UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

"ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES (CULTIVO EN CALLEJONES Y MULTIESTRATOS) CON HIGUERILLA, MAÍZ Y CALABAZA EN ZAACHILA, OAXACA"

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA:

FLORES DE LA CRUZ AZUCENA PALOMA

JUNIO DE 2012

CHAPINGO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

"Análisis de tecnologías agroforestales (Cultivo en callejones y multiestratos) con higuerilla, maíz y calabaza en Zaachila, Oaxaca"

Tesis realizada por Azucena Paloma Flores de la Cruz bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DIRECTOR: _____
Dr. Laksmi Reddiar Krishnamurthy

ASESOR: _____
M.C. Arturo Curiel Rodríguez

ASESOR: _____
Dr. Teodoro Gómez Hernández

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico primeramente al único Dios y Salvador Todopoderoso, porque ningún logro es posible sin la misericordia, fidelidad y fortaleza que de ÉL provienen.

A mis padres: Austroberto Flores Sifuentes y Ma. Lourdes de la Cruz Caballero, porque son el pilar que Dios puso sobre la tierra para que con su apoyo y amor, las metas en mi vida puedan ser más fáciles y a través de los cuales a Dios le agrado bendecirme.

A mis hermanas, cuñado y sobrinos: Por llenar mi vida de su cariño, apoyo y comprensión en cada etapa que me ven realizar.

A mi esposo Alexander: Por sus palabras de ánimo, amor, confianza y apoyo incondicional. Además por hacer que su presencia en mi vida sea un aliciente para continuar superándome como persona y profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, Maestría de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y profesores de ella, por el conocimiento que adquirí por medio de ellos.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado para continuar con mi formación académica.

A mi director de tesis Dr. L. Krishnamurthy, por permitirme recurrir a su gran experiencia en el ámbito Agroforestal y por su apoyo en la elaboración de este documento.

A mis asesores M.C. Arturo Curiel Rodríguez y Dr. Teodoro Gómez Hernández, por su tiempo y valiosos aportes en el desarrollo de este trabajo.

A Lolita por todo el apoyo y asesoría con la documentación necesaria durante mis estudios de posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

La C. Azucena Paloma Flores de la Cruz es originaria del Estado de México, nació el 18 de Octubre de 1985. Realizó sus estudios básicos en el municipio de Texcoco, estado de México; posteriormente ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo donde cumplió con sus estudios a nivel media superior y a nivel profesional. Finalizó dichos estudios en el año 2007, obteniendo el título de Ingeniero Forestal. En el año 2008 inició un curso de inglés como segunda lengua en la Universidad de Belize, Belice, Belmopan, graduándose de este en el año 2009. También llevó a cabo estudios de Maestría en Agroforestería para el desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo en el año de 2010.

Durante sus estudios participó activamente en la capacitación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), donde también efectuó su servicio social en coordinación con la Dirección general de Vida Silvestre-SEMARNAT 2006. Cumplió también con una estancia preprofesional de 3 meses en World Wide Opportunities on Organic Farms (WWOOF) Canada student farm, Westport, Ontario, Canadá, con el proyecto "Agroforestería en la empresa Ray and Gerrie's Herbs & Berries".

Entre algunas otras actividades que ha realizado se encuentran la participación en talleres de vinculación y servicio comunitario en los municipios de Marqués de Comillas y Benemérito de las Américas, Chiapas, México. Evaluadora del programa Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales Ejercicio Fiscal 2006. Asistencia al curso intensivo de "Naturación y mejora ambiental de las Áreas Urbanas: Economía y Medio Ambiente", y su participación en la Primera jornada Nacional de Reforestación, realizado en el paraje llanito largo en la comunidad de San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, México, DF.

“ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES (CULTIVO EN CALLEJONES Y MULTIESTRATOS) CON HIGUERILLA, MAÍZ Y CALABAZA EN ZAACHILA, OAXACA"

“ANALYSIS OF AGROFORESTRY TECHNOLOGIES (ALLEY CROPPING AND MULTISTOREY) WITH CASTOR PLANT, CORN AND PUMPKIN IN ZAACHILA, OAXACA"

(Junio, 2012)

Azucena Paloma Flores de la Cruz - L. Krishnamurthy

RESUMEN

El presente estudio llevado a cabo en el municipio de Zaachila, Oaxaca tuvo el objetivo de evaluar la eficiencia relativa de la tierra en base a rendimiento de higuerilla, maíz y calabaza en dos tecnologías agroforestales; dentro del “Marco de Megaproyecto de Producción Sostenible de Insumos para Biocombustibles” sin afectar la producción de alimentos. Se utilizó un diseño de muestreo estratificado con cinco unidades de estudio correspondientes a cada unicultivo (higuerilla, maíz y calabaza) y tecnología agroforestal (multiestratos y cultivo en callejones). Dentro de estas unidades se seleccionó el área de competencia completa de los cultivos y se eligieron 10 plantas al azar para la toma de las variables. Los valores obtenidos se analizaron con el programa SAS, utilizándose la t de “student” para dos poblaciones independientes con un nivel de significancia para las pruebas de 5% ($\alpha \leq 0.05$); se obtuvo la ERT en las tecnologías agroforestales, encontrándose que cultivo en callejones obtuvo una ERT de 0.92 y la multiestratos uno de 2.89, observándose que en esta última se tuvo mayor eficiencia de la tierra. Por lo que se recomienda esta práctica agroforestal a los productores de la zona de Valles Centrales de Oaxaca.

Palabras Clave: Agroforestería, *Ricinus comunnis*, cultivo en callejones, Multiestratos, Eficiencia Relativa de la Tierra.

ABSTRACT

The present study was realized in Zaachila, Oaxaca with the aim of evaluating the Land Efficient Ratio based on yield of castor plant, corn and pumpkin in two agroforestry technologies; into the “Framework of Megaproject for Sustainable Production of Biofuel Inputs" without affecting food production. It was used a stratified sampling design with five units of study for each crop (castor plant, corn and pumpkin) and agroforestry technology (multistratum and alley cropping). Inside these units was selected the full competition area of the crops and ten plants were taken randomly for obtaining variable data. The values of the variables were analyzed using the SAS program, using t of “student" for two independent populations with a significance level for tests of 5% ($\alpha \leq 0.05$). In addition the Land Efficient Ratio was obtained in the agroforestry technologies finding that alley cropping obtained a LER of 0.92 and of multistratum a LER of 2.89, showing that the last one was more efficient and more recommended to farmers in the area of Central Valleys of Oaxaca.

Key words: Agroforestry, *Ricinus comunnis*, Alley cropping, Multistorey, Land Equivalent Ratio.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS 4
3. MARCO TEORICO 5
   3.1 Sistemas agroforestales 5
   3.2 Tecnologías agroforestales 5
   3.3 Cultivo en callejones 6
   3.4 Tecnología agroforestal multiestrato 7
   3.5 Componentes productivos 9
   3.6 Importancia de la asociación de cultivos con árboles 9
   3.7 Asociación de higuerilla-maíz/frijol-avena/veza en el Estado de México 10
   3.8 Asociación maíz-frijol de mata y maíz-frijol de guía-calabaza en Guerrero ... 11
   3.9 Asociación maíz-frijol y maíz-higuerilla en Oaxaca. 11
   3.10 Índices de eficiencia en las asociaciones de cultivos 12
   3.11 Bioenergéticos / biocombustibles 13
   3.12 Biocombustibles en el mundo 14
   3.13 Biocombustibles y seguridad alimentaria 16
4. MATERIALES Y MÉTODOS 18
   4.1 Localización del área de estudio 18
   4.2 Establecimiento del estudio 19
   4.3 Etapas del manejo de los sistemas 20
   4.4 Tamaño de la muestra 23
   4.5 Medición de variables 24
   4.6 Análisis de datos 24
   4.7 Calculo de LER de las tecnologías agroforestales 24

5. RESULTADOS Y DISCUSION 26
5.1 Comparación de los rendimientos estimados de maíz, calabaza e higuerilla... 26
5.2 Eficiencia relativa de la tierra de las tecnologías agroforestales estudiadas 27
5.3 Peso de panícula y cápsulas de higuerilla en diferentes tecnologías agroforestales..... 28
5.4 Cálculo de la precisión utilizada en el tamaño de muestra..... 29
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
7. REFERENCIAS 33
8. ANEXOS 35

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Estadísticas obtenidas con los datos del LER en los sistemas de cultivo en callejones y multiestratos. 28

Cuadro 2. Análisis de las variables peso de panícula y peso de capsulas de higuerilla en los diferentes sistemas. 29

Cuadro 3. Precisión obtenida con el tamaño de muestra para cada cultivo en los diferentes sistemas. 30

Cuadro 4. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **unicultivo** en cada bloque..... 38

Cuadro 5. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **cultivo en callejones** en cada bloque..... 39

Cuadro 6. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **multiestratos** en cada bloque. 40

Cuadro 7. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **unicultivo** en cada bloque. 41

Cuadro 8. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **cultivo en callejones** en cada bloque. 41

Cuadro 9. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **multiestratos** en cada bloque..... 42

Cuadro 10. Datos obtenidos de los 10 frutos de **calabaza** (*Cucurbita spp.*) para **unicultivo** en cada bloque..... 42

Cuadro 11. Datos obtenidos de los 10 frutos de **calabaza** (*Cucurbita spp.*) para **multiestratos** en cada bloque. 43

Cuadro 12. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*), en los sistemas de unicultivo, cultivo en callejones y multiestratos..... 44

Cuadro 13. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de maíz (*Zea mays*), en los sistemas de unicultivo, cultivo en callejones y multiestratos. 45

Cuadro 14. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de calabaza (*Cucurbita spp.*), en los sistemas de unicultivo y multiestratos. 45

Cuadro 15. Datos de eficiencia relativa de la tierra para los cultivos en asociación. 46

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1. Orientación de las columnas en la tecnología de cultivo en callejones. 6
Figura 2. Niveles en un sistema agroforestal multiestrato. 8
Figura 3. Localización del municipio de Zaachila, Valles Centrales, Oaxaca. 18
Figura 4. Arreglo de los bloques. 19
Figura 5. Semillas seleccionadas por el productor en la siembra de los sistemas. 21
Figura 6. Comparación de peso de semilla, peso de grano y peso de fruto para higuerilla, maíz y calabaza respectivamente, en los diferentes sistemas de cultivo. . 27
Figura 7. Unicultivo de higuerilla 35
Figura 8. Unicultivo de maíz. 35
Figura 9. Unicultivo de calabaza. 36
Figura 10. Tecnología agroforestal de cultivo en callejones. 36
Figura 11. Tecnología agroforestal multiestratos. 37

1. INTRODUCCIÓN

Agroforestería es un nombre colectivo para todos los sistemas y prácticas de uso de la tierra donde plantas leñosas perennes se siembran deliberadamente en la misma unidad de tierra que los cultivos agrícolas y/o la cría de animales, en combinaciones espaciales o en secuencia temporal. Deberá haber una interacción ecológica y/o económica importante entre los componentes leñosos y no leñosos (Lundgren, 1987; citado por L. Krishnamurthy *et al.*, 2003).

Los sistemas agroforestales buscan entre muchas cosas, el fortalecimiento de la identidad agrícola, la inclusión de la sabiduría popular agrícola y ecológica, la producción soberana y sana de los alimentos, la conservación y restauración de los ecosistemas, mediante la atención a problemas específicos del uso de la tierra (Ospina, 2008).

Estos sistemas son de importancia estratégica en la diversificación de la agricultura a través de cultivos múltiples, para promover alternativas agrícolas que suministren alimentos para autoconsumo y fuentes de energía renovables, adquiriendo un valor mayor cada día, tomando en cuenta que la fuente de energía más usada (el petróleo) presenta el problema de contaminar el medio ambiente y ser un recurso que se agota.

Este panorama ha traído ya varios cambios para muchos países que han comenzado la búsqueda de fuentes de energía alternas como la producción de biocombustible generado a partir de maíz (E.U.A en producción de bioetanol); lo cual la FAO (2008) declara alarmante si no se trabaja sobre este asunto, por correrse el riesgo de que el cultivo de granos básicos se destine solo para producción de biocombustible, dejando de lado la producción para consumo humano.

Por lo que México ha tomado ya cartas en el asunto, mayormente tratándose de uno de sus granos básicos, es por esto que ha incluido entre las premisas básicas del Plan de Desarrollo Nacional de este sexenio (2007-2012) la sustentabilidad, promoviendo la adopción de técnicas que permitan incrementar la productividad al mismo tiempo que se realice un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; entre las que destacan la agroforestería y el aprovechamiento de la biomasa y de plantas locales para la generación de biocombustibles (biogás y biodiesel), con la participación de las regiones rurales y semirurales (México, 2006).

Entre las plantas que han sido estudiadas para la producción de biodiesel esta la higuerilla, encontrándose que este biodiesel puede ser mezclado con el combustible diesel convencional derivado del petróleo en proporciones hasta del 15%, sin que la mezcla resultante se salga de las especificaciones de calidad estipuladas en los estándares nacionales e internacionales para combustibles diesel (Sarmiento, 2008).

En México se cuenta con algunos intentos de producción de biodiesel con el aceite de ricino, como el proyecto del gobierno del estado de Michoacán, en cooperación con la Universidad Autónoma de México, donde identificaron cerca de 36,744 ha de temporal con un potencial para producción de aceite de higuerilla. En 2005, como una primera etapa, se plantaron 2,000 ha, con una cosecha de 2,600 t/año y en 2006 se tuvo como objetivo la plantación de 10,000 ha, con una cosecha estimada en 13,000 t/año (Sarmiento, 2008).

Sin embargo, aunque ya existen proyectos para biocombustibles, aún se necesitan trabajos que integren la producción de estos, sin dejar de lado la seguridad alimentaria de las comunidades. Lo anterior resalta la importancia de llevar a cabo

proyectos regionales que incluyan los cultivos de importancia según la zona y a la par respondan a las nuevas tendencias de producción de biocombustibles.

El presente estudio es relevante porque mediante las tecnologías agroforestales se promueve la integración de cultivos de importancia en una zona específica, en este caso del maíz y la calabaza, con la higuerilla que puede servir para la producción de biodiesel; logrando con esto que no se descuide la seguridad alimentaria de las comunidades productoras de alimentos.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivo general

Evaluar la eficiencia relativa de la tierra en base a rendimiento de higuerilla, maíz y calabaza en dos tecnologías agroforestales; así como el potencial del panojo y capsulas de higuerilla como valor de uso combustible, dentro del "Marco de Megaproyecto de Producción Sostenible de Insumos para Biocombustibles" sin afectar la producción de alimentos.

Objetivos particulares

1. Comparar el rendimiento estimado de maíz (*Zea mays)*, calabaza (*Cucurbita spp*) e higuerilla (*Ricinus communis*) como unicultivo y bajo condición agroforestal.

2. Determinar la eficiencia relativa en base a rendimientos de la parte comercial en las dos tecnologías agroforestales, con el fin de identificar cuál de ellas es la más idónea.

3. Analizar las variables panícula y cápsulas de higuerilla entre el unicultivo y tecnologías agroforestales, con el fin de conocer su potencial por su valor de uso combustible.

Hipótesis

1. Dado que la práctica actual de siembra de temporal en la zona de Zaachila son los unicultivos, se espera que la asociación de cultivos (higuerilla-maíz-calabaza) presente mayor eficiencia de la tierra en la misma unidad de producción.
2. Por la diferencia de los cultivos asociados en las dos tecnologías se espera una diferencia de eficiencia de la tierra.

3. MARCO TEORICO

3.1 Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son una práctica tradicional principalmente en regiones tropicales y subtropicales, no se trata de un concepto nuevo, sino más bien de un término nuevo empleado para designar un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra. No obstante, las numerosas técnicas agroforestales también son empleadas en regiones con diversas condiciones ecológicas y económicas (CATIE, 1986).

Son sistemas agropecuarios cuyos componentes principales son los árboles (maderables, frutales, forrajeros); y las combinaciones de producción se hacen con cultivos (transitorios y semipermanentes) y animales (vacuno, caprinos, porcinos, peces y aves) (Ospina, 2008).

3.2 Tecnologías agroforestales

Las palabras “sistema” y “tecnología” se usan frecuentemente en forma de sinónimos dentro de la literatura agroforestal; sin embargo, se puede hacer una distinción entre ellas. Un sistema agroforestal se clasifica de acuerdo a los componentes que en él existan (agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles). Y la tecnología denota un arreglo característico de componentes en espacio y tiempo. Se han registrado más de 20 tecnologías agroforestales distintas; es decir, las tecnologías se encuentran en varios sistemas en diferentes situaciones (Krishnamurthy, 2010).

3.3 Cultivo en callejones

El cultivo en callejón es un sistema de producción en el cual los árboles y los arbustos preferiblemente de rápido crecimiento son establecidos en setos vivos sobre tierras arables, con cultivos de alimentos sembrados en los callejones entre los setos vivos. Los beneficios que se generan con estos pueden ser: Incremento de nitrógeno en el suelo, control de malezas, barrera rompevientos, proporcionar forraje y leña, incremento de humedad disponible, ayuda a lograr mejores cosechas que los sistemas convencionales (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

Una práctica eficiente de cultivos en callejones es: plantar al mismo tiempo semillas de árboles junto con cultivos alimenticios en las columnas, orientando las columnas de este a oeste (Fig. 1) para que las plantas reciban los rayos del sol durante todo el día (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

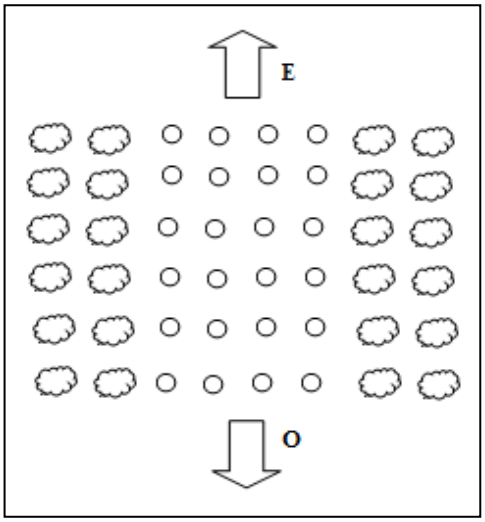

Figura. 1. Orientación de las columnas en la tecnología de cultivo en callejones.

Es importante seleccionar cuidadosamente las especies utilizadas para que sobrevivan a las condiciones locales y complementen los requisitos de los

productores. Los problemas más comunes que se pueden encontrar en esta tecnología son: competencia entre árboles y cultivos por la luz, agua, espacio y nutrientes. Para minimizar algunos de estos problemas se recomienda: Utilizar árboles que soporten la poda constante, Utilizar árboles y cultivos cuyas hojas puedan enriquecer el suelo (que se descompongan fácilmente), utilizar árboles con propósitos múltiples (Krishnamurthy *et al.,* 2003).

La posición y espaciamiento de setos y cultivos en el sistema de cultivo en callejón depende de las especies seleccionadas, el clima, la inclinación, las condiciones del suelo y el espacio requerido para el movimiento de la gente y el equipo. Normalmente el espacio usado en campos experimentales es de 4 a 8 m. entre las columnas y de 25cm a 2 m entre árbol y árbol situado entre estas columnas. En el manejo de esta tecnología, los cultivos entre los setos se manejan de manera normal, tomando en cuenta que deben deshierbarse las áreas donde se plantarán los árboles y mantenerlas libres durante los primeros tres meses (Krishnamurthy *et al.,* 2003).

3.4 Tecnología agroforestal multiestrato

La tecnología agroforestal multiestrato se refiere a los sistemas de uso de la tierra donde las especies perennes de altura y arquitectura variable son cultivadas en combinación interactiva con cultivos anuales y/o animales en la misma unidad de superficie. Este es un sistema de producción integral, con diversos componentes productivos y un uso intensivo del espacio horizontal y vertical (Fig. 2) (Krishnamurthy *et al.,* 2003).

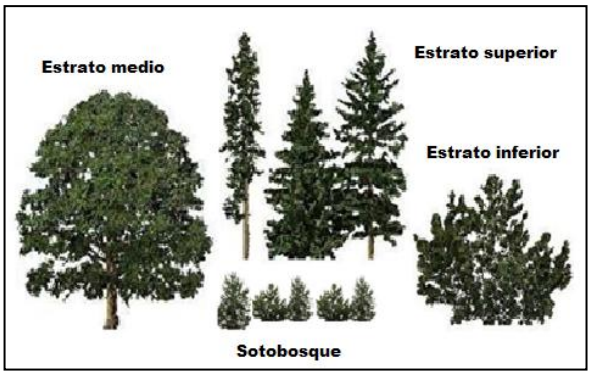

Figura 2. Niveles en un sistema agroforestal multiestrato.

Los principales beneficios de esta tecnología son (Wilkinson y Elevitch, 2000; citado por Krishnamurthy *et al.,* 2003):

- Mayor eficiencia en el uso de los espacios horizontal y vertical.
- Mayor eficiencia en el uso de la mano de obra disponible (los campesinos pueden mantenerse ocupados durante todo el año, atendiendo los diversos requerimientos de manejo de las diferentes especies).
- Ganancias por la diversificación de productos.
- Mayor rendimiento total.
- Menor riesgo a su inversión, en comparación con un unicultivo que puede ser susceptible a enfermedades y plagas.

Para la selección apropiada de especies a establecerse en el sotobosque debe considerarse lo siguiente (Wadsworth, 1997; citado por Krishnamurthy *et al.* 2003):

- Tolerancia parcialmente a la sombra
- La absorción de nutrientes debe darse por lo menos parcialmente a diferentes profundidades del suelo.
- Porte pequeño, en comparación con los árboles superiores, cuando llegan a la madurez.

La meta principal del sistema debe ser optimizar las interacciones ecológicas positivas entre los diferentes componentes productivos. Debe hacerse énfasis a la selección de especies que se complementen y no compitan por su hábito de crecimiento o sistema radical. El espaciamiento debe organizarse de tal forma que se maximice el aprovechamiento de la radiación solar, la superficie y los nutrientes.

3.5 Componentes productivos

Los componentes productivos, son la gran diversidad de especies vegetales y/o animales que se pueden elegir para conformar el sistema agroforestal. Dichas especies deben mostrar un comportamiento fenológico complementario cuando se cultivan en combinación, requieren regímenes apropiados de manejo para optimizar el espacio vertical y horizontal, demandan manejo en los arreglos temporales y se deben optimizar las interacciones positivas que entre estos haya (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

3.6 Importancia de la asociación de cultivos con árboles

Las asociaciones de cultivos o policultivos fueron las formas de producción de muchos países; en México, esta práctica se realiza desde la época prehispánica, pero el incremento de la población y el consecuente aumento de la demanda de alimentos propiciaron la intensificación de las actividades productivas para incrementar los rendimientos, por lo que actualmente predominan los unicultivos. En la Región de los Valles Centrales Oaxaca, fue una práctica común el sistema de cultivos múltiples o policultivos para la producción de granos bajo condiciones de temporal, pero se considera que la poca superficie disponible y la escasez de recursos para la inversión de agricultores considerados de producción a baja escala, han ejercido una presión hacia los unicultivos, predominando ahora éste método de siembra (Cruz, 2010).

Pero sin duda, se deben reconsiderar las ventajas ecológicas y económicas que llegan a presentar en las asociaciones de los cultivos, sobre todo añadiendo a esta asociación el componente arbóreo, entre esas ventajas se encuentran: la adición de nutrientes (fijación biológica de nitrógeno y abono verde), conservación del agua (por materia orgánica, reducir evaporación causada por vientos elevados), conservación de suelos y control de malezas (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

3.7 Asociación de higuerilla-maíz/frijol-avena/veza en el Estado de México

Sánchez (2010) realizó un estudio en el municipio de Texcoco, Estado de México en el que se propuso un diseño agroforestal basado en higuerilla que permitiera la producción de alimentos básicos y bioenergéticos; buscando que este sistema fuera económicamente viable, con alto potencial de adopción para los productores incrementando la productividad por unidad de superficie. Así que después de un exhaustivo análisis, se llegó a concluir que un sistema agroforestal exitoso es sembrar higuerilla con un distanciamiento de 5.6 m. entre hileras y 0.80m. entre surcos para el ciclo de primavera- verano. Mientras que para el ciclo otoño-invierno se tendría el cultivo de forraje (avena-veza) entre las hileras de higuerilla y para aumentar el aprovechamiento de los nutrientes y disminuir la competencia por la luz en la asociación, se realizaría una microrrotación en el interior de los callejones, intercambiando cada año el maíz y el frijol, este ultimo sembrado a doble hilera. Concluyendo que con este sistema se obtendría un LER de 2.4, siendo rentable económicamente, con una relación Beneficio/Costo de 2.78. Además de un potencial de adopción del 78%.

3.8 Asociación maíz-frijol de mata y maíz-frijol de guía-calabaza en Guerrero

En una exhaustiva investigación de 6 localidades del municipio de Copanatoyac, Guerrero, Rosendo (2011) determinó con respecto al sistema de cultivo intercalado maíz-frijol de mata, que para obtener el volumen de la producción por hectárea como cultivos simples al obtenido como cultivo compuesto se tendrían que sembrar 2.272 hectáreas, distribuidas de la siguiente manera, 0.759 ha de maíz, 1.389 ha de frijol para ejote y 0.124 ha de frijol para grano.

En el caso del sistema maíz- frijol de guía- calabaza, el volumen de la producción con el sistema de cultivo compuesto se incrementó en 69% al que se obtiene como cultivos simples.

3.9 Asociación maíz-frijol y maíz-higuerilla en Oaxaca.

Cruz (2010) evaluó dos policultivos de temporal, maíz-frijol y maíz-higuerilla, a diferentes densidades de siembra, utilizando variedades nativas para identificar la asociación de cultivos más adecuada a las condiciones agroclimáticas de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Encontrando que la mayor eficiencia relativa de la tierra (ERT) fue en los tratamientos en asociación con densidades de Maíz a 28,686 plantas/ha con Higuerilla a 4,781 plantas/ha con un ERT de 1.27 y de Maíz con 28,686 plantas/ha con Frijol a 38,248 plantas/ha con un ERT de 1.27. El tratamiento de higuerilla asociada con maíz con mayor eficiencia produjo 283 kg de semilla con lo que se obtendrían 141.5 litros de aceite y 127.35 litros de biodiesel, los que mezclados con el diesel tradicional producirían hasta 849 litros de biodiesel al 15 % (B15). Además,

en todos los indicadores de competencia, las asociaciones de cultivo Maíz-Higuerilla tienen mayores ventajas que en las asociaciones Maíz-Frijol.

3.10 Índices de eficiencia en las asociaciones de cultivos

Los índices de eficiencia descritos por Cruz (2010) para los cultivos en asociaciones son los siguientes:

a. Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT) o en sus siglas en inglés Land Equivalent Ratio (LER). Se define como el área total requerida bajo unicultivo para alcanzar los mismos rendimientos obtenidos en una asociación de cultivos (Mead y Willey, 1980).

$$\mathbf{LER} = \frac{\boldsymbol{Yab}}{\mathbf{Y}\boldsymbol{aa}} + \frac{\boldsymbol{Yba}}{\mathbf{Y}\boldsymbol{bb}}$$

Donde:

Yaa: Rendimiento puro de la especie a

Ybb: Rendimiento puro de la especie *b*

Yab: Rendimiento mixto de la especie *a* en combinación con *b*

Yba: Rendimiento mixto de la especie *b* en combinación con *a*

Si el LER > 1 la asociación es ventajosa

Si el LER = 1 resulta indistinto el sistema de siembra

Si el LER < 1 los unicultivos superan a la asociación

Cuando el valor es igual o menor a 1, indica que no existen ventajas de la asociación sobre los unicultivos.

b. Índice Comparativo de Rendimiento-Área (ICRA), propuesto por Chargoy y Solís (1986). Si el valor es igual o menor a la unidad no existe ventaja de la asociación con respecto a los unicultivos de sus componentes.

c. Razón equivalente de área-tiempo (REAT) o por sus siglas en inglés ATER (Area Time Equivalent Ratio) fue propuesta por Hiebsch y McCollum (1987) como una modificación al ERT.

3.11 Bioenergéticos / biocombustibles

El biocombustible es un éster que puede hacerse a partir de distintos tipos de aceites: girasol, colza, higuerilla, soja, aceite de palma y hasta de aceites usados provenientes de la industria alimenticia, así como también de la grasa animal. Se parte de un aceite biológico (vegetal o animal), que se somete a un proceso llamado de transesterificación. Como resultante de esto se obtiene biocombustible, y un subproducto genéricamente conocido como glicerol, que tiene más de 1.600 usos en el agro, la industria, la medicina, los cosméticos, y la alimentación (Amaya, 2005).

Hernández (2011) cita que las principales razones por las que los gobiernos crean sus metas, programas y medidas en materia de biocombustibles son para reducir el uso de la gasolina y combustibles fósiles para disminuir la dependencia del petróleo y combatir los precios internacionales del mismo; disminuir las emisiones de gas de efecto invernadero y las de carbono que provengan del transporte, a fin de frenar el calentamiento global y mejorar las condiciones ecológicas en el mundo; encontrar formas alternativas de combustibles, más sustentables y limpios para el medio ambiente y económicamente más viables; tener seguridad energética y competitividad a nivel internacional y crear oportunidades laborales al mejorar las

condiciones sociales y económicas de los pequeños agricultores y fomentar el empleo rural.

Los beneficios que presentan los biocombustibles son variados tales como:

Ecológicos:

- Proviene de un recurso renovable.
- Es bio-degradable.
- Es menos contaminante que el gasoil mineral.
- Reduce partículas (smoke) en más de un 50% y las emisiones de CO2.
- Está libre de sulfuro, benceno y aromatizantes potencialmente cancerígenos.
- Posee productos derivados del residuo de su proceso como glicerina y fertilizantes orgánicos.

Económicos:

- La producción de biodiesel es alentada con importantes incentivos y exenciones fiscales a nivel nacional e internacional.
- El Protocolo de Kyoto financia la inversión otorgando "créditos de carbono" a quienes logren reducir las emisiones de CO2.
- Da independencia a la indisponibilidad y variación de precios del diesel oil fósil.
- Posibilita su propia producción en ciclo completo (cosecha de oleaginosas – prensado de aceite – producción de biodiesel) reduciendo costos e intermediarios.
- La comercialización de sus subproductos (Expeller de soja, girasol, etc. como base para Alimento Balanceado para ganado Glicerol 90% Pureza) constituye un negocio accesorio, rentable y permite diversificar riesgos.

3.12 Biocombustibles en el mundo

Actualmente todas las energías renovables juntas proveen alrededor del 19% de la energía mundial. De ellas, la mayor parte está representada por la biomasa

tradicional (principalmente leña: alrededor de 500 millones de familias en los países subdesarrollados la emplean para cocinar y calentarse) y sólo el 0.6% de la energía total proviene de los biocombustibles (REN 21, 2010).

A pesar de su aparente insignificancia como fuente de energía, su tendencia es a ocupar espacios cada vez más importantes; por ejemplo, tan sólo entre 2004 y 2008 la producción de bioetanol se sextuplicó, mientras que la de biodiesel se duplicó (REN 21, 2010).

En 2009 algunos países hicieron avances importantes en el uso de biomasa. El más notable es Suecia, en donde la biomasa generó por primera vez mayor energía que el petróleo. Existen plantas procesadoras de biocombustibles en alrededor de 50 países, y prácticamente todos están expandiendo sus inversiones en este campo. Algunos ejemplos: Austria, 17%; Finlandia, 20%; y Alemania, 5%.

La producción de biodiesel tuvo un incremento de 9% en 2009, muy por debajo del 65% de crecimiento que experimentó en 2005, y del 54% en 2006, con una producción total de 16.6 mil millones de litros. La producción de biodiesel está menos concentrada que la del bioetanol, es decir, que la distribución entre los países productores de biodiesel es mayor que la de bioetanol. Aunque la Unión Europea en su conjunto continúa siendo el principal productor de biodiesel a nivel mundial, representando alrededor del 50% de la producción total en 2009.

Francia aumentó su producción en 34% durante 2009 para sobresalir como el líder mundial en biodiesel, ya que produjo 2.6 mil millones de litros, que representaron el 16% del total de diesel a nivel global. En cambio, la producción de biodiesel de Alemania declinó 19%. Anteriormente Alemania era el líder en la producción de biodiesel.

Los países con mayor producción de biodiesel que bajaron sus porcentajes de producción en el 2009 fueron Estados Unidos, Italia y Bélgica. En cambio se vio un incremento significativo en Argentina, Colombia, Indonesia, España, Reino Unido, India, Brasil, China, Malasia y Tailandia (REN 21, 2010).

En lo que respecta a los precios internacionales, se sabe que varían significativamente dependiendo de la materia prima usada, el tamaño de la planta de producción y sus economías de escala. El potencial de despliegue de primera generación de biocombustibles es alto, pero está sujeto al criterio de uso sustentable de la tierra. La segunda generación de biocombustibles todavía está en etapa de desarrollo y no se sabe cuánto va a costar en el futuro. Actualmente el precio del bioetanol oscila entre los 30 y los 60 de dólar por litro y el biodiesel entre 40 y 80 centavos de dólar (REN 21, 2010).

3.13 Biocombustibles y seguridad alimentaria

La FAO define la seguridad alimentaria como "el acceso físico y económico de todas las personas y en todo momento a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a una dieta que posibilite llevar una vida activa y sana, teniendo en cuenta también las características culturales y culinarias de las distintas regiones del mundo".

La FAO (2008) calcula que las tierras destinadas para la producción de biocombustibles estarían entre 250 y 800 millones de hectáreas en el mundo, excluyendo bosques, áreas destinadas a la ganadería, áreas para cultivos alimenticios y áreas protegidas. La mayor parte de estas áreas está en las zonas tropicales .

El gran debate existente sobre los biocombustibles es sobre el efecto que puede traer ante la escasez de alimentos, esto podría ser cierto si tierras destinadas a la siembra

de cultivos alimenticios se utilizan solo para la producción de biocombustibles, o si se reemplaza la finalidad original de esos cultivos y se usan para la producción de biocombustibles. Se debe tomar en cuenta que más del 50% de la población pobre de América Latina y el Caribe vive y depende del sector rural. De los 525 millones de habitantes de América Latina, 128 millones viven en la pobreza (menos de US$2 por día) y 50 millones en extrema pobreza (menos de US$1 por día) (FAO, 2008).

En consecuencia, si aparecen cultivos que generan mayores ingresos a los productores, estos orientarán sus esfuerzos a esos cultivos. Es necesario pagar mejor a los productores rurales por sus productos, pero es sumamente importante que existan políticas claras al respecto, para evitar la destrucción de reservas naturales y destinar las tierras de estas a la siembra de cultivos. También se deben establecer regulaciones dirigidas a mantener un equilibrio entre la cantidad de producto destinada al consumo alimenticio y la orientada a la producción bioenergética, con el fin de evitar poner en riesgo la seguridad alimentaria. El problema es que el precio de ciertos alimentos ha aumentado, debido a una mayor demanda para utilizarlo en la producción de etanol (FAO, 2008).

El impacto de la producción de biocombustibles dependerá del contexto específico y variará de acuerdo con la materia prima, la tecnología aplicada y las características del país. La disponibilidad de alimentos se puede ver afectada por la producción de biocombustibles ya que el uso de grandes escalas de tierra para la producción de la materia prima podría amenazar el uso de la misma tierra y recursos hídricos necesarios para la producción de alimentos. Dicha presión sobre la disponibilidad de alimentos podría disminuir si los sistemas de producción de alimentos y energía estuvieran integrados de mejor manera (FAO, 2010).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del área de estudio

El estudio fue realizado en la comunidad de Santa María Roaló, municipio de Zaachila, Oaxaca. Zaachila es el nombre oficial del municipio y conforme a la lengua zapoteca significa “larga hoja de verdolaga”. Sus raíces son: zaachi- verdolaga, y la- larga hoja.

Se localiza en la región de Valles Centrales (Figura. 3), entre la latitud Norte 16° 56’ y la longitud Oeste 96° 45’, a una altura de 1,520 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Jalpan y San Pedro la Reforma, al oriente con la Hacienda de Tlanichico y Noriega, al sur con Trinidad Zaachila, y al este con San Pablo la Raya y Mantecón.

Figura 3. Localización del municipio de Zaachila, Valles Centrales, Oaxaca.

Cuenta con una extensión territorial de 54.86 kilómetros cuadrados, lo que representa un 0.06% del total del estado. El clima que predomina en general en este municipio

es templado con una temperatura media anual de 17.5° C. Donde las lluvias se dan en los meses de junio y julio, con un promedio de 500 a 1000 mm.

Este distrito está formado en su mayoría por suelo clasificado como cambisol cálcico, enriquecidos de carbonatos secundarios y presentando una textura gruesa, franco arenosa para esa zona (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2009).

4.2 Establecimiento del estudio

Se establecieron tres bloques en poco más de media hectárea, constituidos por cinco parcelas de estudio (unidades de muestreo) de 380 m^2 (Figura.4). En cada uno de ellos se sembró unicultivo de higuerilla, unicultivo de maíz, unicultivo de calabaza, tecnología agroforestal multiestratos y tecnología agroforestal de cultivo en callejones (Anexo 1).

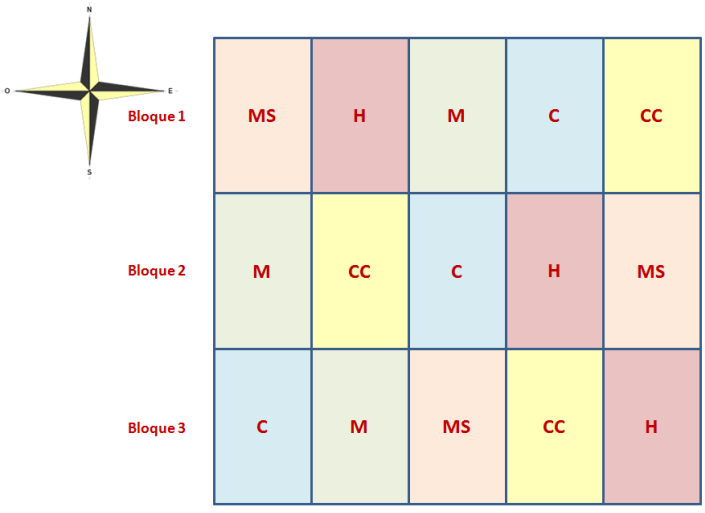

Figura 4. Arreglo de los bloques.

MS= Tecnología agroforestal multiestratos

H= Unicultivo de higuerilla

M= Unicultivo de maíz

C= Unicultivo de calabaza

CC= Tecnología agroforestal de cultivo en callejones

Dada la dificultad de poder determinar la homogeneidad en el área donde se llevó a cabo el estudio, se consideró subjetivamente un factor sistemático de variación por el suelo en la orientación Este –Oeste, con la cual se dividió la tierra en los tres bloques; por lo que fue difícil determinar con exactitud el grado de "homogeneidad" de las unidades o parcelas de muestreo.

Se utilizó un diseño de muestreo estratificado con cinco unidades de estudio en cada bloque, correspondientes a cada unicultivo y tecnología agroforestal, distribuidas de distinta forma en cada bloque. Dentro de estas unidades se eligió el área de competencia completa de los cultivos y se eligieron 10 plantas al azar para la toma de datos de las variables.

4.3 Etapas del manejo de los sistemas

Preparación de la tierra

El barbecho se realizó con tractor en el mes de mayo, con la finalidad de aflojar y voltear la capa arable, lo que serviría para captar y retener el agua de lluvia; además de ayudar a eliminar algunas plagas que pudieran estar viviendo en el suelo. El rastreo al igual que el barbecho fue hecho con tractor, a fin de deshacer los terrones de tierra. El surcado se llevó a cabo con yunta el mismo día que se realizó la siembra (12 de junio de 2011), teniendo un distanciamiento entre surco y surco de 75 centímetros; una vez realizados los surcos, se realizó la siembra de las semillas que el productor seleccionó (Fig. 5).

Figura 5. Semillas seleccionadas por el productor en la siembra de los sistemas. A. Calabaza criolla "Huiche". B. Higuerilla sin clasificación exacta (entre la criolla mexicana Ricinus communis sanguinensis, donde también pudieran mezclarse ecotipos de tallo verde). C. Maíz criollo "bolita".

Siembra

Unicultivo de higuerilla: Se sembró la semilla de higuerilla depositando de dos a tres semillas por golpe; a un espaciamiento de 1.5 m. entre planta y planta y 1.5 m. surco y surco. Con este sistema de siembra se logra tener alrededor de 4,444 plantas de higuerilla creciendo en una hectárea.

Unicultivo de calabaza: En la superficie destinada para este cultivo se depositaron de dos a tres semillas de calabaza por golpe de siembra, con un distanciamiento aproximado de 2 m. entre plantas y 1.5 m de distancia entre surcos. Con este diseño de siembra se logra una densidad aproximada de 3,333 plantas por hectárea.

Unicultivo de maíz: Con respecto al maíz se depositó en promedio tres semillas por golpe, dejando una separación de 75 cm. aproximadamente entre golpe y golpe de siembra y surco y surco; por lo que se obtiene de esta forma una densidad de plantas por hectárea aproximada de 40,320.

Tecnología agroforestal multiestratos: Primeramente se sembró la higuerilla iniciando a un costado del terreno, sembrando un surco y dejando uno libre hasta cubrir el área designada para esta tecnología. La siembra de higuerilla se realizó

depositando de dos a tres semillas por golpe y dejando una separación entre golpe y golpe sobre el mismo surco de 1.5 metros logrando una densidad de 4,444 plantas por hectárea. Posteriormente se sembró el maíz en todo el terreno restante, depositando en promedio tres semillas por golpe, dejando una separación de 75 centímetros aproximadamente entre golpe y golpe de siembra, logrando una densidad aproximada de 40,320 plantas por hectárea.

La calabaza se sembró en el surco que quedó libre cuando se sembró la higuerilla es decir cada 1.5 metros y se depositaron de dos a tres semillas por golpe de siembra, con un distanciamiento de 2 metros. Con este diseño de siembra se logra una densidad aproximada de 3,333 plantas por hectárea.

Tecnología agroforestal de cultivo en callejones: Primeramente se sembró la higuerilla iniciando a un costado del terreno, sembrando un surco y dejando uno libre depositando de dos a tres semillas por golpe y dejando una separación entre golpe y golpe de 1.5 metros hasta cubrir el área, logrando una densidad de 4,444 plantas por hectárea. El maíz se sembró en todos los surco restantes donde no se encontraba la higuerilla sembrada, depositando en promedio tres semillas por golpe, dejando una separación de 75 centímetros aproximadamente entre golpe y golpe de siembra, obteniendo una densidad aproximada de 40,320 plantas por hectárea.

Manejo

Para el manejo se realizaron deshierbes y fertilización con 200 kg/ha de sulfato de amonio enfocada al maíz, para favorecer la producción de los cultivos al momento de la cosecha. El raleo se realiza básicamente a la higuerilla, a los 30 días aproximadamente, dejando solo una planta, la más sana y que muestre el mejor porte.

Cosecha

La cosecha de maíz se realizó el 8 de noviembre, la calabaza entre los meses de agosto y septiembre y por último la cosecha de higuerilla se realizó entre el 16 de noviembre al 15 de enero.

4.4 Tamaño de la muestra

Se tomó una muestra fija de 10 plantas por sistema y bloque, considerando una confiabilidad del 95%; a partir de la formula abajo mencionada (Álvarez, 1988) se despejo **d** para saber si la precisión variaba en cada sistema para cultivo.

$$n = \frac{\mathrm{K}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{k}} \mathrm{Ni}\ \sigma_{\mathrm{i}}^2}{\mathrm{N}^2\left(\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{Z}_{0.975}}\right)^2 + \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{K}} \sigma^2}$$

Donde:

n =Número de plantas por sistema en los tres bloques

K= Número de bloques

Ni= Número de planta en cada bloque

σ^2= Varianza de una muestra preliminar

N=$\sum_{i=1}^{3} N_i$

d= $\bar{X} - \mu = precisión$

Dando como resultado del despeje la siguiente fórmula:

$$d = (1.96)\sqrt{\frac{\mathrm{K}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{k}} \mathrm{N}_{\mathrm{i}}^2\ \sigma_{\mathrm{i}}^2\ -\ n\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{k}} \mathrm{Ni}\ \sigma_{\mathrm{i}}^2}{nN^2}}$$

4.5 Medición de variables

Se seleccionaron 10 plantas de cada cultivo al azar dentro del área de competencia completa de cada sistema y se cuantificaron las siguientes variables:

Para higuerilla se consideraron el peso de la panícula (sin cápsulas ni semillas), las cápsulas (sin semillas), el número de semillas por planta y el peso total de las semillas en la planta. En el maíz se pesaron los granos por planta y por ultimo en el cultivo de la calabaza, se pesaron los frutos (Anexo 2).

Las variables fueron pesadas con la balanza de precisión Pionner Ohaus modelo PA3102, sin ajuste por humedad de la semilla.

4.6 Análisis de datos

Los valores obtenidos de las variables se analizaron con el programa SAS (Anexos 3 y 4) para determinar si las medias de los tratamientos eran o no significativamente diferentes por probar Ho: $\mu_i = \mu_{i'}$, $\forall$ i, i' = 1,2,3, (1, 2 y 3 son las tecnologías agroforestales analizadas e i= el unicultivo a comparar), se utilizó la t de "student" para dos poblaciones independientes. El nivel de significancia para las pruebas fue de 5% ($\alpha \leq 0.05$).

4.7 Calculo de LER de las tecnologías agroforestales

Para cuantificar la eficiencia relativa de la tierra (LER por sus siglas en ingles), se trabajaron los datos de las variables de la siguiente forma:

a) Se tomaron en cuenta las variables de higuerilla- peso de semilla, maíz-peso de grano y calabaza-peso fruto con sus 10 datos por sistema en los tres

bloques (30 datos en total), por tratarse de la producción que se destina a comercializar parcial o totalmente.

b) Para cada variable se efectuó la suma por bloque. Por ejemplo, para semilla de higuerilla en cultivo en callejones del bloque 1, se tuvo un total de 430.82 gramos por las 10 plantas medidas.

c) La densidad de siembra del cultivo en cada parcela, se extrapoló a una hectárea. Por ejemplo, si la higuerilla estuviera sembrada en una hectárea en la tecnología de cultivo en callejones, se tendrían 4,444 plantas.

d) Utilizando los datos del paso 2 y 3 se estableció una relación lineal para obtener los kilogramos por hectárea de las variables, así para el mismo ejemplo antes señalado se tendrían 191.47 kg/ha de semilla en el bloque 1.

e) Una vez obtenido este dato, se dividió entre el rendimiento por hectárea de la planta en estudio con los datos del unicultivo del mismo bloque, dando como resultado un coeficiente. Estos pasos se siguieron por cada bloque de los cultivos en asociación.

f) Posteriormente estos coeficientes fueron sumados según su sistema agroforestal y bloque, para obtener el LER de esa asociación. Por ejemplo, el coeficiente de la higuerilla en cultivo en callejones del bloque 1, se sumó con el coeficiente del maíz en cultivo en callejones del bloque uno, dando como resultado el LER del bloque 1 de cultivo en callejones.

g) Como resultado de estas sumas se obtuvieron en total 6 datos de LER (Cultivo en callejones bloque 1,2 y 3; Multiestratos bloque 1, 2 y 3), que sirvieron para determinar el rendimiento de cada asociación. Finalmente estos datos también se analizaron con el programa de computo SAS, para observar el comportamiento de las asociaciones.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Comparación de los rendimientos estimados de maíz, calabaza e higuerilla

A través del análisis estadístico del peso de semillas en las plantas de higuerilla (Cuadro 12), se identificó que no existen diferencias significativas de los promedios de las medias entre el unicultivo (107.36 g) y la tecnología agroforestal multiestratos (119.91 g) obteniendo un rendimiento que oscilaría entre 477 y 497 kg ha^{-1} de semilla. Este resultado obtenido de peso de semilla difiere de lo que encontró Cruz (2010) que fue de 283 kg ha-1 de semilla de higuerilla, en una asociación de higuerilla-maíz con densidades de 4,781 y 28,686 plantas por hectárea respectivamente. La diferencia entre el presente trabajo y lo encontrado por Cruz (2010) es que en este trabajo además de que se incluyo la calabaza en la asociación, fue que el peso de semilla no tuvo ajuste por humedad lo cual podría ser causar de la diferencia de peso encontrada en la semilla de higuerilla entre los dos trabajos.

Por otro lado si hubo diferencias con respecto al cultivo en callejones al reducirse el peso de semilla por planta en poco más del 50% (51.91 g), lo cual es congruente con el número de semillas encontrados en las plantas de higuerilla muestreadas en esa tecnología (Cuadro 5).

Respecto al maíz observamos que el peso de grano por planta no presentó diferencias significativas entre el unicultivo y las dos tecnologías (Cuadro 13), pero su rendimiento por hectárea si varió dadas las densidades a las que se estableció este cultivo en las diferentes tecnologías, obteniendo así un rendimiento para unicultivo y multiestratos de 5.33 y 4.7 ton ha^{-1} respectivamente y 2.37 ton ha^{-1} para cultivo en callejones.

El peso del fruto de calabaza no se vio afectado significativamente por el tipo de sistema de cultivo en los que se analizó (Figura 6) y dado que sus densidades en unicultivo y multiestratos no fue distinta, el rendimiento osciló entre 7.2 y 7.6 ton ha^{-1}.

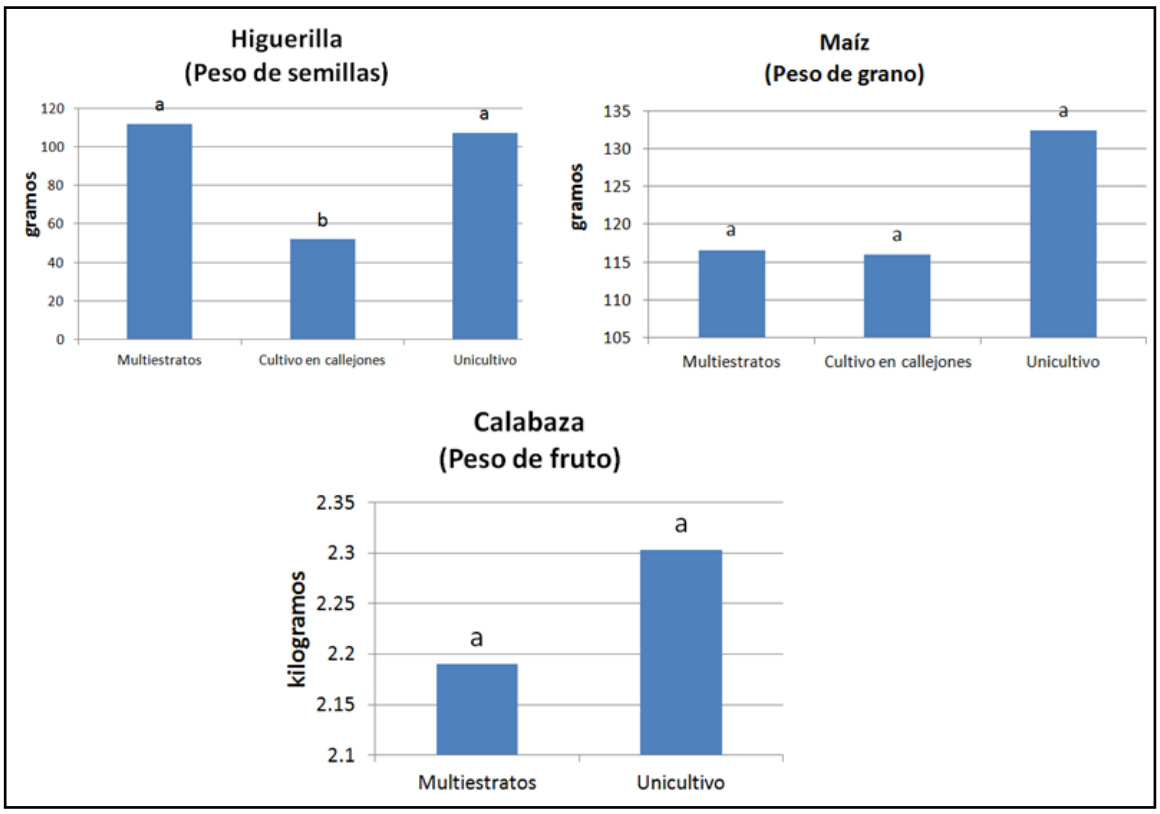

Figura 6. Comparación de peso de semilla, peso de grano y peso de fruto para higuerilla, maíz y calabaza respectivamente, en los diferentes sistemas de cultivo.

5.2 Eficiencia relativa de la tierra de las tecnologías agroforestales estudiadas

Los datos de LER obtenidos para las tecnologías agroforestales (Cuadro 15), fueron analizados estadísticamente (Cuadro 1), donde se conoció que la asociación que presentó ventajas respecto al unicultivo fue la tecnología agroforestal multiestratos con un LER 2.89, lo que indica que se requiere 189% de superficie adicional para obtener el mismo rendimiento en unicultivo al obtenido en asociación que fue de 497 Kg ha^{-1} de semilla de higuerilla, 4.7 ton ha^{-1} de maíz y 2.19 ton ha^{-1} de calabaza. Este

resultado de LER resultó ser parecido al que obtuvo Sánchez (2010) que fue de 2.4, lo cual fue logrado a partir de una tecnología a la que se puede denominar también multiestratos por asociar cultivos de distintos portes como maíz/frijol-avena y la perenne leñosa (higuerilla), por lo que se ve que la tecnología agroforestal multiestratos produce una buena eficiencia de la tierra.

Con esta tecnología agroforestal se logra conjugar la producción de biocombustibles en compatibilidad con la producción de alimentos y a la par se permite a los pequeños agricultores mantener una zona de cultivo reservada para su seguridad alimentaria.

Por otro lado la tecnología agroforestal de cultivo en callejones no resultó más ventajosa que el unicultivo pero se acercó a poder igualarse al unicultivo.

Cuadro 1. Estadísticas obtenidas con los datos del LER en los sistemas de cultivo en callejones y multiestratos.

Variable	Sistemas	Promedio de las medias	
LER	Multiestratos	2.8933	a
	Cultivo en callejones	0.9267	b
	Pr >/t/para mono vs multi	0.0119	*
	Pr >F para mono vs multi	0.0267	*

Promedios con la misma letra entre tratamientos indica que no hay diferencias estadísticas significativas con una $p \leq 0.05$.
Pr>/t/: Probabilidad del estadístico t de "student" que si es menor de $p \leq 0.05$ indica que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos indicados en la prueba.
Pr>Fc: Probabilidad del estadístico Fc que si es menor que $p \leq 0.05$ indica la no existencia de homogeneidad de varianza entre los datos de los tratamientos indicados en la prueba.
NS, * indica no significativo y significativo respectivamente para una $p \leq 0.05$.

5.3 Peso de panícula y cápsulas de higuerilla en diferentes tecnologías agroforestales

Como se puede observar en el Cuadro 2 el peso de la panícula no presentó diferencias significativas en el unicultivo y la tecnología agroforestal multiestrato, pero si con respecto al cultivo en callejones donde se tuvo menor peso, con una

desventaja que rebasó el 50%. En las capsulas se puede notar que existió una diferencia significativa de peso entre los tres sistemas comparados.

Los resultados de estas dos variables resultan importantes porque a pesar de no ser un producto comercializable, adquiere un valor por su uso tradicional como combustible en la zona; de donde se observa que la tecnología agroforestal que se acerca a igualar la producción del unicultivo para panícula es la de multiestratos.

Cuadro 2. Análisis de las variables peso de panícula y peso de capsulas de higuerilla en los diferentes sistemas.

No.	Sistemas	Peso de panícula (gr)	Peso de cápsulas (gr)
1	Multiestratos	128.87 a	48.967 b
2	Cultivo en callejones	49.653 b	28.667 c
3	Unicultivo	117.51 a	83.933 a
Promedios con la misma letra usada (por columnas) entre tratamientos indica que no hay diferencias estadísticas significativas por probar Ho: $\mu_i = \mu_{i'}$, $\forall$ i, i' = 1,2,3 con una $p \leq 0.05$.			

5.4 Cálculo de la precisión utilizada en el tamaño de muestra

Se partió de n=30 y α=0.05, donde $Z_{1-\alpha/2}$ confiabilidad= $Z_{0.975}$ =1.96 para un muestreo estratificado con asignación igual para estimar el parámetro de la media (Álvarez, 1988), cuya fórmula despejada se menciona en el apartado 4.4. para obtener la precisión (**d)** y conocer si esta variaba en cada sistema para cultivo (Cuadro 3). La última columna del cuadro 3 indica el porcentaje de precisión que se obtuvo al estimar la media poblacional a través de la media muestral. Los valores cercanos al 5% son los adecuados para el tamaño de muestra de 10 plantas por parcela que se utilizaron en cada cultivo para cada sistema de siembra.

Cuadro 3. Precisión obtenida con el tamaño de muestra para cada cultivo en los diferentes sistemas.

Cultivo	Variable	Sistema	d	%*
Higuerilla	PesoPanoja	callejones	5.56748409	11.2127849
Higuerilla	PesoPanoja	monocultivo	8.04140934	6.84307317
Higuerilla	PesoPanoja	multiple	26.0921797	20.2461666
Higuerilla	Pesocapsula	callejones	3.11084608	10.8517887
Higuerilla	Pesocapsula	monocultivo	4.42054768	5.26673671
Higuerilla	Pesocapsula	multiple	7.94229227	16.2197936
Higuerilla	NumSemilla	callejones	9.0599982	13.0172388
Higuerilla	NumSemilla	monocultivo	14.0546934	7.12471782
Higuerilla	NumSemilla	multiple	23.9124278	16.3410668
Higuerilla	PsoSemilla	callejones	6.96998887	13.4249949
Higuerilla	PsoSemilla	monocultivo	5.65063173	5.26328877
Higuerilla	PsoSemilla	multiple	21.0628396	18.8219598
Maiz	PsoGrano	callejones	6.87925684	5.93464016
Maiz	PsoGrano	monocultivo	13.5216746	10.2150855
Maiz	PsoGrano	multiple	11.5613315	9.91713639
Calabaza	PsoFruto	monocultivo	0.15497709	6.72838317
Calabaza	PsoFruto	multiple	0.11258447	5.14084322
* La precisión en % fue con respecto al promedio $100\left(\frac{\bar{x}-d}{\bar{x}}\right)$				

Por los resultados de la última columna del cuadro anterior parece ser que las parcelas dentro de los bloques utilizados en esta investigación resultaron no ser del todo homogéneas para las variables evaluadas en el estudio, por lo cual la varianza preliminar que se utilizo en la fórmula para el cálculo del tamaño de muestra y la precisión que se encontró fue en términos generales grande. Entendiendo como precisión la diferencia que el investigador está dispuesto a aceptar como error entre el estimador (media aritmética) con los datos que se calculan con la muestra, respecto al parámetro μ_x (media poblacional) de una distribución normal. Generalmente expresado en términos de porcentaje respecto a la media poblacional.

En el cuadro 3 se observa que para obtener la confiabilidad del 95% para una precisión del 5% que se deseaba para este trabajo, se requería de sacar una muestra preliminar mayor que 10 plantas por bloque en algunos cultivos, haciendo hincapié en los cultivos de higuerilla y maíz de las tecnologías agroforestales con, donde la muestra calculada estuvo entre 20 y 30 plantas por bloque. En la calabaza la precisión estuvo muy cercana a la deseada por lo que la muestra tomada no requiere ser aumentada. Se recomienda que para trabajos futuros el tamaño de muestra para higuerilla y maíz sea un mínimo de 20 plantas.

Debiendo en parte esto a que en los cultivos de higuerilla y maíz provienen de una población de polinización libre heterocigótica heterogénea en el cual el productor no hace una selección de semilla previa a la siembra; por lo cual se mantiene esta variabilidad alta que se refleja en la necesidad de incrementar el tamaño de muestra mayor de 10 plantas por parcela y bloque.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tecnología agroforestal multiestratos Higuerilla *Ricinus communis*, maíz *Zea mays* y calabaza *Cucurbita spp.* ha demostrado ser más productiva por unidad de superficie de tierra, que los unicultivos de estas especies; por lo que se recomienda esta práctica agroforestal a los productores de la zona de Valles Centrales de Oaxaca, ya que el estudio fue realizado en ese lugar y en condiciones de temporal, que es la practica agrícola que predomina en un 91.6 % la superficie de Oaxaca.

Se sugiere abundar en el estudio del rendimiento de las distintas variedades de higuerilla para la zona, a fin de que el productor pueda seleccionar la que más le convenga al momento de sembrar.

Se propone realizar un tamaño de muestra mayor a 10 plantas por sistema y bloque, debiendo ser esta de 20 a 30 plantas en el sistema por bloque, a fin de poder obtener una precisión del 95%.

Se recomienda considerar la adopción de alternativas que hagan de estos sistemas más amigables con el ambiente y más productivos; como por ejemplo el reducir el uso de fertilizantes nitrogenados, ya sea optimizando la forma de fertilización a través de un análisis de suelos previo, a través de fertilizantes orgánicos o rotando cultivos que fijen nitrógeno al suelo, como el frijol.

Se aconseja continuar con el estudio de las ventajas de esta asociación, para conocer la eficiencia económica y energética de todo el sistema.

7. REFERENCIAS

Álvarez, C; V. M. 1988. Tamaño de muestra procedimientos usuales para su determinación. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Pp. 10-17, 27, 28, 30-34.

Amaya, 2005. Proyecto de ley 48 de 2005 www.fresno.org.co/.../**biocombustibles/proyecto_ley**_48.doc (01/12/2011).

CATIE, 1986. Sistemas agroforestales. Principios y Aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica. 818p.

Chargoy Z., C. I y F. Solís Mendoza. 1986. El índice comparativo de rendimiento área y la razón de superficie equivalente para la medición de la eficiencia de cultivos asociados. Memorias de XI Congreso Nacional de Fitogenética.

Cruz, R; M. A. 2010. Eficiencia Relativa de la Tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca.

FAO. 2008. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles; perspectivas, riesgos y oportunidades. http://www.fao.org/docrep/011/i0100s/i0100s00.htm (01//12/2011).

FAO. 2010. BEFS (bioenergy and food security project). http://www.fao.org/bioenergy/foodsecurity/befs/thailand/en/ (01//12/2011).

Hernández, V; J. 2011. Evaluación de *Jatropha curcas* en sistemas agroforestales para la producción de biocombustibles en el norte de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 102p.

Hiebsch, C.K. and McCollum, R.E. 1987. Area-x-time equivalency ratio: A method for evaluating the productivity of intercrops. *Agronomy Journal* 79:15 -22.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Oaxaca. 2009. Enciclopedia de los Municipios de México, Oaxaca. http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/ (01/12/2011).

Krishnamurthy, L. 2010. Agroforestería para el Ecodesarrollo XIX Curso Internacional de Entrenamiento Otoño-Invierno. Vol. I. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 327 p.

Krishnamurthy, L; I. Rajagopal y A. Arroyo. 2003 Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural. SEMARNANAT. México, 105 p.

Mead, R. y W.R. Willey, 1980. The concept of land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. Exp. Agric., 16: 217-228.

México. 2006. Plan Nacional de Desarrollo. http://pnd.presidencia.gob.mx/ (11/10/2011).

Ospina. 2008. Aproximación a la definición de agroforestería y al concepto de agroforestería ecológica. Cali, Colombia. http://www.agroforesteriaecologica.com (30/04/2012).

REN 21Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. 2010. Renewable 2010 Global Status Report. http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf. (27/10/2011).

Rosendo, R; G.A. 2011. Sistema de producción tradicional de maíz, cebolla y frijol de mata practicados en Copanatoyac, Guerrero. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. México. 95p.

Sánchez, H., R.F. 2010. Diseño de un sistema agroforestal de higuerilla (*Ricinus communis* L.). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 111p.

Sarmiento R. 2008. Primeros desarrollos de producción de biodiesel en México. http://www.Energiaadebate.com/Articulos/Julio2008/RocioSarmientoJulio2008.htm.

8. ANEXOS

Anexo 1. Sistemas de siembra de los cultivos

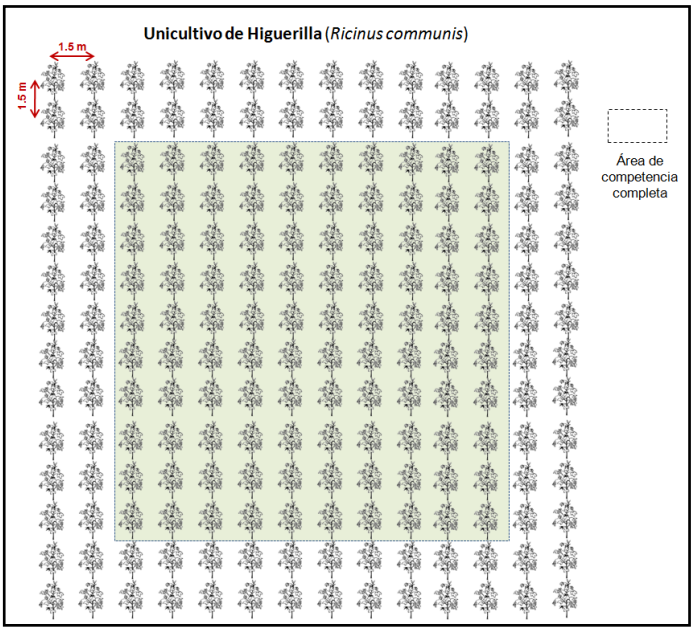

Figura 7. Unicultivo de higuerilla

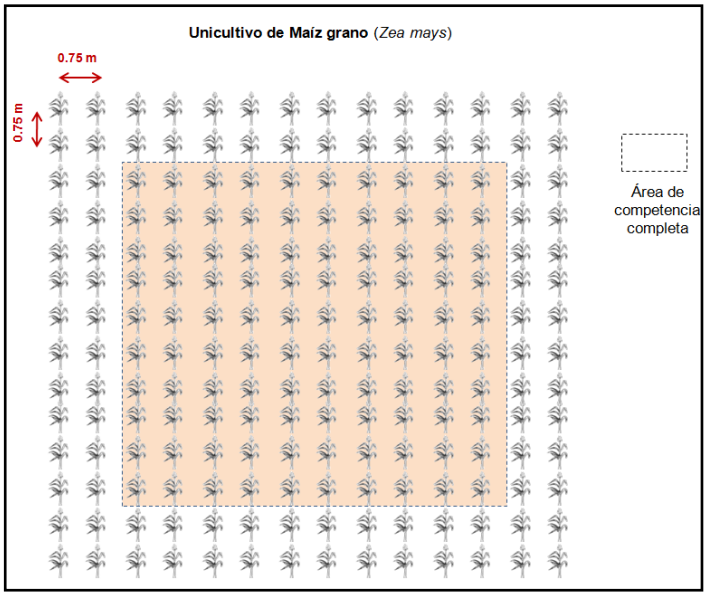

Figura 8. Unicultivo de maíz.

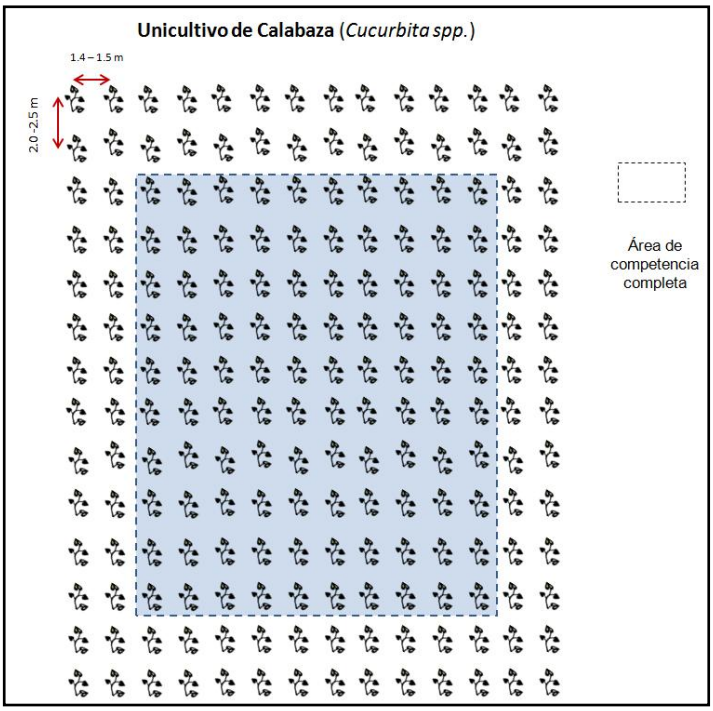

Figura 9. Unicultivo de calabaza.

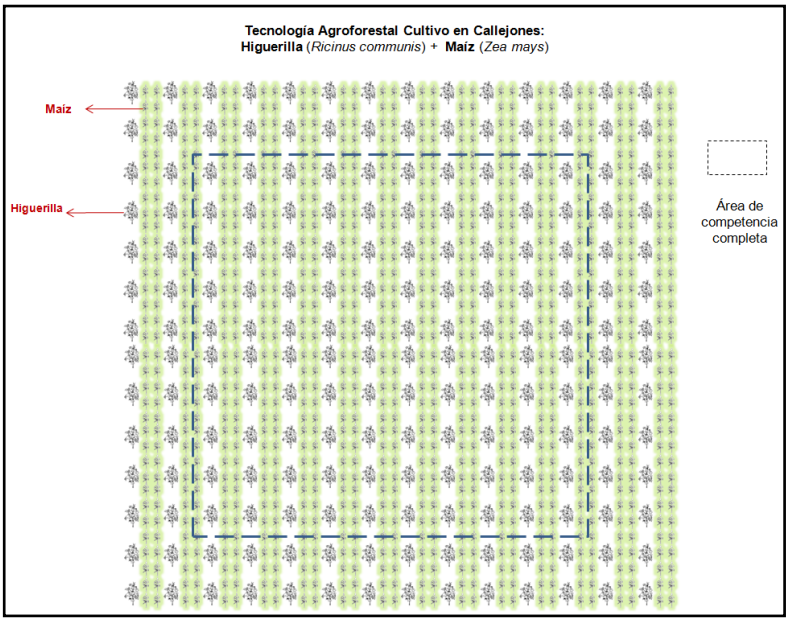

Figura 10. Tecnología agroforestal de cultivo en callejones.

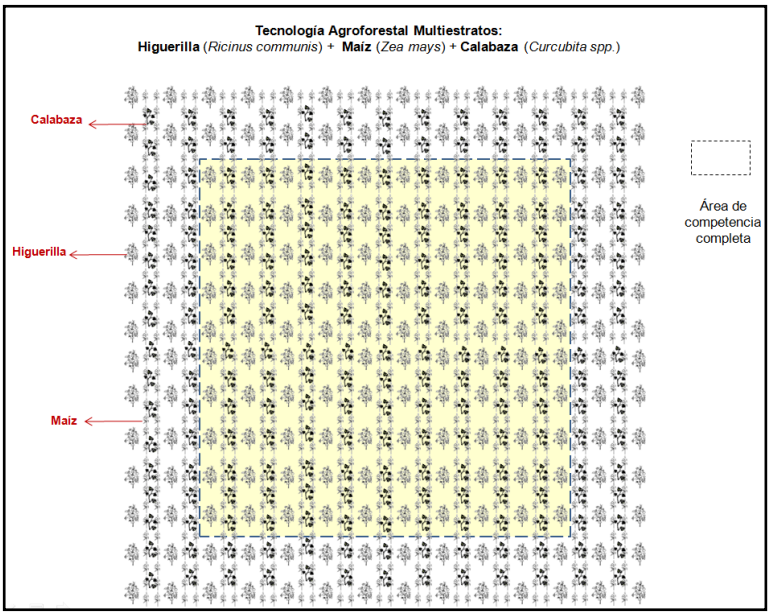

Figura 11. Tecnología agroforestal multiestratos.

Anexo 2. Datos de las variables por sistema.

Cuadro 4. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **unicultivo** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 188				
Bloque	**Peso de panícula (gr)**	**Peso de las capsulas (gr)**	**No. Semillas**	**Peso de semillas gr**
1	128.3	72	190	94.5
	141.7	86	207	107.7
	115.4	59	183	91.6
	120.37	91	198	102.51
	154.5	104	245	129.5
	75.52	83	119	86.03
	94.66	95	185	97.08
	76.45	78	168	69.75
	143.03	118	246	132.45
	98.5	75	121	85.15
2	138.36	79	210	98
	136.65	80	201	104.5
	122.7	99	268	140
	104.77	90	246	132.35
	98.5	83	160	107.8
	75.6	68	150	94.8
	104.65	93	210	118.5
	132.5	108	244	130
	98.5	85	140	108.5
	92.77	84	165	103.45
3	133.5	76	201	106.35
	142.7	87	218	118.2
	118.4	72	180	98.5
	136.57	80	192	112.8
	153	90	242	120
	97.85	69	168	90
	121.5	77	210	109.66
	130.6	82	247	120.6
	92.8	65	156	86.75
	145	90	248	123.75
*En el peso de panícula no se incluyen las cápsulas				

Cuadro 5. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **cultivo en callejones** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 188				
Bloque	**Peso del panícula (gr)**	**Peso de las capsulas (gr)**	**No. Semillas**	**Peso de semillas gr**
1	34.04	17	54	31.14
	34.51	13	39	25.64
	80.08	37	112	82.64
	60.18	34	101	67.26
	52.97	29	89	56.95
	33.73	14	40	29.54
	47.86	28	81	45.84
	34.11	13	38	23.66
	33.43	14	42	26.13
	41.31	21	62	42.02
2	88.23	45	135	90.7
	25.41	13	38	87
	44.09	23	69	35.61
	66.18	39	101	76.16
	48.27	27	82	53.15
	43.73	24	50	39.44
	45.86	27	80	43.84
	44.15	23	48	33.62
	38.13	24	42	36.13
	44.31	31	72	47.25
3	84.35	55	93	78.5
	37.46	38	44	82
	74.09	33	71	42.25
	69.23	44	92	86.26
	48	32	86	58.45
	43.73	27	52	40.47
	47.8	37	88	53.84
	42.25	29	54	38.65
	48.1	28	52	46.15
	54	41	81	57.25
*En el peso del panícula no se incluyen las cápsulas				

Cuadro 6. Datos obtenidos de las 10 plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*) para **multiestratos** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 188				
Bloque	**Peso del panícula (gr)***	**Peso de las capsulas (gr)**	**No. Semillas**	**Peso de semillas gr**
1	182.89	70	224	175.49
	136.44	61	189	162.7
	79.42	33	96	82.88
	141.59	75	221	189.86
	91.29	42	126	110.49
	105.04	55	165	116.94
	243	118	351	312.65
	87.11	38	113	92.72
	112.24	58	173	137.39
	129.72	59	168	140.91
2	138.54	71	212	162.86
	135.57	62	182	180.76
	75.9	48	140	90.17
	130	61	188	118.46
	128.29	58	171	123.5
	25.34	4	12	6.75
	31.85	11	29	10.07
	330.75	47	143	93.54
	162.15	35	105	68.1
	120.36	33	103	63.36
3	138.54	71	212	73.96
	135.57	62	182	54.63
	75.9	48	140	70.92
	130	61	188	173.42
	128.29	58	171	252.96
	25.34	4	12	22.97
	31.85	11	29	64.82
	330.75	47	143	20.81
	162.15	35	105	149
	120.36	33	103	137.8
*En el peso del panícula no se incluyen las cápsulas				

Cuadro 7. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **unicultivo** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 150			
Variable	**Bloque 1**	**Bloque 2**	**Bloque 3**
Granos en la planta (gr)	208.96	187.85	182.4
	199.14	190.37	201.35
	133.3	148.98	188.20
	81.16	101.77	142.10
	97.58	86.29	103.45
	140.17	132.47	129.10
	86.6	108.92	99.84
	122.43	107.88	103.68
	141.22	135.2	162.41
	117.47	121.8	127.65

Cuadro 8. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **cultivo en callejones** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 150			
Variable	**Bloque 1**	**Bloque 2**	**Bloque 3**
Granos en la planta (gr)	122.18	137.42	112.3
	159.61	147.33	132.5
	147.22	128.08	158.3
	97.28	107.25	126.7
	87.55	106.52	102.1
	120.17	116.41	92.5
	114.65	108.2	102.4
	112.4	107.18	103.1
	113.25	111.25	97.65
	107.41	101.8	96.8

Cuadro 9. Datos obtenidos de las 10 plantas de **maíz** (*Zea mays*) para **multiestratos** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 150			
Variable	**Bloque 1**	**Bloque 2**	**Bloque 3**
Granos en la planta (gr)	142.11	157.45	162.43
	179.16	170.31	182.15
	144.2	118.08	168.23
	71.25	111.22	112.17
	87.5	103.25	92.18
	110.17	106.47	99.15
	84.6	98.12	92.54
	112.49	87.98	93.61
	111.25	115.28	112.16
	97.41	81.8	92.66

Cuadro 10. Datos obtenidos de los 10 frutos de **calabaza** (*Cucurbita spp.*) para **unicultivo** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 80			
Variable	**Bloque 1**	**Bloque 2**	**Bloque 3**
Peso fruto fresco (Kg)	2.5	0.9	3.2
	2.4	1.9	2.8
	2.4	1.2	3.1
	2.9	2.4	2.2
	2.1	1.8	2.4
	1.8	2.2	2.7
	2.5	1.6	2
	2.5	2.5	2.5
	2.6	2.8	2.1
	2.2	2.3	2.6

Cuadro 11. Datos obtenidos de los 10 frutos de **calabaza** (*Cucurbita spp.*) para **multiestratos** en cada bloque.

Fecha de siembra 12/06/2011 Días a la cosecha: 80			
Variable	**Bloque 1**	**Bloque 2**	**Bloque 3**
Peso fruto fresco (Kg)	2.3	1.6	2.2
	2.2	1.8	2.6
	2.6	1.2	2.7
	2.7	1.4	2.4
	2.5	1.8	2.5
	1.6	2.1	2.7
	2.1	1.9	2.2
	2.3	2.1	2.3
	2.1	2.5	2
	2.4	2.4	2.5

Anexo 3. Comportamiento de las variables de los cultivos en los diferentes sistemas.

Cuadro 12. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de **higuerilla** (*Ricinus communis*), en los sistemas de unicultivo, cultivo en callejones y multiestratos.

Variable	Sistemas	Promedio de las medias	
Peso del panícula	Multiestratos	128.87	a
	Unicultivo	117.51	a
	Cultivo en callejones	49.653	b
	Pr >/t/para mono vs multi	0.4199	NS
	Pr >F para mono vs multi	<.0001	*
	Pr >/t/para mono vs call	<.0001	*
	Pr >F para mono vs call	0.0430	*
	Pr >/t/para multi vs call	<.0001	*
	Pr >F para multi vs call	<.0001	*
Peso de cápsulas	Unicultivo	83.933	a
	Multiestratos	48.967	b
	Cultivo en callejones	28.667	c
	Pr >/t/para mono vs multi	<.0001	*
	Pr >F para mono vs multi	0.0015	*
	Pr >/t/para mono vs call	<.0001	*
	Pr >F para mono vs call	0.2947	NS
	Pr >/t/para multi vs call	0.0001	*
	Pr >F para multi vs call	<.0001	*
No. de semillas	Unicultivo	197.27	a
	Multiestratos	146.53	b
	Cultivo en callejones	69.6	c
	Pr >/t/para mono vs multi	0.0014	*
	Pr >F para mono vs multi	0.0026	*
	Pr >/t/para mono vs call	<.0001	*
	Pr >F para mono vs call	0.0166	*
	Pr >/t/para multi vs call	<.0001	*
	Pr >F para multi vs call	<.0001	*
Peso de semilla	Multiestratos	111.91	a
	Unicultivo	107.36	a
	Cultivo en callejones	51.918	b
	Pr >/t/para mono vs multi	0.7144	NS
	Pr >F para mono vs multi	<.0001	*
	Pr >/t/para mono vs call	<.0001	*
	Pr >F para mono vs call	0.2938	NS
	Pr >/t/para multi vs call	<.0001	*
	Pr >F para multi vs call	<.0001	*

Promedios de la misma letra entre tratamientos indica que no hay diferencias estadísticas significativas con una $p \leq 0.05$. Pr>/t/: Probabilidad del estadístico t de "student" que si es menor de $p \leq 0.05$ indica que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos indicados en la prueba. Pr>Fc: Probabilidad del estadístico Fc que si es menor que $p \leq 0.05$ indica la no existencia de homogeneidad de varianza entre los datos de los tratamientos indicados en la prueba. NS, * indica no significativo y significativo respectivamente para una $p \leq 0.05$ en los tratamientos.

Cuadro 13. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de maíz (*Zea mays*), en los sistemas de unicultivo, cultivo en callejones y multiestratos.

Variable	Sistemas	Promedio de las medias	
Peso de grano	Unicultivo	132.37	a
	Multiestratos	116.58	a
	Cultivo en callejones	115.92	a
	Pr >/t/para mono vs multi	0.0781	NS
	Pr >F para mono vs multi	0.4178	NS
	Pr >/t/para mono vs call	0.0339	NS
	Pr >F para mono vs call	0.0006	*
	Pr >/t/para multi vs call	0.9215	NS
	Pr >F para multi vs call	0.0075	*

Promedios con la misma letra entre tratamientos indica que no hay diferencias estadísticas significativas con una p≤0.05.
Pr>/t/: Probabilidad del estadístico t de "student" que si es menor de p≤0.05 indica que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos indicados en la prueba.
Pr>Fc: Probabilidad del estadístico Fc que si es menor que p≤0.05 indica la no existencia de homogeneidad de varianza entre los datos de los tratamientos indicados en la prueba.
NS, * indica no significativo y significativo respectivamente para una p≤0.05 en los tratamientos.

Cuadro 14. Estadísticas obtenidas con los datos de las plantas de calabaza (*Cucurbita spp.*), en los sistemas de unicultivo y multiestratos.

Variable	Sistemas	Promedio de las medias	
Peso de fruto	Unicultivo	2.3033	a
	Multiestratos	2.19	a
	Pr >/t/para mono vs multi	0.3353	NS
	Pr >F para mono vs multi	0.1715	NS

Promedios con la misma letra entre tratamientos indica que no hay diferencias estadísticas significativas con una p≤0.05.
Pr>/t/: Probabilidad del estadístico t de "student" que si es menor de p≤0.05 indica que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos indicados en la prueba.
Pr>Fc: Probabilidad del estadístico Fc que si es menor que p≤0.05 indica la no existencia de homogeneidad de varianza entre los datos de los tratamientos indicados en la prueba.
NS, * indica no significativo y significativo respectivamente para una p≤0.05 en los tratamientos.

Anexo 4. Datos utilizados para el análisis en SAS

Cuadro 15. Datos de eficiencia relativa de la tierra para los cultivos en asociación.

Sistema	Bloque	Valor de LER
Cultivo en callejones	1	0.88
	2	0.93
	3	0.97
Multiestratos	1	3.34
	2	2.64
	3	2.70

Datos y programa utilizado para el LER

Sistema SAS

Obs	SISTEMA	BLOQUE	LER
1	CALLEJ	1	0.88
2	MULTI	1	3.34
3	CALLEJ	2	0.93
4	MULTI	2	2.64
5	CALLEJ	3	0.97
6	MULTI	3	2.70

Los resultados que arroja el programa SAS son:

Sistema SAS 13:08 Tuesday, May 4, 2012 1

Obs	SISTEMA	BLOQUE	LER
1	CALLEJ	1	0.88
2	MULTI	1	3.34
3	CALLEJ	2	0.93
4	MULTI	2	2.64
5	CALLEJ	3	0.97
6	MULTI	3	2.70

ler t comparar medias de callejones y multi con heterogeneidad de varianza 2
13:08 Tuesday, May 4, 2012

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	SISTEMA	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev	Upper CL Std Dev	Std Err
LER	CALLEJ	3	0.8147	0.9267	1.0387	0.0235	0.0451	0.2834	0.026
LER	MULTI	3	1.9295	2.8933	3.8571	0.202	0.388	2.4384	0.224
LER	Diff (1-2)		-2.593	-1.967	-1.341	0.1655	0.2762	0.7937	0.2255

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
LER	Pooled	Equal	4	-8.72	0.0010
LER	Satterthwaite	Unequal	2.05	-8.72	0.0119

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
LER	Folded F	2	2	74.03	0.0267

Datos y programa utilizado para la higuerilla

```
options ls=78 ps=58 center nodate nonumber;
/* instrucciones para análisis de datos de la
higuerilla*/;
data higueri;
do sistem='mono','calle','multi';
   do blq=1 to 3 by 1;
         do plt=1 to 10 by 1;
         input Psopanoj Psocaps numsemi Psosemi @@;
         cultivo= 'higuerilla'; ddscosec=188;
output;
end; end; end;
cards;
128.3    72    190   94.5
141.7    86    207   107.7
115.4    59    183   91.6
120.37   91    198   102.51
154.5    104   245   129.5
75.52    83    119   86.03
94.66    95    185   97.08
76.45    78    168   69.75
143.03   118   246   132.45
98.5     75    121   85.15
138.36   79    210   98
136.65   80    201   104.5
122.7    99    268   140
104.77   90    246   132.35
98.5     83    160   107.8
75.6     68    150   94.8
104.65   93    210   118.5
132.5    108   244   130
98.5     85    140   108.5
92.77    84    165   103.45
133.5    76    201   106.35
142.7    87    218   118.2
118.4    72    180   98.5
136.57   80    192   112.8
153 90   242   120
97.85    69    168   90
121.5    77    210   109.66
130.6    82    247   120.6
92.8     65    156   86.75
145 90   248   123.75
34.04    17    54    31.14
34.51    13    39    25.64
80.08    37    112   82.64
60.18    34    101   67.26
52.97    29    89    56.95
33.73    14    40    29.54
47.86    28    81    45.84
34.11    13    38    23.66
33.43    14    42    26.13
41.31    21    62    42.02
88.23    45    135   90.7
25.41    13    38    87
44.09    23    69    35.61
66.18    39    101   76.16
```

```
48.27    27    82    53.15
43.73    24    50    39.44
45.86    27    80    43.84
44.15    23    48    33.62
38.13    24    42    36.13
44.31    31    72    47.25
84.35    55    93    78.5
37.46    38    44    82
74.09    33    71    42.25
69.23    44    92    86.26
48       32    86    58.45
43.73    27    52    40.47
47.8     37    88    53.84
42.25    29    54    38.65
48.1     28    52    46.15
54       41    81    57.25
182.89   70    224   175.49
136.44   61    189   162.7
79.42    33    96    82.88
141.59   75    221   189.86
91.29    42    126   110.49
105.04   55    165   116.94
243      118   351   312.65
87.11    38    113   92.72
112.24   58    173   137.39
129.72   59    168   140.91
138.54   71    212   162.86
135.57   62    182   180.76
75.9     48    140   90.17
130      61    188   118.46
128.29   58    171   123.5
25.34    4     12    6.75
31.85    11    29    10.07
330.75   47    143   93.54
162.15   35    105   68.1
120.36   33    103   63.36
138.54   71    212   162.86
135.57   62    182   180.76
75.9     48    140   90.17
130 61   188   118.46
128.29   58    171   123.5
25.34    4     12    6.75
31.85    11    29    10.07
330.75   47    143   93.54
162.15   35    105   68.1
120.36   33    103   63.36
; run;
proc print data=higueri; run;
proc glm data=higueri; class sistem blq;
model Psopanoj Psocaps    numsemi Psosemi= sistem
blq/ss3;
means sistem/dunnett('mono');
means sistem /tukey;run;
proc sort data=higueri; by sistem;
proc corr data=higueri; by sistem; var Psopanoj
Psocaps  numsemi Psosemi; run;
proc corr data=higueri; var Psopanoj Psocaps
   numsemi Psosemi; run;
```

```
proc glm data=higueri; class sistem blq;
model Psopanoj rzpanoj Psocaps  rzcapsu numsemi
rznsemi Psosemi rzpsemi= sistem blq/ss3;
means sistem/tukey;run;
data monomult monocalle multcalle; set higueri;
if sistem='mono' or sistem='mult' then output
monomult;
if sistem='mono' or sistem='call' then output
monocalle;
if sistem='mult' or sistem='call' then output
multcalle;run;
proc print data=monomult;run;
proc ttest data=monomult; class sistem;  var
Psopanoj Psocaps    numsemi Psosemi;
title 'prueba de t para comparar medias de mono y
multi con heterogeneidad de varianza ';
proc ttest data=monocalle; class sistem; var
Psopanoj Psocaps    numsemi Psosemi;
title 'prueba de t para comparar medias de mono y
callejones con heterogeneidad de varianza ';
proc ttest data=multcalle; class sistem; var
Psopanoj Psocaps    numsemi Psosemi;
title 'prueba de t para comparar medias de multi y
callejones con heterogeneidad de varianza ';run;
```

Los resultados que arroja el programa SAS son:

prueba de t para comparar medias de mono y multi con heterogeneidad de varianz

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psopanoj	mono	30	108.74	117.51	126.28	18.702	23.483
Psopanoj	mult	30	101.78	128.87	155.96	57.778	72.548
Psopanoj	Diff (1-2)		-39.23	-11.36	16.505	45.645	53.92
Psocaps	mono	30	79.14	83.933	88.726	10.222	12.836
Psocaps	mult	30	40.121	48.967	57.812	18.866	23.688
Psocaps	Diff (1-2)		25.12	34.967	44.813	16.127	19.051
numsemi	mono	30	182.34	197.27	212.19	31.835	39.973
numsemi	mult	30	119.89	146.53	173.18	56.829	71.356
numsemi	Diff (1-2)		20.842	50.733	80.624	48.959	57.834
Psosemi	mono	30	101.09	107.36	113.63	13.379	16.799
Psosemi	mult	30	87.51	111.91	136.3	52.032	65.333
Psosemi	Diff (1-2)		-29.2	-4.546	20.107	40.38	47.7

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psopanoj	mono	31.568	4.2874	75.52	154.5
Psopanoj	mult	97.528	13.245	25.34	330.75
Psopanoj	Diff (1-2)	65.888	13.922		
Psocaps	mono	17.255	2.3435	59	118
Psocaps	mult	31.845	4.3249	4	118
Psocaps	Diff (1-2)	23.28	4.919		
numsemi	mono	53.737	7.2981	119	268
numsemi	mult	95.925	13.028	12	351
numsemi	Diff (1-2)	70.671	14.933		
Psosemi	mono	22.583	3.0671	69.75	140
Psosemi	mult	87.828	11.928	6.75	312.65
Psosemi	Diff (1-2)	58.287	12.316		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psopanoj	Pooled	Equal	58	-0.82	0.4177
Psopanoj	Satterthwaite	Unequal	35	-0.82	0.4199
Psocaps	Pooled	Equal	58	7.11	<.0001
Psocaps	Satterthwaite	Unequal	44.7	7.11	<.0001
numsemi	Pooled	Equal	58	3.40	0.0012
numsemi	Satterthwaite	Unequal	45.6	3.40	0.0014
Psosemi	Pooled	Equal	58	-0.37	0.7134
Psosemi	Satterthwaite	Unequal	32.8	-0.37	0.7144

prueba de t para comparar medias de mono y multi con heterogeneidad de varianz

The TTEST Procedure

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psopanoj	Folded F	29	29	9.54	<.0001
Psocaps	Folded F	29	29	3.41	0.0015
numsemi	Folded F	29	29	3.19	0.0026
Psosemi	Folded F	29	29	15.12	<.0001

prueba de t para comparar medias de mono y callejones con heterogeneidad de va

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psopanoj	call	30	43.678	49.653	55.628	12.744	16.001
Psopanoj	mono	30	108.74	117.51	126.28	18.702	23.483
Psopanoj	Diff (1-2)		-78.24	-67.86	-57.47	17.01	20.093
Psocaps	call	30	24.73	28.667	32.603	8.3954	10.542
Psocaps	mono	30	79.14	83.933	88.726	10.222	12.836
Psocaps	Diff (1-2)		-61.34	-55.27	-49.2	9.9424	11.745
numsemi	call	30	60.14	69.6	79.06	20.177	25.334
numsemi	mono	30	182.34	197.27	212.19	31.835	39.973
numsemi	Diff (1-2)		-145	-127.7	-110.4	28.328	33.464
Psosemi	call	30	44.277	51.918	59.559	16.296	20.462
Psosemi	mono	30	101.09	107.36	113.63	13.379	16.799
Psosemi	Diff (1-2)		-65.12	-55.44	-45.77	15.848	18.72

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psopanoj	call	21.511	2.9214	25.41	88.23
Psopanoj	mono	31.568	4.2874	75.52	154.5
Psopanoj	Diff (1-2)	24.553	5.1881		
Psocaps	call	14.171	1.9246	13	55
Psocaps	mono	17.255	2.3435	59	118
Psocaps	Diff (1-2)	14.352	3.0325		
numsemi	call	34.057	4.6254	38	135
numsemi	mono	53.737	7.2981	119	268
numsemi	Diff (1-2)	40.892	8.6404		
Psosemi	call	27.508	3.7359	23.66	90.7
Psosemi	mono	22.583	3.0671	69.75	140
Psosemi	Diff (1-2)	22.876	4.8336		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psopanoj	Pooled	Equal	58	-13.08	<.0001
Psopanoj	Satterthwaite	Unequal	51.2	-13.08	<.0001
Psocaps	Pooled	Equal	58	-18.22	<.0001
Psocaps	Satterthwaite	Unequal	55.9	-18.22	<.0001
numsemi	Pooled	Equal	58	-14.78	<.0001
numsemi	Satterthwaite	Unequal	49.1	-14.78	<.0001
Psosemi	Pooled	Equal	58	-11.47	<.0001
Psosemi	Satterthwaite	Unequal	55.9	-11.47	<.0001

prueba de t para comparar medias de mono y callejones con heterogeneidad de va

The TTEST Procedure

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psopanoj	Folded F	29	29	2.15	0.0430
Psocaps	Folded F	29	29	1.48	0.2947
numsemi	Folded F	29	29	2.49	0.0166
Psosemi	Folded F	29	29	1.48	0.2938

prueba de t para comparar medias de multi y callejones con heterogeneidad de v

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psopanoj	call	30	43.678	49.653	55.628	12.744	16.001
Psopanoj	mult	30	101.78	128.87	155.96	57.778	72.548
Psopanoj	Diff (1-2)		-106.4	-79.22	-52.07	44.47	52.532
Psocaps	call	30	24.73	28.667	32.603	8.3954	10.542
Psocaps	mult	30	40.121	48.967	57.812	18.866	23.688
Psocaps	Diff (1-2)		-29.78	-20.3	-10.82	15.52	18.334
numsemi	call	30	60.14	69.6	79.06	20.177	25.334
numsemi	mult	30	119.89	146.53	173.18	56.829	71.356
numsemi	Diff (1-2)		-104.6	-76.93	-49.26	45.325	53.542
Psosemi	call	30	44.277	51.918	59.559	16.296	20.462
Psosemi	mult	30	87.51	111.91	136.3	52.032	65.333
Psosemi	Diff (1-2)		-85.01	-59.99	-34.97	40.981	48.41

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psopanoj	call	21.511	2.9214	25.41	88.23
Psopanoj	mult	97.528	13.245	25.34	330.75
Psopanoj	Diff (1-2)	64.192	13.564		
Psocaps	call	14.171	1.9246	13	55
Psocaps	mult	31.845	4.3249	4	118
Psocaps	Diff (1-2)	22.403	4.7338		
numsemi	call	34.057	4.6254	38	135
numsemi	mult	95.925	13.028	12	351
numsemi	Diff (1-2)	65.426	13.825		
Psosemi	call	27.508	3.7359	23.66	90.7
Psosemi	mult	87.828	11.928	6.75	312.65
Psosemi	Diff (1-2)	59.155	12.499		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psopanoj	Pooled	Equal	58	-5.84	<.0001
Psopanoj	Satterthwaite	Unequal	31.8	-5.84	<.0001
Psocaps	Pooled	Equal	58	-4.29	<.0001
Psocaps	Satterthwaite	Unequal	40.1	-4.29	0.0001
numsemi	Pooled	Equal	58	-5.56	<.0001
numsemi	Satterthwaite	Unequal	36.2	-5.56	<.0001
Psosemi	Pooled	Equal	58	-4.80	<.0001
Psosemi	Satterthwaite	Unequal	34.6	-4.80	<.0001

prueba de t para comparar medias de multi y callejones con heterogeneidad de v

The TTEST Procedure

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psopanoj	Folded F	29	29	20.56	<.0001
Psocaps	Folded F	29	29	5.05	<.0001
numsemi	Folded F	29	29	7.93	<.0001
Psosemi	Folded F	29	29	10.19	<.0001

Datos y programa utilizado para el maíz

```
/* instrucciones para análisis de datos de maíz */;
data maiz;
do sistem='mono','calle','multi';
   do blq=1 to 3 by 1;
         do plt=1 to 10 by 1;
         input Psograno @@;
         cultivo= 'maiz'; ddscosec=150;
output;
end; end; end;
cards;
208.96   199.14      133.3       81.16 97.58
   140.17      86.6  122.43      141.22      117.47
   187.85      190.37
148.98   101.77      86.29 132.47      108.92
   107.88      135.2 121.8 187.85      190.37
   148.98      101.77
86.29    132.47      108.92      107.88      135.2
   121.8 122.18      159.61      147.22      97.28
   87.55 120.17
114.65   112.4 113.25      107.41      137.42
   147.33      128.08      107.25      106.52
   116.41      108.2 107.18
111.25   101.8 112.3 132.5 158.3 126.7 102.1 92.5
   102.4 103.1 97.65 96.8
142.11   179.16      144.2 71.25 87.5  110.17
   84.6  112.49      111.25      97.41 157.45
   170.31
118.08   111.22      103.25      106.47      98.12
   87.98 115.28      81.8  162.43      182.15
   168.23      112.17
92.18    99.15 92.54 93.61 112.16      92.66
; run;
proc print data=maiz; run;
proc glm data=maiz; class sistem blq;
model Psograno= sistem blq/ss3;
means sistem/dunnett('mono');
means sistem /tukey;run;
proc sort data=maiz; by sistem;
proc corr data=maiz; by sistem; var Psograno; run;
proc corr data=maiz; var Psograno; run;
proc glm data=maiz; class sistem;
model Psograno= sistem/ss3;
means sistem/hovtest=levene;run;
```

```
data monomult monocalle multcalle; set maiz;
if sistem='mono' or sistem='mult' then output
monomult;
if sistem='mono' or sistem='call' then output
monocalle;
if sistem='mult' or sistem='call' then output
multcalle;run;
proc print data=monomult;run;
proc ttest data=monomult; class sistem; var
Psograno;
title 'Maíz t comparar medias de mono y multi con
heterogeneidad de varianza ';
proc ttest data=monocalle; class sistem; var
Psograno;
title 'Maíz t comparar medias de mono y callejones
con heterogeneidad de varianza ';
proc ttest data=multcalle; class sistem; var
Psograno;
title 'Maíz t comparar medias de multi y callejones
con heterogeneidad de varianza ';run;
```

Los resultados que arroja el programa SAS son:

Maíz t comparar medias de mono y multi con heterogeneidad de varianza

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psograno	mono	30	118.71	132.37	146.03	29.133	36.581
Psograno	mult	30	104.85	116.58	128.31	25.024	31.421
Psograno	Diff (1-2)		-1.833	15.79	33.414	28.866	34.099

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psograno	mono	49.176	6.6787	81.16	208.96
Psograno	mult	42.24	5.7367	71.25	182.15
Psograno	Diff (1-2)	41.667	8.8043		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psograno	Pooled	Equal	58	1.79	0.0781
Psograno	Satterthwaite	Unequal	56.7	1.79	0.0782

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psograno	Folded F	29	29	1.36	0.4178

Maiz t comparar medias de mono y callejones con heterogeneidad de varianza

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psograno	call	30	108.88	115.92	122.95	15.006	18.842
Psograno	mono	30	118.71	132.37	146.03	29.133	36.581
Psograno	Diff (1-2)		-31.49	-16.45	-1.415	24.631	29.096

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psograno	call	25.329	3.44	87.55	159.61
Psograno	mono	49.176	6.6787	81.16	208.96
Psograno	Diff (1-2)	35.554	7.5126		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psograno	Pooled	Equal	58	-2.19	0.0326
Psograno	Satterthwaite	Unequal	43.4	-2.19	0.0339

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psograno	Folded F	29	29	3.77	0.0006

Maiz t comparar medias de multi y callejones con heterogeneidad de varianza

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev
Psograno	call	30	108.88	115.92	122.95	15.006	18.842
Psograno	mult	30	104.85	116.58	128.31	25.024	31.421
Psograno	Diff (1-2)		-14.05	-0.662	12.727	21.931	25.907

Statistics

Variable	sistem	Upper CL Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
Psograno	call	25.329	3.44	87.55	159.61
Psograno	mult	42.24	5.7367	71.25	182.15
Psograno	Diff (1-2)	31.657	6.6891		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psograno	Pooled	Equal	58	-0.10	0.9215
Psograno	Satterthwaite	Unequal	47.5	-0.10	0.9215

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psograno	Folded F	29	29	2.78	0.0075

Datos y programa utilizado para la calabaza

Sistema SAS 11:53 Tues

Obs	sistem	blq	plt	Psofruto	cultivo	ddscos
1	mono	1	1	2.5	calabaza	80
2	mono	1	2	2.4	calabaza	80
3	mono	1	3	2.4	calabaza	80
4	mono	1	4	2.9	calabaza	80
5	mono	1	5	2.1	calabaza	80
6	mono	1	6	1.8	calabaza	80
7	mono	1	7	2.5	calabaza	80
8	mono	1	8	2.5	calabaza	80
9	mono	1	9	2.6	calabaza	80
10	mono	1	10	2.2	calabaza	80
11	mono	2	1	0.9	calabaza	80
12	mono	2	2	1.9	calabaza	80
13	mono	2	3	1.2	calabaza	80
14	mono	2	4	2.4	calabaza	80
15	mono	2	5	1.8	calabaza	80
16	mono	2	6	2.2	calabaza	80
17	mono	2	7	1.6	calabaza	80
18	mono	2	8	2.5	calabaza	80
19	mono	2	9	2.8	calabaza	80
20	mono	2	10	2.3	calabaza	80
21	mono	3	1	3.2	calabaza	80
22	mono	3	2	2.8	calabaza	80
23	mono	3	3	3.1	calabaza	80
24	mono	3	4	2.2	calabaza	80
25	mono	3	5	2.4	calabaza	80
26	mono	3	6	2.7	calabaza	80
27	mono	3	7	2.0	calabaza	80
28	mono	3	8	2.5	calabaza	80
29	mono	3	9	2.1	calabaza	80
30	mono	3	10	2.6	calabaza	80

31	mult	1	1	2.3	calabaza	80
32	mult	1	2	2.2	calabaza	80
33	mult	1	3	2.6	calabaza	80
34	mult	1	4	2.7	calabaza	80
35	mult	1	5	2.5	calabaza	80
36	mult	1	6	1.6	calabaza	80
37	mult	1	7	2.1	calabaza	80
38	mult	1	8	2.3	calabaza	80
39	mult	1	9	2.1	calabaza	80
40	mult	1	10	2.4	calabaza	80
41	mult	2	1	1.6	calabaza	80
42	mult	2	2	1.8	calabaza	80
43	mult	2	3	1.2	calabaza	80
44	mult	2	4	1.4	calabaza	80
45	mult	2	5	1.8	calabaza	80
46	mult	2	6	2.1	calabaza	80
47	mult	2	7	1.9	calabaza	80
48	mult	2	8	2.1	calabaza	80
49	mult	2	9	2.5	calabaza	80
50	mult	2	10	2.4	calabaza	80
51	mult	3	1	2.2	calabaza	80
52	mult	3	2	2.6	calabaza	80
53	mult	3	3	2.7	calabaza	80
54	mult	3	4	2.4	calabaza	80
55	mult	3	5	2.5	calabaza	80
56	mult	3	6	2.7	calabaza	80
57	mult	3	7	2.2	calabaza	80
58	mult	3	8	2.3	calabaza	80
59	mult	3	9	2.0	calabaza	80
60	mult	3	10	2.5	calabaza	80

Los resultados que arroja el programa SAS son:

calabaz t comparar medias de mono y multi con heterogeneidad de varianza
11:53 Tuesday, May 4, 2(

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	sistem	N	Lower CL Mean	Media	Upper CL Mean	Lower CL Std Dev	Std Dev	Upper CL Std Dev	Std Err
Psofruto	mono	30	2.1146	2.3033	2.4921	0.4026	0.5055	0.6795	0.0923
Psofruto	mult	30	2.0441	2.19	2.3359	0.3112	0.3907	0.5252	0.0713
Psofruto	Diff (1-2)		-0.12	0.1133	0.3468	0.3824	0.4518	0.552	0.1166

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > |t|
Psofruto	Pooled	Equal	58	0.97	0.3353
Psofruto	Satterthwaite	Unequal	54.5	0.97	0.3355

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
Psofruto	Folded F	29	29	1.67	0.1715

Para el análisis de los datos, se requirió el concentrado de estos mediante el uso de cuadros como el que se ejemplifica, y su llenado se realizó de la siguiente forma:

1.-De acuerdo a la planta, se buscó el valor de Pr > F para la variable entre dos tratamientos (arreglo del cultivo). Por ejemplo para este último (calabaza), la variable Psofruto en el unicultivo y multiestratos, tuvo un valor de 0.1715.

2.-Si Pr >F: Probabilidad del estadístico Fc que si es menor p≤ 0.05 indica la no existencia de homogeneidad de varianza entre los datos de los tratamientos indicados en la prueba. Dependiendo de esto se elige el valor de Pr >/t/ para la variable; en donde si existe homogeneidad de varianzas se elige el valor de Pr >/t/ para varianzas cuadráticas (Variances Equal) y si existe heterogeneidad de varianzas se toma el valor de Pr >/t/ para varianzas no cuadráticas (Variances Unequal). Por ejemplo para la variable Psopanoj de higuerilla en unicultivo y multiestratos, tenemos un valor de 0.4199.

3.- Posteriormente busca el valor de las medias de los tratamientos en comparación (arreglo del cultivo). Por ejemplo para la variable Psopanoj tenemos que para unicultivo presenta una media de 117.51 y para multiestratos de 128.87.

Si Pr >/t/: Probabilidad del estadístico t de "student" que si es menor de p≤ 0.05 indica que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos indicados en la prueba.

Por ejemplo para la variable Psofruto de calabaza en el "unicultivo y multiestratos" tenemos que Pr >/t/ es 0.3353 y al ser este valor ≥ 0.05 entonces significa que no existe diferencia significativa entre los dos tratamientos indicados en la prueba.

Ns= No significativo

*= Indica que es significativo