

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



**MANEJO AGRONÓMICO Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE  
HIGUERILLO (*Ricinus communis*) EN LOS SISTEMAS DE MONOCULTIVO Y  
ASOCIO EN ZONAS DE LADERAS COMO MATERIA PRIMA PARA LA  
OBTENCIÓN DE BIODIESEL EN EL SALVADOR.**

PRESENTA:

BALTAZAR ALBERTO LÓPEZ ANAYA

MOISES ISAAC CAMPOS REYES

LIDIA MARÍA CLÍMACO CARRILLO

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2009.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL

**MANEJO AGRONÓMICO Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE  
HIGUERILLO (*Ricinus communis*) EN LOS SISTEMAS DE MONOCULTIVO Y  
ASOCIO EN ZONAS DE LADERAS COMO MATERIA PRIMA PARA LA  
OBTENCIÓN DE BIODIESEL EN EL SALVADOR.**

POR:

BALTAZAR ALBERTO LÓPEZ ANAYA  
MOISES ISAAC CAMPOS REYES  
LIDIA MARÍA CLÍMACO CARRILLO

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO

SAN SALVADOR, ENERO DE 2009.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. AGR. M.Sc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO: DR. REYNALDO ADALBERTO LÓPEZ LANDAVERDE.

SECRETARIO: ING. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL

LIC. ING. AGR. EDGAR MARROQUÍN MENA

DOCENTES DIRECTORES:

LIC. ING. AGR. EDGAR MARROQUÍN MENA

ING. AGR. JOSÉ HÉCTOR MAYORGA CERÓN

ING. AGR. MORENA ARGUELIA RODRÍGUEZ DE SOTO

## **RESUMEN.**

La información que se presenta en esta investigación fue tomada en zonas de laderas del país, mediante el uso de encuestas y entrevistas efectuadas a productores dedicados al cultivo de higuierillo en los diferentes sitios en donde se obtuvo la información. Se tomaron como base aspectos importantes como: La ubicación del sistema de producción, el manejo agronómico, los costos de producción, rendimientos y equidad de género; los datos obtenidos fueron ordenados y procesados en cuadros y tablas para determinar el manejo agronómico que se realiza en los sistemas de producción.

En los sistemas de asocio se reportaron ciertas actividades agrícolas que se desarrollan en forma simultánea como la preparación del terreno, la época de siembra, fertilizaciones y el control de maleza, los cuales disminuyen los costos de mano de obra para la producción de los cultivos.

En el desarrollo de la investigación, se encontró que los costos de producción de los sistemas del cultivo de higuierillo en monocultivo y asocio con maíz, frijol, sorgo y café en zonas de laderas ronda entre los \$ 231.16 USD y los \$605.63 USD, siendo el menor el higuierillo en monocultivo y el de mayor costo el asocio higuierillo – café.

Sin embargo el sistema que presenta la menor rentabilidad es el sistema en monocultivo, en los sistemas en asocio el de menor rentabilidad es el asocio higuierillo - sorgo, y el de mayor rentabilidad es el asocio de higuierillo con café.

Dentro de las actividades agronómicas que demandan los diferentes sistemas de producción se encontró la participación de mujeres y niños, miembros de las diferentes familias.

Considerando la información recopilada se elaboró una guía técnica sobre el manejo agronómico y los costos de producción en los sistemas de asocio y monocultivo, presente en zonas de laderas, este documento fue editado por El Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de El Salvador (PASOLAES) a fin de que los productores interesados en la

siembra y aprovechamiento del cultivo de higuierillo lo utilicen como guía de producción y manejo, así como para la búsqueda de financiamiento en instituciones gubernamentales y privadas para el establecimiento de estos sistemas de producción.

La rentabilidad mostrada por los sistemas de producción en monocultivo y asocio descritos en la guía técnica puede servir de incentivo para la siembra de higuierillo, cuyo aceite puede ser usado para producir biodiesel y sustituir al diesel de petróleo sin competir con la seguridad alimentaria y contribuir a conservar el medio ambiente.

## **AGRADECIMIENTOS.**

LIDIA CLÍMACO:

A Dios todo poderoso por haberme permitido culminar mi investigación,  
a mi familia y amigos por su apoyo en todos los momentos de mi carrera.

MOISES CAMPOS:

A Dios todo poderoso por darme fuerza y sabiduría, a mi madre y mis hermanos por su inmenso apoyo y a mis amigos que de una forma directa o indirecta ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

A nuestros asesores que nos apoyaron y a los Ingenieros del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA): César Urbina y Mauricio Coto Amaya por habernos facilitado el transporte para la realización de esta investigación.

BALTAZAR LÓPEZ:

A Dios por concederme la sabiduría y la inteligencia en cada etapa de mi carrera y haberme acompañado día a día a lo largo de todos estos años de estudio.

A mi madre por su arduo sacrificio y dedicación en todo mi proceso educativo y haberme permitido tener una carrera de provecho. A mi abuela, hermana, primos y primas, tías y tíos por haberme acompañado a lo largo de mi carrera y por su contribución en la culminación de mis estudios.

A mis amigos por estar en cada uno de los momentos malos y buenos y por haberme apoyado cuando más los necesite.

A los ingenieros asesores de este proyecto de investigación quienes nos apoyaron incondicionalmente y nos guiaron en todo el proceso y realización de la misma.

A los directivos del CENTA y PASOLAES (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de El Salvador) por permitimos trabajar juntos y apoyarnos en cada momento que lo necesitamos.

**DEDICATORIA.**

LIDIA CLÍMACO:

A Dios por haberme concedió sabiduría y discernimiento.

A mis padres Laris Isidra Carrillo de Clímaco y José Arístides Clímaco.

A mi abuela María Lidia Clímaco.

A mis hermanos Elio Arístides Clímaco, Doris Gabriela Clímaco y José Miguel Clímaco.

A mis compañeros de tesis y compañeros de la Universidad.

MOISÉS CAMPOS:

A Dios todo poderoso por haberme otorgado la fuerza e inteligencia y por haberme bendecido con las buenas personas que puso en mí camino para poder terminar esta investigación.

A mi madre Rosa América Vides Reyes y a mis hermanos Rosa del Carmen Campos Vides y Ernesto Alexander Campos Vides.

A mis compañeros de tesis y demás amigos de la Facultad.

BALTAZAR LÓPEZ:

A Dios por permitirme culminar mis estudios y haberme acompañado y bendecido a lo largo de mi carrera.

A mi madre Gloria Aracely Anaya por su sacrificio y entrega en culminar mi carrera.

A mi abuela: Gabina del Carmen Morán, a mi hermana: Marcia Lisseth López Anaya, a mi prima: Karla Michelle Burgos Anaya, a mi tías: Isabel Anaya, Ángela Anaya, Etelvina Anaya, a mis primos: Jocelyn Pérez Anaya, Jaime Pérez Anaya y a mi Tío: Romilio Guerra y demás familiares quienes dieron todo su esfuerzo y apoyo en la culminación de mi carrera.

A mis amigos de tesis, mejores amigos, amigos de estudio y de la vida quienes estuvieron acompañándome en los buenos y malos momentos de toda mi carrera.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.1. Clasificación taxonómica del cultivo de higerillo .....	22
2.2. Origen y distribución geográfica .....	22
2.3. Descripción botánica .....	24
2.4. Variedades existentes .....	24
2.5. Usos del higerillo .....	24
2.5.1. Agroquímico .....	24
2.5.2. Industria farmacéutica y cosmética .....	25
2.5.3. Combustible .....	25
2.5.4. Otros usos .....	25
2.6. Requerimientos edafoclimáticos .....	25
2.7. Ciclo del cultivo .....	26
2.8. Análisis químico .....	27
2.9. Producción de Higerillo a nivel mundial .....	28
2.10. Manejo del cultivo .....	29
2.10.1 Método de siembra .....	29
2.10.2 Fertilización .....	29
2.10.3. Control de Malezas y plagas .....	29
2.10.4. Cosecha .....	30
2.10.5. Post cosecha .....	31
2.11. Rendimientos .....	31
2.12. Descripción de la variedad BRS NORDESTINA .....	32
2.13. Costos de producción del cultivo de higerillo .....	32
2.13.1. Costo producción .....	32
2.13.2. Costo de oportunidad .....	33
2.13.3. Relación beneficio – costo .....	33

2.13.4. Costos de los sistemas de producción del cultivo de higuerrillo .....	34
A. Sistemas en monocultivo .....	34
B. Sistemas en asocio .....	35
2.14. Sistemas de producción propuestos para el cultivo de higuerrillo en El Salvador .....	37
2.15. Cultivo de higuerrillo en El Salvador .....	38
2.16. El biodiesel .....	38
2.16.1. Ventajas del biodiesel .....	39
2.16.2. Desventajas del biodiesel.....	39
2.17. El biodiesel y la seguridad alimentaria.....	40
2.18. El higuerrillo en la producción de biodiesel .....	40
2.19. Otros cultivos para la fabricación de biodiesel.....	41
2.20. Rendimiento de biodiesel en diferentes cultivos .....	42
2.21. Proceso de extracción de aceite de higuerrillo.....	42
2.22. Proceso de producción de biodiesel.....	44
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>47</b>
3.1. Operativización de la hipótesis .....	47
3.2. Objetivos de la investigación .....	47
3.3. Descripción del estudio .....	48
3.4. Metodología de Campo .....	50
3.5. Metodología estadística .....	51
3.6. Metodología económica .....	51
3.7. Metodología para la elaboración de la guía técnica del cultivo de higuerrillo.....	52
3.8. Limitantes .....	52
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
4.1. Sistema en monocultivo .....	53
A. Manejo agronómico .....	53

B. Costos de producción .....	55
C. Rendimientos .....	56
D. Costo de oportunidad .....	56
E. Rentabilidad .....	57
Análisis de resultados .....	57
4.2. Sistema en asocio .....	59
4.2.1. Sistema higuerrillo – maíz .....	59
A. Manejo agronómico .....	59
B. Costos de producción .....	61
C. Rendimientos .....	62
D. Costo de oportunidad .....	62
E. Rentabilidad .....	63
Análisis de resultados .....	64
4.2.2. Sistema higuerrillo – frijol .....	65
A. Manejo agronómico .....	65
B. Costos de producción .....	67
C. Rendimientos .....	68
D. Costo de oportunidad .....	68
E. Rentabilidad .....	69
Análisis de resultados .....	70
4.2.3. Sistema higuerrillo – sorgo .....	71
A. Manejo agronómico .....	71
B. Costos de producción .....	73
C. Rendimientos .....	74
D. Costo de oportunidad .....	74
E. Rentabilidad .....	75
Análisis de resultados .....	76

4.2.4. Sistema higuerrillo – café .....	77
A. Manejo agronómico .....	77
B. Costos de producción.....	79
C. Rendimientos .....	80
D. Costo de oportunidad.....	80
E. Rentabilidad .....	81
Análisis de resultados .....	82
4.3. Análisis general de resultados económicos.....	83
4.4. Guía técnica.....	84
4.5. Análisis de equidad de género.....	85
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## Índice de cuadros.

Cuadro	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Componentes del Higuerrillo.....	27
<b>Cuadro 2.</b> Características del aceite de ricino .....	27
<b>Cuadro 3.</b> Componentes del pericarpio de la semilla de higuerrillo .....	28
<b>Cuadro 4.</b> Componentes de la almendra de higuerrillo .....	28
<b>Cuadro 5.</b> Listado de productores de higuerrillo con áreas de producción .....	49
<b>Cuadro 6.</b> Costos de producción del sistema de higuerrillo en monocultivo en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología .....	55
<b>Cuadro 7.</b> Costos de oportunidad e ingreso neto de los cultivos en la zona .....	56
<b>Cuadro 8.</b> Ingreso neto y relación beneficio – costo del higuerrillo en monocultivo.....	57
<b>Cuadro 9.</b> Costos de producción del sistema en asocio higuerrillo - maíz en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.....	61
<b>Cuadro 10.</b> Costo de oportunidad e ingresos netos del cultivo de maíz. ....	62
<b>Cuadro 11.</b> Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema higuerrillo – maíz .....	63
<b>Cuadro 12.</b> Costos de producción del sistema en asocio Higuerrillo - frijol en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.....	67
<b>Cuadro 13.</b> Costo de oportunidad e ingreso neto del cultivo de frijol.....	68

<b>Cuadro 14.</b> Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema higuerrillo – frijol .....	69
<b>Cuadro 15.</b> Costos de producción del sistema en asocio Higuerrillo - sorgo en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.....	73
<b>Cuadro 16.</b> Costos de oportunidad e ingreso neto del cultivo de sorgo .....	74
<b>Cuadro 17.</b> Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema higuerrillo – sorgo .....	75
<b>Cuadro 18.</b> Costos de producción del sistema en asocio higuerrillo - café en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.....	79
<b>Cuadro 19.</b> Costo de oportunidad e ingreso neto del cultivo de café .....	80
<b>Cuadro 20.</b> Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema higuerrillo – café.....	81
<b>Cuadro 21.</b> Cuadro resumen de análisis de costos de producción en monocultivo y asocio del cultivo de higuerrillo.....	83
<b>Cuadro 22.</b> Porcentaje de participación de la mujer en los sistemas de producción.....	85

## Índice de figuras.

Figura	Pág.
<b>Fig. 1.</b> Diagrama de extracción de aceite de ricino .....	43
<b>Fig. 2.</b> Proceso de extracción de biodiesel a partir de aceites vegetales.....	44
<b>Fig. 3.</b> Reacción de transesterificación.....	45
<b>Fig. 4.</b> Ciclo completo del biodiesel producido por Transesterificación de triglicéridos de aceites vegetales .....	46

**Índice de gráficos.**

Gráfico	Pág.
<b>Gráfico 1.</b> .Equidad de Género en las zonas de producción .....	85

## Índice de anexos.

Anexo	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Planta de higuierillo ( <i>Ricinus communis</i> ) .....	93
<b>Anexo 2.</b> Flores masculinas (abajo) y femeninas (arriba) del cultivo de higuierillo .....	93
<b>Anexo 3.</b> Fruto y semilla de higuierillo.....	93
<b>Anexo 4.</b> Variedades del cultivo de higuierillo en El Salvador .....	94
<b>Anexo 5.</b> Vara para aporreo de fruto de higuierillo.....	95
<b>Anexo 6.</b> Maquina de disco para descascarado de fruto de higuierillo .....	95
<b>Anexo 7.</b> Expeller de tornillo para extracción de aceite.....	95
<b>Anexo 8.</b> Producto final de la transesterificación .....	96
<b>Anexo 9.</b> Mapa de zonificación del cultivo de higuierillo .....	96
<b>Anexo 10.</b> Realización de encuesta – entrevista .....	97
<b>Anexo 11.</b> Preparación del terreno .....	97
<b>Anexo 12.</b> Siembra de higuierillo y cultivos de la zona.....	97
<b>Anexo 13.</b> Sistemas de producción .....	98
<b>Anexo 14.</b> Cosecha del cultivo de higuierillo .....	98
<b>Anexo 15.</b> Secado del fruto de higuierillo.....	98
<b>Anexo 16.</b> Almacenamiento de la semilla.....	99
<b>Anexo 17.</b> Peso y venta de semilla de higuierillo .....	99
<b>Anexo 18.</b> Formato de encuesta .....	100
<b>Anexo 19.</b> Guía técnica del cultivo de higuierillo.....	104

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Debido al aumento constante de precios de los productos derivados del petróleo, el gobierno de El Salvador ha impulsado a través del tiempo el programa de biocombustibles, tales como la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales entre los que se encuentra el de higuerillo y tempate. Sobre el higuerillo no existe en la actualidad documentación de experiencias sobre manejo agronómico y costos de producción del cultivo. Por ello se hace necesario realizar investigaciones y en especial en zonas de laderas donde se ubican la mayoría de los pequeños productores, quienes tienen establecidas plantaciones de higuerillo en monocultivo o en asocio con cultivos tales como café, maíz, sorgo y frijol.

El trabajo de investigación permitió documentar las prácticas de manejo agronómicas que se realizan en el cultivo según sea el sistema de producción empleado (monocultivo y asocio); así como los costos de producción para identificar cuál sistema posee mayores costos y así determinar la mayor o menor rentabilidad ya sea en monocultivo o asocio mediante el uso de indicadores, tales como el costo de oportunidad y la relación beneficio – costo, para que los productores interesados en la producción de los sistemas puedan obtener financiamiento. Los resultados obtenidos nos permitieron como grupo de investigación elaborar una guía técnica donde se establece la descripción botánica del cultivo, rendimientos, variedades, las prácticas de manejo agronómico y los costos de producción de los diferentes sistemas ya sea en asocio o como monocultivo en zonas de laderas de El Salvador, con la finalidad de obtención de biodiesel.

La documentación de este cultivo favorecerá la producción del higuerillo en los diferentes sistemas a fin de ser utilizado como materia prima para la obtención de biodiesel y otros derivados, sin descuidar la seguridad alimentaria de los productores a través del sistema en asocio; mejorando así la calidad de vida de los agricultores mediante los ingresos generados por el cultivo.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. Clasificación taxonómica del cultivo de higuerrillo.

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Spermatophyta (Angiosperma)

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Malpighiales

Familia: Euphorbiaceae

Subfamilia: Acalyphoideae

Tribu: Acalypheae

Subtribu: Ricininae

Género: Ricinus

Especie: communis

Nombre científico: *Ricinus communis*.

Nombre común: Higuerrillo

### 2.2. Origen y distribución geográfica.

El cultivo de higuerrillo (*Ricinus communis*) se encuentra ampliamente distribuido por todas las zonas templadas y cálidas del mundo con mayor presencia en África y el sur de Asia; se dice que la planta es originaria de India y conocida a nivel internacional con diferentes nombres comunes como por ejemplo: Ricino, tártago, higuera del diablo, catapucia, mamona, palma de Cristo, ricí, mamoneiro. En El Salvador se conoce como higuerrillo.

### **2.3. Descripción botánica.**

Se caracteriza por ser un arbusto perennifolio de 3 a 6 metros de altura, posee tallos rectos y con presencia de látex; sus hojas aserradas en disposición alternada, son peltadas y palmatilobuladas con 5 a 11 lóbulos de 50 cm de longitud.

“El higuerrillo es una planta alógama siendo la flor femenina fecundada por polen de otra planta, pero puede polinizarse ella misma (autofecundación). Presenta una inflorescencia con flores masculinas en la base del racimo y femeninas en la parte final de este. La proporción de unas y otras es variable. Mientras mayor sea la proporción de la parte que lleva las flores femeninas y el número de estas, mayor será el número de frutos que aparecerán posteriormente”. (CENTA. 2007) (Ver anexo 1)

Esta cualidad permite la conservación de los caracteres genéticos de las plantas, con lo cual se asegura la propagación por semillas, con alto valor y buenos rendimientos.

“Las Flores masculinas poseen un perianto de 6 a 12 mm de largo, el de las flores femeninas es de 4 a 8 mm de largo, ovario densamente cubierto por largos tubérculos blandos, que parecen pelos gruesos”. (Conabio. 2007)

Las flores masculinas están compuestas por un cáliz, 5 sépalos y múltiples estambres soldados, de color amarillo claro a blanco.

Las flores femeninas presentan tres estilos, ubicadas en la parte superior de la panícula, floreciendo casi todo el año, con una mayor floración en época seca. (Ver anexo 2)

El higuerrillo posee una infrutescencia, a la cual se le denomina racimo (30 racimos por planta según la variedad), que según el orden en que brotan se forman pisos de aparición a partir del sexto nudo de la planta. Después de la emergencia del primer racimo comienza la formación de ramas en los nudos inferiores subsiguientes, formándose por lo general dos o tres ramas después del primer racimo, terminando cada una de ellas en una fructificación.

El fruto es en una cápsula dehiscente de tres valvas, es de forma ovoide de 1 a 2 cm de diámetro, presentado espinas en su superficie y es de color rojizo durante la maduración; contiene 3 semillas elipsoides en su interior, y son de color pardo rojizo con manchas. (Ver anexo 3)

“Semillas elipsoides, poco aplanadas, de 10 a 17 mm de largo, lisas, brillantes, frecuentemente jaspeadas de café y gris, conspicuamente carunculadas”. (Ídem. Conabio. 2007)

Según las variedades de higerillo la semilla presenta variaciones en tamaño y color. La cual contiene ricina en su interior que es un elemento tóxico para el ser humano, y puede ser inactivado a altas temperaturas.

#### **2.4. Variedades existentes.**

NORDESTINA

IAC – 80

MITANTE – 10

GUARANI

CONGO

IZALCO

ORIENTAL

PARAGUAZÚ (Ver anexo 4)

#### **2.5. Usos del higerillo.**

El cultivo de higerillo presenta diversos usos, tales como: en la Industria agroquímica, farmacéutica, cosmética, combustibles, entre otros.

##### **2.5.1. Agroquímico.**

Se usa ampliamente como vehículo y fijador en insecticidas, fungicidas y defoliantes. Su tensión superficial confiere alta adherencia, permitiendo que el principio activo obre con

buena persistencia y aumenta la resistencia al lavado por acción de lluvias moderadas. Siendo un insecticida natural, su olor genera repelencia a los insectos. Ésta propiedad puede mantenerse en el aceite, conservando los elementos volátiles generadores de olor.

### **2.5.2. Industria farmacéutica y cosmética.**

En la medicina se usa para la elaboración de cremas antiarrugas, en la fabricación de medicamento para descongestionar los pulmones, como agente endurecedor de las uñas, elimina hongos en los pies, elimina el enrojecimiento de los ojos, dolor de oído y elaboración de otros productos.

### **2.5.3. Combustible.**

El aceite de ricino se emplea como lubricantes y combustible en motores de aeromodelismo, en mezcla de gasolina y alcohol etílico. Era usado por los egipcios como aceite para lámparas.

### **2.5.4. Otros usos.**

El aceite es usado en la fabricación de jabones finos, incluyendo los jabones transparentes; también se emplea como lubricante y su principal propiedad es la adherencia a las superficies metálicas, en forma de películas delgadas.

Es utilizado como fertilizante a partir de la torta generada en la extracción del aceite, mejorando la fertilidad de los suelos sin causarle daños o desgastarlo.

## **2.6. Requerimientos edafoclimáticos.**

Altitud: 0 a 1,500 msnm, con un ideal de 300 a 1,500 msnm.

Requerimientos hídricos: 500 a 1,000 mm, con una humedad bien definida antes y durante de la floración. La época seca es importante en la maduración de frutos.

Temperatura: 7 a 30° C

Suelo: El cultivo de higuierillo crece en distintos tipos de suelos tales como: Arenosos, aluviales y francos (arenoso o limoso), desarrollándose mejor en suelos de textura franco, profundos, sueltos, aireados y con buen drenaje, su desarrollo se ve limitado en suelos arcillosos y de poca profundidad.

Aunque se desarrolla en suelos pobres, es exigente en fertilidad, por lo que debe ser cultivado en terrenos de media a alta fertilidad para un buen desarrollo, sin embargo, los suelos con altas tasas de fertilidad producen el excesivo crecimiento vegetativo, prolongación del tiempo de floración y ciclo del cultivo.

No debe de cultivarse en suelos rocosos o pedregosos, ni con capas inferiores duras, ya que afecta la absorción de nutrientes por la mal formación del sistema radicular debido a la presencia de piedras o talpetate que impiden el paso de la raíz a profundidades donde se concentran la mayor cantidad de nutrientes presentes en el suelo. El higuierillo posee la capacidad de recuperar suelos donde se han establecido cultivos como maíz, frijol y sorgo.

Debe de sembrarse en suelos con un pH entre 5.5 y 7.0, ya que si estos son muy ácidos o alcalinos producen un efecto negativo sobre el crecimiento y el desarrollo del cultivo.

En síntesis, es un cultivo no muy exigente a requerimientos edafoclimáticos, por lo que en el país existe la posibilidad de obtener rendimientos aceptables para la producción de biodiesel.

### **2.7. Ciclo del cultivo.**

Otros países reportan que la duración del ciclo productivo es de 250 días, de los cuales tarda 5 días para la germinación, 45 días de fase vegetativa y 200 días de fase productiva.

En el país, la duración del ciclo del cultivo es de 250 días, de los cuales tarda de 6 a 15 días para la germinación, 100 días de fase vegetativa y 135 días de fase productiva.

## 2.8. Análisis químico.

La composición de la semilla de higuerrillo es la siguiente:

**Cuadro 1.** Componentes del Higuerrillo (en porcentaje, tomado de 100 gr de muestra)

Componentes	Porcentaje (%)
Aceite	46.19
Almidón	20.00
Albúmina	0.50
Goma	4.31
Resina bruta y principios amargos	1.91
Fibra leñosa	20.00
Agua	7.09

Fuente: Gustavo E. Spangenberg, Uruguay. 1990.

De los aceites obtenidos se encuentran presentes los siguientes ácidos grasos: Ácido palmítico, esteárico, dihidroxiesteárico, oleico, linoleico (omega 3 y 6), behenico y ricinoleico.

El aceite de ricino presenta las siguientes características:

**Cuadro 2.** Características del aceite de ricino.

Característica	Rango
Índice de refracción	1.4776 °C
Índice de yodo	85.2
Viscosidad – Temperatura	37.8 – 98.9 °C
Gravedad específica 25 °C	0.945 – 0.965

Fuente: Proquimcol. Colombia. 2007.

La particularidad más importante del aceite de ricino es su tendencia a mantener su estabilidad física y química al ser expuesta a los agentes ambientales en comparación con otros aceites de origen vegetal.

Para el funcionamiento de aviones es especialmente bueno por su bajo punto de congelación, pero tiene que emplearse muy purificado (como el aceite medicinal utilizado por sus propiedades purgativas).

La composición del pericarpio se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro 3.** Componentes del pericarpio de la semilla de higuierillo (en porcentaje, 23.45% del total de la semilla)

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Resina bruta y principios amargos	1.91
Goma	1.91
Fibra leñosa	19.63

Fuente: Gustavo E. Spangenberg, Uruguay. 1990.

La almendra resultante del fruto de higuierillo presenta la siguiente composición:

**Cuadro 4.** Componentes de la almendra de higuierillo (en porcentaje, 76.58% restante del total de la semilla)

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Aceite graso	46.19
Goma	2.40
Almidón y fibra leñosa	20.40
Albúmina	0.50
Agua	7.09

Fuente: Gustavo E. Spangenberg, Uruguay. 1990

## **2.9. Producción de Higuierillo a nivel mundial.**

“Los principales países productores de higuierillo son Brasil, India y la República Popular China. Estos países para el año de 2002 presentaron una producción de 580 kilo toneladas/año” (Rosa e Abreu. 2004).

“A nivel mundial, durante los años 2001 al 2005 fueron sembradas en promedio 1,280,197 Ha de higuierillo, con rendimiento promedio de 928 kg/ha y una producción de 1,191,443 toneladas. El principal productor mundial es India con 800,000 ton, lo que equivale a cerca de 70% de la producción mundial; le siguen China y Brasil con 268.000 y 176.000 ton, respectivamente” (FAOSTAT. 2006).

## **2.10. Manejo del cultivo.**

### **2.10.1 Método de siembra.**

Esta se realiza a través de la siembra directa al suelo con una profundidad de 2.54 cm, de forma manual o mecanizada utilizando sembradora de disco empleada en tabaco; la siembra se realiza a distanciamientos de 1 metro entre plantas y 3 metros entre surcos, 2 metros entre plantas x 2 metros entre surcos ó 3 metros entre plantas y 2 metros entre surcos. Se colocan dos semillas por postura.

### **2.10.2 Fertilización.**

A la siembra: 50 a 70 Kg/ Ha de fósforo y 30 a 50 Kg/ Ha de potasio y nitrógeno.

A los 25 días: 50 Kg/ Ha de nitrógeno

A los 50 días: 50 Kg/ Ha de nitrógeno (Falasca, Ulberich. 2006)

### **2.10.3. Control de malezas y plagas.**

El terreno donde se implemente el cultivo debe de permanecer limpio y libre de malezas después de la siembra, utilizando para ello herbicidas pre y post-emergentes; puede realizarse también de forma manual.

El control de plagas se puede realizar de forma mecanizada, mediante el paso de arado para eliminación de larvas y demás plagas del suelo antes de la siembra; otra forma de combatir las plagas es mediante la aplicación de insecticidas a base de Triclorfon o Metomil (Lannate).

Algunos países reportan el ataque de plagas y enfermedades en el cultivo como:

- Chinche (*Nezara viridula*)
- Moho ceniciento causado por *Botrytis ricino*.
- Mancha de fusarium causada por *Fusarium oxysporum*.
- Pudrición de la base del tallo por el hongo *Botriodiplodia theobromae*, *Cercosporios* y *Alternaria*.
- Pudrición de tallo causado por *Macrophomina phaseolina*

#### **2.10.4. Cosecha.**

Para la colecta de frutos se utiliza como índice de cosecha el secamiento del 80% de la panoja. La cosecha se debe realizar cortando con tijera de podar o con cuma todo el racimo que contiene los frutos que han secado.

Para aquellas variedades indehiscentes se utiliza como índice de cosecha la presencia de fruto seco. Cuando las variedades son dehiscentes se debe cosechar el fruto antes de su apertura para evitar la pérdida de semilla al caer al suelo. La cosecha debe de realizarse en horas de la mañana antes de que se deshidrate el fruto.

En un cultivo pueden realizarse varios cortes de racimos según el número de panojas y las etapas de maduración entre cada uno de estos.

Cuando la cosecha se realiza de forma mecánica, las variedades a utilizar deben de ser enanas y presentar uniformidad en porcentaje de maduración.

“La cosecha, cuando las variedades son precoces debe realizarse a los ciento veinte días y a los ciento cincuenta días en las variedades tardías” (Proyecto Misiones. 2006)

### **2.10.5 Post cosecha.**

Después de cosechado el fruto, para la obtención de la semilla, se realizan tres etapas: Secado, separación, limpieza y ensacado de semilla; las cuales se hacen de forma mecanizada o manual. (Ver anexo 5)

### **2.11. Rendimientos.**

Al manejar la producción de higuierillo en forma semitecnificada se espera obtener 45 quintales de fruto por manzana; en comparación con la producción del cultivo sin insumos agrícolas en el manejo tales como: fertilizantes, herbicidas y pesticidas, cuya producción se reduce a 25 quintales de fruto por manzana.

“Con variedades de porte enano, la densidad de siembra recomendada es de 10,000 a 15,000 plantas por hectárea” (MAG, Costa Rica. 1991).

Los rendimientos del cultivo de higuierillo dependen de varios factores: edafoclimáticos, tipo de variedad a utilizar y el nivel de manejo. Existen variedades como Paraguazú que en condiciones adecuadas de manejo y mediana fertilidad de suelos, altitud por encima de 300 metros, y por lo menos 500 mm de lluvia puede producir 11.55 quintales por manzana de semillas al año. Otra variedades como Guaraní con un nivel tecnológico medio de manejo posee una productividad entre 7.7 a 19.25 quintales por manzana de semillas al año; mientras que la variedad IAC 80 tiene el potencial de producción de 30.8 quintales de semilla por manzana con nivel tecnológico de producción medio.

El porcentaje de extracción de aceite de higuierillo oscila entre el 40% y el 48%, dependiendo del método de extracción, la variedad y las condiciones de manejo del cultivo. Este porcentaje es alto comparado con el de otras oleaginosas, como el algodón ó la soya.

Comparando los porcentajes de aceites de algunas variedades, la semilla de Nordestina y Paraguazú presentan mayores rendimientos (48%) que las variedades de IAC 80 con rendimiento de 47% de aceite y Guaraní entre el 46 y el 48%.

## **2.12. Descripción de la variedad BRS NORDESTINA.**

En el cultivo de higuierillo existen muchas variedades, de las cuales la BRS Nordeste es una de las primeras introducidas en el país (utilizada en investigaciones desarrolladas por CENTA), debido a las características propias de la variedad que permiten una adaptación a las condiciones edafoclimáticas del país.

Esta variedad puede llegar a producir entre 30 – 35 qq/ mz de fruto y cuyo contenido de aceite en la semilla puede llegar al 48%, con un peso por semilla de 0.8 gr. (Dato basado en la experiencia de Brasil).

El tamaño de la planta es de 1.70 a 2.00 m y posee un crecimiento arbustivo, se adapta bien en alturas entre 300 – 1,500 m.s.n.m, esta variedad tiene la características de poseer frutos dehiscentes, es tolerante a la humedad, y su productividad puede llegar a ser de 30.80 a 77 qq/mz/año de fruto.

## **2.13. Costos de producción del cultivo de higuierillo.**

### **2.13.1. Costo producción.**

“Los costos son el total de los medios de producción consumidos y la parte proporcional de los medios de producción desgastados. Estos costos se expresan en dinero” (Ten Brink. 1992).

Se entienden como medio de producción: La preparación del terreno (tracción motriz o animal), insumos agrícolas (semilla, fertilizantes, herbicidas, pesticidas y foliares), mano de obra (directa) y transporte interno.

“El costo de una manzana con higuierillo ronda los 250 dólares; la variedad puede producir hasta 23 quintales por manzana, y por hectárea se pueden procesar hasta 242 galones de aceite” (Soares. 2007).

### 2.13.2. Costo de oportunidad.

El costo de oportunidad o costo alternativo designa el costo de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de las inversiones alternativas disponibles, o también el valor de la mejor opción no realizada. (Wikipedia 2008).

El costo de oportunidad se refiere al costo en que se incurre al tomar una decisión y no otra, es decir, es aquel valor o utilidad que se sacrifica por elegir una alternativa A y despreciar una alternativa B.

### 2.13.3. Relación beneficio – costo (Ingreso - costo).

“La relación beneficio - costo está determinada por la relación entre los ingresos y egresos generados en un sistema de producción, en el corto plazo, generalmente un año, aunque puede ser para mediano y largo plazo” (AulaFácil. 2007).

En términos económicos, se entenderá en la presente investigación por “beneficio” al ingreso total generado en cada uno de los sistemas de producción ya sea este en monocultivo o asocio.

El análisis de esta relación toma valores que son mayores o menores a 1, lo que implica:

- **Relación  $B/C > 1$**

Índica que por cada dólar invertido se obtiene más de un dólar de ingreso. En consecuencia, si la relación es mayor o igual a uno, el sistema de producción es rentable.

- **Relación  $B/C < 1$**

Índica que por cada dólar invertido se obtiene menos de un dólar de ingreso. En consecuencia, si la relación es menor a uno, el sistema de producción no es rentable. (Ídem. AulaFácil. 2007).

Dentro de los beneficios que se obtienen en una producción se incluyen también los aspectos sociales y ambientales. Los beneficios sociales denotan la generación de empleos al implementarse el cultivo de higuierillo en los sistemas de monocultivo y en asocio, también la participación del grupo familiar en los sistemas de producción y la garantía de la seguridad alimentaria de las familias de los productores mediante los sistemas en asocio.

Los beneficios ambientales generados por los sistemas productivos engloban la recuperación de suelos mediante la implementación del cultivo de higuierillo, también se obtiene una protección de suelos especialmente en zonas de laderas minimizando la escorrentía superficial y el impacto de las gotas de lluvia para evitar la erosión de estas zonas. Otro beneficio generado dentro de los sistemas en monocultivo y asocio es la reducción en el uso de agroquímicos para el control de plagas, debido a la propiedad del higuierillo de repelencia de insectos que dañan los cultivos.

#### **2.13.4 Costos de los sistemas de producción del cultivo de higuierillo.**

##### **A.- Sistemas en monocultivo.**

##### **➡ Monocultivo tradicional.**

Los costos de producción del cultivo hacen uso de la labranza mínima, donde se toman en cuenta las siguientes actividades agrícolas que demandan costos:

- A.- Preparación del terreno, que incluye únicamente la limpieza manual o química.
- B.- Insumos, contabilizando el costo de la semilla, herbicida, fertilizante, plaguicidas y los sacos de nylon para el almacenamiento de la semilla.
- C.- Mano de obra, aquí se encierran todas las actividades de manejo agrícola como la preparación de suelo, siembra, limpieza, fertilización, control de plagas y enfermedades, la cosecha y el transporte.
- D.- Transporte tanto de insumos a la parcela como de la cosecha para su comercialización.

➡ **Monocultivo semitecnificado (de baja a media tecnología).**

En este sistema de producción se utiliza cierto grado de tecnología en el proceso de preparación de suelo y durante el desarrollo del cultivo.

Para este sistema se incluyen las siguientes actividades:

- A.- Preparación del terreno, que incluye la chapoda como actividad de limpieza, el paso de arado con tracción animal o mecánica y el paso de rastra.
- B.- Insumos: Semilla, herbicida, fertilizantes, plaguicidas y los sacos de nylon para el almacenamiento de la semilla.
- C.- Mano de obra para la preparación de suelo, siembra, limpieza, fertilización, control de plagas y enfermedades, la cosecha y el transporte.
- D.- Transporte de insumos a la parcela y de la cosecha para su venta.

**B.- Sistemas en asocio.**

➡ **Asocio con maíz.**

En la producción del cultivo de maíz se toman las siguientes actividades como costos de producción:

- A.- Preparación del suelo: Chapoda, paso de rastra, surcado (dependiendo del área mecanizable).
- B.- Insumos: Semilla, fertilizantes, herbicida, plaguicidas y foliar.
- C.- Mano de obra en la preparación del suelo, fertilizaciones, aporco, limpieza, control de plagas y enfermedades, dobla, tapizca y transporte
- D.- Transporte tanto de insumos a la parcela como de la cosecha.

En el cultivo de higuierillo se debe considerar:

- A.- Insumos: Semilla, fertilizante y sacos de nylon.

B.- Mano de obra: Siembra, fertilización, cosecha y transporte.

C.- Transporte para la cosecha.

### ➡ **Asocio con frijol.**

En la producción del cultivo de frijol se toman las siguientes actividades como costos de producción:

A.- Preparación del suelo: Chapoda.

B.- Insumos: Semilla, fertilizante, herbicida, plaguicida y fertilizantes foliares.

C.- Mano de obra para: La preparación del suelo, fertilizaciones, limpieza, control de plagas y enfermedades, arrancado, aporreo, aventado, secado, ensacado y transporte

D.- Transporte tanto de insumos a la parcela como de la cosecha.

En el cultivo de higuierillo se contabilizan las siguientes actividades:

A.- Insumos: Semilla, fertilizantes y sacos de nylon.

B.- Mano de obra: Siembra, fertilización, cosecha y transporte.

C.- Transporte para el traslado de la cosecha.

### ➡ **Asocio con sorgo.**

En la producción del cultivo de sorgo se toman las siguientes actividades como costos de producción:

A.- Preparación del suelo: Paso de rastra y surqueado.

B.- Insumos: Semilla, fertilizantes, herbicida, plaguicida y fertilizante foliar.

C.- Mano de obra en la preparación del suelo, fertilizaciones, limpieza, control de plagas y enfermedades, corte, aporreo, aventado y transporte

D.- Transporte tanto de insumos a la parcela y como de la cosecha.

En el cultivo de higuierillo se incluyen las siguientes actividades:

A.- Insumos: Semilla, fertilizante y sacos de nylon.

B.- Mano de obra: Siembra, fertilización, cosecha y transporte.

C.- Transporte para sacar la cosecha.

#### ➡ **Asocio con café.**

En este asocio se incluye el higuierillo en la fase de mantenimiento como sombra para el café, por lo que sólo se toman en cuenta las actividades de mantenimiento siguientes:

A.- Insumos: fertilizante, foliares, herbicidas y plaguicidas.

B.- Mano de obra: poda, fertilizaciones, control de malezas y plagas, así como aplicación de fertilizantes foliares.

C.- Transporte de insumos.

En el cultivo de higuierillo se consideran:

A.- Insumos: Semilla, fertilizantes y sacos de nylon.

B.- Mano de obra para la siembra, fertilización, cosecha y transporte.

C.- Transporte para sacar la cosecha.

### **2.14. Sistemas de producción propuestos para el cultivo de higuierillo en El Salvador.**

Sistema en monocultivo semitecnificado (de baja a media tecnología): Este se siembra en terrenos con diferentes pendientes, con buenas características de suelo y con utilización moderada de insumos agrícolas. En este tipo de sistema se pretende obtener los mejores resultados de producción y utilizar semilla importada de variedades adaptables a las condiciones del país. La variedad utilizada fue la NORDESTINA importada de Brasil, la cual se siembra a un distanciamiento de 2.5 X 1 metros, obteniéndose una densidad de 2,800 plantas por manzana (Mayorga. 2007).

Sistema en asocio (de baja a media tecnología): Se siembra en terrenos con diferentes pendientes trabajables, con poca pedregosidad y baja o ninguna utilización de insumos

agrícolas. Para este sistema se recomienda el mismo distanciamiento de siembra y la misma variedad que en el anterior; sin embargo, se incluye el asocio del higuierillo con cultivos para la alimentación tales como: Maíz, frijol, sorgo y café. (Ídem. Mayorga. 2007).

### **2.15. Cultivo de higuierillo en El Salvador.**

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) evaluó para el año 2007 un área aproximada de 461.93 manzanas de este cultivo, distribuidas en todo el territorio nacional, con la finalidad de determinar rendimientos, costos y la rentabilidad de ciertas variedades y en especial la variedad traída de Brasil, destinando la producción para la obtención de aceite utilizado como materia prima en la fabricación de biodiesel, así como el almacenamiento de semilla para la propagación de este cultivo.

La entrega de insumos y de semilla se realizó de forma gratuita mediante convenios entre alcaldías, ONG'S y cooperativas, bajo la supervisión del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) a los productores que querían experimentar con este cultivo en los diferentes sistemas de producción, siendo estos sembrados tanto en monocultivo como en asocio con maíz, frijol, sorgo y café.

### **2.16. El biodiesel.**

Es un combustible alternativo que se produce con recursos renovables, de uso corriente como los aceites vegetales, grasas animales o aceites de cocina.

Para la obtención del mismo pueden utilizarse: Aceite de soja, colza, girasol, higuierillo o grasas recicladas de restaurantes y se puede mezclar con diesel derivado del petróleo en diferentes proporciones que varían del 1% al 100%. Este biocombustible es libre de azufre, aromáticos y es biodegradable.

### **2.16.1. Ventajas del biodiesel.**

- ➡ Producto biodegradable que no genera efectos tóxicos y las emisiones de dióxido y monóxido de carbono son más bajas que las producidas por la combustión del diesel derivado del petróleo.
- ➡ Reduce las emisiones de monóxido de carbono (CO) aproximadamente en un 50% y las de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un 78.45%. (Garma 2007)
- ➡ Contiene menos hidrocarburos aromáticos, ya que reduce en un 56% el benzofluoranteno y en un 71% los benzopirenos. (Idem. Garma. 2007)
- ➡ Elimina las emisiones de azufre (SO<sub>2</sub>), ya que no contiene azufre.
- ➡ Reduce en un 65% la emisión de partículas sólidas producidas en la combustión.
- ➡ El biodiesel fabricado a partir de aceite de hígado de pescado es el mejor, por ser el único aceite soluble en alcohol, no requerir calor y el consecuente gasto de energía que exigen otros aceites vegetales en su transformación a biocombustible.
- ➡ La virtud más apreciada del aceite de ricino para biodiesel es su extraordinaria capacidad de lubricación y la elevada resistencia a la rotura que caracteriza la película protectora que forma.

### **2.16.2. Desventajas del biodiesel.**

- ➡ El biodiesel presenta problemas de fluidez y congelamiento a temperaturas menores a cero grados.
- ➡ Si no se realiza un buen almacenamiento del biodiesel, este puede ensuciarse y llenarse de impurezas que podrían dañar el motor del vehículo.

- ➡ En comparación con el diesel el contenido energético del biodiesel es menor, por lo que su consumo se incrementa.
- ➡ Al producirse un biodiesel de baja calidad, las emisiones de Oxido de nitrógeno serían iguales a las emitidas por el diesel derivado del petróleo fósil.
- ➡ El aceite de ricino como biodiesel, tiene cierta tendencia a dejar restos de carbonilla o ceniza insoluble en el resto de componentes del combustible.

### **2.17. El biodiesel y la seguridad alimentaria.**

Los cultivos que se pueden explotar para obtener aceite y posterior transformación a biodiesel, se adaptan a los sistemas de producción de los pequeños agricultores, ya que pueden sembrarse en asocio con cultivos destinados a la alimentación humana siendo estos maíz, frijol, sorgo, etc.

De esta manera se garantiza la producción de alimentos y la generación de ingresos adicionales producto de la venta de la cosecha para la extracción del aceite e incluso el biodiesel producido puede ser utilizado por el mismo agricultor para cubrir su necesidad energética.

### **2.18. El higuierillo en la producción de biodiesel.**

Según las experiencias adquiridas en países extranjeros y el establecimiento de parcelas de asocio de café con higuierillo como sombra, puede aseverarse que el cultivo de higuierillo es la alternativa más viable a corto plazo para producir aceite como materia prima para la obtención de biodiesel en el país.

El aceite de higuierillo es uno de los mejores en la producción de biodiesel, ya que por sus propiedades es el único de todos los aceites vegetales soluble en alcohol, sin necesidad de ser sometido a procesos de calor y por ende no genera gasto de energía en su transformación a combustible.

## **2.19. Otros cultivos empleados para la fabricación de biodiesel.**

### **TEMPATE (*Jatropha curcas*)**

El tempate es una oleaginosa de porte arbustivo, originaria del continente americano, muy resistente a la sequía y puede establecerse en terrenos con alturas desde 0 a 1000 msnm.

Es un cultivo que por años ha sido utilizado como cerca viva, no es usado como leña, por su mala combustión y se utiliza en procesos de conservación de suelos y reforestación.

No se usa como planta forrajera ya que presenta toxicidad en sus hojas.

Posee dos épocas de floración, generalmente en los meses de mayo y julio, la fructificación se presenta en los meses de julio y octubre.

Estabiliza su producción al tercer año de sembrado, presentándose a partir del quinto y sexto año su mayor rendimiento. Esta especie posee un ciclo de vida de 30 a 50 años.

Se toma como índice de cosecha el cambio de coloración del fruto, el cual está completamente maduro cuando toma una coloración oscura y listo para ser cortado.

### **Rendimientos.**

El primer año presenta un rendimiento de 3.85 qq/mz de semilla, el segundo año 15.4 qq/mz, para el cuarto año 77 qq/mz y en el sexto año cuando se presenta una producción bien establecida se obtienen rendimientos de 184.8 qq/mz.

### **Productos obtenidos.**

1. El jugo de semilla, es un aceite de origen vegetal utilizado en la alimentación humana, tanto en la fabricación de Biofuel (mezclas B10 y B12) como de jabones.
2. La torta prensada posee un alto valor proteico del 56%, utilizado como bioabono, así como en la producción de biogas y al ser desintoxicada es utilizada como alimento para el ganado.

### **Aceite de tempate.**

La semilla presenta un porcentaje de aceite del 38%, posee una viscosidad de 52.5 a 30 °C, el valor calorífico es de 37 a 38 MJ/Kg y presenta un residuo de carbono del 64%.

## 2.20. Rendimientos de biodiesel en diferentes cultivos.

Los rendimientos de producción de biodiesel difieren según la materia prima utilizada para su fabricación, así el rendimiento obtenido por manzana proveniente de diversos cultivos es el siguiente:

Soja ( <i>Gliricine max</i> )	294 litros
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	539 litros
Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> )	623 litros
Maní ( <i>Arachis hipogaea</i> )	693 litros
Colza ( <i>Brassica napus</i> )	770 litros
Higuerillo ( <i>Ricinus communis</i> )	924 litros
Tempate ( <i>Jatropha curcas</i> )	1,113 litros
Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	1,722 litros
Coco ( <i>Cocos nucifera</i> )	1,757 litros
Cocotero ( <i>Acrocomia aculeata</i> )	2,940 litros
Palma ( <i>Elaeis guineensis</i> )	3,885 litros

## 2.21. Proceso de extracción de aceite de higuerillo.

Después de cosechado el fruto, debe secarse al sol durante dos o tres días antes que se abra, colocándose sobre un plástico para evitar el desperdicio de material.

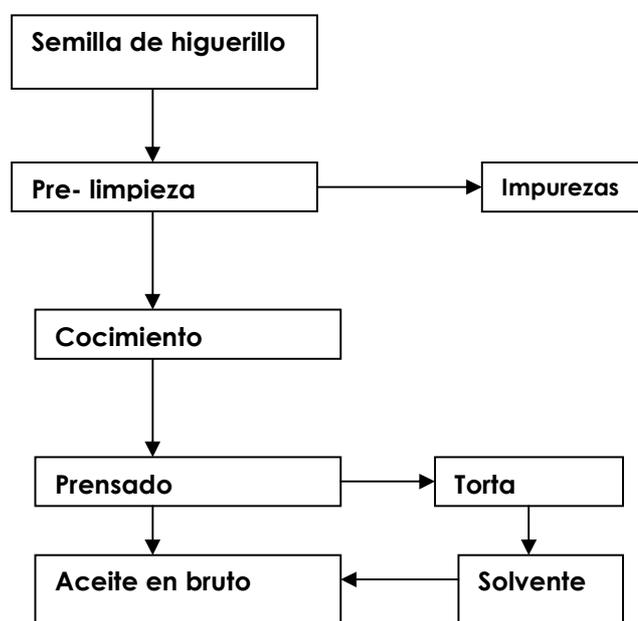
El siguiente paso para este proceso consiste en descascarar la semilla (separar el pericarpio) para eliminar la resina, fibras leñosas y gran parte de la goma. Una vez hecho esto, hay que extraer de inmediato el aceite, pues el grano descortezado no puede conservarse. La extracción de aceite se hace con expeller, el descascarado puede realizarse de forma manual y mecánica cuando el área de siembra es mayor a 50 hectáreas.

Cuando el proceso se realiza en forma manual se usan varas para golpear los frutos y extraer la semilla. Al hacerlo en forma mecánica se utilizan maquinas diseñadas para este proceso. (Ver anexo 5 y 6)

Una vez obtenida la semilla se realiza el proceso de extracción de aceite utilizando cuatro métodos:

- 1.- Presión mecánica discontinua (el más antiguo)
- 2.- Presión continua ó expeller (Ver anexo 7)
- 3.- Por medio de solventes
- 4.- Combinación de expeller y solventes (Op.cit. Mayorga. 2007)

El proceso de extracción del aceite es el siguiente:

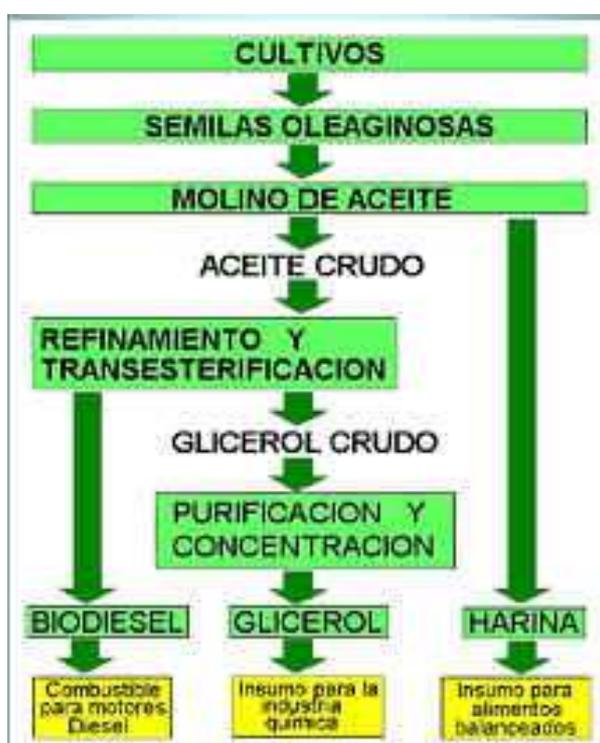


**Fig.1.** Diagrama de extracción de aceite de ricino.

Para hacer factible la mezcla del aceite mineral con el de ricino, debe eliminársele la ricina, sometiéndolo a tratamientos especiales (altas temperaturas durante 16 a 20 horas), que le hacen perder la propiedad de diluirse en el alcohol; adquiriendo por otra parte la facultad de mezclarse con los hidrocarburos livianos y pesados (nafta, kerosene, aceites minerales, etc.).

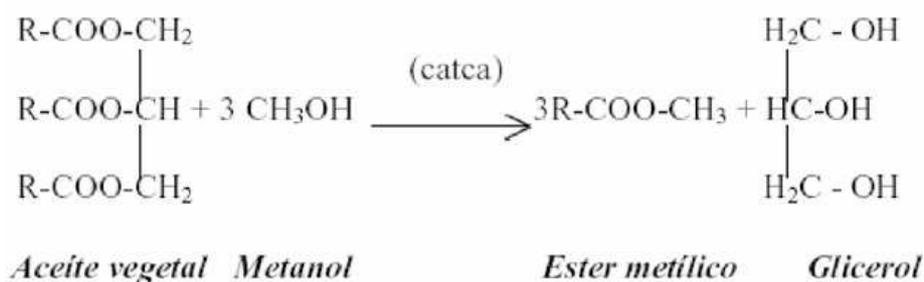
## 2.22. Proceso de producción de biodiesel.

“El proceso se inicia a partir de los ácidos grasos derivados del aceite, el cual sufre una reacción denominada transesterificación, que consiste en la conversión de los triglicéridos en ésteres, utilizando un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador el cual puede ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, a través de la decantación se produce el biodiesel en la parte superior y glicerina en la inferior” (IICA. 2007).



**Fig.2.** Proceso de extracción de biodiesel a partir de aceites vegetales.

La reacción de transesterificación se lleva a cabo en reactores de estructura tubular a temperatura de 250 °C realizándose todo el proceso en dos etapas, las cuales incluyen la separación de glicerina y la recuperación de calor. Generalmente se presenta una reacción reversible acompañada por pequeños efectos de calor en comparación con otras reacciones de esterificación. Las reacciones son conducidas en fase líquida, usualmente en presencia de un catalizador.



**Fig. 3.** Reacción de transesterificación.

La transesterificación del aceite consiste en hacer reaccionar el aceite vegetal (compuesto de tres cadenas de ácidos grasos unidos a una molécula de glicerina) con un alcohol (metanol o etanol) en presencia de un catalizador (hidróxido de sodio o hidróxido de potasio); de esa forma el éster se separa de la glicerina. Las cantidades recomendadas por cada litro de aceite a transesterificar son 200 cm<sup>3</sup> de metanol.

Para llevar a cabo la reacción, el aceite se debe calentar a una temperatura de 48 a 54 °C en función del tipo de aceite, la cual se debe mantener durante todo el proceso.

Luego se procede a agregar el metóxido al aceite caliente en movimiento y se continúa agitando vigorosa durante una hora, tiempo en el cual ocurre la transesterificación. Pasado el tiempo de agitación se dejará reposar por 12 horas, para la decantación de las glicerinas, finalmente se separa el metiléster aspirándolo.

El producto obtenido presenta el inconveniente que, en el metiléster, aún hay restos de metanol y de soda cáustica, por lo cual el pH es muy alcalino, aspecto que puede provocar daño en los motores. Es por esa razón que posteriormente a la transesterificación el aceite debe ser limpiado o lavado para extraer los restos de soda cáustica y llevar el pH a valores neutros (el metanol puede ser extraído calentando el biodiesel a 100 °C). (Ver anexo 8).



**Fig. 4.** Ciclo completo del biodiesel producido por transesterificación de triglicéridos vegetales.

### **3. METODOLOGÍA.**

#### **3.1. Operativización de la hipótesis.**

##### **HIPÓTESIS:**

“La poca información sobre el manejo agronómico y costos de producción del cultivo de higuierillo en los sistemas de monocultivo y asocio genera una baja en los rendimientos y rentabilidad de los cultivos”.

##### **VARIABLES**

- ➡ Variables Independiente: Información de manejo agronómico y costos de producción.
  
- ➡ Variable dependiente: Rendimientos y rentabilidad.

##### **INDICADORES**

- ➡ Indicadores de la variable independiente: Manejo agronómico y costos de producción de los sistemas de producción en monocultivo y asocio del cultivo de higuierillo.
  
- ➡ Indicadores de la variable dependiente: Rendimientos, rentabilidad (relación beneficio – costo) y la comparación de costos de oportunidad de los sistemas de producción.

#### **3.2. Objetivos de la investigación.**

##### **Objetivo General.**

- ➡ Generar una guía técnica sobre manejo agronómico y costos de producción del cultivo de higuierillo basado en las experiencias de productores y productoras de zonas de laderas de El Salvador.

### **Objetivos Específicos.**

- ➡ Establecer el manejo agronómico del cultivo del higuierillo en los sistemas de producción en monocultivo y asocio.
- ➡ Determinar los costos de producción y rentabilidad del cultivo del higuierillo en los diferentes sistemas de producción.
- ➡ Generar información del cultivo de higuierillo en sus diferentes sistemas para que los agricultores y agricultoras se interesen en el establecimiento de parcelas destinadas a la obtención de materia prima para la fabricación de biocombustibles.

### **3.3. Descripción del estudio.**

Los métodos de investigación utilizados en la determinación del manejo y costos de producción del cultivo de higuierillo se basaron en la recopilación de información a través de documentación bibliográfica, hemerográfica y cibernética.

Se recopiló información de campo mediante encuestas y entrevistas, realizadas a productores de zonas de laderas del cultivo de higuierillo, orientadas al conocimiento de experiencias en cuanto al manejo agronómico del cultivo, recopilando aspectos sobre: Preparación del terreno, distanciamientos y métodos de siembra, fertilizaciones, control de maleza, control de plagas y enfermedades, cosecha y almacenamiento. En cuanto a los costos de producción se recopilaron los datos de costos de todas las actividades agrícolas, como preparación del terreno, transporte, mano de obra e insumos del cultivo en los diferentes sistemas de producción.

Los factores estudiados fueron el manejo agronómico del cultivo y los costos de producción en función al tipo de sistema sembrado en monocultivo o en asocio.

La recopilación de información dio inicio en abril del 2008 y finalizó en septiembre del mismo año, este período dio la oportunidad de recopilar la información del manejo agronómico del cultivo y costos de producción de los diferentes sistemas.

Debido a que los productores de higuierillo estaban distribuidos en todo el país, se consideraron sólo a los productores que poseían áreas significativas de producción en zonas de laderas. Se incluyeron como unidades de información los costos de la compra de semilla y de insumos, así también la preparación del suelo, fertilizaciones, control de plagas y enfermedades, mano de obra, cosecha, transporte y demás manejo agronómico, todo esto dentro del marco de producción de biodiesel en El Salvador. (Ver anexo 9).

La recopilación de información se realizó en los lugares que se detallan en el siguiente cuadro, incluyendo áreas de producción, nombre del productor y ubicación.

**Cuadro 5.** Listado de productores de higuierillo y sus respectivas áreas de producción.

<b>NOMBRE PRODUCTOR</b>	<b>AREA (mz)</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>CANTÓN</b>
Nelson Ulises Erazo Castillo	1	Ahuachapán	Turín	*
ATAISI/ Faustino Sigüenza Turcios	10	Sonsonate	Izalco	*
ATAISI/ Faustino Sigüenza Turcios	2	Sonsonate	Izalco	*
Mauricio Aguilera Contreras, Fundación Empresa y Desarrollo/Mario Alberto Trujillo	44	La libertad	Cimarrón	Cooperativa los Chilamates
Felix Carcamo /ADESIMRLLI, Lazaro Armando Martinez.	19.5	La Libertad	Tepecoyo / Talnique	Hda. El tránsito
Isabel Vega Vásquez (Alcaldía de Panchimalco)	44	San Salvador	Panchimalco	Amayo
Abel Sabino Ayala Paradas/Cooperativa El Zapote	8	San Salvador	Apopa	San Nicolás
José Ernesto Abrego/Ingenio La Cabaña	5	San Salvador	Apopa	*
ADISA (Asociación de Desarrollo Integral del Sector Agropecuario) José Ángel Soriano Ávila	142	Ahuachapán	Guaymango	*
Moisés Jeremías Martínez (productor independiente)	3	Santa Ana	Chalchuapa	Galeano
Orfilio Valiente (productor independiente)	3.43	La Libertad	Quezaltepeque	El puente, Atapasquito
Juan Juvencio castillo(productor independiente)	0.5	La Libertad	Ciudad Arce	Santa Rosa

Fuente: Ing. Cesar Urbina (técnico del CENTA). 2008.

\* No se obtuvo acceso a la base de dato de estos lugares.

La información recopilada se ordenó en base a aspectos de manejo agronómico y costos de producción, luego se analizó para determinar el mejor manejo al cultivo, los costos de producción, la rentabilidad en sus diferentes sistemas haciendo uso de la relación beneficio costo (considerado como beneficio los ingresos económicos dentro del sistema) y la comparación de los costos de oportunidad en los diferentes sistemas de producción.

Como resultados de la investigación se elaboró una guía técnica del manejo agronómico del cultivo con sus respectivos costos de producción en los diferentes sistemas. (Ver anexo 19)

### **3.4. Metodología de Campo.**

La recopilación de información en campo fue realizada en zonas de laderas donde se sembró higuierillo, a través de la utilización de encuestas y entrevistas realizadas a los productores del cultivo. En el manejo agronómico del cultivo se consideraron todas las actividades culturales realizadas en función al tipo de sistema de producción (monocultivo o asocio). La encuesta – entrevista se estructuró de la siguiente forma: (Ver anexo 10 y 18)

- I. Datos generales del productor: En este apartado se incluyó el nombre del productor, ubicación, área de producción, tipo de sistema, pendiente del terreno y equidad de género.
- II. Manejo agronómico: Incluyó la preparación del terreno, distanciamiento, fecha de siembra, tipo de siembra, cantidad de semilla, tipo de fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas, cosecha y almacenamiento. En este apartado se consideraron las preguntas abiertas para que el productor explicara de forma más detallada cada una de las interrogantes.
- III. Costos de producción: Se presentó una matriz que contenía los costos de preparación del suelo, costos de insumo, mano de obra, precios de venta de la cosecha en los sistemas de monocultivo y asocio.

- IV. Rendimientos: Aquí se incluyeron los rendimientos obtenidos por área en los sistemas de monocultivo y asocio; también se tomaron en cuenta los rendimientos obtenidos antes de establecer el cultivo de higuierillo y poder determinar el costo de oportunidad.
- V. Comentarios: Este apartado tuvo como finalidad coleccionar la opinión, sugerencias y experiencias que no fueron considerado en las preguntas anteriores.

### **3.5. Metodología estadística.**

La información obtenida en campo sobre las variables de manejo agronómico y los costos de producción se ordenó en base al sistema de producción (monocultivo y asocio), para ello se utilizaron los software de Excel y Word ordenando los datos obtenidos en cuadros, tablas y gráficos, de manera que pudieran ser utilizados de forma generalizada.

### **3.6. Metodología económica.**

Los datos que se recopilaron fueron los costos de producción, usándose como unidades de información la compra de insumos, preparación del suelo, mano de obra y otros costos que incurrieron durante la producción del cultivo. También se midió la rentabilidad haciendo uso de la relación beneficio – costo (Ingreso-costos) para cada sistema, considerándose en esta investigación solamente el beneficio de índole económico denotado por el ingreso total generado por la semilla de higuierillo, granos básicos y café en los sistemas de monocultivo y asocio con maíz, frijol, sorgo, café y la comparación de costos de oportunidad de cada uno de ellos.

El costo de producción de los cultivos de maíz, frijol, sorgo y café, utilizando de media a baja tecnología fueron tomados del documento del MAG, denominado “costos de producción 2006 – 2007”, con la finalidad de realizar el análisis del costo de oportunidad del cultivo de higuierillo.

### **3.7. Metodología para la elaboración de la guía técnica del cultivo de higuierillo.**

Con la información recopilada y sistematizada, se ordenaron los datos para elaborar la guía técnica separándolos por sistemas: Monocultivo y asocio (higuierillo-maíz, higuierillo-frijol, higuierillo-sorgo e higuierillo-café). Esta guía incluye en cada uno de los sistemas de producción el manejo agronómico que toma en cuenta los siguientes aspectos: Preparación de terreno, siembra, fertilización, control de malezas, control de plagas y enfermedades, secado de cosecha de higuierillo y almacenamiento.

También se incluyen los costos de producción y la rentabilidad de cada uno de los sistemas. Finalmente se presenta una recopilación de las experiencias de productores y productoras del cultivo de higuierillo en zonas de laderas.

### **3.8. Limitantes.**

- a) Falta de información documentada o registrada de las prácticas de manejo.
- b) Los costos de variación de los insumos de acuerdo a la zona de producción.
- c) La confiabilidad de los datos proporcionados por los agricultores.
- d) La disponibilidad de tiempo del agricultor para que proporcionara la información necesaria en la investigación realizada.
- e) El retraso en la entrega de semilla de higuierillo en la época adecuada para la siembra lo que provocó que el cultivo no expresara al 100% su potencial productivo.

## **4. Resultados y Discusión.**

### **4.1. Sistema en monocultivo.**

Este sistema de producción se encontró en la Asociación Cooperativa El Zapote de R.L. (ubicada en el municipio de Apopa, carretera Troncal del Norte, km 19).

El manejo agronómico en la producción del cultivo de higuierillo en la cooperativa fue realizado utilizando de media abaja tecnología debido al tipo de pendiente que prevalece en la zona, que oscila en un promedio del 22%, lo cual dificulta el uso de maquinaria. El área sembrada varía de 0.5 mz a 2.5 mz. (Ver anexo 13)

#### **A. Manejo agronómico:**

1. Preparación del terreno: Primero se aplicó un herbicida, usando 1 lt/mz de glifosato para la limpieza del terreno, después de secada la maleza, se limpió en forma manual y el rastrojo se incorporó al suelo, luego se elaboraron los surco en forma artesanal. (Ver anexo 11)
2. Siembra: esta fue realizada en forma manual con chuzo a un distanciamiento de 3 mt entre surco y 1 mt entre planta, a una profundidad de siembra de 2.54 cm. Se considerándose una resiembra, se utilizó un total de 3.18 kg de semilla por manzana colocándose 2 semillas por postura, para eliminar la planta menos vigorosa (esto debido a que se desconocía la viabilidad de la semilla). La fecha de siembra fue en la primera quincena del mes de septiembre debido al retraso en la entrega de insumos por parte del CENTA. (Ver anexo 12)
3. Fertilización: Se utilizó un saco (100 kg) por manzana de fórmula 15-15-15 y de sulfato de amonio. Las dosis por planta fueron de 20 gr de fórmula 15-15-15 a los 15 días y 20 gr de sulfato a los 30 días después de la siembra.

4. Control de maleza: En este sistema se realizó el control en forma química con glifosato antes de la siembra y en forma manual a los 15 días después de la siembra.
5. Control de plagas: No se reportó ningún ataque de plagas.
6. Cosecha: Se utilizó como índice de cosecha, el secado del 80% de la panoja. En la cooperativa se realizaron de tres a cinco cortas, El primer corte se realizó a los 140 días de establecido el cultivo y así sucesivamente cada mes. La corta de la panoja se realizó en forma manual con tijeras. (Ver anexo 14)
7. Secado: Después de realizada la cosecha, se colocaron los frutos a pleno sol durante cinco días para que estos secan completamente (Ver anexo 15).
8. Almacenamiento: Los frutos cosechados se almacenaron en sacos de mezcal (con capacidad para almacenar 90.91 kg de semila). (Ver anexo 16)

## B. Costos de producción.

**Cuadro 6.** Costos de producción del sistema de higuerrillo en monocultivo en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. ALQUILER DE TIERRA</b>	Manzana	1	\$21.66	<b>\$21.66</b>
<b>B. INSUMOS</b>				<b>\$81.50</b>
B.1. Semilla				
Semilla	Lbs.	7	\$0.50	\$3.50
B.2. Fertilizantes				
15-15-15	QQ	1	\$41.00	\$41.00
Sulfato de Amonio	QQ	1	\$31.00	\$31.00
B.3. Control de maleza				
Herbicida	Litro	1	\$6.00	\$6.00
<b>C. MANO DE OBRA</b>				<b>\$108.00</b>
C.1. Preparación del terreno	Jornal	4	\$6.00	\$24.00
C.2. Siembra	Jornal	4	\$6.00	\$24.00
C.3. Raleo y aporco	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
C.4. Fertilización	Jornal	4	\$6.00	\$24.00
C.5. Control de plagas Y enfermedades	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
C.6. Cosecha	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
<b>D. TRANSPORTE INTERNO</b>	Viaje	2	\$10.00	<b>\$20.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$231.16</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema de monocultivo producido de media a baja tecnología genera un costo total de producción de \$231.16 USD, a partir de los costos utilizados en el alquiler de tierra, insumos agrícolas, mano de obra y transporte interno, cuyos precios fueron tomando de las encuestas realizadas en la presente investigación en el período de abril a septiembre de 2008.

### C. Rendimientos de la cooperativa El Zapote.

1. Monocultivo: El cultivo de higuierillo presentó en la cooperativa El Zapote de R.L. un rendimiento promedio de 12 qq de semilla por manzana.

### D. Costo de oportunidad:

Para determinar el costo de oportunidad de los cultivos de maíz y frijol, se utilizaron los costos nacionales de producción por manzana para cada uno de ellos y los rendimientos de los diferentes cultivos de cada zona donde se realizó la encuesta; por lo que se puede presentar ciertas variaciones en los costos de oportunidad al compararlo con la rentabilidad de los sistemas.

A continuación se muestran los cultivos que prevalecen en la zona antes de la inclusión del cultivo de higuierillo.

**Cuadro 7.** Cuadro de costos de oportunidad e ingreso neto de los cultivos en la zona.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total	Costo de producción	Ingreso neto
Maíz	35	\$ 19.22	\$ 672.70	\$ 511.51	\$ 161.19
Frijol	16	\$ 94.38	\$ 1,510.08	\$ 500.05	\$ 1,010.03

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Maíz: El rendimiento promedio por manzana en la zona fue de 35 qq, a un precio de venta de \$19.22 USD /qq. El ingreso total del cultivo es de \$ 672.70 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 511.51 USD, generando un ingreso neto de \$161.19 USD por manzana.

Frijol: El rendimiento promedio por manzana en la zona fue de 16 qq, a un precio de venta de \$ 94.38 USD /qq. El ingreso total generado por cultivo es de \$ 1,510.08 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 500.05 USD, generando un ingreso neto de \$1,010.03 USD por manzana.

Según los costos totales de producción de higuierillo, se requiere menos inversión para este cultivo en comparación con la producción de maíz y frijol en monocultivo, ya que los costos

de estos son superiores al sistema de higuerrillo en monocultivo. Por lo cual el cultivo se presenta como una alternativa de producción en la zona, debido a su baja inversión de producción.

### **E. Rentabilidad.**

**Cuadro 8.** Ingreso neto y relación beneficio – costo del higuerrillo en monocultivo.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (QQ/Mz)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>Ingreso total</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso neto</b>	<b>Beneficio / Costo</b>
Higuerrillo	12	\$ 20.00	\$ 240.00	\$ 231.16	\$ 8.84	1.04

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El rendimiento promedio por manzana en la zona es de 12 qq, a un precio de venta de \$ 20.00 USD /qq. El ingreso total generado por el cultivo es de \$ 240.00 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 231.16 USD, generando un ingreso neto de \$8.84 USD por manzana, no se obtuvo la rentabilidad esperada por el productor. La relación beneficio costo fue de 1.04, es decir, que por cada dólar que invierte el productor, recupera la inversión más \$0.04 USD.

La relación beneficio – costo generada nos indica que el sistema en monocultivo es rentable ya que permite la recuperación de la inversión más el 4% de la misma, al ser producido utilizando de baja a media tecnología.

### **Análisis de resultados.**

La baja producción del cultivo de higuerrillo en el sistema de monocultivo se vio afectada por diversos factores como: La época de siembra debido al retraso en la entrega de semilla a los productores, la cual se realizó a finales del mes de septiembre de 2007, donde ya ha finalizado la época lluviosa. Otro factor fue el manejo inadecuado del cultivo debido al poco interés y el desconocimiento sobre las prácticas agronómicas apropiadas.

Al producir higuerrillo en sistema de monocultivo se incurre en un costo de producción igual a \$ 231.16 USD, aunque este puede variar debido a ciertas prácticas agrícola tales como la preparación del suelo que puede realizarse con tracción animal o maquinaria, también puede

influir el ataque de plagas y enfermedades que actualmente no se han reportado en el país y que puede afectar la producción del cultivo.

En el sistema en monocultivo se encuentra una rentabilidad baja del 4%, debido a factores de manejo agronómico antes mencionados, que influyeron en el rendimiento del cultivo. Pero los productores han manifestado el interés en continuar con la producción del cultivo de higuerillo, con la disponibilidad de la semilla y sembrar en la época apropiada, esperando que el rendimiento se eleve a 33 qq de fruto por manzana.

Actualmente se tiene un precio de compra de la semilla de \$18.00 USD, el cual ha sido establecido por el CENTA para continuar la propagación del mismo y con ello aumentar las áreas de producción. La semilla para extracción de aceite tiene un precio de compra que oscila de \$18.00 USD a \$20.00 USD según la empresa productora de biodiesel. (Ver anexo 17)

El sistema de higuerillo en monocultivo presenta menores costos de producción y menores ingresos netos en comparación con cultivos como maíz y frijol, convirtiéndose en una alternativa poca atractiva para el productor y en su decisión de invertir bajo este sistema.

La producción de cultivos prevalecientes en la zona, aseguran la alimentación de las familias de los productores en comparación de la siembra de higuerillo como materia prima en la fabricación de biodiesel.

## **4.2. Sistema en asocio.**

### **4.2.1. Sistema higuerrillo – maíz.**

Este sistema de producción se realiza en la comunidad El Triunfo y Asociación Cooperativa El Triunfo de R.L. El manejo agronómico del cultivo de higuerrillo en asocio con maíz se produce utilizando de media baja tecnología debido al tipo de pendiente que prevalece en la zona, esta oscila entre 20 y 30%, lo cual dificulta el uso de maquinaria. El área sembrada promedio es de 1 mz. (Ver anexo 13)

#### **A. manejo agronómico:**

1. Preparación del terreno: Primero se aplicó el herbicida (glifosato) al suelo y el material seco se incorporó. (Ver anexo 11)
2. Siembra: Para ambos cultivo se realizó en forma manual con chuzo. El distanciamiento de siembra utilizado para el cultivo de higuerrillo entre planta fue de 1 mt y entre surco 3 mt. En este sistema, se sembraron dos hileras de maíz entre una calle de higuerrillo.

Primero se sembró el maíz y cinco días después el higuerrillo. La cantidad de semilla utilizada de higuerrillo fue de 3.18 kg y 4.54 kg de maíz por manzana, sembrándose dos semillas por postura para ambos cultivos. (Ver anexo 12)

3. Fertilización: En este sistema se realizó la fertilización simultánea para los dos cultivos, la primera se realizó 15 días después de la siembra, aplicando al cultivo de higuerrillo fórmula 15-15-15 en dosis de 20 gr por postura. Para el maíz se utilizó fórmula 16-20-0, las dosis empleadas fueron aplicadas según la experiencia del productor.

La segunda fertilización se realizó 22 días después de la siembra con sulfato de amonio para los dos cultivos.

4. Control de malezas: Se realizaron dos controles en forma manual utilizando como herramienta cuma, la primera a los 22 días después de la siembra y la segunda 15 días después del primer control.
5. Control de plagas: Al igual que en el sistema en monocultivo no se reportó ninguna plaga que afecte al cultivo de higuierillo. En cambio el maíz reportó ataque de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), este fue controlado con una aplicación de “Volatón” en dosis de 3.63 kg / mz, también se realizaron aplicaciones de “Monarca” y “Dithane” (de estos productos no se obtuvo información de sus dosis y fechas de aplicación).
6. Cosecha: Para el cultivo de higuierillo, la primera cosecha se realizó 130 días después de la siembra, luego se hicieron cinco cortes adicionales tomando en cuenta los índices de cosecha del cultivo.

El maíz se dobló 75 días después de la siembra. (Ver anexo 14)

7. Secado de cosecha de higuierillo: Después de realizada la cosecha, se colocaron los frutos a pleno sol durante cinco días para que estos secarán completamente.
8. Almacenamiento: La semilla de higuierillo se almacenó en sacos de nylon y el maíz con su tuza en sacos de nylon. (Ver anexo 16)

## B. Costos de producción

**Cuadro 9.** Costos de producción del sistema en asocio higuierillo - maíz en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. ALQUILER DE TIERRA</b>	Manzana	1	\$21.66	<b>\$21.66</b>
<b>B. INSUMOS</b>				<b>\$302.50</b>
B.1. Semilla				<b>\$36.00</b>
Semilla de higuierillo	Lbs.	7	\$0.50	\$3.50
Semilla de maíz	Lbs.	26	\$1.25	\$32.50
B.2. Fertilizantes				<b>\$188.00</b>
15-15-15	QQ.	2	\$41.00	\$82.00
Sulfato de Amonio	QQ.	2	\$31.00	\$62.00
16-20-0	Saco	1	\$44.00	\$44.00
B.3. Control de malezas y plagas				<b>\$78.50</b>
Glifosato	Litro	1	\$6.00	\$6.00
Monarca	Litro	0.5	\$35.00	\$17.50
Dithane	Kg	1	\$5.00	\$5.00
Pesticida	lt/lb	1	\$50.00	\$50.00
<b>C. MANO DE OBRA</b>				<b>\$208.00</b>
C.1. Preparación del terreno (Primera Limpia)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
Segunda Limpia	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.2. Siembra de higuierillo	Jornal	4	\$6.00	\$24.00
Siembra de maíz	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.3. Raleo y aporco	Jornal	4	\$4.00	\$16.00
C.4. Fertilización 1ª	Jornal	5	\$6.00	\$30.00
C.5. Fertilización 2ª	Jornal	5	\$6.00	\$30.00
C.6. Control de plagas y enfermedades	Jornal	4	\$6.00	\$24.00
C.7. Doblado y tapizca (maíz)	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.8. Cosecha de higuierillo	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
<b>D. TRANSPORTE INTERNO</b>				<b>\$30.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$562.16</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema en asocio higuerrillo - maíz producido de media a baja tecnología genera un costo total de producción de \$562.16 USD, a partir de los costos utilizados en el alquiler de tierra, insumos agrícolas, mano de obra y transporte interno para ambos cultivos, cuyos precios fueron tomando de las encuestas realizadas en esta investigación en el período de abril a septiembre de 2008.

Cabe mencionar que los costos de mano de obra se reducen dentro del sistema debido a la realización de prácticas agrícolas simultáneas como: Preparación del terreno, fertilizaciones, control de malezas, control de plagas y enfermedades.

### **C. Rendimientos de la comunidad El Tránsito:**

1. Higuerrillo: El rendimiento promedio en la comunidad El Tránsito fue de 10 qq de semilla por manzana.
2. Maíz: El rendimiento promedio del maíz fue de 12 qq por manzana.

### **D. Costo de oportunidad.**

El cultivo que prevalece en la zona es el maíz como monocultivo.

**Cuadro 10.** Costo de oportunidad e ingresos netos del cultivo de maíz.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (QQ/Mz)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>Ingreso total</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso neto</b>
<b>Maíz</b>	<b>35</b>	<b>\$ 19.22</b>	<b>\$ 672.70</b>	<b>\$ 511.51</b>	<b>\$ 161.19</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Maíz: El rendimiento promedio nacional por manzana es de 35 qq, a un precio de venta de \$ 19.22 USD /qq. El ingreso total del cultivo es de \$ 672.70 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 511.51 USD, generando un ingreso neto de \$161.19 USD por manzana.

Los costos totales de producción del asocio higuerrillo – maíz son mayores en comparación con la producción de maíz en monocultivo, pero los costos del asocio permiten una distribución de estos en ambos cultivos.

Esta alternativa de producción en asocio permite el establecimiento de dos cultivos en una misma área haciendo uso eficiente de los recursos y diversificar los ingresos con un costo de producción casi similar al del maíz en monocultivo.

### E. Rentabilidad.

**Cuadro 11.** Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema en asocio higuerrillo – maíz.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total	Costo de producción	Ingreso neto	Beneficio / Costo
Higuerrillo	10	\$ 20.00	\$ 200.00			
Maíz	20	\$ 19.22	\$ 384.40			
			\$ 584.40	\$ 562.16	\$ 22.24	1.04

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Asocio higuerrillo - maíz: El rendimiento promedio de semilla de higuerrillo por manzana en la comunidad fue de 10 qq, a un precio de venta de \$ 20.00 USD /qq, el ingreso generado por el cultivo de higuerrillo es de \$ 200.00 USD. El rendimiento promedio de maíz en la zona por manzana fue de 12 qq a un precio de venta de \$19.22 USD; el ingreso de este cultivo fue de \$384.40 USD. El ingreso total del sistema en asocio fue de \$584.40 USD, a un costo de producción por manzana de \$562.16 USD, generando un ingreso neto de \$22.24 USD por manzana; Esto refleja que el productor no obtuvo ganancia considerable. La relación beneficio – costo fue de 1.04, es decir que por cada dólar que invirtió el productor, recuperó el dólar más \$0.04 USD.

La relación beneficio – costo generada nos indica que el sistema en asocio higuerrillo - maíz es rentable ya que permite la recuperación de la inversión más el 4% de la misma, al ser producido utilizando de baja a media tecnología.

### **Análisis de resultados.**

El manejo agronómico en el sistema en asocio permite la realización de actividades simultáneas, tales como la preparación del terreno antes de la siembra, la fertilización y el control de malezas; contribuyendo a la optimización de mano de obra para ambos cultivos con ello se reduce el costo de mano de obra para la producción del sistema.

La Siembra de higuierillo en asocio con maíz en la Asociación Cooperativa El Triunfo de R.L. presenta costos de producción altos en comparación con la siembra de maíz en monocultivo.

El rendimiento de maíz y de higuierillo en la zona bajo la alternativa del asocio puede elevarse si el manejo agronómico es el adecuado para ambos cultivos y las épocas de siembra sean las apropiadas, lo que permitiría un incremento de los ingresos por la venta de los productos generados en el asocio.

El bajo rendimientos en el sistema se debió a la época de siembra (seca) de ambos cultivos, lo que generó dificultad para expresar su potencial productivo; sumado a esto la baja fertilidad de los suelos debido a la pendiente del terreno, sin el desarrollo de prácticas de conservación de suelo, que permitan mantener la adecuada fertilidad y humedad del mismo.

El rendimiento del cultivo de higuierillo en la zona fue bajo debido al desconocimiento del manejo y prácticas agrícolas por parte del productor, ya que era primera vez que se sembraba dicho cultivo.

El sistema en asocio higuierillo – maíz en la zona presentó una rentabilidad baja debido a los factores antes mencionados que afectaron a los rendimientos, convirtiéndolo en un sistema poco atractivo para la producción.

#### **4.2.2. Sistema higuerrillo - frijol.**

Este sistema de producción se encontró en la comunidad El Triunfo, Asociación Cooperativa El Zapote de R.L. y en la Asociación Cooperativa El Tránsito de R.L. (municipio de Talnique, departamento de La Libertad). El manejo agronómico en la producción del asocio higuerrillo - frijol en la Asociación Cooperativa El Zapote de R.L., fue realizado utilizando de media a baja tecnología debido al tipo de pendiente, que en esta zona es de 22%, lo cual dificulta el uso de maquinaria. El área sembrada promedio fue de 0.5 mz.

En la Cooperativa El Tránsito se cultivó el higuerrillo en terrenos semiplanos en un área sembrada promedio de 1 mz, utilizando labranza mínima.

#### **A. Manejo Agronómico.**

1. Preparación de terreno: Primero se aplicó Glifosato al suelo, para luego remover en forma manual con cuma el material secado, luego se trabajó el suelo mediante la utilización de tracción animal (arado con bueyes).
2. Siembra: El distanciamiento de siembra utilizado para el cultivo de higuerrillo entre planta fue de 1 mt y entre surco 3 mt, el distanciamiento de siembra del frijol fue establecido con base a la experiencia del productor. En este sistema, se sembraron tres surcos de frijol entre dos surcos de higuerrillo. La siembra para ambos cultivos se realizó en forma manual con chuzo.

La siembra del frijol se realizó primero entre los meses de agosto y septiembre y luego el higuerrillo en el mes de octubre. La cantidad de semilla utilizada de higuerrillo fue de 3.18 kg y 9 kg de frijol, sembrándose dos semillas por postura de higuerrillo y tres a cuatro por postura de frijol.

3. Fertilización: En este sistema de asocio, para el higuerrillo se realizó 21 días después de la siembra usando fórmula 15-15-15 en dosis de 20 gr por postura. Para el frijol se

realizó una fertilización con fórmula 15-15-15 a la siembra según la experiencia del productor.

La segunda fertilización se realizó 30 días después de la primera aplicación, utilizando sulfato de amonio para ambos cultivos a dosis de 20 gr por postura.

También se realizaron aplicaciones de fertilizante foliar utilizando para ello 1 litro por manzana.

4. Control de malezas: Se realizaron dos controles en forma manual con cuma, la primera 15 días después de la siembra y la segunda 15 días después del primer control para ambos cultivos.
5. Control de plagas: Al igual que en el sistema en monocultivo no se reportó ninguna plaga que afecte al cultivo de higuierillo. En cambio el frijol reportó ataque de chinche (*Nezara viridula*) y picudo del frijol (*Apion godmani*), estos fueron controlados con una aplicación de “Metomil” según recomendaciones del técnico del CENTA.
6. Cosecha: Para el frijol se efectuó en el mes de noviembre y para el cultivo de higuierillo la primera cosecha se realizó 130 días después de la siembra, posteriormente se hicieron cuatros cortes adicionales, acorde a los índices de cosecha del cultivo. (Ver anexo 14)
7. Secado de cosecha de higuierillo: Después de realizada la cosecha, se colocaron los frutos a pleno sol durante cinco días para que estos secarán completamente.
8. Almacenamiento: La semilla para ambos cultivos se almacenó en sacos de nylon. (Ver anexo 16)

**B. Costos de producción.**

**Cuadro 12.** Costos de producción del sistema en asocio higuierillo - fríjol en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. ALQUILER DE TIERRA</b>	Manzana	1	\$21.66	<b>\$21.66</b>
<b>B. INSUMOS</b>				<b>\$228.50</b>
B.1. Semilla				<b>\$28.50</b>
Semilla de higuierillo	Lbs.	7	\$0.50	\$3.50
Semilla de fríjol	Lbs.	25	\$1.00	\$25.00
B.2. Fertilizantes				<b>\$112.00</b>
15-15-15	QQ.	1	\$41.00	\$31.00
Sulfato de Amonio	QQ.	1	\$31.00	\$31.00
Foliar	Litro	1	\$50.00	\$50.00
B.3. Control de malezas y plagas				<b>\$88.00</b>
Glifosato	Litro	1	\$6.00	\$6.00
Pesticida	Litro	2	\$41.00	\$82.00
<b>C. MANO DE OBRA</b>				<b>\$222.00</b>
C.1. Preparación del terreno (Primera Limpia)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
Segunda Limpia	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
C.2. Siembra de higuierillo	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
Siembra de fríjol	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.3. Raleo y aporco	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.4. Fertilización de higuierillo (1ª y 2ª)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.5. Fertilización de fríjol (1ª y 2ª)	Jornales	3	\$6.00	\$18.00
C.6. Control de plagas y enfermedades	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.7. Arrancado (fríjol)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.8. Aporreo y Aventado (fríjol)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.9. Secado y Ensacado (fríjol)	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.10. Cosecha de higuierillo	Jornal	2	\$6.00	\$12.00
<b>D. TRANSPORTE INTERNO</b>	Viaje	3	\$10.00	<b>\$30.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$502.16</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema en asocio higuerrillo - frijol producido de media a baja tecnología genera un costo total de producción de \$502.16 USD, a partir de los costos utilizados en el alquiler de tierra, insumos agrícolas, mano de obra y transporte interno para ambos cultivos, cuyos precios fueron tomando de las encuestas realizadas en esta investigación en el período de abril a septiembre de 2008.

Los costos de mano de obra se redujo dentro del sistema debido a la realización de prácticas agrícolas simultáneas como: Control de malezas.

### C. Rendimientos de la comunidad El Triunfo.

1. Higuerrillo: El rendimiento promedio de semilla en la comunidad El Triunfo fue de 7 qq por manzana.

2. Frijol: El rendimiento promedio de frijol fue de 8 qq por manzana.

### D. Costo de oportunidad.

En la zona el cultivo que predomina es el fríjol.

**Cuadro 13.** Costo de oportunidad e ingreso neto del cultivo de fríjol.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total	Costo de producción	Ingreso neto
Fríjol	16	\$ 94.38	\$ 1,510.08	\$ 500.05	\$ 1,010.03

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Fríjol: El rendimiento promedio nacional por manzana es de 16 qq, a un precio de venta de \$ 94.38 USD /qq. El ingreso total generado por cultivo es de \$ 1,510.08 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 500.05 USD, generando un ingreso neto de \$1,010.03 USD por manzana.

Los costos totales de producción del asocio higuerrillo – frijol son relativamente similares en comparación con la producción de frijol en monocultivo, pero los costos del asocio permiten una distribución de estos en ambos cultivos.

Esta alternativa de producción en asocio permite el establecimiento de dos cultivos en una misma área haciendo uso eficiente de los recursos y diversificación de los ingresos por los productos de obtenidos en ambos cultivos.

### E. Rentabilidad.

**Cuadro 14.** Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema en asocio higuerrillo – frijol.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total			
Higuerrillo	7	\$ 20.00	\$ 140.00			
Frijol	8	\$ 94.38	\$ 755.04	Costo de producción	Ingreso neto	Beneficio/ Costo
			\$ 895.04	\$ 502.16	\$ 392.88	1.78

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Asocio higuerrillo - fríjol: El rendimiento promedio de semilla de higuerrillo por manzana en la comunidad fue de 7 qq, a un precio de venta de \$ 20.00 USD /qq, el ingreso generado por cultivo de higuerrillo fue de \$ 140.00 USD. El rendimiento de frijol promedio por manzana en la zona, fue de 8 qq a un precio de venta de \$94.38 USD; el ingreso de este cultivo fue de \$755.04 USD. El ingreso total del sistema en asocio fue de \$895.04 USD, a un costo de producción por manzana de \$502.16 USD, generando un ingreso neto de \$392.88 por manzana, La relación beneficio – costo fue de 1.78, lo cual indica que por cada dólar que invierte el productor, recupera el monto inicial más \$0.78 USD al producir bajo este sistema.

La relación beneficio – costo generada nos indica que el sistema en asocio higuerrillo - frijol es rentable ya que permite la recuperación de la inversión más el 78% de la misma, al ser producido utilizando de baja a media tecnología.

**Análisis de resultados.**

El control de malezas para el sistema higuerrillo – fríjol se realiza simultáneamente, las demás actividades agrícolas son independientes debido a que las etapas fenológicas de los cultivos fueron distintas debido al retraso en la siembra del higuerrillo por la entrega tardía de la semilla, esto significa que si el higuerrillo se hubiera sembrado en la época adecuada, las prácticas de manejo en ambos cultivos se hubieran realizado al mismo tiempo, de esta manera se puede reducir el costo de mano de obra para todas las actividades.

Al sembrar el higuerrillo y fríjol en asocio, el costo de producción es de \$502.16 USD, al producir fríjol en monocultivo es de \$500.05 USD, por lo que los costos son relativamente iguales.

Al elevarse el rendimiento de ambos cultivos, los ingresos del sistema pueden incrementarse o igualarse a los generados en un sistema en monocultivo, con lo cual la alternativa en asocio se puede volver una opción factible debido a que se mantiene la seguridad alimentaria de las familias de los productores y la producción de materia prima para la fabricación de biodiesel.

#### **4.2.3. Sistema higuerrillo – sorgo.**

Este sistema de producción se encontró en el cantón Amayo, municipio de Panchimalco. El manejo agronómico en la producción del cultivo de higuerrillo en asocio con el sorgo fue realizado utilizando de media a baja tecnología debido al tipo de pendiente que prevalece en la zona que oscila en un promedio del 30 al 40%, lo cual dificulta el uso de maquinaria. El área sembrada promedio es de 0.5 a 1 mz.

##### **A. Manejo agronómico:**

1. Preparación del terreno: Primero se aplicó glifosato al suelo, incorporándose posteriormente el residuo vegetal.
2. Siembra: El distanciamiento de siembra utilizado para el cultivo de higuerrillo entre planta fue de 1 mt y entre surco 2 mt. En el asocio sorgo e higuerrillo se sembraron dos surcos de sorgo entre una calle de higuerrillo. La siembra para ambos cultivo se realizó en forma manual con chuzo. La siembra de higuerrillo se hizo cinco días después que la de sorgo. En el caso del higuerrillo se realizó 10 a 12 días después una resiembra debido a la pérdida de plantas. La cantidad de semilla utilizada de higuerrillo fue de 3.18 kg y 5.45 kg de sorgo, sembrándose dos semillas por postura de higuerrillo.
3. Fertilización: En este sistema se realizó la fertilización simultánea para los dos cultivos, la primera fue realizada a la siembra usando para el cultivo de higuerrillo fórmula 15-15-15 con dosis de 20 gr por postura.

Se realizó también una fertilización con sulfato de amonio 30 días después de la siembra para ambos cultivos, utilizándose un total de 20 gr por planta.

4. Control de malezas: Se realizaron dos controles en forma manual con cuma, el primero 22 días después de la siembra y la segunda 15 días después del primer control.

5. Control de plagas: No se realizó ningún tipo de control, debido a que no se reportó ataque de plagas al cultivo de higuierillo, ni tampoco al de sorgo
6. Cosecha: Para el cultivo de higuierillo, la primera cosecha se realizó 140 días después de la siembra, luego se realizaron cinco cortes adicionales acorde a los índices de cosecha del cultivo.

El sorgo se cosechó 140 días después de la siembra. (Ver anexo 14)

7. Secado de cosecha de higuierillo: Después de realizada la cosecha, se colocaron los frutos a pleno sol durante cinco días para que estos se secan completamente.
8. Almacenamiento: La semilla de ambos cultivos se almacenó en sacos de nylon. (Ver anexo 16)

**B. Costos de producción.**

**Cuadro 15.** Costos de producción del sistema en asocio higuierillo - sorgo en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. ALQUILER DE TIERRA</b>	Manzana	1	\$21.66	<b>\$21.66</b>
<b>B. INSUMOS</b>				<b>\$242.80</b>
B.1. Semilla				<b>\$26.30</b>
Semilla de higuierillo	Lbs.	7	\$0.50	\$3.50
Semilla de sorgo	Lbs.	12	\$1.90	\$22.80
B.2. Fertilizantes				<b>\$190.50</b>
15-15-15	QQ.	2	\$41.00	\$82.00
Sulfato de Amonio	QQ.	3.5	\$31.00	\$108.50
B.3. Control de malezas y plagas				<b>\$26.00</b>
Glifosato	Litro	1	\$6.00	\$6.00
Pesticida	Lt/lb	1	\$20.00	\$20.00
<b>C. MANO DE OBRA</b>				<b>\$216.00</b>
C.1. Preparación del terreno (Primera Limpia)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
Segunda Limpia	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.2. Siembra de higuierillo	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
Siembra de sorgo	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.3. Primera fertilización	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.4. Segunda fertilización	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.5. Corte (sorgo)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.6. Aporreo y Aventado (sorgo)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.7. Secado y Ensacado (sorgo)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.8. Cosecha de higuierillo	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
<b>D. TRANSPORTE INTERNO</b>				<b>\$30.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$510.46</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema en asocio higuierillo - sorgo producido de media a baja tecnología genera un costo total de producción de \$510.46 USD, a partir de los costos utilizados en el alquiler de tierra, insumos agrícolas, mano de obra y transporte interno para ambos cultivos, cuyos precios fueron tomando de las encuestas realizadas en esta investigación en el período de abril a septiembre de 2008.

Los costos de mano de obra se redujo dentro del sistema debido a la realización de prácticas agrícolas simultáneas como: Preparación del terreno y fertilizaciones.

### C. Rendimientos en el cantón Amayo.

1. Higuierillo: El rendimiento promedio de semilla fue de 9 qq por manzana.

2. Sorgo: El rendimiento promedio de sorgo fue de 18 qq por manzana.

### D. Costo de oportunidad.

En la zona el cultivo que predomina es el sorgo.

**Cuadro 16.** Costos de oportunidad e ingreso neto del cultivo de sorgo.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total	Costo de producción	Ingreso neto
Sorgo	28.33	\$ 19.27	\$ 545.92	\$ 300.68	\$ 245.24

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Sorgo: El rendimiento promedio nacional por manzana es de 28.33 qq, a un precio de venta de \$ 19.27 USD /qq. El ingreso total generado por cultivo es de \$ 545.92 USD, a un costo de producción por manzana de \$ 300.68 USD, generando un ingreso neto de \$245.24 USD por manzana.

Los costos totales de producción del asocio higuierillo – sorgo es alto en comparación con la producción de sorgo en monocultivo, pero los costos del asocio permiten una distribución de

estos en ambos cultivos, para este sistema se requiere de mayor inversión en comparación al producir solamente sorgo.

Esta alternativa de producción en asocio permite el establecimiento de dos cultivos en una misma área haciendo uso eficiente de los recursos y diversificación de los ingresos por los productos de obtenidos en ambos cultivos.

### E. Rentabilidad.

**Cuadro 17.** Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema en asocio higuerrillo – sorgo.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total			
Higuerrillo	9	\$ 20.00	\$ 180.00			
Sorgo	18	\$ 19.27	\$ 346.86	Costo de producción	Ingreso neto	Beneficio/ Costo
			\$ 526.86	\$ 510.46	\$ 16.40	1.03

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Asocio higuerrillo - sorgo: El rendimiento promedio de semilla de higuerrillo por manzana en la zona fue de 9 qq, a un precio de venta de \$ 20.00 USD /qq, el ingreso generado por cultivo de higuerrillo es de \$ 180.00 USD. El rendimiento promedio de sorgo en la zona por manzana fue de 18 qq a un precio de venta de \$19.27 USD; el ingreso de este cultivo fue de \$346.86 USD. El ingreso total del sistema en asocio fue de \$ 526.86 USD, a un costo de producción por manzana de \$510.46 USD, generando un ingreso neto de \$16.40 USD por manzana; La relación beneficio – costo fue de 1.03, lo cual indica que por cada dólar que invierte el productor, recupera la inversión más \$0.03 USD al producir bajo este sistema.

La relación beneficio – costo generada nos indica que el sistema en asocio higuerrillo - sorgo es rentable ya que permite la recuperación de la inversión más el 3% de la misma, al ser producido utilizando de baja a media tecnología.

**Análisis de resultados.**

Las prácticas agronómicas del sistema en asocio higuierillo - sorgo, se puede realizar de forma simultánea tales como preparación del terreno, fertilizaciones, con lo cual el costo de mano de obra se reparte equitativamente en ambos cultivos, siempre y cuando la época de siembra para ambos cultivos sea la adecuada.

Al comparar este sistema en asocio con la producción de sorgo en monocultivo es más factible su establecimiento, debido a que los costos de producción son menores. La rentabilidad del sistema en asocio fue baja, ya que fue afectada por un manejo agronómico inadecuado aplicado al asocio de los cultivos, lo que disminuyó los rendimientos en ambos provocando una baja en los ingresos del sistema, aunque la relación beneficio – costo nos muestra una rentabilidad, esta no es muy atractiva para los productores.

#### **4.2.4. Sistema higuierillo – café.**

Este sistema de producción se encontró en la Cooperativa ATAISI (Asociación de Trabajadores Agroindustriales de San Isidro), municipio de Izalco. El manejo agronómico en la producción del cultivo de higuierillo en asocio con el cultivo de café en la cooperativa fue realizado utilizando de media a baja tecnología debido al tipo de pendiente que prevalece en la zona, que oscila entre 30 y 40%, lo cual dificulta el uso de maquinaria. El área promedio efectiva sembrada fue de 5 mz.

##### **A. Manejo agronómico:**

1. Preparación del terreno: Aplicación de Glifosato al suelo únicamente en los surcos de siembra.
2. Siembra: El distanciamiento de siembra utilizado para el cultivo de higuierillo entre planta fue de 1 mt y entre surco 3 mt, colocándose 2 semillas por postura. La siembra se realizó al momento de la recepa del cultivo de café, en forma manual con chuzo, realizando un raleo 15 días después. El higuierillo se sembró entre dos surcos de café. La cantidad de semilla utilizada de higuierillo fue de 3.18 kg (7 lbs.) por manzana.
3. Fertilización: La primera se realizó 10 días después de la siembra, utilizando fórmula 16–20–0 y la segunda con sulfato de amonio, aplicando 85 gr por planta.

En cuanto al cultivo del café, la primera fertilización fue realizada después de la recepa con cal dolomita en dosis de 186.14 gr por planta. Luego se realizaron cuatro fertilizaciones con nitrato de amonio, utilizando una dosis de 34 gr por planta. La última fertilización se realizó con fórmula 0-0-60, utilizando para ello 17 gr por planta.

4. Control de malezas: Se realizó un control químico de malezas con Glifosato antes de la siembra del higuierillo.

5. Control de plagas: El cultivo de higuerrillo no reportó plagas que pudieran causar pérdidas en la cosecha.

El cultivo de café, presentó un ataque de chacuatete (*Idiarthron subquadratum*) generando pérdidas de un 40% de este cultivo; El control de esta plaga se realizó mediante el uso de trampas.

6. Cosecha: Para el cultivo de higuerrillo, la cosecha se inició 120 días después de la siembra. (Ver anexo 14)

El cultivo de café se cosecho un año después de la recepa.

7. Secado de cosecha de higuerrillo: Después de realizada la cosecha, se colocaron los frutos a pleno sol durante cinco días para que estos secarán completamente.

8. Almacenamiento: La semilla de ambos cultivos se almacenó en sacos de nylon. (Ver anexo 16)

**B. Costos de producción:**

**Cuadro 18.** Costos de producción del sistema en asocio higuerrillo - café en una manzana de terreno, utilizando de media a baja tecnología.

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. ALQUILER DE TIERRA</b>	Manzana	1	\$21.66	<b>\$21.66</b>
<b>B. INSUMOS</b>				<b>\$381.97</b>
B.1. Semilla				<b>\$3.50</b>
Semilla de higuerrillo	Lbs.	7	\$0.50	\$3.50
B.2. Fertilizantes				<b>\$372.47</b>
16-20-0	QQ.	1	\$41.00	\$41.00
Sulfato de Amonio	QQ.	1	\$31.00	\$31.00
Fórmula 0-0-60	QQ.	1	\$39.55	\$39.55
Nitrato de amonio	QQ.	5	\$45.14	\$225.70
Cal dolomita	QQ.	6.8	\$5.18	\$35.22
B.3. Control de maleza				<b>\$6.00</b>
Glifosato	Litro	1	\$6.00	\$6.00
<b>C. MANO DE OBRA</b>				<b>\$162.00</b>
C.1. Preparación del terreno (Limpia)	jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.2. Siembra de higuerrillo	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.3. Raleo de higuerrillo	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
C.4. Control sanitario de café	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.5. Fertilización de higuerrillo (1ª y 2ª)	Jornales	4	\$6.00	\$24.00
C.6. Fertilización de café	jornales	6	\$6.00	\$36.00
C.7. Control de plagas y enfermedades	Jornales	1	\$6.00	\$6.00
C.8. Cosecha de higuerrillo	Jornales	2	\$6.00	\$12.00
<b>D. TRANSPORTE INTERNO</b>				<b>\$40.00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$605.63</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema en asocio higuerrillo - café producido de media a baja tecnología genera un costo total de producción de \$605.63 USD, a partir de los costos utilizados en el alquiler de tierra, insumos agrícolas, mano de obra y transporte interno para ambos cultivos, cuyos precios fueron tomando de las encuestas realizadas en esta investigación en el período de abril a septiembre de 2008.

Los costos de mano de obra se reducen dentro del sistema debido a la realización de prácticas agrícolas simultáneas como: Limpias, control de plagas y enfermedades. El costo de producción del sistema es bajo ya que el higuerrillo se incluyó en el período de mantenimiento del cultivo de café en el momento de la recepa.

### **C. Rendimientos de la cooperativa ATAISI.**

1. Higuerrillo: El rendimiento promedio de semilla en la Cooperativa ATAISI fue de 9 qq por manzana.

2. Café: El rendimiento promedio de café fue de 10.5 qq de semilla oro por manzana.

### **D. Costo de oportunidad:**

En la zona el cultivo que predomina es el café.

**Cuadro 19.** Costo de oportunidad e ingreso neto del cultivo de café.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (QQ/Mz)</b>	<b>Precio de venta</b>	<b>Ingreso total</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Ingreso neto</b>
<b>Café</b>	<b>8.5</b>	<b>\$ 126.00</b>	<b>\$ 1,071.00</b>	<b>\$ 388.14</b>	<b>\$ 682.86</b>

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Café: El rendimiento promedio nacional por manzana es de 8.5 qq, a un precio de venta de \$ 126.00 USD /qq. El ingreso total generado por cultivo es de \$ 1,071.00 USD, a un costo de producción por manzana de \$388.14 USD, generando un ingreso neto de \$682.86 USD por manzana.

Los costos totales de producción del asocio higuerrillo – café es alto en comparación con el mantenimiento de café en monocultivo, pero los costos del asocio permiten una distribución de estos en ambos cultivos, para este sistema se requiere de mayor inversión en comparación al mantenimiento del cultivo.

Esta alternativa de producción en asocio permite el establecimiento de dos cultivos en una misma área haciendo uso eficiente de los recursos y diversificación de los ingresos por los productos de obtenidos en ambos cultivos. El cultivo de higuerrillo es utilizado como sombra temporal para el cultivo de café.

### E. Rentabilidad.

**Cuadro 20.** Ingreso neto y relación beneficio – costo del sistema en asocio higuerrillo – café.

Cultivo	Rendimiento (QQ/Mz)	Precio de venta	Ingreso total			
Higuerrillo	9	\$ 20.00	\$ 180.00			
Café	10.5	\$ 126.00	\$ 1,323.00	Costo de producción	Ingreso neto	Beneficio/ Costo
			\$ 1,503.00	\$ 605.63	\$ 897.37	2.48

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Asocio higuerrillo - café: El rendimiento promedio de semilla de higuerrillo fue de 9 qq por manzana, a un precio de venta de \$ 20.00 /qq USD, el ingreso generado por cultivo de higuerrillo es de \$ 180.00 USD. El rendimiento promedio de café en la zona por manzana fue de 10.5 qq de semilla oro a un precio de venta de \$126.00 USD (dependiendo de la calidad y altura de cosecha); el ingreso de este cultivo fue de \$1,323.00 USD. El ingreso total del sistema en asocio fue de \$1,503.00 USD, a un costo de producción por manzana de \$605.63 USD, generando un ingreso neto de \$897.37 USD por manzana. La relación beneficio – costo fue de 2.48, lo cual indica que por cada dólar que invierte el productor, se recupera la inversión más \$1.48 USD al producir bajo este sistema.

La relación beneficio – costo generada nos indica que el sistema en asocio higuierillo - café es rentable ya que permite la recuperación de la inversión más el 148% de la misma, al ser producido utilizando de baja a media tecnología.

### **Análisis de resultados.**

Las actividades agrícolas en el sistema en asocio higuierillo – café coincidió en la limpieza del área de producción, así como el control de plagas y enfermedades, lo que reduce el costo de mano de obra y por ende el costo de producción del sistema.

Este sistema genera una rentabilidad del 148%, pero esta puede variar acorde a los precios internacionales de compra del cultivo de café en base a su calidad de producción. También puede generarse variaciones en la rentabilidad si se realiza una siembra en la época adecuada y un buen manejo agronómico del cultivo de higuierillo.

### 4.3. Análisis general de resultados económicos.

**Cuadro 21.** Cuadro resumen de análisis económico de los sistemas de producción en monocultivo y asocio del cultivo de higuerrillo.

Sistema	Costos Totales de producción	Ingresos Totales	Ingresos netos	Relación B/C	% de Rentabilidad
<b>Higuerrillo (Monocultivo)</b>	\$231.16	\$240.00	\$8.84	1.04	4.0%
<b>Asocio Higuerrillo-maíz</b>	\$562.16	\$584.40	\$22.24	1.04	4.0%
<b>Asocio higuerrillo-frijol</b>	\$502.16	\$895.04	\$392.88	1.78	78.0%
<b>Asocio higuerrillo-sorgo</b>	\$510.46	\$526.86	\$16.40	1.03	3.0%
<b>Asocio higuerrillo-café</b>	\$605.63	\$1,503.00	\$897.37	2.48	148.0%

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

El sistema de producción que presentó menores costos de producción fue el higuerrillo en monocultivo y el de mayor costo el asocio higuerrillo-café.

En cuanto a los sistemas en asocio, el higuerrillo con frijol presenta menores costos de producción seguidos de los asocio de higuerrillo-sorgo, higuerrillo-maíz e higuerrillo-café el cuál presenta los más altos costos dentro de estos sistemas.

El asocio higuerrillo-café presenta los mayores ingresos totales e ingresos netos, debido al precio de compra del café, el cual fue alto en comparación al precio de compra de la cosecha de los otros cultivos (maíz, frijol y sorgo). Esto demuestra que al producir en el sistema de monocultivo los ingresos esperados son bajos.

La mayor rentabilidad la presenta el asocio higuerrillo-café con un 148%, seguido del sistema higuerrillo-frijol con el 78%, los sistemas higuerrillo-maíz e higuerrillo en monocultivo con el 4% respectivamente y el de menor rentabilidad con un 3% el asocio higuerrillo-sorgo. Todo esto demuestra que la mejor opción en la producción de higuerrillo como materia prima para la fabricación de biodiesel son los sistemas en asocio.

#### 4.4. Guía técnica.

De los datos obtenidos por medio de las encuestas realizadas a agricultores en zonas de laderas, se elaboró un documento el cual se titula: **“GUÍA TÉCNICA DE MANEJO AGRONÓMICO Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE HIGUERILLO (*Ricinus communis*) EN LOS SISTEMAS DE MONOCULTIVO Y ASOCIO EN ZONAS DE LADERAS EN EL SALVADOR”**. Esta guía establece las prácticas de manejo agronómicas que se deben realizar en el cultivo y los costos de producción de los sistemas en monocultivo y asocio en zonas de laderas. Otro de los propósitos de la guía es establecer la rentabilidad de las distintas modalidades de siembra y poder determinar la factibilidad de otorgar financiamiento a los productores interesados en el cultivo.

Este guía técnica pretende destacar la producción de higuierillo en los diferentes sistemas de producción como materia prima para la obtención de biodiesel y otros productos, sin entrar en conflicto con la seguridad alimentaria de los productores a través del sistema en asocio; mejorando así la calidad de vida de los agricultores mediante los ingresos generados por el cultivo de higuierillo.

La guía contiene los capítulos de: Clasificación taxonómica, origen y distribución geográfica, descripción botánica, variedades existentes, requerimientos edafoclimáticos, ciclo reproductivo y rendimiento del cultivo de higuierillo. También comprende los capítulos de manejo agronómico y costos de producción con su respectiva rentabilidad para cada uno de los sistemas en monocultivo y asocio con maíz, frijol, sorgo y café. Finalmente se presentan las recomendaciones y experiencias exitosas de Comunidades y Cooperativas en el cultivo de higuierillo. (Ver anexo 19)

#### 4.5 Análisis de equidad de género.

En las zonas donde se recopiló la información para establecer el manejo agronómico y costos de producción de los sistemas se encontró que no en todos los sitios encuestados existe la participación de mujeres en proceso productivo.

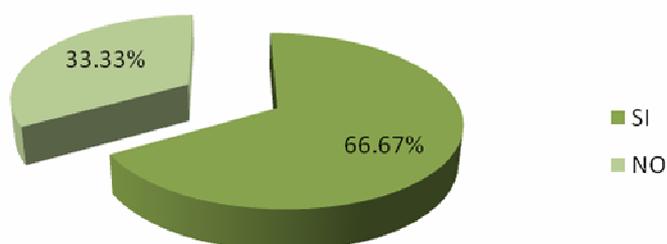
En el siguiente cuadro se presentan los porcentajes de participación de la mujer en zonas donde establecieron los diferentes sistemas ya sea en monocultivo o en asocio.

**Cuadro 22.** Porcentaje de participación de la mujer en los sistemas de producción.

Participación	Porcentaje %
SI	66.67
NO	33.33

Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

**Gráfico 1.** Equidad de Género en las zonas de producción



Fuente: Campos, Moises; Clímaco, Lidia; López, Baltazar. 2008

Según el gráfico se demuestra que un 66.67% de de los sitios encuestados hay mujeres participando en las actividades de manejo agronómico del cultivo de higuierillo en monocultivo y asocio, siendo estas la limpieza de terreno, siembra, fertilización, cosecha, secado y almacenamiento. Por el contrario un 33.33% no participa en ningún tipo de actividad agrícola dentro de los sistemas.

## 5. CONCLUSIONES.

- A pesar de los inconvenientes presentados en la entrega de la semilla y por ende la época tardía de siembra, se logró recolectar información del manejo agronómico de gran utilidad que sirvió de base para la elaboración de la guía técnica.
- Las prácticas de manejo agronómico del sistema en asocio pueden o no coincidir según la época de siembra adecuada del cultivo de higuierillo, provocando una variación en los costos de mano de obra dentro de los sistemas.
- Un buen manejo agronómico en los sistemas de monocultivo y asocio, incrementará los rendimientos y garantizará la manifestación del potencial de producción de los cultivos explotados.
- La producción de higuierillo en asocio con los diferentes cultivos que se encontraron en esta investigación genera ingresos extras y asegura la alimentación del agricultor a través de la venta de semilla para la extracción de aceite y posteriormente la síntesis de biodiesel, esto a la vez genera una externalidad positiva hacia las personas que demandan diesel.
- Los sistemas en asocio presentaron mayores costos de producción en comparación con los costos del sistema en monocultivo, pero este último generó menor rentabilidad debido a que los costos son cargados únicamente al higuierillo, en cambio en un sistema en asocio, los costos se distribuyen equitativamente para ambos cultivos.
- Dentro de los sistemas, el asocio higuierillo – café es más rentable, sin embargo no todos los productores de las zonas de laderas pueden producir café; por lo cual el asocio higuierillo - frijol genera la segunda mejor rentabilidad, seguida de los sistemas con maíz y sorgo, que pueden ser producidos por los agricultores y agricultoras en base a sus experiencias en las diferentes zonas de laderas del país.

- El retraso de la época de siembra del cultivo de higuierillo, provocó que los rendimientos del cultivo en cada uno de los sistemas fueran bajos, por lo que la investigación reportó baja rentabilidad y no los verdaderos ingresos que podrían tener los sistemas cuando se siembre en época adecuada.
- Los rendimientos de los cultivos de granos básicos fueron bajo debido a las condiciones edafoclimáticas de las zonas en las que se realizó la investigación.
- Los rendimientos del cultivo de higuierillo y de los cultivos en asocio pueden incrementarse mediante el uso de obras y prácticas de conservación de suelos en las zonas de laderas.
- En esta investigación se encontró una amplia participación de la mujer, con lo cual se asegura que la mujer juega un papel importante en el desarrollo de los diferentes procesos productivos.

## 6. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda el uso de la guía técnica elaborada en base a esta investigación con el objetivo de establecer parcelas de higuerrillo en monocultivo o en asocio con maíz, frijol, sorgo o café para tener un buen manejo agronómico de las parcelas de producción y con ello obtener mayores rendimientos para aumentar los ingresos de los productores y productoras en zonas de laderas del país.
- El mejor sistema de producción de higuerrillo para biodiesel es el asocio con cultivos que prevalezcan en las zonas; con esto se garantiza el ingreso extra por la venta de la semilla de higuerrillo y el excedente de la producción en los diferentes sistemas, así como la seguridad alimentaria de las familias de los productores y productoras.
- Dar el manejo agronómico adecuado al cultivo de higuerrillo en los diferentes sistemas de producción (asocio y monocultivo), lo cual incluye una siembra del cultivo en la época adecuada (última semana del mes de julio y la primera del mes de agosto) y demás actividades agrícolas para obtener los rendimientos idóneos del cultivo de higuerrillo.
- Realizar prácticas y obras de conservación de suelos para mantener la fertilidad y buena humedad de los mismos y con ello contribuir al desarrollo de los diversos cultivos, reduciendo el uso de agroquímicos.
- Realizar estudios sobre la rentabilidad de los sistemas de producción con un manejo agronómico adecuado que genere rendimientos idóneos, y a la vez los posibles ingresos que puedan generar los diferentes usos potenciales que puede presentar el cultivo de higuerrillo en el país.
- La Facultad de Ciencias Agronómicas debe presentar mayor protagonismo en la adopción de nuevas tecnologías como la producción de biocombustibles.

- En la producción de higuierilo, se recomienda llevar un control de los costos de producción en los diferentes sistemas (monocultivo y asocio) para determinar la rentabilidad que pueda generar la producción del cultivo.
- Se recomienda reducir el distanciamiento de siembra del cultivo de higuierilo a fin de aumentar el número de plantas y con ello obtener mejores rendimientos.
- Documentarse acerca de nuevas prácticas de manejo adecuadas al cultivo de higuierilo y con ello contribuir a un mejor desarrollo del mismo.
- Retomar la presente investigación para poder medir los beneficios sociales y ambientales que se generan en los sistemas de monocultivo y asocio.
- Evaluar el desarrollo y rendimientos de variedades criollas en comparación con variedades introducidas, así como programas de fertilizaciones para la optimización de rendimientos y contenido de aceite.
- Evaluar las propiedades de repelencia del cultivo de higuierilo en el control de plagas y enfermedades y si respectiva influencia en la variación de los costos de producción de los sistemas en monocultivo y asocio.
- Realizar investigaciones del impacto que genera el cultivo de higuierilo como recuperador de suelos, especialmente en zonas de laderas de El Salvador.
- Realizar estudios para la identificación de canales de comercialización de la semilla y demás subproductos del cultivo de higuierilo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Abreu, F. 2006. Experiencia de Brasil en desarrollo y difusión de especies con fines energéticos. Brasil. (Diapositiva)

AulaFácil. Indicadores financieros. Consultado el 30 de septiembre de 2008. Disponible: [www.aulafacil.com](http://www.aulafacil.com)

CENTA. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2007. Cultivo de Higuerrillo variedad Nordesteña. La libertad, El Salvador. 7 p.

CENTA. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2007. Cultivo de Frijol variedad CENTA 200. La libertad, El Salvador. 21 p.

CENTA. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2007. Guía técnica del cultivo de maíz. La libertad, El Salvador. 7 p.

Fascala, S; Ulberich, A. 2006. Potencial de Argentina para la producción de Tártago. Argentina. Editorial UNICEN. 9 p.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Consultado el 01 de septiembre de 2008. Disponible: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).

FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social). Consultado el 10 de agosto de 2008. Disponible: [www.iica.org](http://www.iica.org).

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 2007. Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. Sin editorial. San José, Costa Rica. 24 p.

Infojardín. Ricino: Higuera del diablo, Higuera infernal, Higuereta, Higuerillo. Consultado el 2 de mayo de 2008. Disponible: [www.infojardin.com](http://www.infojardin.com)

Jatroil. Biodiesel: para el desarrollo o contra el desarrollo. Consultado el 09 de septiembre de 2008. Disponible: [www.jatroil.eu](http://www.jatroil.eu)

MAG. (Ministerio de agricultura y ganadería) Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2006 - 2007. Consultado el 7 agosto de 2008. Disponible: [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAG. (Ministerio de agricultura y ganadería) Costos de producción 2006 - 2007. Consultado el 7 agosto de 2008. Disponible: [www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv)

MAG. (Ministerio de agricultura y ganadería) Guía técnica del cultivo de higuerillo. Consultado el 3 de mayo de 2008. Disponible: [www.mag.gob.cr](http://www.mag.gob.cr)

Mayorga, H. 2007. Estudio de factibilidad técnica y financiera del cultivo de higuerillo como fuente de materia prima para la producción de biocombustibles alternativos en El Salvador. San Salvador, El Salvador. 60 p.

MINEC (Ministerio de Economía del Gobierno de El Salvador). Hidrocarburos y minas. Consultado el 11 de mayo de 2007. Disponible: [www.minec.gob.sv](http://www.minec.gob.sv)

Proyecto misiones. El cultivo de tártago. Consultado el 5 de octubre de 2007. Disponible: [www.proyectomisiones.com](http://www.proyectomisiones.com)

Soares, L. Inicio del cultivo de higuerillo en El Salvador. Consultado el 11 de mayo de 2007. Disponible en línea: [www.elsalvador.com.sv](http://www.elsalvador.com.sv)

Ten, H. 1992. Administración de empresas agropecuarias. México D.F. 2ª edición. Editorial Trillas. 112 p.

Urbina, C. 2007. Informe de rentabilidad de sistemas de producción higuierillo – granos básicos. San Salvador, El Salvador. 29 p.

Wikipedia. Costo Financiero. Consultado el 28 de septiembre de 2008. Disponible: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org).

## 8. ANEXOS.

### Anexo 1. Planta de higuierillo (*Ricinus communis*)



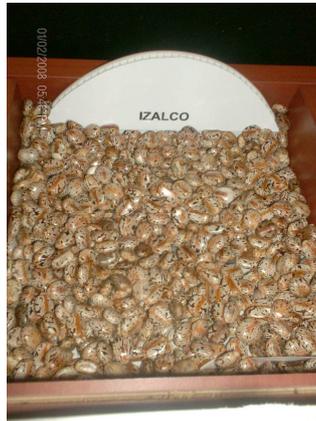
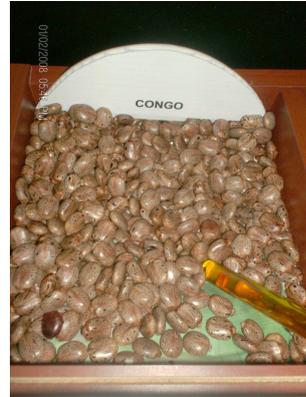
### Anexo 2. Flores masculinas (abajo) y femeninas (arriba) del cultivo de higuierillo.



### Anexo 3. Fruto y semilla de higuierillo.



**Anexo 4.** Variedades del cultivo de higuierillo en El Salvador.



**Anexo 5.** Vara para aporreo de fruto de higuero.



**Anexo 6.** Maquina de disco para descascarado de fruto de higuero.



**Anexo 7.** Expeller de tornillo para extracción de aceite.



### Anexo 8. Producto final de la transesterificación.



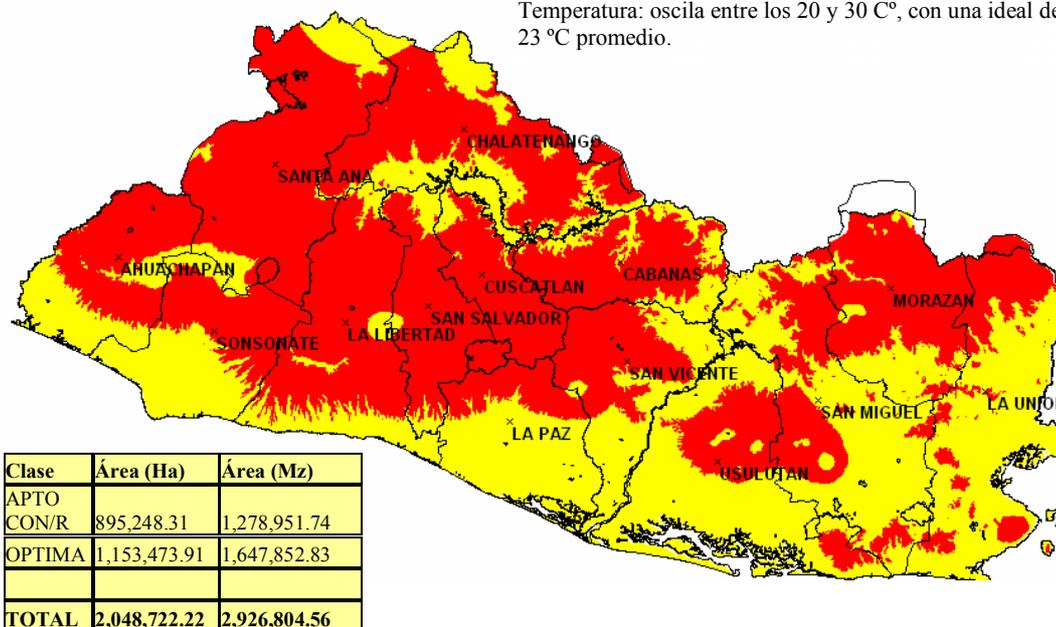
### Anexo 9. Mapa de zonificación del cultivo de higuerrillo.

#### Variables para zonificación:

Altitud sobre el nivel del mar; entre 300 y 1500 msnm,

Lluvia: 500 y 1000 mm/año

Temperatura: oscila entre los 20 y 30 C°, con una ideal de 23 °C promedio.



**Anexo 10.** Realización de encuesta – entrevista.**Anexo 11.** Preparación del terreno.**Anexo 12.** Siembra de higuerrillo y cultivos de la zona.

**Anexo 13.** Sistemas de producción.**Anexo 14.** Cosecha del cultivo de higuierillo.**Anexo 15.** Secado del fruto de higuierillo.

**Anexo 16.** Almacenamiento de la semilla.



**Anexo 17.** Peso y venta de semilla de higerillo



**Anexo 18.** Formato de encuesta.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PROGRAMA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE DE LADERAS DE EL  
SALVADOR (PASOLAES) ENCOOPERACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR (FAC.CC.AA)**

Tema:

**Costos y manejo agronómico del cultivo de higuerillo (*Ricinus communis*) de los diferentes sistemas de producción en zonas de laderas para la obtención de biodiesel en El Salvador.**

Objetivo:

Sistematizar la información de las experiencias exitosas en la producción del higuerillo para zonas de laderas.

### **I. DATOS GENERALES.**

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Área de producción: \_\_\_\_\_

Sistema de producción:      Monocultivo                       Asocio

Especificar: \_\_\_\_\_                      Área: \_\_\_\_\_

Pendiente del terreno: \_\_\_\_\_

### **II. MANEJO AGRONÓMICO.**

1. Preparación del suelo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Distanciamiento de siembra: \_\_\_\_\_

3. Fecha de siembra: \_\_\_\_\_

4. Tipo de siembra: \_\_\_\_\_

5. Cantidad de semilla total: \_\_\_\_\_

6. Cantidad de semilla por postura: \_\_\_\_\_

7. Fertilización (química u orgánica): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. Control de maleza: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. Control de plagas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. Cosecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

11. Almacenamiento: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. Existe participación mujeres o niños en la producción: Si  No

En que actividades: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**III. COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

<b>COSTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad / Mz</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
<b>A. MAQUINARIA</b>				
A.1. Pasos de arado				
A.2. Pasos de rastra				
A.3. Paso de sembradora				
A.4. Aporco				
<b>B. TRACCIÓN ANIMAL</b>				
B.1. Paso de arado				
B.2. Paso de rastra				
B.3. Paso de sembradora				
B.4. Aporco				
<b>C. INSUMOS</b>				
C.1. Semilla				
C.1. Fertilizantes				
C.2. Control de plagas y enfermedades				
C.3. Control de maleza				
C.4. Saco de yute				
<b>D. MANO DE OBRA</b>				
D.1. Preparación del terreno				
D.2. Siembra				
D.3. Limpieza				
D.4. Fertilización				
D.5. Control de plagas y enfermedades				
D.6. Cosecha				
<b>E. TRANSPORTE</b>				
<b>COSTO TOTAL</b>				
<b>VALOR DE VENTA (QQ)</b>				

**IV. RENDIMIENTOS.**

1. Rendimientos.

Monocultivo: \_\_\_\_\_

Asocio: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Costos de oportunidad: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**V. COMENTARIOS.**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo 19.**  
**Guía técnica**  
**del cultivo de**  
**higuerillo.**