de condiciones similares. Se establecieron las parcelas de forma sistemática de la siguiente manera:

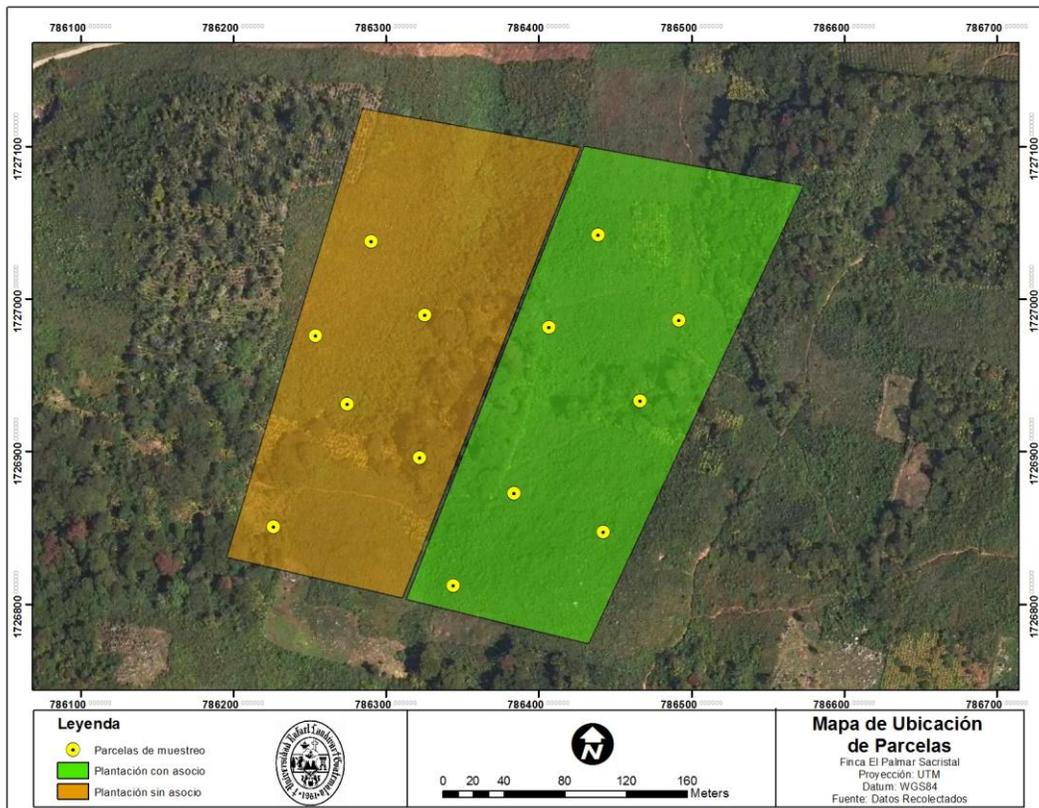


Figura 3. Demarcación y ubicación de las parcelas en la plantación de Pino, de la Finca El palmar.

#### 6.4.5 Demarcación de parcelas

Las parcelas se marcaron en el terreno de manera que se puedan reubicar en el futuro por personas o técnicos diferentes a los que las establecieron originalmente, con el fin de facilitar y asegurar las mediciones futuras sin errores. se realizaron zanjas en el suelo en las esquinas, de un metro de largo a cada lado de la esquina, con un ancho de 15 a 20 cm y de unos 25 a 30 cm de profundidad. Además, marcando con cinta plástica y pintura los tres árboles del borde de cada esquina, lo que facilita la reubicación y medición de los árboles en mediciones futuras. (Ugalde 2001),

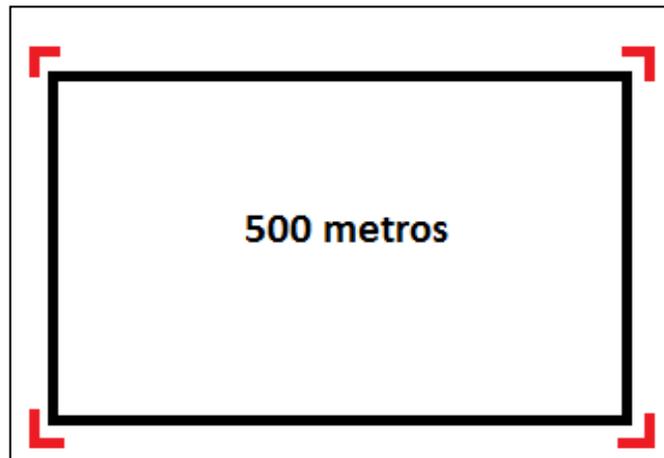


Figura 4. Demarcación de las parcelas

#### 6.4.6 Medición de arboles

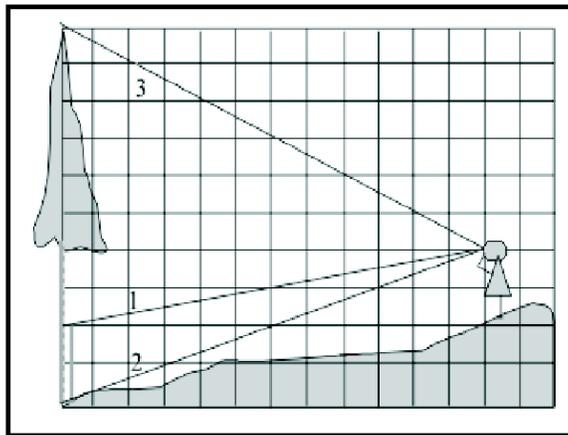
Todos los árboles originales ó que deberían haber sido plantados en la parcela de medición, fueron medidos y enumerados en forma secuencial del uno hasta el último árbol de la parcela.(Ugalde, 2001) propone también que los árboles que por un error no se plantaron, se cortaron o que fueron raleados se consideraron como árboles muertos y la variable de medición debe tener el código de 0.

#### 6.4.7 Variables a medir dentro de la parcela

- Alturas de 30 árboles de cada parcela o de 4 hileras centrales.
- Diámetro altura de pecho en centímetros de todos los árboles
- Densidad: Numero de árboles por parcela
- Código de forma y defectos del fuste

#### 6.4.8 Medición de altura

La altura se estimó por medio de un hipsómetro y se dio con una unidad de medida de decímetros. A continuación se presenta un esquema con el procedimiento en campo. siguiendo la metodología de MIRASILV, Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos.

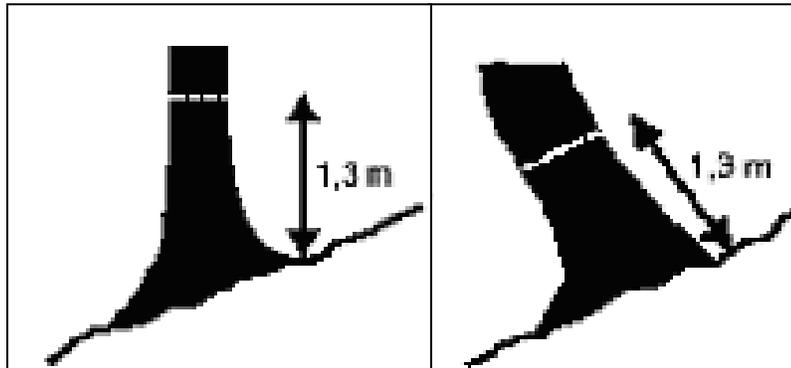


(INAB, 2010)

Figura 5. Medición de la Altura de los árboles

### 6.4.9 Medición de Dap

Esta medición que se realizó alrededor del fuste, obteniendo un diámetro en milímetros con cinta diamétrica y fue tomada a una altura de 1.3 metros. siguiendo la metodología de MIRASILV, Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos.



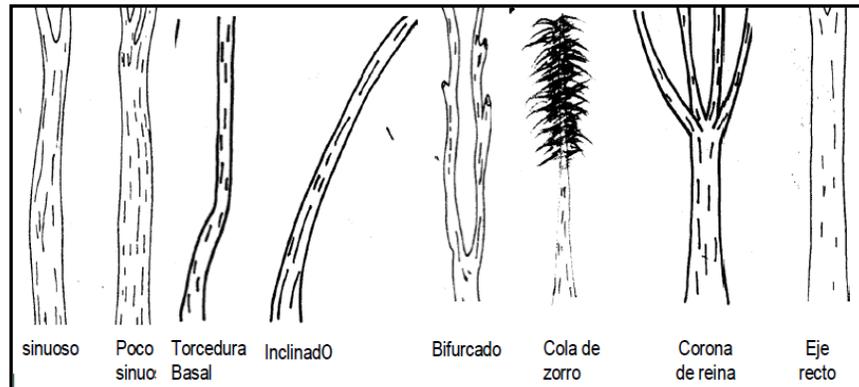
(INAB, 2010)

Figura 6. Forma de medición de Diámetros de los árboles

### 6.4.10 Forma y calidad fustal

Con esta variable se evaluó la calidad del fuste de los árboles en base a los códigos de forma y defectos del fuste siguiendo la metodología de MIRASILV, Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos.

#### Defectos de forma



(INAB, 2010)

Figura 7. Calidad fustal

1=	cola de zorro	A= tallo quebrado con recuperación
2=	poco sinuoso	B= tallo quebrado sin recuperación
3=	muy sinuoso	C= sin copa
4=	torcedura basal	D= replantación
5=	bifurcado	E= Spp. Extraña
6=	inclinado	F= rebrote
7=	enfermo	G= raleado
8=	plagas	H= regeneración natural
9=	copa asimétrica	I= dominante
		J= codominante
		K= suprimido
		L= ejes rectos y sin defectos de forma

(INAB, 2010)

Figura 8. Códigos de forma y calidad fustal

### 6.4.11 Estimación de densidad

Se calculó en base a la cantidad de árboles contabilizados por parcela. En relación a su tamaño y distribución dentro de la muestra.

## **6.5 COMPILACIÓN DE COSTOS**

### **6.5.1 Costos establecimiento y mantenimiento de plantación forestal**

Los datos financieros fueron obtenidos de los libros de registro de planillas y actividades operacionales, de las practicas silvícolas realizadas y costos de insumos y materiales utilizados para dicha actividad.

### **6.5.2 Costo de producción maíz y utilidades**

Para la obtención de las financieras sobre costos durante la producción de maíz, dentro de la plantación forestal se revisaron y analizaron los libros de registros de la finca y Libro de Ventas y utilidades de la finca, realizando proyecciones y promediando los datos de cosecha de maíz por año y el valor de venta por quintal del producto.

## 6. 6 MODELO ESTADISTICO

### COMPARACIÓN DE MEDIAS INDEPENDIENTES CON VARIANZAS DESCONOCIDAS Y DIFERENTES:

Según Lopez (2010), Como las varianzas son desconocidas será necesario estimarlas a través de las varianzas muestrales  $S_X^2$  y  $S_Y^2$ .

Como las muestras han sido extraídas de poblaciones que tienen distribuciones normales, se deben sustituir las varianzas poblacionales por las muestrales en la expresión:

Donde:

X = Medias de Sistema agroforestal (Estudio)

Y = Medias de Plantación Forestal (Testigo)

n = numero de individuos

m = numero de muestras

$\Delta$  = Diferencia entre medias

S = Varianza

Z = Distribución Normal

$$z = \frac{\bar{X} - \bar{Y} - \Delta}{\sqrt{\frac{S_X^2}{n} + \frac{S_Y^2}{m}}}$$

### - COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS, SEGÚN EL CRITERIO DE TUKEY

Este método sirve para comparar las medias de los tratamientos, dos a dos, o sea, para evaluar las hipótesis:

Ho:  $\mu_i = \mu_j$  (media del tratamiento i es igual a la media del tratamiento j, con  $i \neq j$ )

Ha:  $\mu_i \neq \mu_j$  (media del tratamiento i es diferente a la media del tratamiento j, con  $i \neq j$ )

## **6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Los datos obtenidos de las mediciones realizadas en campo se tabularon y se creó una base de datos en el programa Excel 2010 de Microsoft Office®, así como también los costos de establecimiento y mantenimiento de la plantación forestal, costos y utilidades en las actividades del sistema agroforestal.

Se tomaron las medias de cada variable de cada unidad de muestra:

- ALTURA
- DIAMETRO
- DENSIDAD
- CALIDAD FUSTAL (Cola de zorro, Corona de reina, Bifurcación, Sinuoso y Recto)

### **6.7.1 Análisis estadístico**

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico INFOSTAT®, en el cual se realizaron los análisis de ANDEVA, el cual muestra prueba de varianzas, coeficiente de variación y prueba de Tukey para los 2 sistemas, la prueba con nivel de confianza del 5%.

### **6.7.2 Análisis económico**

Se compararon los resultados obtenidos de las parcelas de medición en el área de la plantación de pino donde existió asocio con maíz y los datos obtenidos en las parcelas de medición donde se ha manejado como plantación forestal pura.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

Para la investigación se establecieron 12 parcelas de medición temporal, en una plantación de pino (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), en un área de 16 hectáreas. De las cuales 6 se establecieron en 8 hectáreas donde existió asocio con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) durante los 3 primeros años de edad y otras 6 parcelas en 8 hectáreas de plantación forestal pura. Donde se evaluó los efectos del asocio entre las anteriores especies evaluando densidad, calidad de fuste y variables dasométricas. Realizándose la investigación en la Finca "El Palmar", San Pedro Carcha, Alta Verapaz,

### 7.1 RESULTADOS

Cuadro 1: Medias de las variables altura, diámetro y densidad para los dos tratamientos.

Parcela	ALTURA PROMEDIO		DAP PROMEDIO		DENSIDAD PROMEDIO	
	CON ASOCIO	SIN ASOCIO	CON ASOCIO	SIN ASOCIO	CON ASOCIO	SIN ASOCIO
1	7.26	7.01	9.51	8.11	820	920
2	6.99	6.80	9.17	8.64	860	940
3	8.46	5.78	10.82	7.45	840	920
4	6.40	6.19	8.28	6.92	940	900
5	8.61	6.34	9.54	7.23	880	930
6	7.26	6.70	9.47	7.33	890	940
<b>Total general</b>	<b>7.50</b>	<b>6.47</b>	<b>9.46</b>	<b>7.61</b>	<b>872</b>	<b>925</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El cuadro muestra las medias por parcela de cada una de las mediciones realizadas en los dos tratamientos, haciendo una comparación por cada variable de crecimiento.

### 7.1.1 Análisis para la variable altura

El cuadro 2 muestra a través de análisis de ANDEVA que existe diferencia significativa en el crecimiento de altura en uno de los tratamientos con una confianza del 95% y una significancia del 5% ya que el valor de "p" es menor a ( $0.0001 < 0.05$ ). Mostrando una variabilidad entre tratamientos de 9.89% respecto a la media de la altura.

Cuadro 2: Análisis de Varianza para la variable altura

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA PROMEDIO	12	0.4	0.34	9.89

#### Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
PARCELA	3.16	1	3.16	6.62	0.0278
Error	4.77	10	0.48		
Total	7.93	11			

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Al obtener diferencia significativa en los resultados de la comparación de los 2 tratamientos se utilizó la prueba de Tukey como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3: Prueba de Tukey para la variable altura

PARCELA	Medias	n	E.E.	
CON ASOCIO	7.50	6	0.2	A
SIN ASOCIO	6.47	6	0.2	B

FUENTE: ELABORACION PROPIA

- Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ )

Según la prueba de TUKEY, el tratamiento que mejor resultado obtuvo de los dos evaluados para la variable altura fue en el que existió asocio de maíz, mostrando altura promedio de 7.50 metros comparado con el tratamiento de la plantación pura, el cual muestra altura promedio de 6.47 metros una diferencia significativa. Con lo cual se rechaza la Hipótesis Nula.

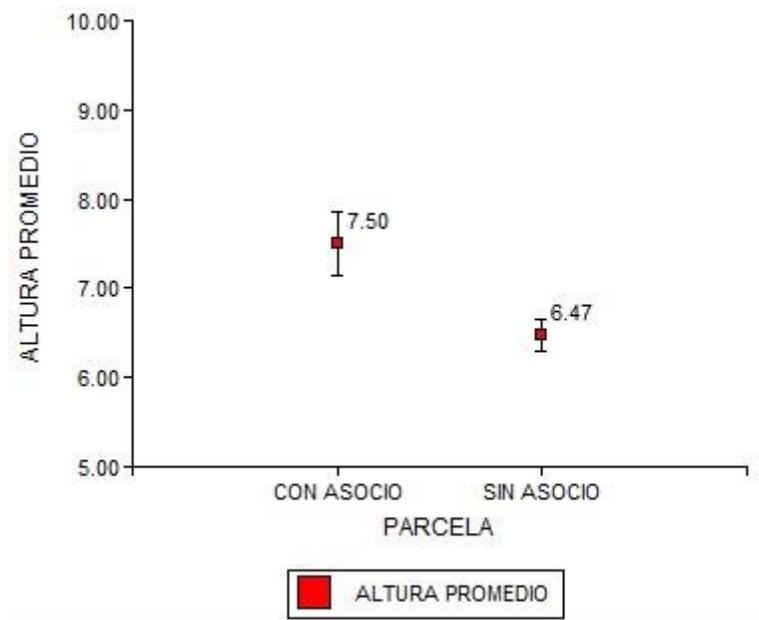


Figura 9: Grafica de puntos para las medias para las alturas en los dos tratamientos, expresada en metros.

El sistema agroforestal muestra una diferencia significativa sobre la plantación forestal, con una diferencia promedio de 1.03 metros. Posiblemente el manejo, fertilización y densidad en el sistema con asocio beneficio el crecimiento de los árboles al contar con menos competencia en el espacio vital. A diferencia de la plantación forestal que se le brindaron las practicas silvícolas tradicionales.

### 7.1.2 Análisis para la variable DAP

El análisis para el cuadro 4 muestra a través de prueba de ANDEVA que existe diferencia significativa en el crecimiento de altura en uno de los tratamientos con una confianza del 95% y una significancia del 5% ya que el valor de "p" es menor a ( $0.0001 < 0.05$ ). Mostrando una variabilidad entre tratamientos de 8.14% respecto a la media DAP.

Cuadro 4: Análisis de Varianza para la variable del DAP

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP PROMEDIO	12	0.66	0.62	8.58

#### Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
PARCELA	10.28	1	10.28	19.15	<0.0014
Error	5.37	10	0.54		
Total	15.65	11			

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Al obtener una diferencia significativa en los resultados de la comparación de los 2 tratamientos se utilizó una prueba de Tukey como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5: Prueba de Tukey para la variable DAP

PARCELA	Medias	n	E.E.	
CON ASOCIO	9.46	6	0.30	A
SIN ASOCIO	7.61	6	0.30	B

FUENTE: ELABORACION PROPIA

- Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ )

Según la prueba de medias de TUKEY, para la variable DAP se determinó que el tratamiento con mejor desarrollo de los dos evaluados fue en el que existió asocio de maíz, mostrando DAP promedio de 9.46 centímetros comparado con el tratamiento de la plantación pura, el cual muestra altura promedio de 7.61 centímetros siendo una diferencia significativa. Con lo cual se rechaza la Hipótesis Nula.

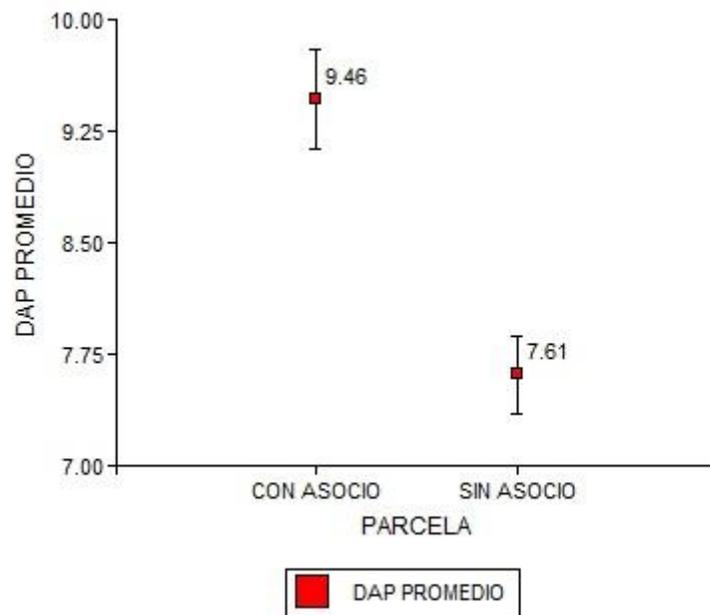


Figura 10: Gráfica de puntos de las medias para los diámetros en los dos tratamientos, expresada en centímetros.

El sistema agroforestal muestra una diferencia significativa sobre la plantación forestal, con una diferencia promedio de 1.85 centímetros. Teniendo como posibilidad que el manejo, fertilización y densidad en el sistema con asocio benefician el desarrollo de los árboles. A diferencia de la plantación forestal que se le brindaron las prácticas silvícolas tradicionales.

### 7.1.3 Análisis para la variable densidad

El análisis para el cuadro 6 muestra a través de prueba de ANDEVA que existe diferencia significativa en el promedio de densidad en uno de los tratamientos con una confianza del 95% y una significancia del 5% ya que el valor de "p" es menor a ( $0.0001 < 0.05$ ). Mostrando una variabilidad entre tratamientos de 4.54% respecto a la al promedio de densidad.

Cuadro 6: Cuadro de análisis de la Varianza para la variable Densidad

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
DENSIDAD	12	0.46	0.41	3.53

#### Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
PARCELA	8533.33	1	8533.33	8.50	<0.0154
Error	10033.33	10	1003.33		
Total	18566.67	11			

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Al obtener una diferencia significativa en los resultados de la comparación de los 2 tratamientos se realizó una prueba de Tukey como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7: Prueba Tukey para variable densidad

<b>PARCELA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
SIN ASOCIO	925	6	12.83	A
CON ASOCIO	871	6	12.83	B

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (  $P > 0.05$  )

Según la prueba de TUKEY, el tratamiento que mejor resultado obtuvo de los dos evaluados para la variable densidad fue en el que no existió asocio de maíz, mostrando una densidad promedio de 925, comparado con el tratamiento del sistema agroforestal, el cual muestra una densidad promedio de 871 individuos siendo una diferencia significativa. Con lo cual se rechaza la Hipótesis Nula.

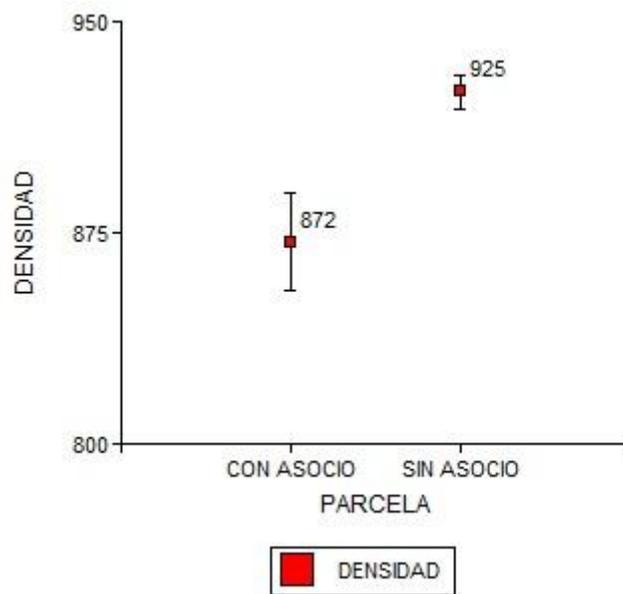


Figura 11: Gráfica de puntos para las medias para las densidades en los dos tratamientos, expresada en cantidad de individuos por hectárea.

La densidad en la plantación forestal muestra una diferencia considerable sobre el sistema agroforestal, con una diferencia promedio de 53 árboles. Posiblemente el manejo y practicas realizadas en el sistema agroforestal afecto negativamente la población forestal.

### 7.1.4 Análisis para la variable forma

El análisis para la variable forma, se estimó basada en la calidad fustal de los individuos en cada tratamiento, basando en la metodología MIRASILV.

Cuadro 8: Medias de las variables de forma (Bifurcación, corona de reina, recto, sinuoso, cola de zorro) para los dos tratamientos según porcentajes.

Parcela	BIFURCACION %		RECTO %		COLA DE ZORRO		CORONA DE REINA %		SINUOSO %	
	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A
1	4.35	0.00	76.09	73.17	0.00	14.63	4.35	4.88	15.22	7.32
2	0.00	5.13	72.34	82.05	6.38	5.13	8.51	0.00	12.77	7.69
3	2.17	0.00	84.78	87.80	6.52	4.88	2.17	0.00	4.35	7.32
4	4.17	2.13	70.83	85.11	10.42	6.38	6.25	2.13	8.33	4.26
5	0.00	0.00	74.47	84.62	4.26	12.82	2.13	2.56	19.15	0.00
6	4.17	2.56	79.17	82.05	10.42	0.00	6.25	0.00	0.00	15.38
<b>Total general</b>	<b>2.48</b>	<b>1.64</b>	<b>76.28</b>	<b>82.47</b>	<b>6.33</b>	<b>7.31</b>	<b>4.94</b>	<b>1.59</b>	<b>9.97</b>	<b>6.99</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**S/A = SIN ASOCIO**

**C/A = CON ASOCIO**

El cuadro muestra los porcentajes en promedio, de la variable de forma de los árboles, de los dos tratamientos. mostrando que el mayor porcentaje es el de los arboles que muestran una forma recta, distribuyéndose en una mínima cantidad los porcentajes de Bifurcación, Cola de Zorro, corona de reina y sinuoso.

No se realizó análisis estadístico pues no muestra una diferencia significativa en ninguna de las variables de forma.

Siebert, (2003) cita que el mejoramiento en la calidad fustal, depende del sitio donde se desarrolla la especie dependiendo de buenos manejos como podas para mantener fustes lisos y rectos. Así como también condiciones de luz, clima y suelo como deficiencias nutricionales en el suelo, baja calidad genética y daños causados por animales.

Comparación porcentual, de cada variable de calidad fustal en los dos tratamientos:

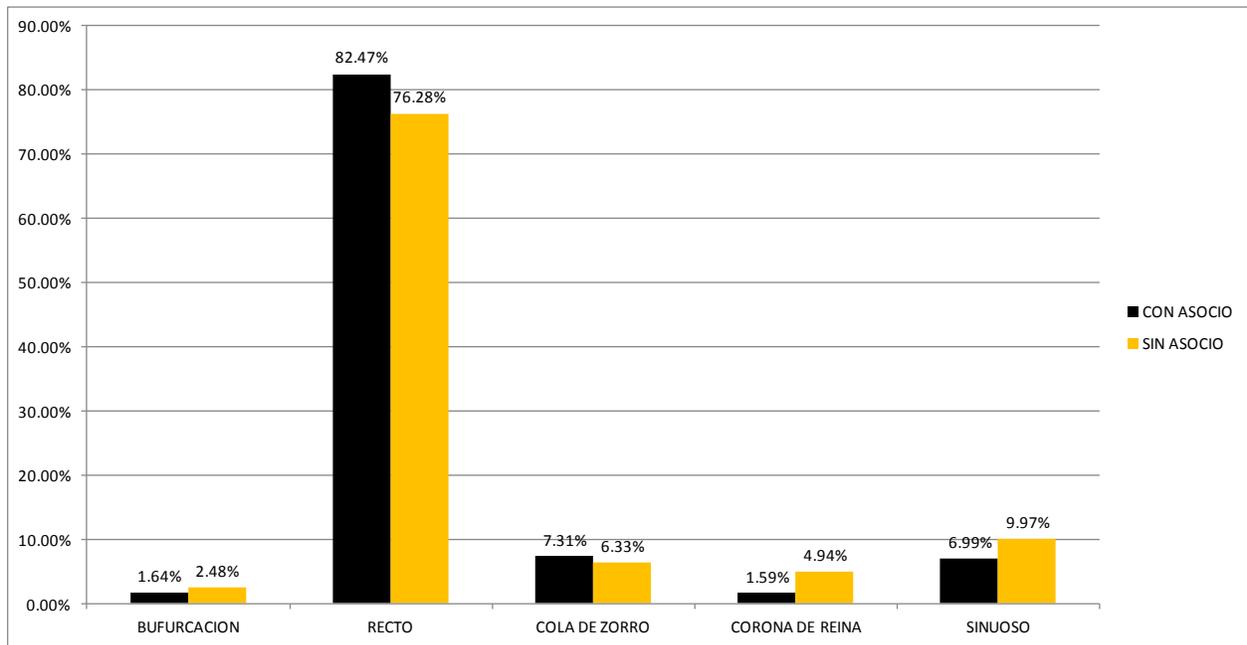


Figura 12: Gráfica de barras de calidad de fuste con porcentajes, para los dos tratamientos, según la cantidad de individuos por hectárea.

Existe una dominancia de forma recta para los arboles en ambos sistemas, siendo esta forma el factor más representativos con porcentaje mayores al 80%. En la evaluación de los factores restantes los individuos que cuentan con forma sinuosa son mejores al 9%, se cuenta con un 7% en promedio con cola de zorro, con 3% se encuentran con corona de reina y con promedio 1% aproximado se encuentran individuos con bifurcaciones. Lo cual nos indica que no existe una diferencia significativa o que pudo ser afectada por el establecimiento del sistema agroforestal.

### 7.1.5 Análisis para la variable sanidad

El análisis para la variable sanidad, se determinó tomando en cuenta la calidad sanitaria de los individuos en cada tratamiento, basando en la metodología MIRASILV.

Cuadro 9: Medias de las variables de sanidad (Enfermos y Sanos) para los dos tratamientos.

Parcela	SANO %		ENFERMO %	
	S/ASOCIO	C/ASOCIO	S/ASOCIO	C/ASOCIO
1	97.83	100.00	2.17	0.00
2	100.00	100.00	0.00	0.00
4	100.00	100.00	0.00	0.00
5	100.00	100.00	0.00	0.00
6	100.00	100.00	0.00	0.00
7	100.00	99.00	0.00	0.00
<b>Total general</b>	<b>99.64</b>	<b>99.99</b>	<b>0.36</b>	<b>0.01</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El cuadro muestra los porcentajes en promedio, de la variable sanidad de los árboles, de los dos tratamientos. mostrando que el mayor porcentaje es el de los arboles que presenta condición sana, mostrando un porcentaje mínimo en arboles que presenta una condición enferma. Específicamente en el tratamiento donde existió asocio.

No se realizó análisis estadístico pues no muestra una diferencia significativa en ninguna de las variables de sanidad.

Sotomayor (2002) propone que la mejor defensa sanitaria para una plantación es la correcta selección de la especie para el sitio de plantación, efectuando posteriormente las labores necesarias de mantención y manejo a fin de lograr un crecimiento vigoroso y permanente de los árboles, evitando situaciones de estrés, tanto hídrico, nutricional, como por luz y espacio.

Comparación porcentual, de cada variable de sanidad en los dos tratamientos

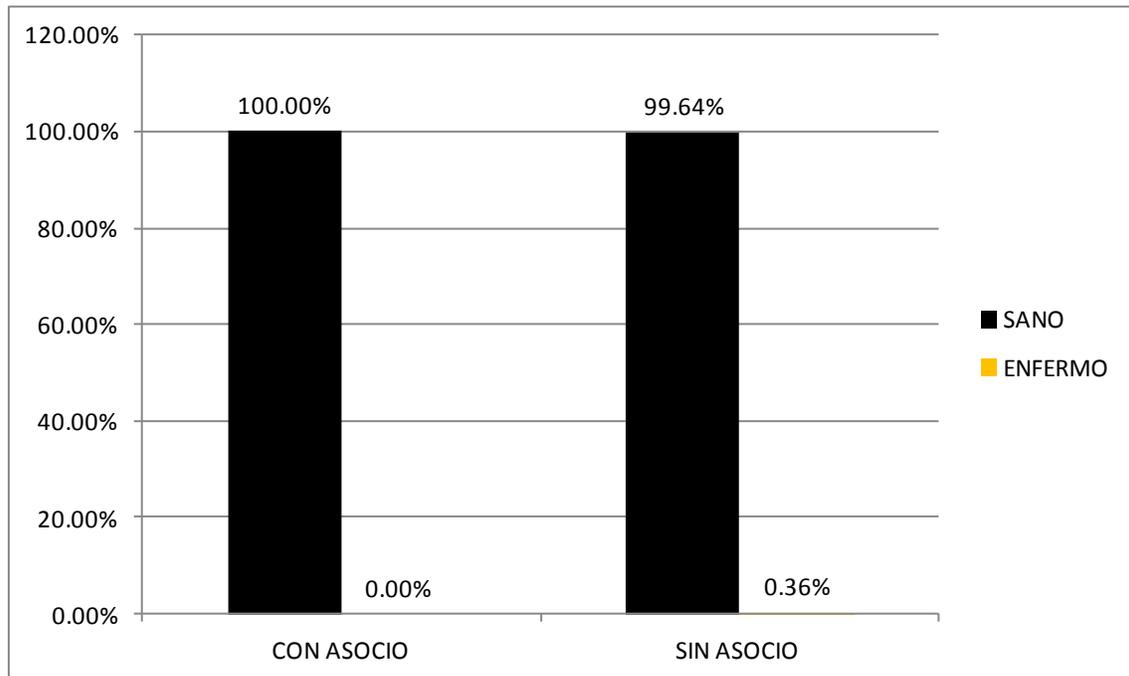


Figura 13: Gráfica de barras donde demuestra los porcentajes de individuos según las variables de sanidad en los dos tratamientos, según la cantidad de individuos por hectárea.

Se considera que no existe un efecto significativo en la sanidad de los árboles en ninguno de los dos sistemas evaluados, pues el porcentaje de individuos sanos es arriba del 99%, lo cual nos indica que la sanidad en un sistema agroforestal es relativamente semejante a la plantación pura.

## **7.2 INFORMACIÓN DE COSTOS**

Se midieron como variables los costos de mantenimiento de la plantación forestal pura y en el área del sistema agroforestal, estos costos se desglosan de la siguiente manera:

### **7.2.1 Costos de establecimiento y mantenimiento en la plantación forestal**

Los costos de establecimiento y mantenimiento de la plantación se obtuvieron de los libros de registros de la administración de la finca, estimando un costo de mantenimiento por hectárea, basándose en el costo por tarea que pagan en la finca y las repeticiones de esta actividad por año. Realizando una proyección de los gastos de mantenimiento durante los años en los existió asocio de maíz en parte de la plantación:

### **7.2.2 Variables de costos**

Las variables de estos costos por hectárea serán:

- Costo de establecimiento de plantación forestal
- Costo de mantenimiento (limpias y chapeos) en la plantación forestal.
- Costo de establecimiento del cultivo de maíz.
- Costo de mantenimiento y fertilización del maíz.
- Costo de cosecha del cultivo de maíz.

#### **7.2.2.1 Variables de productividad**

Productividad de maíz por hectárea:

- Quintales producidos
- Valor del quintal de maíz en Quetzales
- Utilidad en la venta de maíz por hectárea

Cuadro 10: Costo de establecimiento de plantación forestal por hectárea en la cual no existió asocio con maíz.

**SIN ASOCIO**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C/U</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	
Limpia General	Jornal	20	Q 60.00	Q	1,200.00
Trazo y Estaquillado	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Ahoyado	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Plantas	Unidad	1277	Q 1.00	Q	1,277.00
Siembra	Jornal	8	Q 60.00	Q	480.00
Plateo	Jornal	4	Q 60.00	Q	240.00
Limpias (Franjeado)	Jornal	8	Q 60.00	Q	480.00
Resiembra (15%)	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Rondas y Fajas corta fuego	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Control de Plagas y Enfermedades	Jornal	2	Q 60.00	Q	120.00
Documentos tecnicos	Hectarea	1	Q 400.00	Q	400.00
				<b>Q</b>	<b>5,397.00</b>

FUENTE: Administracion Finca "El Palmar"

El cuadro muestra el costo de establecimiento y mantenimiento por hectárea del primer año, desglosado por actividad realizada.

Cuadro 11: Costo de establecimiento de plantación forestal por hectárea en la cual existió asocio con maíz.

**CON ASOCIO**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C/U</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	
Limpia General	Jornal	20	Q 60.00	Q	1,200.00
Trazo y Estaquillado	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Ahoyado	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Plantas	Unidad	1277	Q 1.00	Q	1,277.00
Siembra	Jornal	8	Q 60.00	Q	480.00
Plateo	Jornal	4	Q 60.00	Q	240.00
Resiembra (15%)	Jornal	5	Q 60.00	Q	300.00
Control de Plagas y Enfermedades	Jornal	2	Q 60.00	Q	120.00
Documentos tecnicos	Hectarea	1	Q 400.00	Q	400.00
				<b>Q</b>	<b>4,617.00</b>

FUENTE: Administracion Finca "El Palmar"

El cuadro anterior muestra el costo de establecimiento y mantenimiento por hectárea del primer año, desglosado por actividad donde existió asocio con maíz, el cual muestra menos actividades realizadas, como lo son limpia general y franjeado las cuales se omiten tras la incorporación del sistema agroforestal y que en la plantación pura siguen realizándose.

Cuadro 12: Proyección de los costos de establecimiento (EST) y mantenimiento (MAN) durante los primeros 3 años de la plantación en la cual no existió asocio.

#### **SIN ASOCIO**

ACTIVIDAD	REP	COSTO	EST			MAN		
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 2	AÑO 3	
Establecimiento	1	Q 5,397.00	Q 5,397.00					
Resiembra (15%)	1	Q 300.00		Q 450.00				
Limpia General	1	Q 480.00		Q 480.00	Q 480.00			
Limpia (Franjeado)	1	Q 480.00		Q 480.00	Q 480.00			
Plateo	1	Q 240.00		Q 240.00	Q 240.00			
Rondas y Fajas corta fuego	2	Q 300.00		Q 300.00	Q 300.00			
Control de Plagas y Enfermedades	2	Q 120.00		Q 120.00	Q 120.00			
<b>TOTAL</b>			<b>Q 5,397.00</b>	<b>Q 2,070.00</b>	<b>Q 1,620.00</b>			

Fuente: Administracion Finca "El Palmar"

En el cuadro anterior se muestra la proyección de costos durante los primeros 3 años en los cuales existió asocio con maíz, desglosado por actividades realizadas.

Cuadro 13: Proyección de los costos de establecimiento y mantenimiento durante los primeros 3 años de la plantación en la cual existió asocio.

#### **CON ASOCIO**

ACTIVIDAD	REP	COSTO	EST			MAN		
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 2	AÑO 3	
Establecimiento	1	Q 4,617.00	Q 4,617.00					
Resiembra (15%)	1			Q 450.00				
Plateo	1			Q 240.00	Q 240.00			
Rondas y Fajas corta fuego	2			Q 300.00	Q 300.00			
Control de Plagas y Enfermedades	2			Q 120.00	Q 120.00			
<b>TOTAL</b>			<b>Q 4,617.00</b>	<b>Q 1,110.00</b>	<b>Q 660.00</b>			

Fuente: Administracion Finca "El Palmar"

En el cuadro anterior se muestra la proyección de costos durante los primeros 3 años en los cuales existió asocio con maíz, desglosado por actividades realizadas. Omitiendo la limpia general y el franjeado pues son actividades que se dejan de realizar al contar con el asocio del cultivo de maíz.

Cuadro 14: Comparación de costos para el establecimiento y mantenimientos de la plantación forestal y rentabilidad entre sistemas

COMPARACION DE COSTOS PLANTACION FORESTAL						
ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO				DIFERENCIA		
/ ha	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	TOTAL	%	
SIN ASOCIO	Q 5,397.00	Q 2,070.00	Q 1,620.00	Q 9,087.00		
CON ASOSIO	Q 4,617.00	Q 1,110.00	Q 660.00	Q 6,387.00		
<b>Diferencia entre sistemas</b>	<b>Q 780.00</b>	<b>Q 960.00</b>	<b>Q 960.00</b>	<b>Q 2,700.00</b>	<b>30</b>	

El cuadro anterior se hace una comparación de costos del establecimiento por hectárea de la plantación forestal, en la cual se muestra que el sistema agroforestal reduce los costos de establecimiento y mantenimientos, especialmente por las prácticas agrícolas que se realizan omitiendo practicas silvícolas como son las limpias que se realizan en una plantación pura.

Al final de cada año muestra una diferencia en costos por hectárea entre los dos tratamientos, el año 1 Q 780.00, el año 2 Q960.00 y el año 3 Q 960.00 siendo el tratamiento agroforestal el que requiere menor inversión en comparación a la plantación pura, mostrando una diferencia total al final de los tres años de Q 2,700.00 por hectárea.

### 7.2.3 Costos de Implementación y Mantenimiento por Hectárea de Cultivo de Maíz

Estos costos fueron obtenidos en base a las actividades que requiere la producción de este cultivo, los cuales el propietario tiene registro del costo de cada actividad que van desde la preparación de terreno hasta la cosecha del mismo.

Durante los 3 años que se realizaron prácticas agrícolas dentro de la plantación forestal por condiciones y ubicación del terreno solamente se efectúa una cosecha de maíz anual.

Cuadro 15: Costos de establecimiento para la producción de maíz por hectárea

**ESTABLECIMIENTO DE MAIZ / ha**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>C/U</b>	<b>COSTO</b>
Preparacion de terreno	Jornal	10	Q	60.00 Q 600.00
Simbra	Jornal	10	Q	60.00 Q 600.00
Primer Limpia	Jornal	5	Q	60.00 Q 300.00
Fertilizacion	Jornal	2	Q	60.00 Q 120.00
Segunda Limpia	Jornal	10	Q	60.00 Q 600.00
Fertilizacion	Jornal	2	Q	60.00 Q 120.00
Cosecha	Jornal	10	Q	60.00 Q 600.00
Costo Semilla	Libras	120	Q	2.00 Q 240.00
Costo Fertilizante	Libras	400	Q	1.75 Q 700.00
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>Q 3,880.00</b>

FUENTE: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los costos para el establecimiento por hectárea de cultivo de maíz, desglosado por actividades desde preparación de terreno para la siembra del cultivo, fertilizaciones, limpiezas y cosecha cosecha final. El costo de los insumos como lo son semillas que es el valor significativos para su clasificación y preparación para la siembra, así como también el costo de fertilizante el cual es de formulación química y es de uso común para este tipo de cultivos.

#### 7.2.4 Producción y utilidades de Maíz *Zea mays L.* por hectárea

La producción se tomó en quintales producidos por hectárea, así como el valor en Quetzales por quintal, para poder así estimar la utilidad que se percibe en el sistema agroforestal.

Cuadro 16: Producción de maíz por hectárea

<b>PRODUCCION DE MAIZ / ha</b>			
<b>PRODUCCION DE MAIZ</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Valor /qq</b>	<b>TOTAL</b>
Quintales	80	Q 100.00	<b>Q 8,000.00</b>

FUENTE: Elaboración propia

En el cuadro se presenta la cantidad de quintales producidos en promedio durante el tiempo que se realizó el asocio, el valor de venta por quintal, así como el valor total en quetzales. Se tomó como referencia los registros de la finca de producción y utilidades, sacando un promedio en rendimiento y el valor promedio del maíz por quintal.

Cuadro 17: Costo de producción en 8 hectáreas cultivo de maíz.

<b>COSTO PRODUCCION 8 HECTAREAS</b>			
	<b>No. Ha</b>	<b>COSTO POR ha</b>	
PRODUCCION TOTAL	8	Q 8,000.00	Q 64,000.00
<u>COSTO DE PRODUCCION</u>	<u>8</u>	<u>(-) Q 3,880.00</u>	<u>Q 31,040.00</u>
		<b>Q 4,120.00</b>	<b>Q 32,960.00</b>

FUENTE: Elaboración propia

El cuadro detalla el costo de producción en las 8 hectáreas y la producción total de donde se estableció el sistema agroforestal obteniendo la utilidad por hectárea de Q 4,120.00 y un total por cosecha de Q 32,960.00.

Siendo esta utilidad una proyección según los registros de producción y utilidades de la finca, estos datos son promedio de la producción tras cosecha de maíz en los tres años que se realizó el asocio.

Cuadro 18: Cuadro de análisis económico, en base a los costos de establecimiento de la plantación forestal y producción de maíz. Pagos de incentivos y utilidades en venta por maíz, calculados por hectárea en el sistema agroforestal.

### SISTEMA AGROFORESTAL

ACTIVIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
<b>INGRESOS</b>			
Incentivo Forestal	Q 5,000.00	Q 2,100.00	Q 1,800.00
Venta de Maiz	Q 8,000.00	Q 8,000.00	Q 8,000.00
<b>Ingresos Totales</b>	<b>Q 13,000.00</b>	<b>Q 10,100.00</b>	<b>Q 9,800.00</b>
<b>COSTOS</b>			
Establecimiento Forestal	Q 5,397.00		
Mantenimiento Forestal		Q 1,110.00	Q 660.00
Produccion Maiz	Q 3,880.00	Q 3,880.00	Q 3,880.00
<b>Costos Totales</b>	<b>Q 9,277.00</b>	<b>Q 4,990.00</b>	<b>Q 4,540.00</b>
<b>GANANCIA TOTAL</b>	<b>Q 3,723.00</b>	<b>Q 5,110.00</b>	<b>Q 5,260.00</b>

FUENTE: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se realiza una comparación entre los costos de establecimiento en la plantación forestal y las utilidades obtenidas en la producción de maíz dentro de una plantación forestal, convirtiendo el sistema agroforestal una herramienta rentable y productiva en el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales. Reduciendo costos de establecimiento y generando utilidades en la cosecha del maíz.

Para la plantación pura no se realizo ningún cuadro de rentabilidad pues los gastos en establecimiento y mantenimiento son fijos y no se obtiene ninguna utilidad al no realizarse otra actividad dentro de la plantación más que las practicas silvícolas de mantenimiento y saneamiento.

### 7.3 DISCUSION

El análisis estadístico realizado para las variables altura, Dap y densidad muestran una diferencia significativa entre los dos sistemas, a diferencia con las variables de calidad fustal, forma y sanidad en las cuales no muestran variabilidad entre sistemas.

a. Las variables altura y Dap mostraron dominancia en el sistema que existió asocio de maíz, sin embargo no se logró determinar la causa por la que obtuvieron un mejor desarrollo surgiendo las interrogantes si hubo mayor competencia de nutrientes, espacio vital entre arboles en la plantación pura o bien el sistema agroforestal mejora las condiciones de suelo.

Según Mendieta y Rocha, (2007) en un sistema agroforestal existe una mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema. Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento). Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial). Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles. Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de material orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas). Ayudar a recuperar suelos degradados.

Esto se toma como ventajas en este tipo de asocios pues mejora la productividad de los sitios y se aprovechan de una mejor manera los recursos lo cual nos lleva a tener una mejor productividad tanto en la plantación forestal así como en el cultivo de maíz. Lo cual se determinó en este estudio pues los árboles del sistema agroforestal mostraron un mejor rendimiento en crecimiento en comparación a la plantación pura.

Ávila, (2003) propone en su estudio un IMA en altura de 1.33 mts. en plantaciones mayores de 3 años de edad, comparando con el IMA el altura que se ha tenido en la plantación estudiada se obtiene un IMA en altura de .99 mts. y en IMA Dap propone un

incremento de 1.80 cm. y el obtenido en el estudio es de lo cual muestra un índice de sitio de menor calidad que el propuesto.

- La variable densidad destaca un mejor promedio de individuos en la plantación pura, lo cual hace analizar que en el sistema agroforestal tras el manejo del producto agrícola causa daños a la plantación forestal y causa una merma en la densidad final.

Pueden disminuir la producción de los cultivos (principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles. Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela. Intercepción de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo (importante en zonas secas). Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, daños a arboles principalmente en los primeros años de la plantación. El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades Mendieta y Rocha,(2007).

En este caso la densidad de arboles en el sistema agroforestal pudo haber sido afectada por el cultivo agrícola pues se estableció durante los primeros 3 años de edad de la plantación forestal teniendo en cuenta que el tamaño de los árboles en esas edades no es tan significativa y pudieron haber sido víctima de daños durante las prácticas agrícolas.

b. De acuerdo con la forma y la calidad fustal no se mostraron diferencias entre sistemas, lo cual nos indica que las deficiencias o mal formaciones pueden ser tanto de deficiencia genética o bien del sitio en el cual se establece la plantación.

Avila, (2003) cita que estas características muestran en parte el tipo de interacción existente entre las especies y la actividad del hombre, las que son originadas principalmente por la competencia por luz, nutrientes, incendios, genética, enfermedades y otros. Al respecto encontró que un 50% de árboles con características que hacen bajar la calidad comercial de la madera, posiblemente se deba a la mala calidad de los árboles padre dejados en aprovechamientos anteriores. en el caso de las

plantaciones estas características se deben generalmente a la utilización de semilla no certificada.

Respecto a la sanidad no destaca una diferencia determinante entre sistemas, el manejo y las practicas silvícolas adecuadas son las que determinan la sanidad de una plantación.

c. Respecto los costos en el establecimiento y mantenimiento en ambos sistemas muestra una dominante diferencia el sistema agroforestal, pues se reduce el costo en el establecimiento y mantenimiento en una plantación forestal y se obtienen utilidades en la producción de maíz, sin embargo el mal manejo puede causar daños significativos en los individuos de la plantación en general y no alcázar uno de los objetivos finales que son una buena densidad y obtener madera de calidad.

Carrazón, (2011) expone estas ventajas en los sistemas agroforestales; Los productores pueden reducir sus gastos al satisfacer necesidades de madera, leña y alimentos. Madera producida reduce la necesidad de extraerla del bosque. Constitución de un capital tangible y estable (caso de los árboles maderables). Mayor estabilidad de la producción y menores riesgos (clima, mercados, plagas, etc.). Mayor diversidad de alimentos, incluyendo productos arbóreos que pueden mejorar la dieta familiar.

Sin embargo no se detalla ni se menciona como la plantación forestal se reciente principalmente en su desarrollo y crecimiento, siendo importante el factor más importante la producción de madera de buena calidad.

## VIII. CONCLUSIONES

- La hipótesis nula se rechaza, según la evaluación de las variables altura, diámetro densidad en el tratamiento del sistema agroforestal porque se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo y crecimiento de los individuos.
- Se encontró mayor crecimiento de altura en el sistema con asocio de maíz, con una media de 7.65 metros en comparación con 6.25 metros en la plantación pura.
- Según la evaluación existió mayor crecimiento en diámetro en el sistema con asocio de maíz, con una media de 9.3 centímetros en comparación con 7.41 centímetros en la plantación pura.
- Para la variable densidad en el tratamiento de plantación pura, existe diferencia estadísticamente significativa con una media de 925 individuos en comparación con 872 individuos en el sistema con asocio de maíz, con lo cual se acepta la hipótesis alterna.
- En la evaluación de calidad fustal y sanidad, no existe diferencia significativa entre la plantación pura y el sistema con asocio de maíz.
- Los sistemas agroforestales muestran mayores beneficios tanto financieros como de crecimiento y desarrollo para los individuos de plantaciones forestales, por lo tanto son una buena alternativa para ser impulsadas en el programa de incentivos forestales (PINFOR) y no solo como una forma de agricultura tradicional.
- Los costos de establecimiento y mantenimiento por hectárea son 30% más elevados en la plantación pura que en el sistema con asocio de maíz, con una diferencia de Q3,600.00 entre ambos.
- La utilidad en la producción de maíz en el sistema agroforestal por hectárea es arriba de Q.5,000.00

## IX. RECOMENDACIONES

1. Para futuros estudios se recomienda implementar análisis de suelo del área total de la plantación, para conocer si la fertilidad fue determinante en la diferencia de altura y diámetro entre los dos sistemas evaluados.
2. Realizar prácticas agrícolas y silvícolas adecuadas con el propósito de mantener densidades que permitan verificar si existe algún efecto sobre las demás variables evaluadas.
3. Realizar monitoreo y evaluación en sistemas con asocio de maíz, especialmente durante el tiempo de limpias y cosecha del producto agrícola, para evitar el riesgo de causar daños en la plantación.
4. Implementar asocio de maíz durante los primeros tres años de la plantación para reducir costos de establecimiento y mantenimiento.
5. Sería conveniente replicar esta experiencia en otros tipos de cultivos y con sitios distintos, lo cual permitiría fomentar la agroforestería.

## X. BIBLIOGRAFIA

Ávila Folgar, R. (2003). Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (pinus maximinoi h.e. Moore, pinus caribaea, pinus oocarpa schiede y tectona grandis l.f.), del programa de incentivos forestales en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala. Tesis m. Sc. Turrialba, cr. Catie. 5p.

Briceño, M. (2004). Base teórico metodológica para la identificación de opciones y propuestas de desarrollo forestal. Rev. For. Lat. N° 35. 57p.

Cabrera Gaillard, C. (2003). Plantaciones forestales: oportunidad para el desarrollo sostenible. IARNA-URL 8-10p.

Carrazón J. (2007). Manejo sostenible de tierras y mejoras en la producción de maíz y frijol en las poblaciones vulnerables de los Programas PESA de Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador. FAO.

Carroll, S. (2004) Ecology for gardeners. Timber Press Inc., Portland.

INAB (2010) Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, Departamento de investigación forestal, INAB GUATEMALA.

INAB, (2010). Metodología MIRA-SILV, Manejo de información sobre recursos arbóreos, en el componente de silvicultura, Sección de seguimiento y evaluación de plantaciones forestales, INAB, Guatemala.

García, O. (1995), Apuntes de medida forestal, Estática Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

Holdridge, R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala, Instituto Nacional Forestal.

López Bautista, E. (2008), Diseño y análisis de experimentos, Aplicados a la Agronomía. Primera edición, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45p.

López Cuellar, M. (2010). Impactos sociales y económicos de un sistema agroforestal temporal, incorporando el cultivo anual de maíz (*zea mays* L. Poaceae) a una plantación de pino (*pinus maximinoi* h.e. Moore.), en la finca sehubub, municipio de San Pedro Carcha, Alta Verapaz. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 7-10p.

Mendieta, M. Rocha, L. (2007). Sistemas Agroforestales, Universidad Nacional Agraria, UNA, Managua, Nicaragua.

Palomeque, E. (2009). Sistemas Agroforestales. Ingeniería forestal, Huehuetán, Chiapas, México. Disponible en:

[www.monografias.com/.../sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf](http://www.monografias.com/.../sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf).

Prado, W. (2006). Estudio De Capacidad De Uso De La Tierra, Finca El Palmar, Carcha. Alta Verapaz.

Rocero, M. (2008). Crecimiento inicial de tres especies forestales con y sin asocio con maíz *zea mayz*. Universidad técnica del norte, facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, Escuela De Ingeniería Forestal. Otavalo – Ecuador.

Rodríguez, F. (2009). Medición práctica de árboles y masas forestales. (CESEFOR).

SEPHU, (2012) Recomendaciones de productos “sephu” en el cultivo del maíz, Sociedad Española de productos húmicos. Numero 076. Zaragoza, España.

Siebert, H. (2003) Mejoramiento de la calidad fustal en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* al crecer en asociación con *Acacia melanoxylon*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania.

Sotomayor, A. (2002) MANEJO Y MANTENCION DE PLANTACIONES FORESTALES *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* Documento de divulgación 23. Infor. Chile.

Ugalde, 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 del sistema mira. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE), TURRIALBA, COSTA RICA.

Vaides, E., (2004). Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona Grandis* L. F.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. M. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 33p.

Vaides, E. (2011). Curso silvicultura II, unidad 3 establecimiento y medición de parcelas permanentes de monitoreo -ppm-. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.

Villatoro, E. (2005). Efecto de lodos provenientes de plantas de tratamiento sobre maíz dulce (*Zea mays* L. var. *rugosa*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía Instituto de Investigaciones Agronómicas.

## XI. ANEXOS

### Cuadros de promedios

ALTURA PROMEDIO		
Parcela	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	7.01	7.26
2	6.80	6.99
5	5.78	8.46
6	6.19	6.40
7	6.34	8.61
9	6.70	7.26
<b>Total general</b>	<b>6.47</b>	<b>7.50</b>

DAP PROMEDIO		
Parcela	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	8.11	9.51
2	8.64	9.17
5	7.45	10.82
6	6.92	8.28
7	7.23	9.54
9	7.33	9.47
<b>Total general</b>	<b>7.61</b>	<b>9.46</b>

DENSIDAD PROMEDIO		
Parcela	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	920	820
2	940	860
5	940	840
6	960	940
7	940	880
9	960	890
<b>Total general</b>	<b>943</b>	<b>872</b>

## PORCETANJES DE FORMA Y CALIDAD FUSTAL

<b>BIFURCACION %</b>		
<b>Parcela</b>	<b>SIN ASOCIO</b>	<b>CON ASOCIO</b>
1	4.35	0.00
2	0.00	5.13
5	2.17	0.00
6	4.17	2.13
7	0.00	0.00
9	4.17	2.56
<b>Total general</b>	<b>2.48</b>	<b>1.64</b>

<b>CORONA DE REINA %</b>		
<b>Parcela</b>	<b>SIN ASOCIO</b>	<b>CON ASOCIO</b>
1	4.35	4.88
2	8.51	0.00
5	2.17	0.00
6	6.25	2.13
7	2.13	2.56
9	6.25	0.00
<b>Total general</b>	<b>4.94</b>	<b>1.59</b>

<b>RECTO %</b>		
<b>Parcela</b>	<b>SIN ASOCIO</b>	<b>CON ASOCIO</b>
1	76.09	73.17
2	72.34	82.05
5	84.78	87.80
6	70.83	85.11
7	74.47	84.62
9	79.17	82.05
<b>Total general</b>	<b>76.28</b>	<b>82.47</b>

Parcela	SINUOSO %	
	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	15.22	7.32
2	12.77	7.69
5	4.35	7.32
6	8.33	4.26
7	19.15	0.00
9	0.00	15.38
<b>Total general</b>	<b>9.97</b>	<b>6.99</b>

Parcela	COLA DE ZORRO %	
	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	0.00	14.63
2	6.38	5.13
5	6.52	4.88
6	10.42	6.38
7	4.26	12.82
9	10.42	0.00
<b>Total general</b>	<b>6.33</b>	<b>7.31</b>

## PORCENTAJES DE SANIDAD

Parcela	SANO %	
	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	97.83	100.00
2	100.00	100.00
5	100.00	100.00
6	100.00	100.00
7	100.00	100.00
9	100.00	100.00
<b>Total general</b>	<b>99.64</b>	<b>100.00</b>

Parcela	ENFERMO %	
	SIN ASOCIO	CON ASOCIO
1	2.17	0.00
2	0.00	0.00
5	0.00	0.00
6	0.00	0.00
7	0.00	0.00
9	0.00	0.00
<b>Total general</b>	<b>0.36</b>	<b>0.00</b>