

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**Centro interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional
Unidad-Oaxaca**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE
RECURSOS NATURALES**

(PROTECCION Y PRODUCCION VEGETAL)

**“EFICIENCIA RELATIVA DE LA TIERRA Y PERSPECTIVAS DE DOS
POLICULTIVOS DE TEMPORAL EN SANTA CRUZ XOXOCOTLAN, OAXACA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

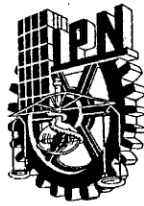
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

MARCO ANTONIO CRUZ RUIZ

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Julio de 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

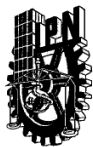
En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **01** del mes **julio** del año **2009**, el (la) que suscribe Cruz Ruiz Marco Antonio alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A070204**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Jaime Ruiz Vega y cede los derechos del trabajo titulado: **“Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca”**. al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó marco_a271@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Cruz Ruiz Marco Antonio



INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 01 del mes de julio del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **"Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca"**.

Presentada por el alumno:

Cruz	Ruiz	Marco Antonio
Apellido paterno	materno	nombre(s)
	-	Con registro: A 0 7 0 2 0 4

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

Dr. Jaime Ruiz Vega

Dr. José Luis Chávez Servia

Dra. Martha Angélica Bautista Cruz

Dr. Rafael Pérez Pacheco

Dr. Celserino Robles Pérez

EI PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

RESUMEN

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 monocultivos. El objetivo general de este trabajo fue evaluar 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 del sitio de estudio. Se establecieron 14 tratamientos, de los cuales, 8 fueron con el método de asociación de cultivos y 6 en monocultivos. En todos los casos, los rendimientos de grano en monocultivo fueron superiores a los obtenidos en asociación, con diferencias significativas entre ellos, a excepción, del rendimiento del maíz en asociación obtenido en el tratamiento Maíz a 28,686 plantas/ha con Higuerilla a 4,781 plantas/ha (M30-H3:1), el cual no fue diferente significativamente al rendimiento en monocultivo obtenido en el tratamiento de Maíz a 28,686 plantas/ha (M30). La mayor eficiencia relativa de la tierra (ERT) fue en los tratamientos en asociación M30-H3:1 y M30-F40 (Maíz a 28,686 plantas/ha con Frijol a 38,248). Además, en todos los indicadores de competencia, las asociaciones de cultivo Maíz-Higuerilla tienen mayores ventajas que en las asociaciones Maíz-Frijol. El mejor tratamiento de higuerilla asociada con maíz (M30-H3:1) produjo 283 kg de semilla con lo que se obtendrían 141.5 L de aceite y 127.35 L de biodiesel, los que mezclados con el diesel tradicional producirían hasta 849 L de biodiesel al 15 % (B15).

PALABRAS CLAVE: Asociación de cultivos, interacciones interespecíficas, agricultura sostenible, agricultura de temporal, biodiesel

ABSTRACT

The associations of crops or polycultures were the forms of production in many countries; In Mexico, this practice is practiced since pre-Hispanic times but the increase in population and consequent increase in demand for food led to the intensification of productive activities to increase crop yields, currently dominated by monocultures. The overall objective of this study was to evaluate two mixed crops: corn-bean and corn-Higuerilla at different densities, using native varieties to identify the association of crops more suited to the agroclimatic conditions of the study site. Fourteen treatments were established, of which 8 were associations of crops and 6 were monocultures. In all cases, grain yields in monoculture were higher than those obtained in association with a significant difference between them, with the exception of the maize yield (28,686 plants/ha) obtained in association with castor bean at 4,781 plants/ha (M30-H3:1), which did not differ significantly from the maize yield obtained in the monoculture treatment of corn planted at 28,686 plants/ha (M30). The largest relative land efficiency (ERT) was found in treatments in association M30-H3:1 and M30-F40 (maize 28,686 plants/ha with Bean to 38,248). Moreover, all the indexes of competition had higher values in the maize-castor bean associations than in the Corn-Bean ones. The best treatment of Higuerilla associated with maize (M30-H3:1) produced 283 kg of seed, which could be obtained with 141.5 L of castor oil and 127.35 L of biodiesel, which once mixed with traditional diesel, could produce 849 L of 15 % biodiesel (B15).

KEYWORDS: crop associations, interespecific interactions, sustainable agriculture, rainfed agriculture, biodiesel

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca por la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Programa Institucional de Formación de Investigadores del IPN por el apoyo brindado para la culminación de mis estudios.

Al Dr. Jaime Ruiz Vega, Director de mi proyecto de investigación, que en todo momento fueron valiosas sus aportaciones al desarrollo del tema.

Al Dr. José Luis Chávez Servia, como parte del Comité revisor en la mejora del contenido de la metodología experimental.

Al Dr. Celerino Robles Pérez, como parte del Comité revisor por sus sugerencias que en todo momento fueron complementando el escrito.

Al Dr. Rafael Pérez Pacheco, como parte del Comité revisor por sus comentarios en los diferentes capítulos para aclarar la exposición del contenido.

A la Dra. Angélica Bautista Cruz por sus constantes sugerencias y valiosas correcciones al escrito.

A todas las personas que con gran gentileza apoyaron el desarrollo del tema, GRACIAS.

Dedicatorias

A LA CREACION. Por encontrar en cada momento oportunidades de aprender de ella para ser más consciente de lo que pasa.

A mis padres, Fernando Cruz Sánchez y Roselia Ruiz Armendáriz quienes siguen compartiendo estos momentos rodeados de cada uno de sus hijos.

A mis hermanos Rafael, Edgardo, Fernando, Omar y Adrián, quienes siguen creciendo y madurando en muchos sentidos y que van consiguiendo realizar lo que se han propuesto.

A mis sobrinas, quienes han llenado de alegría la convivencia familiar.

A mis familiares con quienes cada vez más existen lazos de convivencia y unidad.

A mis compañeros y compañeras que siguen luchando y encontrando oportunidades de hacer las cosas desde su propio punto de vista, con tenacidad y profesionalismo y que van consiguiendo sus propósitos.

Con quienes he compartido y me han brindado días de dicha y creo que en no muy poco, en vida, la misma vida les tiene preparadas buenas nuevas...

A todos, Gracias por continuar compartiendo...

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
CAPITULO I	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	4
CAPITULO III REVISION DE LITERATURA	5
3.1. La asociación de cultivos o policultivos.....	5
3.1.1. La asociación de cultivos y la agricultura tradicional.....	5
3.1.2. Conceptos y definiciones en las asociaciones de cultivos.....	15
3.1.3. Relaciones de competencia en los cultivos asociados.....	17
3.1.4. Razones, ventajas y desventajas de las asociaciones de cultivos.....	19
3.1.4.1. Razones.....	19
3.1.4.2. Ventajas y desventajas en relación a los aspectos biológicos y físicos del agroecosistema.....	19
3.1.4.3. Ventajas y desventajas en relación a aspectos socioeconómicos.....	21
3.1.5. Indicadores de competencia interespecífica.....	22
3.1.6. Indicadores de productividad en los cultivos asociados.....	25
3.2. La producción de cultivos y el desarrollo sostenible.....	30
3.3. El cultivo de la higuera y la producción de biodiesel.....	35
CAPITULO IV MATERIALES Y METODOS	40
4.1. Descripción del sitio experimental.....	40
4.1.1. Localización geográfica del lugar de estudio.....	40
4.1.2. Selección del área de estudio.....	41
4.1.3. Fisiografía.....	41
4.1.4. Clima.....	41
4.2. Metodología.....	42

4.2.1. Diseño experimental y de tratamientos.....	42
4.2.2. Unidad experimental y parcela útil.....	43
4.2.3. Preparación del terreno y siembra.....	44
4.2.4. Labores de cultivo.....	45
4.2.5. Cosecha.....	45
4.2.6. Toma de datos.....	45
4.3. Indicadores de competencia interespecífica.....	48
4.4. Indicadores de eficiencia de la productividad en policultivos.....	48
4.5. Indicadores económicos.....	49
4.6. Análisis estadístico.....	49
CAPITULO V RESULTADOS.....	50
5.1. Resultados de rendimientos en asociación y en monocultivo.....	50
5.1.1. Tratamientos con maíz.....	50
5.1.1.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con maíz.....	50
5.1.1.2. Rendimiento de grano de maíz.....	51
5.1.1.3. Rendimiento de forraje de maíz.....	52
5.1.1.4. Número de hojas por planta de maíz.....	53
5.1.2. Tratamientos con frijol.....	55
5.1.2.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con frijol.....	55
5.1.2.2. Rendimiento de grano de frijol.....	56
5.1.2.3. Rendimiento de materia seca de frijol.....	57
5.1.2.4. Número de vainas por planta de frijol.....	58
5.1.2.5. Número de hojas por planta de frijol.....	59
5.1.3. Tratamientos con higuera.....	60
5.1.3.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con higuera.....	61
5.1.3.2. Rendimiento de grano de higuera.....	61
5.1.3.3. Rendimiento de leña de higuera.....	62
5.1.3.4. Porcentaje de sobrevivencia de higuera.....	62
5.1.3.5. Grosor de tallo de higuera.....	63
5.1.3.6. Número de hojas por planta de higuera.....	64
5.1.3.7. Estimación de la cantidad de biodiesel máxima.....	66
5.2. Resultados de los indicadores de competencia interespecífica.....	67
5.2.1. Coeficiente de agresividad (A).....	67
5.2.2. Coeficiente relativo de amontonamiento o apilamiento (K).....	68
5.2.3. Razón de competencia (RC).....	71
5.2.4. Porcentaje de reducción en alturas con respecto a monocultivos.....	72
5.2.4.1. Altura de plantas de maíz.....	72
5.2.4.2. Altura de plantas de frijol.....	74

5.2.4.3. Altura de plantas de higuera.....	76
5.3. Resultados de los indicadores de eficiencia de la productividad en policultivos.....	78
5.3.1. Eficiencia relativa de la tierra (ERT).....	78
5.3.2. Índice de competencia rendimiento-área (ICRA).....	79
5.3.3. Razón equivalente de área-tiempo (REAT).....	80
5.4. Resultados de humedad del suelo durante el experimento.....	81
CAPITULO VI DISCUSION.....	84
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	85
7.1. Conclusiones.....	85
7.2. Perspectivas.....	86
CAPITULO VIII LITERATURA CITADA.....	87

INDICE DE CUADROS

No.		Página
	Tratamientos	
1	experimentales.....	43
2	Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con maíz.....	52
3	Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con maíz.....	53
4	Rendimiento promedio de forraje en los tratamientos con maíz.....	53
5	Número de hojas promedio en los tratamientos con maíz.....	54
6	Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con frijol.....	56
7	Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con frijol.....	57
8	Rendimiento promedio de materia seca en los tratamientos con frijol.....	58
9	Número de vainas promedio por planta en los tratamientos con frijol.....	58
10	Número de hojas promedio en los tratamientos con frijol.....	59
11	Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con higuera.....	60
12	Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con higuera.....	61
13	Rendimiento promedio de leña en los tratamientos con higuera.....	62
14	Porcentaje de sobrevivencia promedio en los tratamientos con higuera.....	62
15	Grosor de tallo promedio en los tratamientos con higuera.....	63
16	Número de hojas promedio en los tratamientos con higuera.....	65
17	Coeficiente de agresividad (A) en policultivos.....	68
18	Coeficiente relativo de amontonamiento (K) en policultivos.....	70
19	Razón de competencia (RC) en policultivos.....	71
20	Altura promedio en los tratamientos con maíz.....	73
21	Altura máxima promedio en los tratamientos con frijol.....	75
22	Altura promedio en los tratamientos con higuera.....	77
23	Eficiencia relativa de la tierra (ERT) en policultivos.....	79
24	Índice de competencia rendimiento-área (ICRA) en policultivos.....	80
25	Razón equivalente de área-tiempo (REAT) en policultivos.....	81

INDICE DE FIGURAS

No.		Página
1	Localización del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán.....	40
2	Secuencia en el número de hojas por planta de maíz en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	55
3	Secuencia en el número de hojas por planta de frijol en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	60
4	Grosor de tallo de higuierilla en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	64
5	Secuencia en el número de hojas por planta de higuierilla en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	66
6	Secuencia de alturas de maíz en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	74
7	Secuencia de alturas de frijol en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	78
8	Secuencia de alturas de higuierilla en tratamientos con mayor rendimiento de grano.....	82
9	Humedad del suelo promedio a dos profundidades de todo el experimento.....	82
10	Humedad del suelo promedio de 0-15 cm de profundidad en tres tratamientos.....	83
11	Humedad del suelo promedio de 15-30 cm de profundidad en tres tratamientos.....	83
12	Precipitación pluvial promedio durante el 2007 en la zona aledaña al aeropuerto internacional de la Ciudad de Oaxaca.....	84

CAPITULO I. INTRODUCCION

Las asociaciones de cultivos o policultivos eran las formas de producción de muchos países; en México, esta práctica se realiza desde la época prehispánica; posteriormente, por el incremento de la población con la consecuente demanda de alimentos y la aparición de la llamada Revolución Verde, los sistemas de producción se enfocaron al aumento de la productividad en las actividades del ser humano y del rendimiento en los cultivos, actualmente predominan los monocultivos.

Estos sistemas solo se conservan en la agricultura de subsistencia o tradicional pero por ejemplo en Cuba, recientemente se ha llevado a cabo el rescate de las asociaciones de cultivos, que en opinión de muchos “es la máxima expresión de la agricultura sostenible en el trópico” (Casanova *et al.*, 2007).

A nivel mundial los cambios en el clima, la alta emisión de gases de efecto invernadero, la insuficiencia en la producción de granos básicos, el incremento de plagas, y en México, la apertura del tratado de libre comercio para el maíz en el 2008, hacen necesaria la búsqueda de opciones productivas acordes a satisfacer principalmente la demanda de alimentos como fuentes de proteína y carbohidratos, en especial del maíz ya que es requerido tanto para el consumo humano como para la alimentación del ganado; y por otro lado, vegetales que puedan ser aprovechados por ejemplo en la producción de biocombustible, pero no con el uso de granos

básicos para su producción como el bioetanol, el cual en los Estados Unidos se elabora a partir del maíz (Ruiz, 2007).

En México, se siembran unas 8 millones de hectáreas de maíz, situándose en los primeros cuatro lugares a nivel mundial, con una producción aproximada de 22 millones de toneladas al año, en donde más del 90% es de maíz blanco para consumo humano. También se hacen importaciones equivalentes al 50% de la producción. De igual manera, se tiene previsto ampliar la superficie cultivable en 500,000 hectáreas.

Los cambios que puedan darse en los sistemas de producción agrícola, deberán enfocarse hacia un desarrollo sostenible o sustentable, que de acuerdo a los documentos de las Naciones Unidas: Nuestro futuro común o Informe Brundtland y la Agenda 21 (López, 2006), busca “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”. Teniendo estas consideraciones, podrían traer consigo impactos positivos para el productor, el consumidor, la sociedad y el ambiente.

Es por ello que el presente trabajo tiene como propósito evaluar dos cultivos intercalados con maíz de temporal, tales como frijol delgado e higuierilla, a diferentes densidades de siembra esperando que los resultados contribuyan a la definición de cultivos asociados con mayor eficiencia en el uso de la tierra y adaptación al lugar de estudio, previendo condiciones ambientales adversas.

CAPITULO II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Objetivo general

Evaluar dos sistemas de policultivo tradicionales, maíz-frijol delgado y maíz-higuerilla, para identificar la asociación de cultivos más adecuada, a las condiciones agroclimáticas del sitio de estudio y la situación económica de los productores, dentro del marco del cambio climático global.

2.2. Objetivos específicos

- 1.- Determinar las mejores densidades de siembra para dos asociaciones de cultivos, frijol e higuerilla intercalados con maíz de temporal, empleando variedades locales.
- 2.- Obtener la eficiencia relativa de la tierra de las dos asociaciones de cultivos, de acuerdo a su densidad de siembra.
- 3.- Evaluar los costos y beneficios netos, de las asociaciones con respecto a los monocultivos.
- 4.- Valorar las ventajas de las asociaciones de cultivos en estudio, a través de la evaluación de los rendimientos en monocultivo y en asociación, así como de los beneficios potenciales de acuerdo a las condiciones agroclimáticas del sitio de

estudio y la situación económica de los productores dedicados a esta actividad en la zona.

5. Evaluar las perspectivas de los cultivos asociados para el ahorro de combustible fósil y reducción del impacto del cambio climático.

2.3 Hipótesis

1.- Las distintas densidades de siembra evaluadas en las asociaciones no tienen ningún efecto sobre la eficiencia del uso de la tierra .

2.- Los indicadores de competencia interespecifica no son diferentes para ninguna de las asociaciones de cultivos.

3.- Los beneficios netos en las asociaciones son iguales a las obtenidas con los monocultivos.

4. Los cultivos asociados no se adaptan a las características climáticas del sitio ni a las condiciones socioeconómicas del agricultor.

CAPITULO III. REVISION DE LITERATURA

3.1. La asociación de cultivos o policultivos

3.1.1. La asociación de cultivos y la agricultura tradicional

Por la apertura comercial del maíz en el TLC desde el 2008, se requiere estar preparados para competir en el libre mercado. De esta manera, mientras que por un lado se espera que las políticas macroeconómicas, principalmente del país, pongan en marcha estrategias para competir bajo este libre mercado, buscando al mismo tiempo el autoabasto de manera sostenible, con sistemas de producción tecnificados o semi intensivos; por otra parte, es necesario revalorar y fomentar los sistemas de cultivo tradicionales que han demostrado hasta ahora, sobrevivir en el tiempo como alternativa que beneficia a millones de familias mexicanas localizadas lejos de los núcleos urbanos, si bien no para cubrir el déficit de demanda del grano en el país, sí entre otras razones, por su contribución en la conservación del germoplasma en estos lugares con agricultura de subsistencia, ante la amenaza de material transgénico.

Para el incremento de la producción de granos que demanda la población en el país Turrent (2006), menciona tres estrategias que se podrían implementar: a) aumentar la superficie de tierras sembradas en el ciclo primavera-verano en zonas de mediana y baja productividad y en tierras marginales; b) aumentar la porción de áreas

sembradas con un segundo cultivo en zonas de muy buena y buena productividad; y c) promover la siembra de cultivos compuestos como parte de la agricultura tradicional, pero con formas nuevas y de mayor eficiencia, como pueden ser “el patrón doble de cultivo anual-perenne de corte tradicional maíz-higuerilla”.

Entonces, además del empleo de sistemas tecnificados o semi tecnificados en el país, se consideran alternativas dentro de los sistemas de cultivos tradicionales, en donde el sistema milpa ha sido por años la base para la subsistencia de millones de familias teniendo como cultivo principal el maíz con el uso de semillas criollas, al cual se le suma la siembra de frijol, calabaza, tomate y/o chile, con lo que, de acuerdo con Mera (2007), “estos cinco alimentos pueden satisfacer los requerimientos nutricionales necesarios para el desarrollo del ser humano”.

Sin embargo, las asociaciones de cultivos casi han desaparecido debido a la poca superficie disponible y escasez de recursos para la inversión, lo cual ejerce una presión hacia los monocultivos (Ruiz, 2007), existiendo gran parte de la superficie bajo este método de cultivo.

Por lo tanto, siendo el estado de Oaxaca, y en particular, la región de los Valles Centrales una zona, en donde las asociaciones entre maíz, frijol y calabaza han sido representativas y principalmente, que en los lugares más marginados subsisten, en la actualidad se requieren diseñar o adecuar sistemas de cultivos asociados que se adapten a las condiciones socioeconómicas y agroclimáticas presentes en los agroecosistemas para mitigar los problemas de la producción de alimentos de origen

vegetal que proporcionen, principalmente, proteínas y carbohidratos, así mismo que consideren la protección o permanencia del germoplasma in situ, dentro del contexto de condiciones ambientales futuras posiblemente más adversas en las zonas de temporal.

De esta manera, para el manejo de los sistemas de producción Díaz *et al.*, (2004), describen que es necesario, llevar a cabo una combinación de técnicas propias de la etnoagricultura, como son: intercalamiento, asociaciones, relevos, etc. y de la mano de obra; y por otro lado, componentes de la agricultura clásica, como: rotación de cultivos, abonos verdes, fertilizantes orgánicos y químicos, todo ello para lograr una reconversión sustentable.

Así mismo, mencionan que la etnoagricultura en México, se concentra en los estados del sur y sureste, en donde predominan condiciones de ladera, pero es en estos lugares donde se localizan los sitios de mayor vegetación del país, que ayudan en la regulación del ciclo hidrológico y compensan la problemática del cambio climático de la actualidad.

En la Región de los Valles Centrales de Oaxaca, dentro de las diferentes opciones para la producción agrícola se dispone de variedad de especies adaptadas a las condiciones agroclimáticas de la región, las cuales dentro de sus usos se han aprovechado además de comestibles o como alimento para los animales, como plantas medicinales o para la elaboración de insecticidas naturales, como en el caso de la higuera que considerado como cultivo tradicional, tuvo su auge en los 80's, en

la actualidad ha disminuido esta práctica en la cual se intercalaba con el maíz pero ante la eventual crisis energética por la escasez de petróleo se perfila como posible fuente de materia prima para la producción de biodiesel.

En un estudio, Ruiz y Loaeza (2004), mencionan que en los Valles Centrales de Oaxaca se siembran 20,000 ha de la asociación maíz-frijol de mata. En dicho estudio se evaluaron parcelas de tamaño comercial en surcos alternos, sembrando un surco de maíz por dos de frijol, con densidades de 20,000 plantas de maíz y 100,000 de frijol comparado con el método tradicional cuya densidad fue de 40,000 plantas de maíz y de 50 a 60,000 plantas de frijol, por hectárea. Se obtuvo mayor rendimiento y relación beneficio-costo en el método tecnificado, dando mayor importancia al frijol, por tener más probabilidades de producir con respecto al maíz bajo condiciones de temporal y por la mayor estabilidad en el rendimiento para este sistema de cultivos.

Con respecto a la higuierilla (*Ricinus communis* L.), Arredondo (2004), cita diferentes resultados de INIA (1983), SAGAR (1992-97) e INIFAP (1987), señalando que de manera tradicional en el sur del país el cultivo de la higuierilla a ocupado un lugar importante siendo el estado de Oaxaca hasta los ochentas el lugar más relevante en cuanto a superficie de siembra y producción con unas 10,000 hectáreas de la asociación maíz-higuierilla. Por otro lado, describe que entre 1992-97, en la región de los Valles Centrales de Oaxaca se concentraba su cultivo con unas 3,650 hectáreas de dicha asociación. Por otro lado, respecto a su siembra señala que la higuierilla como producto secundario, se sembraba a cada tercer surco con una distancia entre plantas de 1.5 m, siendo baja la densidad por hectárea. Así mismo, la variedad

utilizada es criolla denominada mexicana sanguínea, con características de crecimiento arbustivo y con ciclo de vida de dos años. Por el lado de la fertilización, se señala que este sistema de cultivo tradicional no se fertiliza obteniendo rendimientos de 600 kg/ha de maíz y 450 kg/ha de higuierilla, resaltando que la producción anual estimada en 1,830 toneladas se comercializaba localmente en la pequeña industria extractora de aceite de ricino. También comenta que la disminución de la superficie de siembra se debía a baja productividad y rentabilidad a causa de escasa e irregular precipitación, baja fertilidad de los suelos, baja población de higuierilla asociado al maíz y trilla y limpia manual que demandan mucho esfuerzo y tiempo, agregando la competencia de los países exportadores y bajos precios en el mercado internacional.

En cuanto al contenido de aceite de los ecotipos locales, Ruiz (1979) encontró que uno de tallo morado estuvo entre los más sobresalientes con 52.1% de aceite, mientras que los restantes 18 tenían un promedio del 48 %.

Otro uso que puede darse a la higuierilla es en el control de la erosión, Ruiz *et al.* (2001), llevaron a cabo la evaluación de tecnologías para disminuir la erosión y conservar la humedad de los suelos, en la agricultura tradicional del estado de Oaxaca, para ello emplearon cubiertas vegetales y barreras vivas a diferentes altitudes y pendientes en agrosistemas de ladera y de roza-tumba-quema. La higuierilla se consideró como una de las especies recomendables para utilizar como barrera viva en altitudes de 1,500-1,700 m.s.n.m.

3.1.2 . Conceptos y definiciones en las asociaciones de cultivos

En la producción de cultivos se emplean los siguientes términos:

Unicultivo (sole cropping). Es el crecimiento de una sola variedad de un cultivo en un mismo terreno a una densidad normal.

Monocultivo (monoculture). Es el crecimiento repetitivo de un mismo cultivo en el mismo terreno año tras año.

Rotación (rotation). Es el establecimiento repetitivo de una sucesión ordenada de cultivos sobre el mismo terreno, en donde un ciclo puede tomar varios años.

Patrón de cultivo (cropping system). Es la secuencia anual y el arreglo espacial de cultivos o de los cultivos y la labranza en un área determinada.

Sistema de cultivo (cropping system). Son los patrones de cultivo usados en una finca y sus interacciones con los recursos, otras actividades agrícolas y la tecnología disponible.

Por otra parte, debido a que se han encontrado más de 55 combinaciones diferentes de cultivos múltiples alrededor del mundo, para homogenizar la comprensión de los conceptos relacionados a los policultivos Andrews y Kassam (1976; citados por

Martínez, 1997), estandarizaron los términos, los cuales han sido de aceptación generalizada.

Cultivos secuenciales (secuencial cropping). Es el crecimiento de dos o más cultivos en forma secuencial sobre una misma superficie de terreno durante el transcurso de un año. El siguiente cultivo es sembrado después de que el cultivo anterior ha sido cosechado, por lo tanto, se realiza la intensificación en el uso del terreno en función del tiempo.

Cultivos asociados (intercropping). Es el crecimiento de dos o más cultivos de manera simultánea sobre el mismo terreno durante un ciclo o en el transcurso de un año. De esta forma el manejo de la intensificación en el uso del terreno es en espacio y tiempo. De aquí se derivan los siguientes conceptos:

Cultivos en mezcla (mixed cropping). Es cuando dos o más cultivos crecen de forma simultánea en un terreno en donde no se establecen surcos.

Cultivos asociados en surco (row intercropping). Se da cuando dos o más cultivos crecen de forma simultánea y mínimo un cultivo se establece en surcos.

Cultivos asociados en franjas (strip cropping). Es cuando dos o más cultivos crecen en diferentes franjas lo suficientemente amplias permitiendo que cada cultivo se desarrolle independientemente pero lo suficientemente angostas para que exista una interacción agronómica entre los cultivos.

Cultivos en relevos (relay cropping). Existen dos cultivos creciendo simultáneamente durante una parte del ciclo de vida de cada uno. Para este caso el segundo cultivo se siembra antes de la cosecha del primero.

Otros términos empleados en las asociaciones de cultivos (Vandermeer, 1989; citado por Martínez, 1997) son:

Facilitación (facilitation). Es el proceso en el que dos plantas individuales o dos poblaciones de plantas interactúan de tal forma que al menos una ejerce un efecto positivo sobre la otra. La doble facilitación equivale a mutualismo.

Competencia (competition). Es el proceso en el que dos plantas individuales o dos poblaciones de plantas interactúan de tal modo que al menos una ejerce un efecto negativo sobre la otra.

3.1.3. Relaciones de competencia en los cultivos asociados

Para describir las relaciones de competencia interespecífica e intraespecífica en las asociaciones de cultivos, se han desarrollado diversos modelos para los cuales se distinguen tres categorías de competencia entre dos especies en asociación (Willey, 1979, citado por Martínez, 1997).

- Inhibición mutua. Se da cuando los rendimientos obtenidos por ambos cultivos son menores a los esperados, pero este caso se presenta raras veces.
- Cooperación mutua. Se da cuando cada cultivo produce más cuando son sembrados juntos que en forma separada. Esto se puede presentar en los

casos con bajos niveles de tecnología y cuando las densidades de siembra son relativamente bajas o subóptimas.

- **Compensación.** Esta es la relación de competencia más común y se presenta cuando un cultivo produce más y el otro menos de lo esperado (en base a las proporciones relativas en la asociación). El cultivo más competitivo es el dominante y el otro, en consecuencia, el dominado.

Por lo tanto, las investigaciones se enfocan a explicar los fenómenos de compensación, sin embargo Willey (1979; citado por Martínez, 1997) empleando metodologías de series de reemplazo describe de cierto modo los efectos de competencia y compensación pero no se aportan las bases suficientes para el entendimiento de las interacciones internas y su relación con los rendimientos finales.

Se ha aceptado que para cierto patrón de cultivo en donde se tenga presente un factor limitante, si la competencia interespecífica es menor que la competencia intraespecífica entre las plantas para el mismo factor, existirá mayor potencial de producción para ese patrón en particular (Andrews, 1972; Willey, 1979; citados por Martínez, 1997).

3.1.4. Razones, ventajas y desventajas de las asociaciones de cultivos

3.1.4.1. Razones

- ✓ Estabilidad productiva. Ante la heterogeneidad de los cultivos asociados se mantiene un comportamiento más constante ante los cambios del medio ambiente que en la siembra de sus componentes en unicultivo.
- ✓ Estabilidad económica familiar. Se logra una producción constante de varios productos agrícolas para el consumo familiar en un determinado de tiempo.
- ✓ Necesidad técnica. Es una necesidad cuando se requiere por ejemplo la mezcla de zacates y leguminosas para el pastoreo directo o en la siembra asociada maíz-frijol de guía, en donde el maíz le sirve de soporte.
- ✓ Condición social. Se presenta en cultivos asociados distribuidos en mosaico a nivel de parcela o regional, influido por la baja disponibilidad de tierras, existiendo dentro y entre parcelas una diversidad de cultivos en pequeña o mediana escala.
- ✓ Mayor productividad física. En varias situaciones, la siembra en asociación incrementa el rendimiento físico conjunto siendo mayor al promedio de los rendimientos obtenidos en condiciones de unicultivo.

3.1.4.2. Ventajas y desventajas en relación a los aspectos biológicos y físicos del agroecosistema

I. Ventajas

- Existe mayor eficiencia en el uso de los factores del crecimiento (luz, agua y nutrientes).

- Se puede mejorar el uso del espacio vertical para mayor aprovechamiento de la energía solar y los nutrientes del suelo.
- Se pueden integrar mayores cantidades de biomasa (materia orgánica) al agroecosistema y hasta de mejor calidad.
- Son muy apropiados para zonas marginadas no restringidas o áreas con considerable variabilidad, en donde pueden tomar mayores ventajas ante la presencia de heterogeneidad en el tipo de suelo y topografía irregular.
- Existe mayor amortiguamiento a la variación de las condiciones ambientales.
- Se reduce la evaporación del agua de la superficie del suelo.
- Se reduce la erosión en la superficie del suelo por medio de una protección física.
- Se realiza un uso más completo de los fertilizantes debido a la formación de una estructura radical más diversa y profusa que permite la absorción de nutrimentos de manera más eficiente.
- Cuando se emplean leguminosas (así como algunas otras familias de plantas) se puede fijar e incorporar nitrógeno atmosférico al agroecosistema.
- Se incrementa la cubierta vegetal en el suelo, la cual ayuda a controlar la presencia de maleza y produce beneficios físicos al terreno.
- Se presentan mayores oportunidades en el control biológico de plagas y enfermedades.

II. Desventajas

- Se tiene mayor competencia por los factores del crecimiento (luz, agua y nutrientes del suelo).
- En ocasiones se pueden presentar efectos alelopáticos entre las especies cultivadas.
- En ocasiones se dificulta o imposibilita la mecanización del sistema.
- Se incrementa las pérdidas de agua por evapotranspiración provocada por mayor volumen radical y área foliar más extensa.
- El incremento de la humedad relativa que se produce puede favorecer el ataque de enfermedades, especialmente fungosas.

3.1.4.3. Ventajas y desventajas en relación a aspectos socioeconómicos

I. Ventajas

- Al no dependerse de un solo cultivo, las fluctuaciones en precios y mercado así como los daños producidos por problemas fitosanitarios y efectos climáticos adversos no son tan drásticos sobre el factor económico del sistema.
- Se favorece la vida silvestre, en forma tal que con una explotación racional puede constituirse en una fuente importante de proteínas.
- En algunos casos se reduce el consumo de fertilizantes.
- Existe mayor flexibilidad en la distribución del trabajo durante el transcurso del año.
- Los sistemas de cultivos asociados pueden ocupar mucha más mano de obra en regiones y épocas con alto desempleo.

- Ciertos sistemas de cultivos asociados permiten un cambio gradual de prácticas agrícolas más destructivas a tecnologías más apropiadas sin que haya un decremento en la productividad.
- En sistemas en donde se incluyen especies arbóreas y/o ganado, pueden constituir un tipo de “ahorro” para el futuro, mientras que los cultivos a corto plazo, satisfacen solo las necesidades inmediatas.

II. Desventajas

- En algunos casos, los rendimientos obtenidos resultan más bajos, obteniéndose solo producciones a nivel de subsistencia.
- Para muchos de los sistemas económicos actuales, los cultivos asociados no se consideran económicamente eficientes debido a las actividades necesarias para que sean funcionales.
- Normalmente se demanda una mayor mano de obra, lo que para determinadas condiciones socioeconómicas se considera como desventaja.
- Existe cierta oposición del sistema crediticio y de aseguramiento agropecuarios hacia la instauración de estos sistemas de producción.

3.1.5. Indicadores de competencia interespecífica

Dependiendo del objetivo del estudio, existe un fuerte debate para la evaluación de las asociaciones de cultivos ya que desde el punto de vista agronómico ha bastado el uso de indicadores de productividad para conocer los efectos de algunas variables sobre el rendimiento, sin embargo se menciona que desde el punto de vista biológico

se obtienen mayores elementos con indicadores de competencia interespecífica para identificar el funcionamiento de las asociaciones de cultivos y de ahí explicar los efectos en el rendimiento obtenido, para ello en un trabajo sobre los diseños experimentales y análisis estadísticos utilizados para evaluar asociaciones de cultivos se identifica el alcance en cada caso en la interpretación de los rendimientos obtenidos (Connolly J., et al, 2001).

La mayoría de los indicadores tanto de competencia interespecífica como de eficiencia en la productividad de los policultivos fueron modelados usando diseños experimentales en series de reemplazo, aunque este modelo de acuerdo con Chargoy (2004) establece una situación artificial al variar las proporciones sin cambiar las densidades pero de acuerdo con Harper (1977; citado por Chargoy, 2004), son particularmente elegantes para este tipo de estudios.

A continuación se describen algunos indicadores utilizados en estudios de cultivos asociados para medir la competencia interespecífica:

- a. Coeficiente de agresividad (A). Fue propuesto por McGilchrist y Trenbath (1971; citados por Martínez, 1997), con el cual se mide la dominancia de un cultivo sobre otro y está basado en estudios de series de reemplazo.

Una forma de calcularlo es como $A = 2(L_i - L_j)$; donde L_i y L_j , son las ERT parciales de los cultivos i y j en los casos de proporciones de siembra 1:1.

Se utiliza la siguiente regla de decisión: si $A=0$, son igualmente competitivos; cuando $A > 0$, dominancia de un cultivo, (+) el primer cultivo es dominante o (-) el primer cultivo es dominado. A mayor valor, las diferencias entre las habilidades competitivas de los cultivos serán mayores.

b. Coeficiente relativo de amontonamiento o apilamiento (K) o en el idioma inglés Crowding. Fue propuesto por De Wit (1960, citado por Martínez, 1997) y posteriormente desarrollado por Hall (1974). Para su cálculo se asume que las mezclas o combinaciones de las dos especies forman una serie de reemplazo, en donde cada especie o cultivo tiene su propio coeficiente (k), lo cual da los elementos para conocer si aquella especie a producido un mayor o menor rendimiento de lo esperado.

Se obtiene como $K = k_{ij} * k_{ji}$; en donde, k_{ij} y k_{ji} , son los coeficientes relativos de amontonamiento parciales de cada cultivo i y j. Los k parciales se calculan como: $k_{ij} = L_i / (1 - L_i)$ y $k_{ji} = L_j / (1 - L_j)$; donde L_i y L_j , fueron descritos anteriormente y también se considera en proporciones de siembra 1:1. Para este indicador, valores mayores a la unidad dan ventaja a la asociación de cultivos en relación a la siembra de monocultivos. También, el componente que presente el coeficiente más alto será el cultivo dominante.

c. Razón de competencia (RC) o en el idioma inglés Competitive Ratio. Fue propuesto por Willey y Rao (1980, citado por Martínez, 1997), se utiliza para

determinar el número de veces que un cultivo componente es más competitivo que el otro.

Se obtiene como $RC = L_i/L_j$, para proporciones de siembra 1:1; donde L_i y L_j , fueron descritos anteriormente.

Este indicador permite: 1) comparar la habilidad competitiva de diferentes cultivos de una asociación; 2) medir los cambios competitivos dentro de una asociación en particular, cuando se hacen variar algunos factores de la producción, 3) identificar los caracteres agronómicos que están asociados con la habilidad competitiva y 4) determinar el balance óptimo de competencia entre los cultivos componentes.

Sin embargo, Chargoy (2004), encuentra incongruencias en el coeficiente relativo de amontonamiento K y de agresividad A , así como en el indicador de eficiencia en la productividad de cultivos asociados ERT , por lo que propone un índice alternativo para este último que se describe en el siguiente capítulo.

3.1.6. Indicadores de productividad en los cultivos asociados

Chargoy (2004), menciona que a partir de los 60's se dio una reevaluación del papel de las asociaciones de plantas cultivadas, ya que los monocultivos como estrategia, estaban siendo cuestionados desde los aspectos ecológico, social y agronómico, demostrándose que aunque en ocasiones los rendimientos en los monocultivos eran

mayores, los obtenidos en las asociaciones o mixtos mostraban mayor producción en términos económicos y agronómicos (Trenbath, 1974; citado por Chargoy, 2004).

Para la medición agronómica de la eficiencia en el rendimiento de los cultivos múltiples se utilizan varios indicadores propuestos por de Wit (citado por Chargoy, 2004), entre ellos se encuentran la Razón de Superficie Equivalente (RASE) o Land Equivalent Ratio (LER) y también utilizado por Herrera y Ruiz (1994), bajo el nombre de Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT), sin embargo, debido a inconsistencias encontradas con el indicador ERT, Chargoy y Solís (1986), proponen el Índice Comparativo de Rendimiento-Área (ICRA), con el cual se pretende medir más “efectivamente” la eficiencia de los cultivos asociados.

Para el cálculo de la eficiencia en la productividad de las asociaciones de cultivos se tienen los siguientes indicadores:

- a. Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT) o Razón de Superficie Equivalente (RASE) o en sus siglas en inglés Land Equivalent Ratio (LER). Se define como el área total requerida bajo un cultivo para alcanzar los mismos rendimientos obtenidos en una asociación de cultivos (Mead y Willey, 1980; citados por Martínez, 1997).

Se ha generalizado el uso de este índice tomando la suma de los rendimientos relativos de los cultivos componentes lo cual originalmente fue expresado como el Rendimiento Relativo Total (RRT). Cuando el valor es igual o menor a 1, indica que

no existen ventajas de la asociación sobre los monocultivos (De Wit y van den Bergh, 1965; citados por Martínez, 1997).

Se determina como $ERT = \Sigma(Y_i/Y_{ii})$; donde: Y_i , es el rendimiento del i ésimo cultivo en asociación y Y_{ii} , el rendimiento del mismo cuando se establece como monocultivo (Trenbath, 1976; Chargoy, 2004; Herrera y Ruiz, 1994).

De acuerdo con Willey (1979; citado por Martínez, 1997), la especie en asociación con el mayor valor de rendimiento relativo, refleja mayor competitividad hacia los factores limitantes del crecimiento.

El índice ERT o su equivalente RRT estuvieron basados en estudios de series de reemplazo en donde se van variando las proporciones de los cultivos en asociación manteniendo la densidad de población total constante, sin embargo se ha aplicado en cualquier situación de densidad de población de cultivos asociados, aunque como en el caso de Mead y Riley (1981; citado por Martínez, 1997), están en desacuerdo con el uso de éste índice ya que mencionan que el estudio de los cultivos asociados son principalmente agronómicos lo cual debe implicar la búsqueda de la mejores condiciones que permitan el crecimiento óptimo simultáneo de los cultivos componentes.

El valor de ERT está determinado por algunos factores como: la densidad de población, la habilidad competitiva de los cultivos componentes en la asociación, la duración del ciclo de crecimiento de los cultivos y las variables de manejo que

afectan la respuesta individual de los cultivos componentes (Willey, 1985; citado por Martínez, 1997).

Dependiendo del objeto del estudio, la estandarización de los rendimientos en monocultivo como parámetro de comparación con los obtenidos en los cultivos múltiples puede llevar al uso del promedio general de los monocultivos en el experimento.

b. Índice Comparativo de Rendimiento-Área (ICRA), propuesto por Chargoy y Solís (1986, citado por Chargoy, 2004). Si el valor es igual o menor a la unidad no existe ventaja de la asociación con respecto a los monocultivos de sus componentes.

Se obtiene mediante la expresión: $ICRA = r(X_i+X_j)/(Y_i+Y_j)$; donde: r , es el coeficiente de compensación (igual al número de especies que se cotejan o igual al número de unidades de superficie comparable); X_i , es el rendimiento de la i -ésima especie en asociación y Y_i , es el rendimiento de la misma i -ésima especie en monocultivo.

Razón equivalente de área-tiempo (REAT) o por sus siglas en inglés ATER (Área Time Equivalent Ratio) fue propuesta por Hiebsch y McCollum (1987, citados por Martínez, 1997) como una modificación al ERT. Con este índice se toma en cuenta el tiempo que abarcan los cultivos desde la siembra hasta la cosecha, lo que permite realizar una evaluación de los cultivos basándose en los rendimientos obtenidos por día a través de un ciclo de cultivo.

Se obtiene como $REAT = (L_i t_i + L_j t_j) / T$; donde, L_i y L_j , son las ERT parciales de los cultivos i y j ; t_i y t_j , es la duración en días de los cultivos i y j ; T , es la duración en días del sistema en asociación.

Se considera que este índice subestima las ventajas de la asociación cuando los cultivos componentes difieren en su periodo de crecimiento. En parte, porque no se puede establecer un cultivo de forma inmediata después de la cosecha del cultivo que le precede, por lo que existe una “pérdida” de tiempo en relación a la productividad biológica de los unicultivos. Además, posiblemente una determinada época puede no ser suficientemente larga para establecer dos unicultivos en secuencia pero si se puede llevar a cabo entre uno de ciclo largo con uno de ciclo corto. También bajo condiciones de temporal restringido, establecer dos cultivos en secuencia puede ser más difícil que hacerlo en asociación. Tomando estas consideraciones se ha recomendado el uso de la ERT en zonas semiáridas y el de REAT para los trópicos húmedos en épocas de crecimiento continuo (Fukai, 1993; citado por Martínez, 1997).

Algunos estudios realizados sobre cultivos asociados con maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca, mostraron mayor rentabilidad en el monocultivo de frijol, que en las asociaciones maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-higuerilla, aunque de menor eficiencia relativa de la tierra (Herrera y Ruiz, 1994; Ruiz y Loaeza, 2004). Sin embargo, en ninguno de estos estudios se determinaron indicadores de la competencia interespecífica de los cultivos.

Por otra parte, algunos resultados de estos indicadores para cultivos asociados en Cuba (Casanova, 2007), bajo el nombre de Índice Equivalente de la Tierra (IET) son: para las asociaciones Yuca-Frijol de 1.60 y 1.75; en Yuca-Maíz de 1.75, 1.68 y 1.82; en Yuca-Tomate de 1.86; en Yuca-Tomate-Maíz de 1.98, en Lechuga-Maíz de 1.67 y en Boniato-Calabaza de 1.10. De donde se observa un amplio rango de valores, desde 1.10 hasta 1.98.

3.2. La producción de cultivos y el desarrollo sostenible

Para el desarrollo sostenible de la humanidad, se han planteado diferentes factores que se deben considerar para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, con el fin de producir los bienes y servicios que demanda la sociedad. El paradigma del desarrollo sostenible, está sujeto a condiciones que pueden ser complejos o no dependiendo de factores ambientales, geográficos, demográficos, políticos y principalmente de todos los actores sociales que intervienen para la adopción de estos criterios e iniciar un proceso de explotación de dichos recursos considerando, además de los beneficios económicos, la protección del ambiente y el bienestar social.

En el presente trabajo se utiliza el concepto de desarrollo sostenible, en términos de equidad y redituabilidad, en donde López (2006), menciona utilizando el término de desarrollo sustentable, que se refiere a “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” de acuerdo a los documentos de las Naciones Unidas: Nuestro futuro común o

Informe Brundtland y la Agenda 21, en el cual se consideran las siguientes líneas de acción:

1. Protección de la atmósfera: cambios climáticos, deterioro de la capa de ozono y contaminación transfronteriza,
2. Preservación de los recursos de la tierra: acciones contra la deforestación, la pérdida de suelo y la desertización,
3. Conservación de la biodiversidad,
4. Protección de los recursos de agua dulce,
5. Conservación de los mares y océanos, así como la utilización racional de sus recursos vivos,
6. Manejo ambiental de los desechos biotecnológicos y peligrosos,
7. Prevención del tráfico ilegal de productos y residuos tóxicos,
8. Mejora de la calidad de vida y de la salud humana,
9. Elevación del bienestar y de las condiciones de trabajo de los estratos más pobres de la población.

Así mismo, Becerra (1998), empleando el término “desarrollo sustentable”, menciona que esto se refiere a la sustentabilidad ambiental junto con la satisfacción equitativa de las necesidades del hombre. Así mismo, menciona que las acciones que encauzan el logro de este enfoque en México, se basan en revalorar la actividad agropecuaria y forestal, revertir la descapitalización del campo, combatir efectivamente la pobreza, impulsar la educación y fortalecer una ética sobre la tierra.

Por otro lado, Turrent y Moreno (1998), sobre este paradigma, hacen un estudio que relaciona la producción sostenible de alimentos en el mundo, la superficie disponible y el crecimiento demográfico hasta el año 2025. Para ello señalan:

“La producción sostenible de alimentos de origen vegetal requiere de la existencia de sistemas agrícolas que puedan evolucionar hacia un mayor aprovechamiento humano y, a la vez, tengan una mejor eficiencia en el uso de los recursos disponibles, así como, que permitan el establecimiento de un equilibrio con el ambiente, que sea favorable, tanto a los humanos, como a la mayoría de las otras especies existentes en diversos ecosistemas”.

Mencionan algunos trabajos en China y la India, como por ejemplo un proyecto sobre el reordenamiento de 2,391 cuencas hidrológicas para su manejo bajo condiciones de temporal, en el cual se busca conservar el agua de lluvia con el uso racional de la tierra. También, el caso de agricultores tradicionales del subtrópico mexicano con sistemas dobles y triples de cultivos: maíz-frijol, maíz-maíz; y maíz-frijol-maíz bajo condiciones de temporal.

Para incrementar la intensidad de la producción, señalan algunas herramientas agronómicas tradicionales, como son: la rotación de los cultivos, la reposición periódica y conservación de la materia orgánica y de la estructura del suelo, protección contra la erosión, uso de fertilizantes y mejoradores del suelo, uso de variedades e híbridos mejorados con alta relación grano/paja, sistemas integrados de protección contra enemigos de las plantas, entre otras.

De igual manera, comentan que el incremento de la población y la demanda de alimentos en el mundo hasta el 2025 prácticamente se conoce, lo cual no es así en cuanto a su disponibilidad, además aproximadamente el 80% de la población mundial estará concentrada en los países en desarrollo con el 52% de tierras productivas sin autosuficiencia alimentaria. Por otra parte, señalan que la comunidad agronómica no acepta la agricultura sustentable con bajos recursos externos, sino más bien una adecuación a la Revolución Verde complementada con la primera y con el conocimiento científico que se tiene actualmente. Por otro lado, también se considera una solución agronómica para los países en desarrollo, considerando: 1) incremento de alimentos de origen vegetal por unidad de superficie, con preservación o mejoramiento de sus recursos agrícolas; y 2) la minimización de la presión ocasionada por la apertura de nuevas tierras de labor y el trastorno indirecto sobre el ecosistema virgen. Finalmente, enuncian lo siguiente:

“La forma en que los productores agrícolas del mundo aprovechen las tecnologías para aumentar las dimensiones de capacidad y de intensidad del sistema agrícola global, será el resultado de la conjugación global, regional y nacional de factores, tales como: (1) la tasa de incremento de la población; (2) la dotación en calidad y en cantidad del recurso tierra de labor *per capita*; (3) el grado de desarrollo; (4) la calidad de las políticas de subsidio al sector agrícola; (5) las presiones de los países desarrollados para ordenar el mercado global; (6) la calidad del capital institucional y social; y (7) la disponibilidad de recursos internacionales para estimular la productividad y la sostenibilidad del sistema agrícola mundial”.

Bajo este contexto y ante la perspectiva por la apertura del tratado de libre comercio para el caso del maíz desde el 2008, así como la posibilidad de generar alternativas de energía renovable como son los biocombustibles a partir de productos vegetales que no compitan con las fuentes para consumo humano, las intervenciones para el mejoramiento de los sistemas de producción intensivos, semi intensivos o tradicionales deben prever tomar en cuenta todos estos aspectos, para avanzar hacia un desarrollo sostenible, en términos de equidad y redituabilidad; logrando así un impacto positivo en términos ambientales, sociales y económicos cuantificados por los indicadores correspondientes.

Esta combinación podría ser impulsada bajo una política nacional, a través de los actores sociales involucrados: gobierno, organizaciones y sociedades civiles e individuos interesados en buscar alternativas productivas que mejoren por una parte, la economía del sector primario y por otro lado, que protejan la biodiversidad. Es decir, que incluyan el uso eficiente de los recursos naturales bajo una ideología de conservación de la biodiversidad, así como la autonomía y autosuficiencia alimentaria de grupos humanos, redituándole en mayores ingresos, y generando competitividad y alianzas en la actividad productiva desarrollada, ya sea a escala tradicional o empresarial, pero que finalmente el beneficio sería para productores y consumidores, es decir para la sociedad en general.

Todo esto mediante un esquema de construcción de indicadores y metodologías de evaluación de los impactos positivos acordes a cada región agroecológica o territorial, en aspectos socioeconómicos, de equidad, contaminación, etc. en el marco

de un desarrollo sostenible de la agricultura nacional. Así como de su promoción mediante un proceso educativo que incluya concientización, capacitación y flujo de información, entre otros.

Es por ello que el presente trabajo, comprende la evaluación de cultivos asociados en condiciones de temporal, cuyas especies denominadas nativas están adaptadas a las condiciones agroclimáticas de la región de los Valles Centrales de Oaxaca, que para el caso de la asociación maíz-frijol, estaría enfocado hacia el fortalecimiento de este sistema de producción dentro de un mercado local o nacional; y para el caso de la asociación maíz-higuerilla, además de la obtención de granos de maíz para el consumo, en la higuerilla es conocer sus posibilidades como materia prima para la producción de biodiesel, dentro del contexto internacional y dentro del marco del cambio climático global, lo cual eventualmente podría llevar a la obtención de un ingreso adicional a la economía local de la zona de estudio, generalmente basada en la agricultura tradicional o también llamada de subsistencia que si bien no está orientada desde el punto de vista comercial hacia una explotación intensiva, ésta asociación cumple funciones de generación de ingresos, provisión de especies alimenticias y de uso doméstico como la leña, así como la conservación de especies criollas y el uso de recursos naturales renovables para la producción de biodiesel.

3.3. El cultivo de la higuerilla y la producción de biodiesel

Arredondo (2004) cita a Preciado (1959), quien menciona que la higuerilla (*Ricinus communis* L.) es una planta oleaginosa de la familia de las Euforbiáceas originaria de

África Oriental que en el siglo XVI fue introducida a América por los españoles. El primero describe que de la semilla se extrae el aceite de ricino, el cual se utiliza en la medicina y como fuente de energía para alumbrado público. Por otro lado, citando a Robles (1980) y Vora *et al.* (1984) comenta que entre La India, Brasil y China producen alrededor de 485 mil toneladas que representan el 69% de la producción mundial; de la misma manera cita a Schwitzer (1983) señalando que dicho aceite de ricino tiene alta demanda en la industria automotriz así como para la fabricación de pinturas y cosméticos, estimando que los requerimientos a nivel mundial para el año 2000 podrían ser de 500 mil toneladas. Otros usos para la industria, es en la fabricación de jabones, barnices, lubricantes para motor, adhesivos, lacas, etc.; siendo un producto altamente tóxico. Una de las consideraciones es que para su comercialización se requiere que las semillas contengan más de 47% de aceite de ricino.

En el país, a éste cultivo se le encuentra distribuido en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Yucatán, Hidalgo, San Luís Potosí, Sonora, Morelos, Distrito Federal y México, entre otros.

Uribe y Longoria (2007), en un “Estudio sobre la viabilidad de producir biodiesel en México”, llevaron a cabo la recopilación de información vía internet, encontrando lo siguiente:

El biodiesel es un combustible de origen vegetal, que surge como alternativa al obtenido del petróleo, cuya diferencia se refleja en que es un producto energético renovable y lo cual es obtenido de oleaginosas, como la palma de aceite e higuierilla.

Con este biocombustible se busca menor dependencia del petróleo, disminución del precio a los consumidores, aprovechamiento agrícola en la producción de estos cultivos con la generación de empleos y, de menor impacto al medio ambiente, entre otros.

Por otro lado, en el Boletín estadístico del sector agropecuario del estado de Michoacán (2006), se menciona que el cultivo de la higuierilla es posible, a través de un programa de reconversión productiva y aprovechando las capacidades de adaptación de esta planta principalmente bajo condiciones de temporal y poca humedad, prefiriendo las regiones donde las temporadas de sequía le siguen a las de lluvia; reportando que es una oleaginosa conocida con diferentes nombres como: tártago, ricino mamona, palma christi o como higuera infernal. De su nombre científico *Ricinus communis L.*, se menciona que la palabra *Ricinus* es una palabra latina que significa garrapata que hace referencia a la forma de la semilla.

Dentro de los usos de la planta, se menciona que el aceite de ricino extraído de las hojas, no solo sirve para purgar, ya que declaraciones del Presidente de la Asociación Nacional de Higuierilla de Colombia, señalan que es el “petróleo verde”, y tiene por lo menos 700 aplicaciones para elaborar plásticos, cosméticos, pinturas, recubrimientos, fungicidas, champú, así como en la industria de motores de alta

revolución y en la aérea, entre otras. Se menciona que es la única oleaginosa natural con propiedades químicas que le proporcionan la facultad de poderse transformar en una gran cantidad de productos que podrían sustituir a algunos derivados del petróleo, particularmente en la elaboración de biodiesel que se podría utilizar de manera directa sin modificaciones para el motor, obteniendo una eficiencia del 95% respecto al diesel obtenido del petróleo.

En el Foro Consultivo, Científico y Tecnológico 2007, de la Secretaria de la Reforma Agraria, Ruiz (2007), presentó una ponencia denominada “Cultivos asociados para enfrentar la crisis energético-ambiental en las zonas tropicales subhúmedas de México”, exponiendo los efectos de los cambios ambientales que traerían consigo problemas principalmente en los cultivos de temporal, señalando por otro lado, el advenimiento del agotamiento del petróleo, lo que en conjunto hace prioritario encontrar sistemas de cultivos adaptados a las nuevas condiciones agroclimáticas para satisfacer las fuentes de nutrientes tanto de proteína como de carbohidratos y a su vez, buscar productos vegetales que no compitan con el alimento humano para la producción de biocombustible.

De acuerdo con Ruiz (2007), “la reciente popularidad de los biocombustibles es una posibilidad, pero no de aquellos que utilicen granos básicos para su producción como el bioetanol, el cual en los Estados Unidos se elabora a partir del maíz”.

También menciona que México es uno de los países en donde se practica la agricultura tradicional, estableciendo cultivos asociados maíz-frijol, pero en

condiciones de minifundio y escasez de capital, lo cual ejerce cierta presión en estas zonas hacia sistemas de monocultivo.

Por otro lado, señala las expectativas de la higuera, que por tradición había sido un cultivo principal en la región de los Valles Centrales de Oaxaca para la obtención de aceite de ricino, el cual podría perfilarse como posible fuente para la producción de biodiesel.

CAPITULO 4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Descripción del sitio experimental

4.1.1. Localización geográfica del lugar de estudio

El municipio se localiza en la parte central del estado, dentro de la región conocida como los Valles Centrales de Oaxaca, en las coordenadas $96^{\circ}44'$ de longitud oeste y $17^{\circ}02'$ de latitud norte, a una altura promedio de 1,530 msnm.

Al norte colinda con la ciudad de Oaxaca de Juárez; al sur con los municipios de Cuilapam de Guerrero, Animas Trujano y San Raymundo Jalpan; al oriente con San Agustín de las Juntas; al poniente con Cuilapam de Guerrero y San Pedro Ixtlahuaca. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 5 km., esto se observa en la Figura 1 (INEGI, 2007).

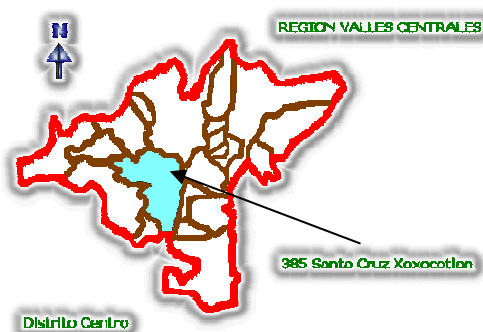


Figura 1. Localización del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán

4.1.2. Selección del área de estudio

El área elegida, se ubica en los alrededores del centro del municipio, donde se encuentran las zonas de cultivos básicos y donde también en años anteriores se sembraba la higuera. Por esto se considera que el lugar seleccionado representa las condiciones adecuadas para el desarrollo del experimento.

4.1.3. Fisiografía

El municipio de Santa Cruz Xoxocotlán forma parte de la provincia XII que corresponde a la Sierra Madre del Sur, dentro de la subprovincia de las Sierras y Valles de Oaxaca, por lo que el sistema de topografías se clasifica como Valle, el cual cubre al 100% de la superficie del municipio. La litología está formada por un 57.10% como aluvial, 11.54% de lutita-arenisca y 31.36% de Gneis (INEGI, 1997)

4.1.4. Clima

Se cuenta con un clima del tipo semi-seco con lluvias en verano (BS 1h), con una temperatura promedio anual de 20.4 °C, la temperatura mínima promedio es de 19.5 °C de noviembre a febrero y la máxima de 20.9 °C en abril y mayo. Las precipitaciones en promedio son de 708.2 mm, en donde para el año más seco se alcanzan 459.5 mm y en el más lluvioso 978.6 mm; presentándose la temporada de mayor lluvia en los meses de junio a septiembre con precipitaciones mensuales entre 100 y 160 mm (INEGI, 2001).

4.2. Metodología

4.2.1. Diseño experimental y de tratamientos

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, evaluando 14 tratamientos con 4 repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron al azar en cada bloque, los cuales se formaron por dos hileras de 7 tratamientos cada una.

Para establecer cada tratamiento, primeramente se realizó la siembra de maíz en todo el terreno y en seguida, se intercaló el frijol o la higuera, según el caso. Posteriormente, se llevó a cabo el aclareo para alcanzar la densidad planeada, tanto en asociación como en monocultivo.

Entre cada bloque se dejó un surco de maíz y alrededor de toda la superficie experimental se dejaron 2 surcos de maíz, para protección de los tratamientos.

De los 14 tratamientos evaluados, 8 fueron bajo el sistema de policultivos y 6 en monocultivo, empleando las densidades de población utilizadas en la zona y algunas recomendaciones sugeridas por INIFAP (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos experimentales

No	SISTEMA DE CULTIVO	TRATAMIENTO	CÓDIGO
		Maíz–Cultivo asociado; Plantas/ha	
1	Asociación	MAIZ; 38,248–FRIJOL; 76,496	M40–F80
2	Asociación	MAIZ; 38,248–FRIJOL; 38,248	M40–F40
3	Asociación	MAIZ; 28,686–FRIJOL; 76,496	M30–F80
4	Asociación	MAIZ; 28,686–FRIJOL; 38,248	M30–F40
5	Asociación	MAIZ; 38,248–HIGUERILLA; 6,375	M40–H2:1**
6	Asociación	MAIZ; 38,248–HIGUERILLA; 4,781	M40–H3:1***
7	Asociación	MAIZ; 28,686–HIGUERILLA; 6,375	M30–H2:1**
8	Asociación	MAIZ; 28,686–HIGUERILLA; 4,781	M30–H3:1***
9	Monocultivo	MAIZ; 38,248	M40
10	Monocultivo	MAIZ; 28,686	M30
11	Monocultivo	FRIJOL; 76,496	F80
12	Monocultivo	FRIJOL; 38,248	F40
13	Monocultivo	HIGUERILLA; 6,375	H2:1
14	Monocultivo	HIGUERILLA; 4,781	H3:1

En todos los surcos de maíz se intercalaba el frijol; ** Dos surcos de maíz y uno de maíz-higuerilla; *** Tres surcos de maíz y uno de maíz-higuerilla

4.2.2. Unidad experimental y parcela útil

- a. Para establecer los tratamientos, cada unidad experimental se formó de 6 surcos tomando como base la siembra de 8 matas de maíz por hilera, dando un total de 48 matas por unidad experimental.

- b. La dimensión de la unidad experimental se obtuvo tomando las distancias entre plantas de maíz que fue de 0.83 cm y entre hileras de 0.63 cm, dando un área de 25.1 m².
- c. La dimensión de la parcela útil para la toma de datos, se obtuvo del área de 24 matas de maíz que incluía al cultivo asociado, de acuerdo al arreglo de cada tratamiento, ésta fue de 12.55 m².
- d. En todos los casos de maíz-frijol y en el de maíz higuierilla 3:1, la parcela útil para la toma de datos se formó tomando las 6 matas intermedias de cada una de las 4 hileras interiores de la unidad experimental.
- e. En la asociación maíz-higuierilla 2:1 se tomaron las 8 matas de cada una de las 3 hileras interiores que formaban este tratamiento.

4.2.3. Preparación del terreno y siembra

Se siguió el método de cultivo tradicional bajo condiciones de temporal, el cual es representativo en la zona, en el caso del barbecho se llevó a cabo dos meses antes de la siembra utilizando tractor. El surcado se llevó a cabo con yunta los días de la siembra.

La siembra se realizó los días 28 y 29 de junio del 2007. La distancia entre matas de maíz fue de 0.83 cm y entre hileras de 0.63 cm, depositando 3 semillas de maíz por mata para obtener, después del aclareo, la densidad de siembra de 38,248 (2 plantas por mata) o 28,686 plantas por hectárea; para el caso de 28,686 plantas por hectárea

se dejaron 2 y 1 plantas de maíz por mata, sucesivamente. Al inicio de cada surco se sembró a la mitad de la distancia entre matas, de tal manera que se formó una especie de siembra en “tresbolillo”.

En la asociación maíz-frijol, el frijol se intercaló en todos los surcos de maíz, dando un total de 38,248 matas/ha; en el caso del maíz-higuerilla 2:1 (2 surcos de maíz y uno de maíz-higuerilla) y 3:1 (3 surcos de maíz y uno de maíz-higuerilla), se obtuvieron 22,311 y 21,515 matas/ha, respectivamente.

En todos los casos se utilizaron las variedades nativas del lugar donde para el caso del maíz pertenece al complejo denominado “bolita”, en el caso del frijol al denominado “delgado” de porte arbustivo y en la higuerilla la variedad conocida en la región como mexicana sanguínea.

4.2.4. Labores de cultivo

La primera labor se realizó aproximadamente al mes de la siembra. En los tratamientos, no se utilizó ningún producto contra plagas o enfermedades.

Inmediatamente antes de realizar la primera labor, se aplicó la dosis de fertilización: 40-00-00, con sulfato de amonio, lo cual es representativo en la zona. La misma dosis de fertilizante se dividió entre el número de matas por hectárea de cada tratamiento que en el caso de la asociación maíz-frijol fue de 5 g/mata y en el de

maíz-higuerilla 2:1 y 3:1, un promedio de 9 g/mata. Las mismas dosis se aplicaron en los monocultivos, respectivamente.

Posteriormente, se llevó a cabo un deshierbe de forma manual a mediados de septiembre.

4.2.5. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual de acuerdo al ciclo productivo de cada especie y a la dimensión de la parcela útil considerada para la toma de datos, con lo cual se eliminaron efectos de borde por cultivos o plantas vecinas. La cosecha de frijol se realizó el 1º. de octubre del 2007, la de maíz en grano y forraje el 5 de diciembre del 2007, la de semilla de higuerilla el 3 de febrero del 2008 y la de leña de higuerilla el 24 de junio del 2008, contabilizando en esta última fecha el porcentaje de sobrevivencia de plantas de higuerilla.

4.2.6. Toma de datos

- a. Clima. Se obtuvieron datos de temperatura y precipitación pluvial durante el periodo de cultivo en la estación meteorológica del aeropuerto de la Cd. de Oaxaca, ubicada a 2 km del sitio experimental.
- b. Análisis de suelo. Al momento de la siembra se tomaron muestras compuestas de suelo para contar con referencias de algunas características del terreno de

cultivo. Para esto, se obtuvieron 10 submuestras para la formación de la muestra compuesta.

- c. Humedad del suelo. Durante el desarrollo del cultivo se registró la humedad del suelo a dos profundidades, 0-15 y 15-30 cm en los tratamientos M40-H3:1, M40-F80 y M40.
- d. Altura de planta. Periódicamente de cada cultivo se registraban 5 alturas al azar, de acuerdo al tratamiento, en donde para el caso del maíz, se midieron a la altura de la punta de la última hoja que estuviera emergiendo y antes de que ésta se doblara. En el caso del frijol, se midió a la altura de la base de la hoja compuesta más alta. En el caso de la higuera, se hizo a la altura de la yema apical del tallo principal.
- e. Número de hojas. Periódicamente de cada tratamiento se contabilizaba al azar el número de hojas de 5 plantas, de cada cultivo.
- f. Grosor del tallo. Este dato únicamente se tomó, periódicamente, en el caso de la higuera. Se registraba el grosor del tallo de 5 plantas elegidas al azar de cada tratamiento a la altura del cuarto entrenudo próximo al ápice del tallo principal.
- g. Cosecha de frijol. Se contabilizó el peso de materia seca, el número de vainas y la producción de grano en cada tratamiento.
- h. Cosecha de maíz. En campo, se contabilizó la cantidad de forraje, así mismo el peso y número de mazorcas de las cuales se eligieron 3 al azar para el cálculo del porcentaje de humedad y rendimiento de grano, de cada tratamiento, en el laboratorio.
- i. Cosecha de higuera. Se calculó el porcentaje de sobrevivencia, la producción de leña y la producción de semilla en cada tratamiento.

4.3. Indicadores de competencia interespecífica

Para contar con información sobre la competencia entre los cultivos bajo asociación se utilizaron los siguientes índices:

- a. Coeficiente de agresividad (A).
- b. Coeficiente relativo de amontonamiento o apilamiento (K).
- c. Razón de competencia (RC).
- d. Porcentaje de reducción en alturas con respecto a monocultivos. Se realizarán gráficas del % de la reducción de alturas de los cultivos asociados con respecto a los monocultivos a través del tiempo.

4.4. Indicadores de eficiencia de la productividad en policultivos

Para evaluar la productividad en los cultivos asociados se utilizaron los siguientes índices:

- a. Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT).
- b. Índice Comparativo de Rendimiento-Área (ICRA).
- c. Razón equivalente de área-tiempo (REAT).

Para calcular el REAT se tomaron las fechas de cosecha de grano, que en el caso del frijol fue a los 90 días, del maíz a los 150 días y de la higuera a los 210 días.

4.5. Indicadores económicos

- a. Beneficio Neto (BN). Se obtendrá de la diferencia entre los costos brutos de producción (CB) y los beneficios brutos (BB), considerando los precios al momento de la cosecha. Dentro de los beneficios se contabilizarán la venta de grano, venta de leña de higuera y forraje de maíz.

- b. Índice de Eficiencia Relativa del Beneficio Neto (ERBN). Se estima igual que el ERT, pero usando BN de los mono y policultivos (Ruiz y Herrera, 1994). Con este índice es posible incluir la cantidad y valor de la semilla producida, así como el valor del forraje de maíz y frijol, además de la leña de higuera.

4.6. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico sas y se aplicó la prueba de Duncan para la separación de medias en las siguientes variables:

1. Datos registrados durante el desarrollo del cultivo
2. Indicadores de competencia interespecífica
3. Indicadores de productividad
4. Beneficios Netos
5. ERBN
6. Relación B/C

V. RESULTADOS

5.1. Resultados de rendimientos en asociación y en monocultivo

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el experimento para cada una de las especies y variables evaluadas en los tratamientos en monocultivo y en asociación. De cada especie, primero se muestra un concentrado de los valores promedio tomado de todos los tratamientos, después se desglosa cada variable mostrando su valor en los diferentes tratamientos evaluados.

El maíz es el eje principal del análisis, por ello se presentan primero sus resultados, mostrando los efectos de las combinaciones en asociación, tanto en los diferentes niveles de densidad de siembra como entre especies. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de las especies utilizadas para formar las asociaciones de cultivos, en este caso del frijol y de la higuera.

5.1.1. Tratamientos con maíz

En seguida, se presentan los resultados obtenidos en el experimento para cada una de las variables evaluadas en los tratamientos con maíz.

5.1.1.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con maíz

El cuadro 2 muestra los valores promedio del cultivo de maíz obtenidos durante el experimento, para el cual se tomaron los rendimientos tanto en asociación como en monocultivo.

Cuadro 2. Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con maíz

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO
Rendimiento de grano	Ton/ha	2.139
Rendimiento de forraje	Ton/ha	2.815
Número de hojas máximo	Hojas/planta	12.1
Altura máxima	m	2.49

5.1.1.2. Rendimiento de grano de maíz

El promedio general de rendimiento de grano fue 2.139 Ton/ha, pero los monocultivos fueron los de mayor rendimiento, aunque sin diferencia significativa entre las dos densidades evaluadas; el mayor valor se obtuvo en el tratamiento M40 con 2.842 t/ha.

Dentro de las asociaciones, fue con la higuera en donde se obtuvo el mayor rendimiento del maíz con 2.346 t/ha, lo cual se presentó en el tratamiento M30-H3:1; este fue menor en 17.5%, con diferencia significativa al M40, pero similar al M30. Así mismo, con el frijol el mayor rendimiento de maíz se obtuvo en el tratamiento M40-F40 con 2.071 t/ha, el cual fue menor en 27.1% al M40 y presentó diferencia significativa con este y con el M30. Entre estas asociaciones no existió diferencia significativa.

Se puede decir que el mayor rendimiento alcanzado en asociación disminuyó en cuatro casos: a mayor densidad del maíz y/o del cultivo asociado y entre especies, con la del frijol (cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con maíz

TRATAMIENTO	PROM. GRANO DE MAIZ (Ton/ha)	DUNCAN*
M40	2.842	A
M30	2.637	AB
M30-H3:1	2.346	BC
M40-H3:1	2.329	BC
M40-F40	2.071	CD
M40-H2:1	1.951	DE
M40-F80	1.941	DE
M30-F40	1.816	DE
M30-H2:1	1.787	DE
M30-F80	1.666	E
PROMEDIO GENERAL	2.139	CV= 11.46

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.1.3. Rendimiento de forraje de maíz

Con un promedio general de 2.815 Ton/ha (cuadro 4), los tratamientos en monocultivo M40 y M30 y el de asociación M40-H3:1, alcanzaron los mayores rendimientos de forraje, respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos. El primero con 3.616 t/ha presentó un incremento de 9.8% sobre el tercero en donde se obtuvieron 3.263 t/ha. En el caso de la asociación con el frijol, el mayor rendimiento de forraje se obtuvo en el tratamiento M40-F80 con 2.968 t/ha, el cual fue inferior en 9% al tratamiento M40-H3:1, sin diferencia significativa entre ellos.

Para tales combinaciones, el máximo rendimiento de forraje de maíz en asociación disminuyó en cuatro casos: en la utilización del frijol, en la menor densidad del maíz y/o mayor de la higuera.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de forraje en los tratamientos con maíz

TRATAMIENTO	PROM. FORRAJE DE MAIZ (Ton/ha)	DUNCAN*
M40	3.616	A
M30	3.377	AB
M40-H3:1	3.263	AB
M40-F80	2.968	BC
M30-H3:1	2.830	BCD
M40-H2:1	2.603	CDE
M40-F40	2.544	CDE
M30-F80	2.494	CDE
M30-H2:1	2.259	DE
M30-F40	2.200	E
PROMEDIO GENERAL	2.815	CV= 12.75

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.1.4. Número de hojas por planta de maíz

El 2 de septiembre del 2007, se obtuvo el promedio máximo de 12.1 hojas por planta de maíz, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos. De todas las fechas, únicamente en la del 5 de agosto con un promedio general de 10.7 hojas por planta de maíz, se presentan diferencias significativas entre algunos tratamientos, obteniendo los mayores valores en las asociaciones M30-H3:1 y M40-H2:1, con 11.3 y 11.2 hojas, respectivamente, y siendo diferentes significativamente al último tratamiento M40-F40 con 10.1 hojas (cuadro 5).

Cuadro 5. Número de hojas promedio en los tratamientos con maíz

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 2/09/07			FECHA: 7/09/07			FECHA: 22/09/07		
TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*
M30-H3:1	9.2	A	M30-H3:1	11.3	A	M30-F80	12.4	A	M40-F40	12.1	A	M40-H3:1	11.7	A
M30-F40	9.1	A	M40-H2:1	11.2	A	M40-H3:1	12.4	A	M30-F80	12.0	A	M30	11.7	A
M40-H2:1	9.0	A	M30-F40	10.9	AB	M40-H2:1	12.4	A	M30	11.9	A	M40-F80	11.7	A
M30	9.0	A	M30	10.9	AB	M40-F80	12.3	A	M40-H3:1	11.9	A	M30-H3:1	11.5	A
M30-H2:1	9.0	A	M30-F80	10.8	AB	M30	12.2	A	M40	11.8	A	M30-H2:1	11.4	A
M40	9.0	A	M30-H2:1	10.8	AB	M40	12.1	A	M30-F40	11.7	A	M40	11.4	A
M30-F80	9.0	A	M40-F80	10.6	AB	M30-H3:1	12.1	A	M40-F80	11.6	A	M40-F40	11.3	A
M40-F40	8.8	A	M40	10.6	AB	M30-H2:1	12.1	A	M40-H2:1	11.6	A	M40-H2:1	11.3	A
M40-F80	8.7	A	M40-H3:1	10.3	AB	M30-F40	11.9	A	M30-H2:1	11.5	A	M30-F40	11.3	A
M40-H3:1	8.6	A	M40-F40	10.1	B	M40-F40	11.7	A	M30-H3:1	11.0	A	M30-F80	11.3	A
PROM. GRAL.	8.9	CV= 4.73	PROM. GRAL.	10.7	CV= 5.56	PROM. GRAL.	12.1	CV= 4.25	PROM. GRAL.	11.7	CV= 7.21	PROM. GRAL.	11.4	CV= 4.61

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

A continuación se muestra la secuencia en el número de hojas promedio por planta durante el desarrollo del cultivo de maíz, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano de las tres variantes principales, es decir, la mayor de los monocultivos que fue el M40 y en el caso de las asociaciones, las mayores de las combinaciones que en el caso del maíz-higuerilla fue en M30-H3:1 y en el del maíz-frijol en M30-F40, respectivamente. Con fecha 2 de septiembre (a los dos meses, aproximadamente) en todos los tratamientos se había alcanzado el mayor número de hojas cuyo valor promedio fue igual a 12.1 (Figura 2).

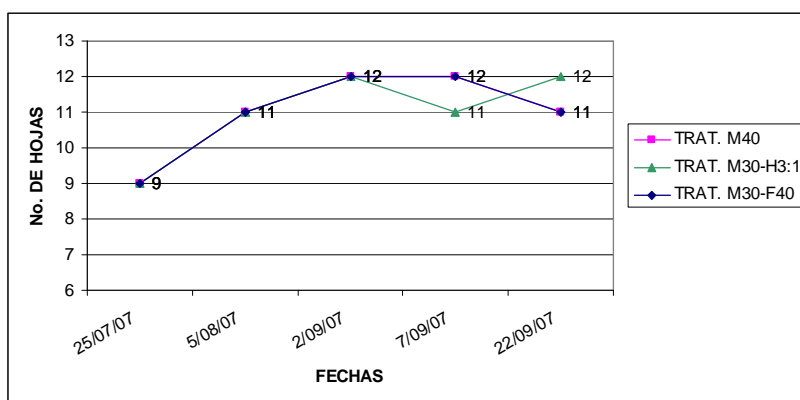


Figura 2. Secuencia en el número de hojas por planta de maíz en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.1.2. Tratamientos con frijol

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el experimento para cada una de las variables evaluadas en los tratamientos con frijol.

5.1.2.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con frijol

El siguiente cuadro muestra los valores promedio del cultivo de frijol obtenidos durante el experimento, para el cual se tomaron los resultados tanto en asociación con el maíz, como en monocultivo.

Cuadro 6. Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con frijol

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO
Rendimiento de grano	Ton/ha	0.201
Rendimiento de materia seca	Ton/ha	0.529
Número de vainas por planta	Vainas/planta	10.4
Número de hojas máximo	Hojas/planta	33.2
Altura máxima	cm	24.1

5.1.2.2. Rendimiento de grano de frijol

Se obtuvo un promedio general de 0.201 Ton/ha. El tratamiento en monocultivo F80 presentó el más alto rendimiento con 0.323 t/ha, sin diferencia significativa al obtenido en el F40 (cuadro 7).

No existieron diferencias significativas entre las asociaciones pero si con los monocultivos. De estas, el mayor rendimiento de frijol se presentó en el tratamiento M30-F80 con 0.173 t/ha, cuyo valor fue menor en 46.4% al obtenido en el F80.

El rendimiento del frijol disminuyó al utilizar su menor densidad y/o al incrementar la densidad del maíz.

Cuadro 7. Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con frijol

TRATAMIENTO	PROM. GRANO DE FRIJOL (Ton/ha)	DUNCAN*
F80	0.323	A
F40	0.277	A
M30-F80	0.173	B
M30-F40	0.160	B
M40-F80	0.145	B
M40-F40	0.127	B
PROMEDIO GENERAL	0.201	CV= 23.64

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

En una evaluación de tres sistemas de asociación de cultivos, donde el frijol de mata se sembró 80,000 plantas/ha, Ruiz (1990) encontró rendimientos promedio de frijol de 193-243 kg/ha, debido principalmente a la presencia de plagas.

5.1.2.3. Rendimiento de materia seca de frijol

El promedio general obtenido fue de 0.529 Ton/ha. Los tratamientos en monocultivo, sin diferencia significativa entre ellos, fueron superiores en producción de materia seca a las asociaciones; el tratamiento F80 presentó el más alto rendimiento con 0.760 t/ha (cuadro 8).

Entre las asociaciones no existieron diferencias significativas. En la asociación M30-F80 se obtuvo 0.520 t/ha, cuyo valor fue menor en 31.6% al obtenido en el monocultivo F80.

La producción de materia seca disminuyó al utilizar la menor densidad del frijol y/o al incrementar la densidad del maíz.

Cuadro 8. Rendimiento promedio de materia seca en los tratamientos con frijol

TRATAMIENTO	PROM. M. SECA DE FRIJOL (Ton/ha)	DUNCAN*
F80	0.760	A
F40	0.703	A
M30-F80	0.520	B
M30-F40	0.471	B
M40-F80	0.386	B
M40-F40	0.337	B
PROMEDIO GENERAL	0.529	CV= 22.40

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.2.4. Número de vainas por planta de frijol

Se obtuvo un promedio general de 10.4 vainas/planta. Los mayores valores se presentaron en los tratamientos en monocultivo y asociación, F40 con 15.3 vainas/planta y M30-F40 con 13.8 vainas/planta, respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos (cuadro 9). Este último disminuyó en 9.8% el número de vainas por planta de frijol.

Cuadro 9. Número de vainas promedio por planta en los tratamientos con frijol

TRATAMIENTO	PROM. VAINAS/PLANTA	DUNCAN*
F40	15.3	A
M30-F40	13.8	AB
F80	11.3	BC
M40-F40	9.6	CD
M30-F80	7.4	DE
M40-F80	4.8	E
PROMEDIO GENERAL	10.4	CV= 21.97

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.2.5. Número de hojas por planta de frijol

De las diferentes fechas, la del 7 de septiembre presenta los mayores valores con un promedio general de 33.2 hojas por planta de frijol (cuadro 10); para este caso, las más altas cantidades de hojas en monocultivo y en asociación se registraron en los tratamientos F40 y M30-F80 con valores de 56.6 y 29.4, respectivamente; siendo mayor el primero en 48.1% y existiendo diferencia significativa entre ellos. En las fechas del 25 de julio y 5 de agosto se contabilizaron en promedio 5.4 y 13.2 hojas por planta, respectivamente, sin diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 10. Número de hojas promedio en los tratamientos con frijol

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 7/09/07		
TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	HOJAS	DUNCAN*
F80	5.8	A	M30-F40	14.7	A	F40	56.6	A
M30-F40	5.8	A	F40	14.4	A	F80	41.0	AB
F40	5.7	A	F80	13.3	A	M30-F80	29.4	BC
M30-F80	5.5	A	M40-F40	12.8	A	M30-F40	29.2	BC
M40-F80	4.9	A	M40-F80	12.4	A	M40-F40	23.6	BC
M40-F40	4.6	A	M30-F80	11.7	A	M40-F80	19.8	C
PROM. GRAL.	5.4	CV= 14.79	PROM. GRAL.	13.2	CV= 15.08	PROM. GRAL.	33.2	CV= 32.31

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

A continuación se muestra la secuencia en el número de hojas promedio por planta durante el desarrollo del cultivo de frijol, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano en asociación (M30-F80) y en monocultivo (F80). Con fecha 7 de septiembre (a los dos meses, aproximadamente) se habían alcanzado 29 y 41 hojas por planta en ambos tratamientos, respectivamente (Figura 3).

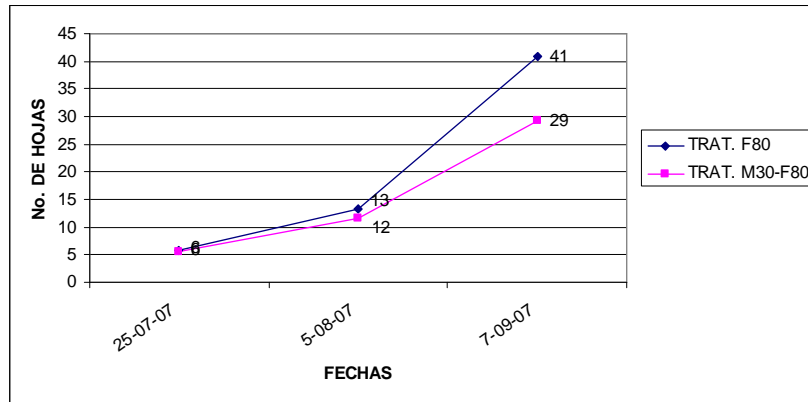


Figura 3. Secuencia en el número de hojas por planta de frijol en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.1.3. Tratamientos con higuera

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el experimento para cada una de las variables evaluadas en los tratamientos con higuera.

5.1.3.1. Valores promedio de variables medidas en los tratamientos con higuera

El siguiente cuadro muestra los valores promedio del cultivo de higuera obtenidos durante el experimento, para el cual se tomaron los resultados tanto en asociación con el maíz, como en monocultivo.

Cuadro 11. Valores promedio de las variables evaluadas en los tratamientos con higuera

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO
Rendimiento de grano	Ton/ha	0.406
Rendimiento de leña	Ton/ha	2.751
Porcentaje de sobrevivencia	%	69.2
Grosor de tallo máximo	cm	2.3
Número de hojas máximo	Hojas	20.6
Altura máxima	m	2.51

5.1.3.2. Rendimiento de grano de higuera

Con un promedio general de 0.406 Ton/ha, los más altos rendimientos en monocultivo y en asociación se obtuvieron en los tratamientos H2:1 con 0.760 t/ha y M30-H3:1 con 0.283 t/ha, respectivamente; el primero fue mayor en 62.8% y existió diferencia significativa entre ellos (cuadro 12).

Los rendimientos de la higuera asociada al maíz disminuyeron al utilizar las mayores densidades de ambos cultivos, pero sin diferencia significativa entre los policultivos.

Cuadro 12. Rendimiento promedio de grano en los tratamientos con higuera

TRATAMIENTO	PROM. GRANO DE HIGUERA (Ton/ha)	DUNCAN*
H2:1	0.760	A
H3:1	0.653	A
M30-H3:1	0.283	B
M30-H2:1	0.275	B
M40-H2:1	0.272	B
M40-H3:1	0.195	B
PROMEDIO GENERAL	0.406	CV= 30.87

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.3.3. Rendimiento de leña de higuera

Con un promedio general de 2.751 Ton/ha (cuadro 13), de los métodos en monocultivo y en asociación, los tratamientos H3:1 con 4.538 t/ha y M30-H3:1 con 2.465 t/ha y una diferencia entre ellos de 45.7%, alcanzaron los mayores rendimientos de leña, respectivamente; con diferencia significativa. En las asociaciones, el rendimiento de leña de higuera se redujo al emplear las mayores densidades de éste, del maíz o de ambos. Con el método de policultivos no existió diferencia significativa entre ellos.

Cuadro 13. Rendimiento promedio de leña en los tratamientos con higuierilla

TRATAMIENTO	PROM. LEÑA DE HIGUERILLA (Ton/ha)	DUNCAN*
H3:1	4.538	A
H2:1	4.061	A
M30-H3:1	2.465	B
M40-H3:1	2.295	B
M30-H2:1	1.815	B
M40-H2:1	1.335	B
PROMEDIO GENERAL	2.751	CV= 27.13

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.3.4. Porcentaje de sobrevivencia de higuierilla

Se obtuvo un promedio general de 69.2% de sobrevivencia, en donde el mayor valor se alcanzó en el tratamiento en asociación M30-H3:1 con 85.0% y en el caso de los monocultivos en el tratamiento H3:1 con 83.8%, con un incremento del primero sobre el segundo de 1.4%, sin diferencia significativa en la mayoría de los tratamientos (cuadro 14). El menor valor observado, diferente estadísticamente del monocultivo de higuierilla, correspondió al tratamiento con mayor densidad de plantas tanto de maíz como de higuierilla.

Cuadro 14. Porcentaje de sobrevivencia promedio en los tratamientos con higuierilla

TRATAMIENTO	PROM. SOBREV. (%)	DUNCAN*
M30-H3:1	85.0	A
H3:1	83.8	A
M40-H3:1	73.5	A
H2:1	70.7	A
M30-H2:1	62.9	AB
M40-H2:1	39.4	B
PROMEDIO GENERAL	69.2	CV= 25.93

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.1.3.5. Grosor de tallo de higuera

En ambas fechas, prácticamente, el comportamiento es el mismo para los tratamientos con los máximos valores alcanzados de grosor de tallo en monocultivo y en asociación (cuadro 15). En la fecha del 17 de enero se obtuvieron los mayores valores, siendo más visible el incremento con respecto a la fecha anterior en el caso de los monocultivos. En esta fecha se obtuvo un promedio general de 2.3 cm, en donde los mayores valores de los métodos en monocultivo y en asociación se alcanzaron en los tratamientos H3:1 con 3.2 cm y M30-H3:1 con 1.8 cm, respectivamente; con diferencia significativa entre ellos y un incremento del primero sobre el segundo de 43.2%. Para ambas fechas, el grosor de tallo en las asociaciones fue similar.

Cuadro 15. Grosor de tallo promedio en los tratamientos con higuera

FECHA: 7/09/07			FECHA: 17/01/08		
TRATS.	GROSOR PROM. (cm)	DUNCAN*	TRATS.	GROSOR PROM. (cm)	DUNCAN*
H3:1	2.7	A	H3:1	3.2	A
H2:1	2.7	A	H2:1	3.2	A
M30-H3:1	2.0	B	M30-H3:1	1.8	B
M40-H3:1	1.9	B	M40-H2:1	1.8	B
M40-H2:1	1.8	B	M30-H2:1	1.7	B
M30-H2:1	1.6	B	M40-H3:1	1.7	B
PROM. GRAL.	2.1	CV= 16.32	PROM. GRAL.	2.2	CV= 17.85

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

A continuación se muestra la secuencia en el grosor de tallo promedio durante el desarrollo del cultivo de higuera, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano en asociación (M40-H2:1) y en monocultivo (H2:1). Con fecha 17 de enero del 2008 (a los seis meses y medio, aproximadamente) se alcanzaron 1.7 y 3.2 cm de grosor de tallo promedio, para ambos tratamientos, respectivamente (Figura 4).

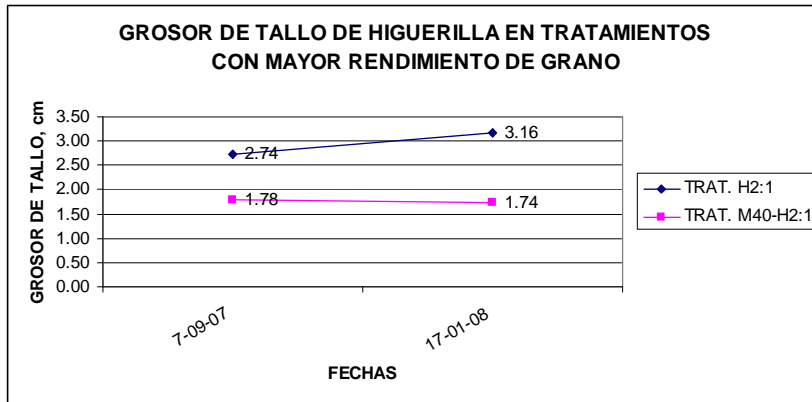


Figura 4. Grosor de tallo de higuera en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.1.3.6. Número de hojas por planta de higuera

Los valores promedio del número de hojas por planta de higuera en las cuatro fechas de registro fueron 3.5, 5.3, 9.9 y 20.6, respectivamente (cuadro 16). Hasta en la tercera fecha, correspondiente al 7 de septiembre se observa diferencia significativa entre el número de hojas de los monocultivos con respecto a las asociaciones. En la última fecha (17 de enero), se contabilizó un promedio de 20.6 hojas por planta y se obtuvo el mayor valor en el tratamiento en monocultivo H3:1 pero no siendo significativamente diferente al siguiente en asociación M30-H3:1. En todos los casos, los policultivos no difirieron significativamente en el número de hojas por planta de higuera.

Cuadro 16. Número de hojas promedio en los tratamientos con higuera

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 7/09/07			FECHA: 17/01/08		
TRATS.	No. DE HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	No. DE HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	No. DE HOJAS	DUNCAN*	TRATS.	No. DE HOJAS	DUNCAN*
M40-H2:1	3.9	A	H3:1	5.6	A	H2:1	11.4	A	H3:1	22.9	A
H2:1	3.6	AB	M30-H3:1	5.5	A	H3:1	11.4	A	M30-H3:1	21.2	AB
M30-H2:1	3.5	AB	M40-H3:1	5.4	A	M30-H2:1	9.5	B	H2:1	21.0	B
M40-H3:1	3.5	AB	H2:1	5.3	A	M30-H3:1	9.4	B	M40-H3:1	20.4	BC
H3:1	3.4	AB	M30-H2:1	5.3	A	M40-H3:1	9.3	B	M40-H2:1	19.5	BC
M30-H3:1	3.3	B	M40-H2:1	4.9	A	M40-H2:1	9.0	B	M30-H2:1	19.1	C
PROM. GRAL.	3.5	CV= 9.21	PROM. GRAL.	5.3	CV= 8.05	PROM. GRAL.	10.0	CV= 5.78	PROM. GRAL.	20.6	CV= 5.64

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

A continuación se muestra la secuencia en el número de hojas promedio por planta durante el desarrollo del cultivo de higuierilla, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano en asociación (M40-H2:1) y en monocultivo (H2:1). Con fecha 17 de enero del 2008 (a los seis meses y medio, aproximadamente) se contaba con un promedio general de todos los tratamientos de 20.6 hojas por planta (Figura 5).

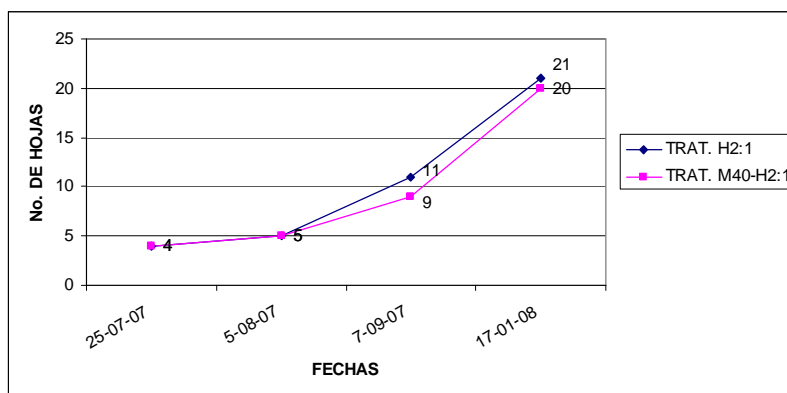


Figura 5. Secuencia en el número de hojas por planta de higuierilla en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.1.3.7. Estimación de la cantidad de biodiesel máxima

Con un rendimiento máximo de 760 kg de semilla de higuierilla (50 % de aceite) se obtendrían 380 L de aceite y 342 L de biodiesel (90 % del aceite), más 15 % de glicerina. El biodiesel se puede combinar hasta en una proporción del 15 % con el diesel tradicional (Benavides *et. al*, 2007), por lo cual con una ha se podrían obtener, a partir de 342 L de biodiesel, 2257 L de biodiesel 15 (B15), adicionando 1918 L del diesel comercial.

5.2. Resultados de los indicadores de competencia interespecífica

5.2.1. Coeficiente de agresividad (A)

Para este indicador se obtuvo un promedio general de 0.56. En todos los casos se tuvieron valores > 0 , por lo que el maíz fue más dominante que cualquiera de los cultivos asociados (cuadro 17). El maíz en asociación con la higuera fue más dominante que en asociación con el frijol. En el primer caso, la mayor dominancia del maíz, se presentó en el tratamiento M30-H3:1 con un coeficiente de agresividad de 1.01 y en el segundo, se presentó en el tratamiento M40-F40 con 0.54; pero la dominancia del maíz disminuye en 46.5% con respecto al primero.

El maíz tendió a dominar tanto a la higuera como al frijol en función de las densidades de siembra, ya que en asociación con la higuera, el maíz presentó mayor dominancia al sembrarlo a menor densidad con la menor densidad de higuera. En el caso del frijol, fue más dominante al emplear su mayor densidad y la menor del frijol.

Cuadro 17. Coeficiente de agresividad (A) en policultivos

TRATAMIENTO	PROM. A	DUNCAN*
M30-H3:1	1.01	A
M40-H3:1	0.84	AB
M30-H2:1	0.67	ABC
M40-H2:1	0.66	ABC
M40-F40	0.54	ABCD
M40-F80	0.42	BCD
M30-F40	0.21	CD
M30-F80	0.16	D
PROMEDIO GENERAL	0.56	CV= 53.10

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.2.2. Coeficiente relativo de amontonamiento o apilamiento (K)

En todos los casos del maíz y en la mayoría del frijol, el coeficiente relativo de amontonamiento k_{ij} y k_{ji} fue mayor a la unidad, lo cual no fue así en el caso de la higuera en donde todos fueron menores a la unidad (cuadro 18).

El coeficiente relativo de amontonamiento k_{ij} del maíz, fue más favorable en los tratamientos con higuera que con los del frijol. Los mayores valores se alcanzaron en los tratamientos M30-H3:1 con 8.05 y M40-F40 con 3.14, respectivamente, con diferencia significativa entre ellos y un incremento del primero sobre el segundo del 61%.

Por su parte, el coeficiente relativo de amontonamiento k_{ji} del frijol, fue más favorable en el tratamiento M30-F40 en donde alcanzó 1.43, pero no es diferente significativamente al tratamiento M40-F40, en donde obtuvo 0.87.

En la higuera, aunque sus valores fueron inferiores a la unidad, fue mayor el tratamiento M40-H3:1 con 0.74, sin diferencia significativa con el tratamiento M30-H3:1 en donde alcanzó 0.68.

El coeficiente relativo de amontonamiento promedio K, fue de 3.21. En todos los casos fueron mayores a la unidad, sin diferencia significativa entre ellos, pero los tratamientos M30-H3:1 y M30-F40 presentaron los mayores valores con 5.43 y 3.90, respectivamente.

Cuadro 18. Coeficiente relativo de amontonamiento (K) en policultivos

TRATS.	kij PROM.	DUNCAN*	TRATS.	Kji PROM.	DUNCAN*	TRATS.	K PROM.	DUNCAN*
M30-H3:1	8.05	A	M30-F40	1.43	A	M30-H3:1	5.43	A
M40-H3:1	6.91	A	M30-F80	1.32	AB	M40-H3:1	4.64	A
M40-F40	3.14	B	M40-F80	1.13	AB	M30-F40	3.90	A
M40-F80	2.66	B	M40-F40	0.87	AB	M40-F80	3.65	A
M30-F40	2.55	B	M40-H3:1	0.74	AB	M40-F40	2.67	A
M40-H2:1	2.33	B	M40-H2:1	0.69	AB	M30-F80	2.48	A
M30-H2:1	2.20	B	M30-H3:1	0.68	AB	M40-H2:1	1.44	A
M30-F80	1.82	B	M30-H2:1	0.58	B	M30-H2:1	1.44	A
PROM. GRAL.	3.71	CV= 55.16	PROM. GRAL.	0.93	CV= 53.45	PROM. GRAL.	3.21	CV= 84.17

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.2.3. Razón de competencia (RC)

Se obtuvo una razón de competencia promedio, RC de 1.87. Se observó que la habilidad competitiva se incrementa en las asociaciones maíz-higuerilla (cuadro 19). Sin diferencia significativa entre los policultivos, la razón de competencia fue mayor en el tratamiento M30-H3:1 con 2.48 y en el tratamiento M40-F40 en donde se obtuvo 1.61, el cual fue menor en 35.1%.

La habilidad competitiva en las asociaciones maíz-higuerilla decrece al utilizar la mayor densidad del maíz, de la higuerilla o de ambos. En el caso de las asociaciones con frijol, disminuye con la menor densidad del maíz y/o la mayor del frijol.

Cuadro 19. Razón de competencia (RC) en policultivos

TRATAMIENTO	PROM. RC	DUNCAN*
M30-H3:1	2.48	A
M40-H3:1	2.40	A
M40-H2:1	2.33	A
M30-H2:1	2.20	A
M40-F40	1.61	A
M40-F80	1.59	A
M30-F40	1.18	A
M30-F80	1.17	A
PROMEDIO GENERAL	1.87	CV= 42.41

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.2.4. Porcentaje de reducción en alturas con respecto a monocultivos

5.2.4.1. Altura de plantas de maíz

La máxima altura promedio alcanzada entre las diferentes fechas registradas, se obtuvo el 22 de septiembre del 2007, con 2.49 m pero muy similar a la anterior. En esta fecha, aunque sin diferencia significativa entre los tratamientos, las mayores alturas se registraron en las asociaciones M30-F80 y M30-H3:1, con 2.63 y 2.58 m, respectivamente. En donde si existió diferencia significativa entre algunos tratamientos fue en la fecha del 5 de agosto, registrando un promedio de 0.72 m de altura y el mayor valor se obtuvo en el tratamiento M30-H3:1 con 0.77 m, el cual fue diferente significativamente al último tratamiento M40-H3:1, en donde se alcanzó una altura promedio de 0.67 m (cuadro 20).

Cuadro 20. Altura promedio en los tratamientos con maíz

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 2/09/07			FECHA: 7/09/07			FECHA: 22/09/07		
TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*
M30-F40	0.41	A	M30-H3:1	0.77	A	M30-F40	2.58	A	M30-F80	2.63	A	M30-F80	2.63	A
M30-H3:1	0.41	A	M30-F40	0.75	AB	M30-H3:1	2.57	A	M30-F40	2.57	A	M30-H3:1	2.58	A
M30-F80	0.40	A	M40-H2:1	0.75	AB	M30	2.53	A	M40-H3:1	2.53	A	M30	2.52	A
M30-H2:1	0.39	A	M30-F80	0.74	AB	M40-H3:1	2.52	A	M30	2.52	A	M40-H3:1	2.49	A
M40	0.39	A	M30-H2:1	0.73	AB	M30-F80	2.50	A	M40	2.52	A	M40	2.47	A
M30	0.39	A	M30	0.72	AB	M40-H2:1	2.44	A	M40-H2:1	2.49	A	M40-H2:1	2.47	A
M40-H2:1	0.39	A	M40-F80	0.72	AB	M30-H2:1	2.34	A	M30-H3:1	2.49	A	M30-H2:1	2.46	A
M40-F80	0.38	A	M40-F40	0.69	AB	M40	2.34	A	M30-H2:1	2.44	A	M40-F80	2.46	A
M40-H3:1	0.38	A	M40	0.68	AB	M40-F80	2.29	A	M40-F80	2.30	A	M40-F40	2.44	A
M40-F40	0.36	A	M40-H3:1	0.67	B	M40-F40	2.22	A	M40-F40	2.30	A	M30-F40	2.42	A
PROM. GRAL.	0.39	CV= 8.47	PROM. GRAL.	0.72	CV= 7.68	PROM. GRAL.	2.43	CV= 8.93	PROM. GRAL.	2.48	CV= 8.29	PROM. GRAL.	2.49	CV= 7.63

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

En la siguiente figura se muestra la secuencia de alturas promedio durante el desarrollo del cultivo de maíz, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano de las tres variantes principales, similar a como fue mencionado en el caso del número de hojas. Con fecha 7 de septiembre (a los dos meses, aproximadamente) en todos los tratamientos se habían alcanzado las mayores alturas con un promedio general de todos los tratamientos de 2.49 m (Figura 6).

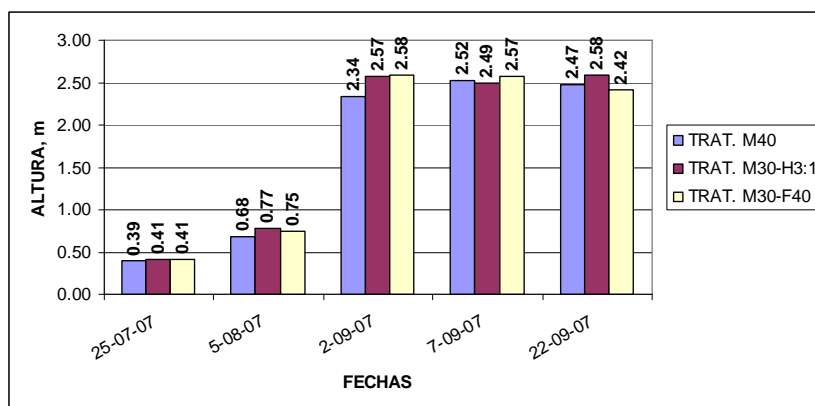


Figura 6. Secuencia de alturas de maíz en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.2.4.2. Altura de plantas de frijol

En la fecha del 5 de agosto se registró la mayor altura promedio de plantas de frijol con 24.11 cm, sin diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro 21). En las tres fechas, las asociaciones M30-F40 y M40-F80, respectivamente fueron las de mayor valor, pero con este comportamiento, en la última fecha los monocultivos F40 y F80, respectivamente, alcanzaron los mayores valores, sin diferencia significativa con aquellos.

Cuadro 21. Altura máxima promedio en los tratamientos con frijol

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 7/09/07		
TRATS.	ALTURA (cm)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (cm)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (cm)	DUNCAN*
M30-F40	15.9	A	M30-F40	25.7	A	F40	20.7	A
F40	15.6	A	M40-F80	25.2	A	F80	20.3	A
M40-F80	15.3	A	M40-F40	24.3	A	M30-F40	19.9	AB
M30-F80	14.9	A	F40	23.9	A	M40-F80	19.6	AB
F80	14.7	A	M30-F80	22.8	A	M30-F80	19.6	AB
M40-F40	14.0	A	F80	22.8	A	M40-F40	17.9	B
PROM. GRAL.	15.0	CV= 8.52	PROM. GRAL.	24.1	CV= 9.27	PROM. GRAL.	19.6	CV= 6.62

*Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

En la siguiente figura se muestra la secuencia de alturas promedio durante el desarrollo del cultivo de frijol, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano en monocultivo (F80) y en asociación (M30-F80). Con fecha 5 de agosto (al mes, aproximadamente) se registraron las mayores alturas de las lecturas tomadas en los cultivos, con un promedio de todos los tratamientos de 24.11 cm (Figura 7).

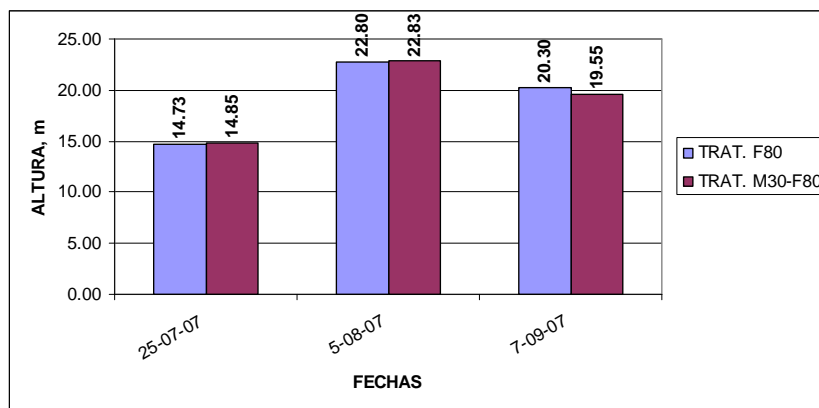


Figura 7. Secuencia de alturas de frijol en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.2.4.3. Altura de plantas de higuera

En las cuatro fechas de registro se obtuvieron alturas promedio de 0.16, 0.29, 1.17 y 2.51 m, respectivamente (cuadro 22). En general, en las tres primeras fechas los monocultivos fueron los de menor valor en relación a las asociaciones. En cambio, en la última fecha que corresponde al 17 de enero, con un promedio general de 2.51 m, los monocultivos fueron los más altos, presentándose el mayor valor en el monocultivo H3:1 pero no siendo diferente significativamente del mayor valor registrado en asociación obtenido en el tratamiento M30-H3:1. En general, para cada fecha, entre policultivos no existió diferencia significativa en altura de plantas.

Cuadro 22. Altura promedio en los tratamientos con higuerilla

FECHA: 25/07/07			FECHA: 5/08/07			FECHA: 7/09/07			FECHA: 17/01/08		
TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*	TRATS.	ALTURA (m)	DUNCAN*
M40-H2:1	0.19	A	M30-H3:1	0.34	A	M30-H3:1	1.26	A	H3:1	3.02	A
M30-H3:1	0.16	B	M40-H2:1	0.31	AB	M40-H3:1	1.25	A	H2:1	2.77	AB
M30-H2:1	0.16	B	M30-H2:1	0.30	AB	M40-H2:1	1.18	A	M30-H3:1	2.53	ABC
H3:1	0.16	B	M40-H3:1	0.3	AB	M30-H2:1	1.14	A	M40-H3:1	2.32	BC
M40-H3:1	0.16	B	H3:1	0.28	AB	H3:1	1.10	A	M40-H2:1	2.21	C
H2:1	0.15	B	H2:1	0.26	B	H2:1	1.07	A	M30-H2:1	2.19	C
PROM. GRAL.	0.16	CV= 8.19	PROM. GRAL.	0.30	CV= 13.09	PROM. GRAL.	1.17	CV= 15.90	PROM. GRAL.	2.51	CV= 12.85

Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

En la siguiente figura se muestra la secuencia de alturas promedio durante el desarrollo del cultivo de higuerrilla, en los tratamientos con mayor rendimiento de este grano en monocultivo (H2:1) y en asociación (M40-H2:1). Con fecha 17 de enero del 2008 (a seis meses y medio, aproximadamente) se registraron las mayores alturas en todos los tratamientos, con un promedio general de 2.51 m (Figura 8).

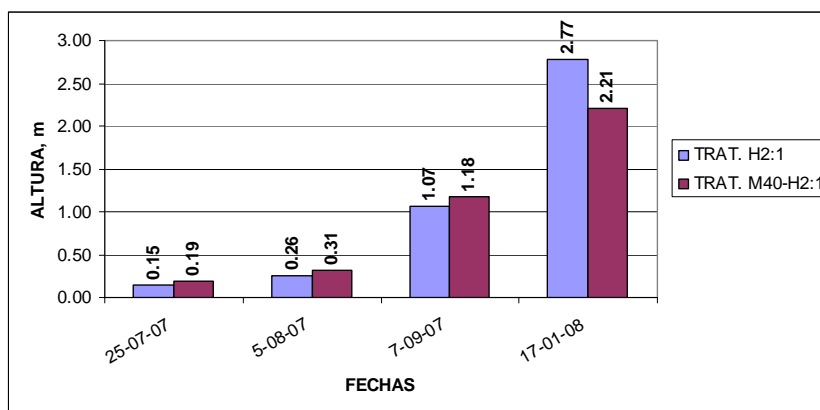


Figura 8. Secuencia de alturas de higuerrilla en tratamientos con mayor rendimiento de grano

5.3. Resultados de los indicadores de eficiencia de la productividad en policultivos

5.3.1. Eficiencia relativa de la tierra (ERT)

Se obtuvo un promedio general de 1.10 en el índice de Eficiencia Relativa de la Tierra de los policultivos evaluados; los valores más altos de cada combinación se obtuvieron en los tratamientos M30-H3:1 y M30-F40 con una eficiencia de 1.27, sin diferencia significativa entre todos los policultivos (cuadro 23).

La eficiencia de las asociaciones decrece al utilizar la mayor densidad del maíz, la del cultivo asociado o la de ambas.

Cuadro 23. Eficiencia relativa de la tierra (ERT) en policultivos

TRATAMIENTO	PROM. ERT	DUNCAN*
M30-H3:1	1.27	A
M30-F40	1.27	A
M40-H3:1	1.22	AB
M40-F40	1.19	AB
M30-F80	1.19	AB
M40-F80	1.16	AB
M40-H2:1	1.04	B
M30-H2:1	1.02	B
M30	1.00	B
M40	1.00	B
F40	1.00	B
F80	1.00	B
H3:1	1.00	B
H2:1	1.00	B
PROMEDIO GENERAL	1.10	CV= 12.68

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.3.2. Índice de competencia rendimiento-área (ICRA)

El promedio general obtenido del ICRA fue de 1.20, que comparado con el de ERT (1.10), representa un incremento de 0.10 unidades (10.0%). Los valores más altos para cada combinación, se obtuvieron en los tratamientos M30-H3:1 (similar a lo obtenido con el índice de ERT), con 1.58 y M40-F40 con 1.41 (difiere a lo obtenido con el ERT), respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos y un incremento del primero sobre el segundo de 10.8% (cuadro 24).

En el caso de las asociaciones maíz-higuerilla, la eficiencia decrece a la mayor densidad del maíz, de la higuerilla o de ambas. En el caso de las asociaciones maíz-frijol, la eficiencia disminuye al utilizar la menor densidad del maíz, la mayor del frijol o ambas.

Cuadro 24. Índice de competencia rendimiento-área (ICRA) en policultivos

TRATAMIENTO	PROM. ICRA	DUNCAN*
M30-H3:1	1.58	A
M40-H3:1	1.47	AB
M40-F40	1.41	ABC
M30-F40	1.36	ABC
M40-F80	1.32	BC
M30-F80	1.25	BC
M40-H2:1	1.24	BC
M30-H2:1	1.21	CD
M30	1.00	D
M40	1.00	D
F40	1.00	D
F80	1.00	D
H3:1	1.00	D
H2:1	1.00	D
PROMEDIO GENERAL	1.20	CV= 11.93

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.3.3. Razón equivalente de área-tiempo (REAT)

Se obtuvo un promedio de 0.98. No existió diferencia significativa entre los policultivos, pero los tratamientos con los mayores valores fueron M30-F40 con 1.04 y M30-H3:1 con 1.02, respectivamente (cuadro 25).

Cuadro 25. Razón equivalente de área-tiempo (REAT) en policultivos

TRATAMIENTO	PROM. REAT	DUNCAN*
M30-F40	1.04	A
M30-H3:1	1.02	AB
M40-F40	1.01	AB
M30	1.00	AB
M40	1.00	AB
F40	1.00	AB
F80	1.00	AB
H3:1	1.00	AB
H2:1	1.00	AB
M40-H3:1	0.98	AB
M40-F80	0.97	AB
M30-F80	0.97	AB
M40-H2:1	0.85	AB
M30-H2:1	0.83	B
PROMEDIO GENERAL	0.98	CV= 12.40

* Prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad

5.4. Resultados de humedad del suelo durante el experimento

En las figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran los contenidos de humedad observados durante el desarrollo de los cultivos. Dada la baja capacidad de retención de humedad del suelo, los contenidos de humedad máximos apenas rebasaron el valor de 10% bajo las mejores condiciones, lo cual se observó en la profundidad de 15-30 cm.

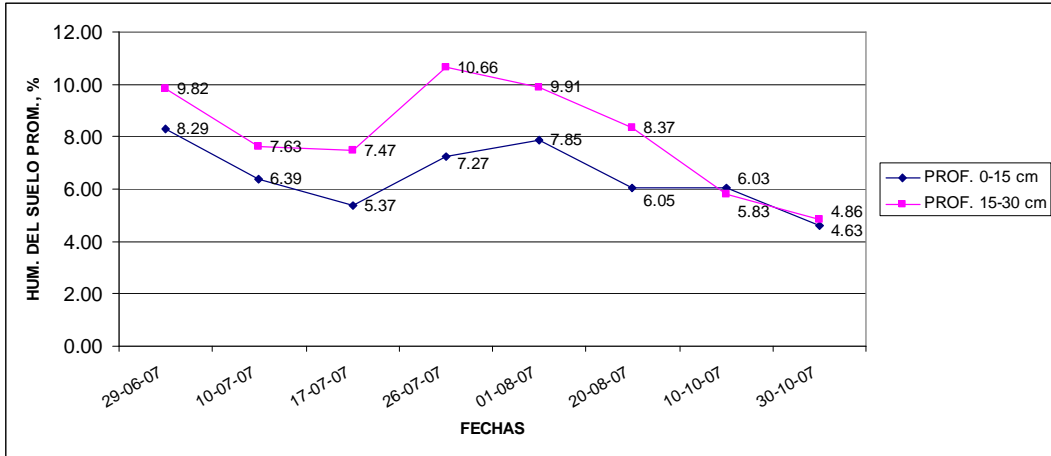


Figura 9. Humedad del suelo promedio a dos profundidades de todo el experimento

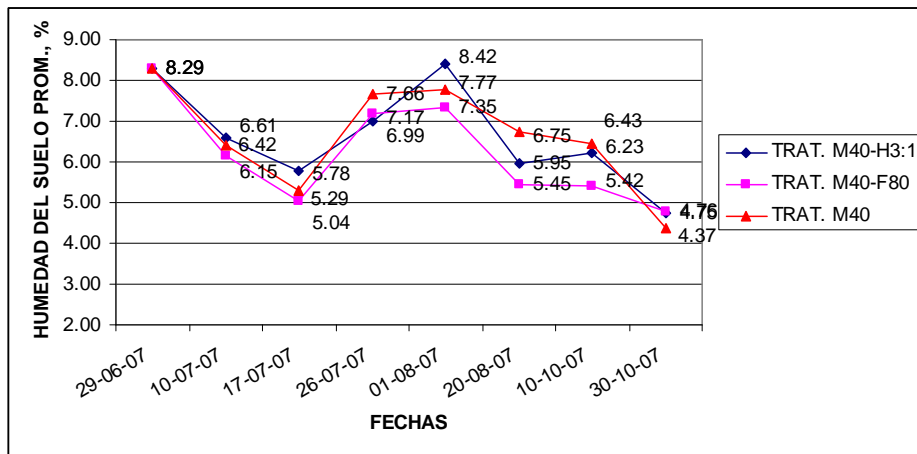


Figura 10. Humedad del suelo promedio de 0-15 cm de profundidad en tres tratamientos

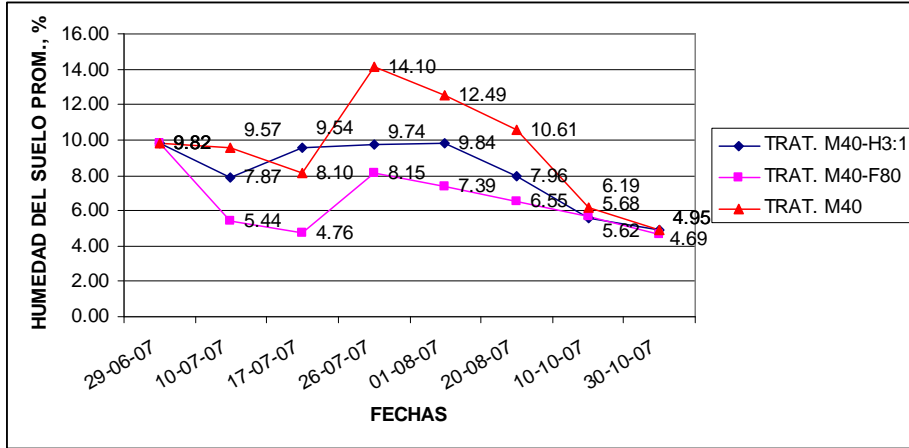


Figura 11. Humedad del suelo promedio de 15-30 cm de profundidad en tres tratamientos

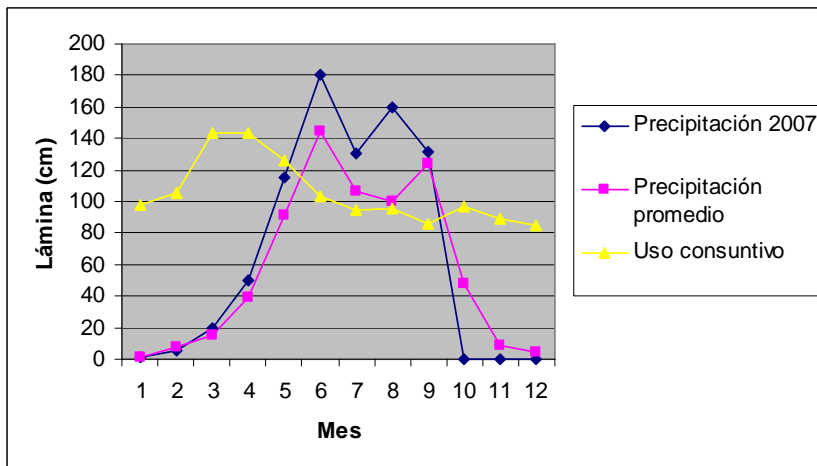


Figura 12. Precipitación pluvial promedio durante el 2007 en la zona aledaña al aeropuerto internacional de la Ciudad de Oaxaca

CAPITULO VI. DISCUSION

Dada la baja capacidad de retención de humedad del suelo, los contenidos de humedad máximos apenas rebasaron el valor de 10% bajo las mejores condiciones, lo cual se observó en la profundidad de 15-30 cm.

El mejor tratamiento de higuerrilla asociada con maíz (M30-H3:1) produjo 283 kg de semilla con lo que se obtendrían 141.5 L de aceite y 127.35 L de biodiesel, los que mezclados con el diesel tradicional produciría hasta 849 L de B15.

La asociación Maíz-Frijol tendría la ventaja de depender menos de los fertilizantes nitrogenados, los cuales tienen un alto costo energético para su producción. Sin embargo, se deben buscar alternativas biológicas para el control de plagas, especialmente chicharritas (*Empoasca* sp.) y moscas blancas.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

7.1. Conclusiones

En todos los casos, los rendimientos de grano en monocultivo fueron superiores a los obtenidos en asociación, con diferencia significativa entre ellos, a excepción, del más alto rendimiento del maíz en asociación obtenido en el tratamiento M30-H3:1, el cual no fue diferente significativamente al menor valor en monocultivo obtenido en el tratamiento M30.

El máximo rendimiento del maíz en asociación que se obtuvo en el tratamiento M30-H3:1, se presentó en la combinación de las menores densidades de ambos cultivos; así mismo disminuyó al asociarse con el frijol en donde el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento M40-F40, sin diferencia significativa entre ellos.

El máximo rendimiento del frijol asociado al maíz, se registró al utilizar su mayor densidad con la menor del maíz, lo cual se observó en el tratamiento M30-F80, pero sin diferencias significativas con los demás tratamientos en asociación.

El máximo rendimiento de higuerrilla en asociación con el maíz, se obtuvo al utilizar las menores densidades de siembra de ambos cultivos, lo cual se reflejó en el tratamiento M30-H3:1, sin diferencia significativa con los demás tratamientos en asociación.

Los dos máximos rendimientos de forraje de maíz en asociación, se presentaron en los tratamientos M40-H3:1 y M40-F80, respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos.

El máximo rendimiento de leña de higuerrilla en asociación, se obtuvo al utilizar la menor densidad de éste con la menor del maíz, aunque sin diferencia

significativa con los demás tratamientos en asociación, lo cual se observó en el tratamiento M30-H3:1, con 1.8 cm de grosor de tallo.

Los indicadores de productividad ERT e ICRA incluyen, en el caso del primero sin diferencia significativa entre todas las asociaciones y del segundo sin diferencia significativa entre ellos, a los tratamientos M30-H3:1 y M30-F40 ambos con valor de ERT=1.27 y M30-H3:1 con ICRA=1.58 y M40-F40 con ICRA=1.41, como los más eficientes para la producción de Maíz-Higuerilla y Maíz-Frijol, respectivamente.

En todas las funciones de competencia, las asociaciones maíz-higuerilla tienen mayores ventajas que en el caso de las asociaciones maíz-frijol.

En ambos indicadores de productividad, sin diferencia significativa entre los valores, se tuvo como policultivo más eficiente al tratamiento M30-H3:1, que coincidió con la mayor dominancia del maíz de todas las asociaciones en el coeficiente de agresividad (A), mejor ventaja de entre las asociaciones en el coeficiente relativo de amontonamiento (K) y la mayor razón de competencia (RC). En el caso de la asociación maíz-frijol, para el LER posiblemente por la coincidencia con lo obtenido en K, se beneficia más la asociación en el tratamiento M30-F40; pero para el ICRA, posiblemente por la coincidencia con lo obtenido en la razón de competencia (RC) y en el coeficiente de agresividad (A), resultó más eficiente el tratamiento M40-F40, ya que únicamente en K, sin diferencia significativa es menor al M30-F40.

El indicador razón equivalente rendimiento-área (REAT), sin diferencia significativa y con valor casi igual a la unidad, coloca respectivamente a los tratamientos M30-F40, M30-H3:1 y M40-F40 sin ventajas en las asociaciones con respecto a sus monocultivos.

7.2. Perspectivas

Con un rendimiento máximo de 760 kg de semilla de higuerrilla por hectárea en monocultivo (50 % de aceite) se obtendrían 380 L de aceite y 342 L de biodiesel (90 % del aceite), más 15 % de glicerina. El biodiesel se puede combinar hasta en una proporción del 15 % con el diesel tradicional (Benavides *et. al*, 2007), por lo cual con una ha de monocultivo se podrían obtener, a partir de 342 L de biodiesel, 2257 L de biodiesel 15 (B15), adicionando 1918 L del diesel comercial.

El mejor tratamiento de higuerrilla asociada con maíz (M30-H3:1) produjo 283 kg de semilla con lo que se obtendrían 141.5 L de aceite y 127.35 L de biodiesel, los que mezclados con el diesel tradicional produciría hasta 849 L de B15.

La asociación Maíz-Frijol tendría la ventaja de depender menos de los fertilizantes nitrogenados, los cuales tienen un alto costo energético para su producción. Sin embargo, se deben buscar alternativas biológicas para el control de plagas, especialmente chicharritas (*Empoasca* sp.) y moscas blancas.

VIII. LITERATURA CITADA

Arredondo V., C. 2004. Evaluación de componentes tecnológicos para la producción de higuera *Ricinus communis* L. en Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 2(2): 5-16.

Becerra M., A. 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México?. *TERRA* 16(2): 173-179.

Benavides, A., P. Benjumea y V. Pashova. 2007. El biodiesel de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *Dyna* 74(153): 141-150.

Boletín estadístico del sector agropecuario. 2006. Comité estatal de información estadística y geográfica para el desarrollo rural sustentable (CEIEGDRUS). No. 7 Año 2. pp. 2-3

Casanova, A.; et all. 2007. Policultivos.

http://www.laneta.apc.org/desal/spip/article.php3?id_article=32

28/05/07

Chargoy Z., C. I. 2004. La medición agronómica de la eficiencia en el rendimiento de los cultivos múltiples. Pp. 110-117. In Chávez S., J. L., J. Tuxill y

D. I. Jarvis (Ed.). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.

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.

Connolly, J., et al. 2001. The information content of indicators in intercropping research. Agriculture, Ecosystems and Environment 87. pp. 191-207.

Díaz V., P.; et all. 2007. La etnoagricultura en laderas de México y su reingeniería para su reconversión sustentable.

http://www.colpos.mx/proy_rel/ladera/Word/TAS%20Publicaciones01.pdf/

16/04/07

Enciclopedia de los municipios de México. 2007. Estado de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán.

<http://www.e->

[local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20385a.htm](http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20385a.htm)

07/05/06.

Herrera V., R; Ruiz V., J. 1994. Evaluación económica de sistemas de cultivos tradicionales en los Valles Centrales de Oaxaca. TERRA 12(2): 264-268

INEGI. 1997. Los cultivos anuales de México. VII Censo Agropecuario. Segunda edición. México, D. F. pp. 141-151.

INEGI. 2001. Anuario estadístico de Oaxaca. Tomos I y II. México, D. F.

López L., V. M. 2006. Sustentabilidad y desarrollo sustentable. Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa. Instituto Politécnico Nacional. D. F., México. 263 p.

Martínez, R. C. G. 1997. Análisis de la habilidad competitiva de variedades de maíz (*Zea mays* L.) y poblaciones de haba (*Vicia faba* L.) en asociación. Tesis de Maestro en Fitomejoramiento, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario "El Cerrito". 112 p.

Martínez A., J. 1994. Agricultura campesina, mercado y biodiversidad. Valoración económica vs. valoración socioeconómica. Nueva sociedad 123: 30-43.

Mera, L. M.; et all. 2007. Diversidad genética y mejoramiento de plantas según los conocimientos del agricultor, en el agroecosistema de milpa.

<http://www.prgaprogram.org/cds/fmp/NADINE-PDF/MERA.pdf>

23/04/07

Ruiz V., J.; et all. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: Tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. *TERRA* 19(1): 89-95.

Ruiz V., J.; Loeza R., G. 2004. Validación del método de siembra en surcos alternos para la asociación maíz-frijol en Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 2(1): 13-17.

Ruiz V., J. 1990. Evaluación de patrones de cultivo en los Valles Centrales de Oaxaca. p. 60. Memoria de Investigación 1970-1990, XX Aniversario del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Publicación Especial no. 3, INIFAP, Santo Domingo Barrio Bajo, Etla.

Ruiz V., J. 2007. Cultivos asociados para enfrentar la crisis energético-ambiental en las zonas tropicales subhúmedas de México. Foro Consultivo, Científico y Tecnológico. Secretaria de la Reforma Agraria, 27 de abril. México, D. F. 13 p.

Ruiz V., J. 1979. Informe de Resultados de Investigación P-V, Campo Agrícola Experimental de los Valles Centrales de Oaxaca, SARH-INIA-CIAPAS. pp. 98-108.

Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed communities. pp. 129-169. In: R. I. Papendick (ed.). Multiple Cropping. ASA Special Publication No. 27, Madison Wisconsin.

Turrent F., A.; Moreno D., R. 1998. Producción sostenible de alimentos de origen vegetal en el mundo. TERRA 16(2): 93-111.

Turrent F., A. 2006. Posible incrementar producción nacional de granos.

<http://www.teorema.com.mx/articulos>

1/04/06

Uribe E., A. A.; Longoria R., R. 2007. Estudio sobre la viabilidad de producir biodiesel en México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura.

http://www.ujat.mx/dip/verano_cientifico/4%20DAIA.pdf

12/04/2007