



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Programa de Maestría en Agroforestería para el
Desarrollo Sostenible

**“Diseño de un sistema agroforestal de
higuerilla (*Ricinus communis* L.)”**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta:

Raúl Fidel Sánchez Hernández

Chapingo, México, Julio, 2010



Agroforestería para el
Desarrollo Sostenible

LA PRESENTE TESIS TITULADA “DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA (*RICINUS COMMUNIS* L.)” FUE REALIZADA POR EL C. RAÚL FIDEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA DRA. MA. ANTONIETA GOYTIA JIMÉNEZ, M.C. MIGUEL URIBE GÓMEZ Y DR. CARLOS ALBERTO NÚÑEZ COLÍN COMO ASESOR EXTERNO, HA SIDO ACEPTADA Y APROBADA POR EL JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

H. JURADO EXAMINADOR

Director



Dra. María Antonieta Goytia Jiménez

Codirector



M.C. Miguel Uribe Gómez

Asesor



Dr. Carlos Alberto Núñez Colín

LA PRESENTE TESIS TITULADA “**DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA (*RICINUS COMMUNIS* L.)**” FUE REALIZADA POR EL C. RAÚL FIDEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA DRA. MA. ANTONIETA GOYTIA JIMÉNEZ, M.C. MIGUEL URIBE GÓMEZ Y DR. CARLOS ALBERTO NÚÑEZ COLÍN COMO ASESOR EXTERNO, HA SIDO ACEPTADA Y APROBADA POR EL JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

H. JURADO EXAMINADOR

Director

Dra. María Antonieta Goytia Jiménez

Codirector

M.C. Miguel Uribe Gómez

Asesor

Dr. Carlos Alberto Núñez Colín

DEDICATORIA

A Mis padres.

A mis hermanos

A la Familia Pérez Vega

A mis compañeros y amigos

Y muy en especial a mi esposa Estela, compañera y amiga que con su guía, paciencia y comprensión ha sido posible culminar una meta más.

AGRADECIMIENTOS

A la coordinación de la Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y a los profesores que participaron en mi formación.

Al comité asesor: Dra. María Antonieta Goytia Jiménez, M.C. Miguel Uribe Gómez y Dr. Carlos Alberto Núñez Colín por sus aportaciones en el desarrollo de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para mi formación académica.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo otorgado para la realización del presente trabajo.

Al Programa de Formación de Jóvenes Investigadores y Emprendedores, en especial a la Dra. María Antonieta Goytia Jiménez y a sus colaboradores.

A los responsables del taller de evaluación de la sustentabilidad de cultivos biocombustibles, en especial a los productores de Valles Centrales, Oaxaca por su apoyo.

A los que participaron en distintas etapas del proceso: Alex, Tino, Poncho, Daniel, Porno, Luis, Lolita, Choky, Pornito, Cariño, Ojos, Pacheco, Barrita, Carismática, Shera, Ini, Ulises y los que faltaron han de disculpar mi mala memoria, a todos ustedes GRACIAS.

DATOS BIOGRÁFICOS

El C. Raúl Fidel Sánchez Hernández es originario de Irapuato, Guanajuato, México, nacido el 23 de marzo de 1979, realizó sus estudios de educación básica y media superior en el municipio de Villa de Allende, Estado de México, posteriormente ingreso a la Universidad Autónoma Chapingo, donde curso propedéutico, estudios de nivel superior en ingeniería en Agroecología y maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Durante sus estudios realizó un curso de producción orgánica en la Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. Participo en el Programa de Formación en Materia de Servicios Ambientales para Cuadros Técnicos de Organizaciones Campesinas, organizado por la Red Mexicana de Organizaciones Campesinas Forestales A.C. Asistió al Curso Especializado para la Producción Orgánica Especializada, organizado por la Secretaria del Medio Ambiente de G.D.F., a través de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Participo en el curso-taller Bombeo de Agua Potable con Energía Fotovoltaica, impartido en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México., por mencionar algunos.

Actualmente es miembro de la Sociedad Mesoamericana para la biología y la Conservación, y de la Asociación Nacional de Egresados de Chapingo. Así como miembro fundador de grupo BIODIS S.C. formado con el objetivo de ofrecer asesoría, consultoría y capacitación que fomente la competitividad y desarrollo agropecuario e industrial en México, para generar un impacto económico en el sector.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
1. Agroforestería.....	5
1.1. Factores característicos de los sistemas agroforestales	6
1.1.1. Componentes de producción	6
1.1.2. Arreglo en el espacio	7
1.1.3. Arreglo en el tiempo	7
1.1.4. Régimen de manejo	8
1.1.5. Función o papel	8
2. Clasificación de los Sistemas Agroforestales.....	10
2.1. Sistemas agroforestales secuenciales.....	10
2.2. Sistemas agroforestales simultáneos	10
2.3. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos.....	10
2.4. Atributos generales de los sistemas agroforestales.....	11
3. Sistemas.....	11
4. Sistemas agroforestales.....	12
5. Metodologías para el diseño de sistemas agroforestales	13
5.1. Diagnóstico rural participativo (DRP)	13
5.2. Investigación-Acción-Participativa (IAP)	15
5.3. Evaluación rápida de los sistemas de conocimiento agrícola (RAAKS)	16
5.4. Diagnóstico y diseño (D&D) de sistemas agroforestales	18
6. Contaminación y cambio climático	21
6.1. Servicios ambientales	23
6.2. Bioenergéticos	23
7. Componentes del sistema agroforestal propuesto.....	25
7.1. Higuerilla	26
7.1.1. Ventaja Agronómica.....	33
7.1.2. Ventaja Ecológica	33
7.1.3. Ventaja Social	35

7.1.4.	Ventaja Cultural	35
7.2.	Maíz (<i>Zea mays</i>)	36
7.2.1.	Ventaja Agronómica.....	38
7.2.2.	Ventaja Ecológica	38
7.2.3.	Ventaja Social	39
7.2.4.	Ventaja Cultural	39
7.3.	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	40
7.3.1.	Ventaja Agronómica.....	42
7.3.2.	Ventaja Ecológica	42
7.3.3.	Ventaja Social	43
7.3.4.	Ventaja Cultural	43
7.4.	Avena (<i>Avena Sativa</i>)	44
7.4.1.	Ventaja Agronómica.....	45
7.4.2.	Ventaja Ecológica	46
7.4.3.	Ventaja Social	46
7.4.4.	Ventaja Cultural	46
7.5.	Ebo o Veza (<i>Vicia sativa</i>)	47
7.5.1.	Ventaja Agronómica.....	48
7.5.2.	Ventaja Ecológica	48
7.5.3.	Ventaja Social	48
7.5.4.	Ventaja Cultural	49
MATERIALES Y MÉTODOS.....		50
1.	Descripción del área de estudio	50
1.1.	Localización	50
1.2.	Extensión	51
2.	Características socioeconómicas.....	51
2.1.	Grupos étnicos	51
2.2.	Evolución demográfica.....	52
2.3.	Religión	52
2.4.	Educación	53
2.5.	Salud	54
2.6.	Abasto	54
2.7.	Vivienda	54

2.8.	Medios de comunicación.....	55
2.9.	Vías de comunicación.....	55
2.10.	Agricultura	55
2.11.	Ganadería.....	56
2.12.	Industria.....	56
2.13.	Turismo.....	56
2.14.	Comercio	56
2.15.	Población económicamente activa por sector	57
3.	Características ambientales	57
3.1.	Hidrografía	57
3.2.	Clima	57
3.3.	Precipitación.....	58
3.4.	Geomorfología	59
3.5.	Orografía.....	59
3.6.	Geología.....	59
3.7.	Edafología.....	60
3.8.	Flora.....	60
3.9.	Fauna.....	61
3.10.	Características y uso del suelo.....	62
3.11.	Localización del experimento	63
3.12.	Condiciones climáticas de la zona de estudio.....	64
4.	Materiales.....	64
4.1.	Germoplasma.....	64
5.	Metodologías seleccionadas para el diseño del sistema agroforestal de higuera 65	
5.1.	Etapas de investigación	65
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
1.	Descripción de los sistemas.....	67
1.1.	Descripción de los sistemas agroforestales con higuera.....	67
1.2.	Descripción del sistema maíz-frijol.....	68
1.3.	Descripción del sistema avena-veza.....	68
2.	Manejo de los sistemas.....	69
2.1.	Sistema maíz-frijol.....	69
2.2.	Sistema avena-veza.....	69

3. Producción y productividad	70
3.1. Sistema maíz-frijol.....	70
3.2. Sistema avena-veza.....	70
4. Análisis económico.....	71
4.1. Sistema maíz-frijol.....	71
4.2. Sistema avena-veza.....	74
5. Propuesta de diseño	77
5.1. Estructura del sistema higuera-maíz/frijol-avena/veza	79
5.2. Calendario de actividades del sistema.....	81
5.3. Costos de operación del sistema	82
5.4. Beneficios económicos del sistema	83
5.5. Productividad del sistema propuesto	89
5.6. Análisis participativo del sistema agroforestal propuesto	90
5.7. Análisis del potencial de adopción	92
5.8. Beneficios ambientales del sistema	95
5.9. Beneficios sociales del sistema	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
LITERATURA CONSULTADA	102
ANEXOS	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
ARREGLO TEMPORAL DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES.....	8
ESTRUCTURA DE LA RAAKS QUE INDICA LAS DIFERENTES VENTANAS QUE SE PUEDEN UTILIZAR.	17
METODOLOGÍA D&D.	20
RENDIMIENTOS DE MAÍZ E HIGUERILLA Y ERT DURANTE EL PRIMERO Y SEGUNDO AÑO.	29
EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO.	52
RELIGIONES EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO.	52
ESTADÍSTICAS DE EDUCACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO.	53
SERVICIOS DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE TEXCOCO.....	54
ESTRUCTURA DEL USO DEL SUELO 1989.....	62
INGRESOS (\$HA ⁻¹) DEL SISTEMA (MAÍZ-FRIJOL).	70
INGRESOS (\$HA ⁻¹) DEL SISTEMA (AVENA-VEZA).....	70
EGRESOS E INGRESOS (\$HA ⁻¹) DEL SISTEMA MAÍZ-FRIJOL.....	71
CORRIDA FINANCIERA DEL SISTEMA MAÍZ-FRIJOL A CINCO AÑOS.	72
INGRESOS E INGRESOS DEL SISTEMA AVENA-VEZA.	74
CORRIDA FINANCIERA DEL SISTEMA AVENA-VEZA A CINCO AÑOS.	75
CARACTERÍSTICAS DE LAS SEIS MEJORES ACCESIONES, SELECCIONADAS A PARTIR DE 361 COLECTAS PROVENIENTES DEL ESTADO DE CHIAPAS.	79
CALENDARIO DE ACTIVIDADES DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA.....	81
COSTOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA.	82
BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA (AÑO 1).....	83
BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA (AÑO 2).....	84
EGRESOS E INGRESOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA.	85
CORRIDA FINANCIERA DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA, A CINCO AÑOS.	87
PERCEPCIÓN SOBRE LOS MEDIOS DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS BÁSICOS EN EL PASADO, PRESENTE Y FUTURO.	92
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE ADOPCIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL PROPUESTO.....	93
CALIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE HIGUERILLA.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
ESQUEMA METODOLÓGICO DEL D&D.	19
DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS CON POTENCIAL BIOENERGÉTICO EN MÉXICO.	25
PLANTA DE HIGUERILLA	26
CULTIVO DE HIGUERILLA EN VALLES CENTRALES, OAXACA, MÉX.	28
CULTIVO MÚLTIPLE; HIGUERILLA, MAÍZ Y FRIJOL.	28
ACEITE DE RICINO PRENSADO EN FRIO.	29
BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE RICINO.	31
BIODIÉSEL EN DISTINTAS ETAPAS Y GLICERINA SEDIMENTADA.	32
UBICACIÓN DEL MUNICIPIO EN EL ESTADO DE MÉXICO.	50
COLINDANCIAS DEL MUNICIPIO DE TEXCOCO.	51
MACROLOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	63
MICROLOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	64
ETAPAS DE LA PLANIFICACIÓN AGROFORESTAL.	66
HIGUERILLA EN LA RIVERA DEL RIO (IZQUIERDA) Y EN UN LOTE BALDÍO (DERECHA).	67
HIGUERILLA EN UN HUERTO CASERO.	67
CULTIVO INTERCALADO DE MAÍZ Y FRIJOL.	68
DIFERENTES TIPOS DE RACIMOS EN TAMAÑO, FORMA Y COLOR.	78
ARREGLO ESPACIAL VERTICAL DEL SISTEMA AGROFORESTAL PARA EL CICLO PRIMAVERA-VERANO EN EL AÑO 1 Y 2.	80
ARREGLO ESPACIAL VERTICAL DEL SISTEMA AGROFORESTAL PARA EL CICLO OTOÑO-INVIerno.	80
PRESENTACIÓN DE CAMPO A TÉCNICOS DEL GRUPO DE BIOENERGÉTICOS.	90
INTEGRANTES DEL TALLER DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE CULTIVOS BIOCOMBUSTIBLES.	90
ENTREVISTA A PRODUCTOR DE HIGUERILLA EN SANTA MARÍA ROALÓ, OAXACA, MÉXICO.	90
PRODUCTORES VOLUNTARIO PARA ESTABLECER EL SISTEMA EN SUS PARCELAS.	91
TALLERES PARTICIPATIVOS CON PRODUCTORES.	93

“Diseño de un sistema agroforestal de higuierilla (*Ricinus communis* L.)”

“Design of a castor oil plant (*Ricinus communis* L.) agroforestry system”

Raúl Fidel Sánchez Hernández

(Mayo 2010)

(Bajo la dirección de M. A. Goytia-Jiménez, M. Uribe-Gómez y C. A. Núñez-Colín)

RESUMEN

Los sistemas agroforestales son de importancia estratégica en la diversificación de la agricultura a través de cultivos múltiples, que suministren alimentos para autoconsumo y fuentes de energía renovables.

En este sentido, el cultivo de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) en combinación con cultivos básicos y forrajes, tiene un potencial para la producción de biodiesel, ya que ofrece muchas ventajas al ser considerada maleza posee alta adaptación a distintos ambientes, es altamente competitiva y proporciona una producción aceptable con bajos insumos. Es por ello que el objetivo es “Diseñar un sistema agroforestal para Valles Altos del Estado de México, basado en higuierilla que permita la producción de alimentos básicos y bioenergéticos sin competir con aquellos destinados a la alimentación”.

Buscando que el sistema agroforestal sea económicamente viable, con alto potencial de adopción para productores de valles altos incrementando la productividad por unidad de superficie.

Se trabajó con la metodología D&D (Diagnóstico y diseño), incluyendo algunos aspectos de diagnóstico rural participativo (DRP), investigación acción participativa (IAP) y evaluación rápida de los sistemas de conocimiento agrícola (RAAKS). Además, se efectuaron talleres participativos de discusión y análisis con grupo de productores y al final se realizó el análisis del potencial de adopción del diseño propuesto.

Teniendo como resultados del sistema agroforestal una alta eficiencia biológica ya que el IET es igual a 2.4. Es rentable económicamente, con una relación Beneficio/Costo igual a 2.78. Además, el potencial de adopción es del 78%

Palabras clave: Agroforestería, Ricino, Biodiesel, D&D,

ABSTRACT

Agroforestry systems are of strategic importance in the diversification of agriculture by using multiple crops that supply food for personal consumption and renewable energy sources.

In this way, the castor oil plant crop (*Ricinus communis* L.) combined with basic crops and forages has the potential to be used for biodiesel production, as it offers many advantages associated with being considered a weed. Among them, it is highly adaptable to different environments, it is very competitive and it provides an acceptable low-input production system. For these reasons, the goal is “To design an agroforestry system for the High Valleys of Mexico State, using the castor oil plant, which allows the production of basic crops and bioenergetics without competing with those for food.”

This agroforestry system is intended to be economically viable with high adoption potential for high valley farmers and the ability to increase their surface unit production.

D&D methodology (Diagnosis and Design) was used for this research, including some aspects of participatory rural appraisal (PRD), participatory action research (PAI) and rapid assessment of agricultural knowledge systems (RAAKS). Also, participatory discussion and analysis workshops were held with a group of producers, and at the end an analysis was performed of the adoption potential of the proposed design.

A high biological efficiency was shown as an agroforestry system result. The LER is equal to 2.4. It is economically profitable, with a Benefit/Cost Ratio of 2.78. In addition, the adoption potential is 78%.

Key words: Agroforestry, Castor oil, Biodiesel, D&D.

INTRODUCCIÓN

La agroforestería, en particular la ecológica, busca el fortalecimiento de la identidad agrícola, la recuperación de la tierra y el control de la producción por parte de los pueblos y los pequeños productores rurales, la conservación de la base material productiva de la agroforestería, la producción soberana y sana de los alimentos y otros bienes materiales, la conservación y restauración de los ecosistemas, la diversificación del paisaje, el uso de tecnologías de bajo impacto negativo ambiental, el privilegio y enaltecimiento del trabajo y talento humano local, la construcción de relaciones de bienestar, equidad y solidaridad entre la población productora de alimentos y los eternos dependientes de ellos, y sobre todo la inclusión de la sabiduría popular agrícola y ecológica (Ospina, 2008a).

De acuerdo a Gliessmann (2002) la agricultura sostenible debe basarse en el conocimiento tradicional, lo cual incluye la siembra de especies adaptadas al ambiente particular, así como su siembra en policultivo para una mayor biodiversidad y resiliencia.

Los sistemas agroforestales son de importancia estratégica en la diversificación de la agricultura a través de cultivos múltiples, en la búsqueda de alternativas agrícolas que suministren alimentos para autoconsumo y fuentes de energía renovables (Sánchez y Cardona, 2005).

La utilización de sistemas agroforestales como técnica productiva que minimice el efecto negativo de los monocultivos en el ambiente al generar contaminación por agroquímicos, erosión, e incidencia de plagas, debe de ser una alternativa económica para los pequeños productores, ya que puede ser utilizada de acuerdo a las condiciones de su entorno, sin que éstos tengan que cambiar de manera radical el patrón de cultivos que han utilizado por generaciones (Sánchez, 2007).

En este sentido, el cultivo de la higuera (*Ricinus communis* L.) tiene un potencial para la producción de biodiesel, ya que ofrece muchas ventajas al ser considerada maleza posee alta adaptación a distintos ambientes, es altamente competitiva y proporciona una producción aceptable con bajos insumos, en combinación con la milpa era una práctica común desde hace mas de 50 años en los Valles Centrales de Oaxaca, México (Cuadra, 1981).

Dicha práctica se ha perdido con el paso del tiempo, esta práctica muestra que puede ser factible la utilización de esta especie en sistemas agroforestales en lugares con clima templado, con variedades adaptadas que además tienen un gran potencial agroforestal, con lo que se contribuiría a resolver o atenuar el problema que ocasionará el desplazamiento de cultivos básicos, por el establecimiento de cultivos bioenergéticos (Sánchez, 2007).

Hoy en día, la mayoría de las políticas de gobierno van enfocadas al desarrollo sustentable de las comunidades rurales, enfocándose principalmente en fortalecer la seguridad alimentaria, sin embargo, se está dejando de lado la seguridad energética, por lo cual, el sistema agroforestal de higuera es ideal en este sentido, ya que ataca estas dos grandes vertientes, dotando a las comunidades marginadas con la tecnología para producir sus propios combustibles.

Por lo anterior, en el presente trabajo se tiene como objetivo diseñar un sistema agroforestal para Valles Altos del Estado de México, basado en higuera que permita la producción de alimentos básicos y bioenergéticos sin competir con aquellos destinados a la alimentación.

OBJETIVOS

General:

- Diseñar un sistema agroforestal para Valles Altos del Estado de México, basado en higuera que permita la producción de alimentos básicos y bioenergéticos sin competir con aquellos destinados a la alimentación.

Específicos:

- Identificar las oportunidades biofísicas, agroforestales y socioeconómicas para la introducción de higuera en las parcelas de cultivo de los productores de Valles Altos.
- Determinar la factibilidad económica para la adopción del sistema de producción agroforestal de higuera.
- Calcular el potencial de adopción del sistema agroforestal.
- Comparar la productividad del sistema agroforestal en relación con los sistemas tradicionales.

HIPÓTESIS

El sistema agroforestal es económicamente viable, con alto potencial de adopción para productores de valles altos e incrementa la productividad por unidad de superficie.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Agroforestería

Existen muchas definiciones de lo que es agroforestería por lo que al respecto solo se muestran algunas como.

“Agroforestería es el nombre colectivo que se da a sistemas de uso de la tierra en los que plantas leñosas perennes (árboles, arbustos, etc.) crecen en asociación con plantas herbáceas (cultivos, pastos) o animales en un arreglo espacial, en rotación o ambos, y en los cuales hay interacciones, tanto ecológicas como económicas, entre los componentes arbóreo y no arbóreo del sistema” (Nair, 1985).

“El sistema agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes principales son los árboles (maderable, frutales, forrajeros); y las combinaciones de producción se hacen con cultivos (transitorios y semipermanentes) y animales (vacuno, caprinos, porcinos, peces y aves)” (Catie, 1980).

La agroforestería es una aproximación interdisciplinaria a los sistemas de uso de la tierra. Implica tener conciencia de las interacciones y la retroalimentación entre el hombre y el ambiente, entre la demanda de recursos y su existencia en una determinada área, lo cual, bajo ciertas condiciones, requiere optimización y manejo sustancial más que el incremento permanente de la explotación. Sin embargo, ¿Por qué no deberíamos seguir combinando el conocimiento tradicional en la agricultura y silvicultura, que está a nuestro alcance, con el propósito de obtener una visión global de los sistemas específicos en la agroforestería? (Uribe, 1999).

Agroforestería ecológica se define como una interdisciplina, que incluye tradición e innovación productiva y conservación de la naturaleza, desarrollada fundamentalmente

por culturas agroforestales en fincas y territorios familiares y comunitarios para obtener una producción biodiversa, libre de agroquímicos y duradera con predominio y desarrollo de saberes tradicionales y novedosos, fortalecimiento de la identidad cultural, interacciones ecológicas totales de complementariedad del sistema, privilegio del trabajo humano, uso de tecnologías de bajo impacto ambiental y relaciones sociales y económicas de bienestar, equidad y justicia (Ospina, 2008a).

1.1. Factores característicos de los sistemas agroforestales

La agroforestería incluye una amplia variación de sistemas de uso de la tierra. Aunque la característica distintiva de los sistemas agroforestales es la interacción árbol y cultivo o animales con límites discretos de separación entre este y otros sistemas de uso de la tierra. Los diversos factores caracterizan, las diferencias entre los distintos tipos de sistemas agroforestales (Torquebiau, 1993; Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Los factores en la distinción de los sistemas agroforestales son:

- Componentes de producción.
- Arreglos en el espacio (horizontal y vertical).
- Arreglos en el tiempo (simultáneos y secuenciales).
- Régimen de manejo.
- Función o papel.

1.1.1. Componentes de producción

Los tres componentes principales en la agroforestería son árboles, cultivos y animales/pasturas. La relativa predominancia de estos componentes define las siguientes categorías estructurales:

- Sistemas agrisilvícolas (árboles y cultivos estacionales).
- Sistemas silvopastoriles (árboles y animales/pasturas).

- Agrosilvopastoriles (árboles, cultivos estacionales y animales/pasturas).
- Entomoforestería (producción de miel con árboles, producción de gusano de seda).
- Acuaforestería (cría de peces en combinación interactiva con árboles).

1.1.2. Arreglo en el espacio

La ordenación o arreglo en el espacio puede ser vertical u horizontal y se describe principalmente con base en el componente árbol.

El arreglo espacial vertical puede ser:

- Monoestrato, solo un estrato de árboles como el cultivo en callejón, setos vivos.
- Multiestratos, dos o más estratos de árboles como en los huertos familiares, o los rompevientos con varias especies de árboles.

El arreglo espacial horizontal puede ser:

- Zonal en la cual las diferentes especies permanecen cada una contigua hasta cierta extensión como las franjas, parcelas o surcos alternos como el cultivo en callejones.
- Mixta donde los diferentes componentes son ordenados de una manera irregular, como en los huertos caseros y árboles dispersos en tierras de cultivo.

1.1.3. Arreglo en el tiempo

El arreglo en el tiempo puede ser simultáneo o secuencial

- Simultaneo cuando el árbol y otros componentes de la producción se cultivan al mismo tiempo en una proximidad cercana.
- Secuencial cuando el árbol y los componentes se cultivan en rotación sobre el mismo pedazo de tierra, como los barbechos mejorados y la taungya.

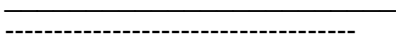
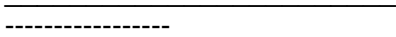
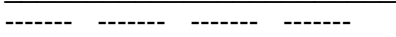
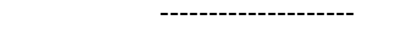
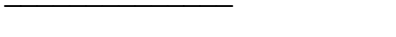
1.1.4. Régimen de manejo

El manejo de los sistemas agroforestales se refiere a las técnicas usadas por los agricultores para asegurar que el sistema provea los productos o funciones de servicio esperadas. El nivel de insumos de manejo puede ser bajo o alto, la escala de manejo puede ser grande o pequeña, la meta puede ser de subsistencia, intermedia o comercial.

1.1.5. Función o papel

La función o el papel del sistema significa lo que se intenta proveer o hacer, principalmente proporcionado por los componentes leñosos. Puede ser el mejoramiento de la fertilidad del suelo, el control de la erosión, la producción de forraje, la diversificación de productos, etc. Estos pueden ser proporcionados en función del tiempo como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Arreglo temporal de los componentes de los sistemas agroforestales.

Arreglo temporal	Ilustración esquemática (la escala del tiempo varía para cada combinación)	Ejemplos
Coincidente		Café bajo sombra; árboles dispersos; taungya.
Concomitante		Taungya.
Intermitente (dominio del espacio)		Cultivos anuales bajo sombra. Pastoreo estacional bajo sombra.
Interpolado (dominio espacio y tiempo)		Huertos caseros.
Sobrepuesto		Pimiento negro y hule.
Separado (dominio del tiempo)		Especies de "barbecho" mejorado en agricultura migratoria.

_____ Componente leñoso
----- Componente no leñoso

Fuente: Nair, 1997 en Krishnamurtthy y Ávila, 1999. Modificado por el autor.

Los árboles de uso múltiple son uno de los componentes esenciales de la producción en los sistemas agroforestales, lo que les da un carácter más complejo en comparación con los monocultivos, lo cual resulta en interacciones económicas y ecológicas que producen beneficios, básicamente por las siguientes razones (Krishnamurtthy y Ávila, 1999):

Complementariedad de especies. La selección de especies que muestran un comportamiento fenológico complementario cuando se cultivan en combinación es una de las principales razones del éxito de los sistemas agroforestales.

Utilización óptima del espacio vertical. La combinación de especies con diferentes estructuras morfológicas, las cuales desarrollan sus doseles a diferentes estratos para hacer una mejor utilización del espacio vertical en el campo.

Uso intensivo del espacio horizontal o cultivos múltiples. El uso intensivo con árboles de uso múltiple, árboles frutales y una variedad de especies hortícolas así como algunos componentes animales sobre la misma unidad de manejo del suelo.

Regímenes de manejo con arreglo temporal de diferentes componentes. Las perennes leñosas o los árboles de uso múltiple en combinación interactiva con otro cultivo o componentes animales requieren regímenes apropiados de manejo.

Optimización de las interacciones positivas entre los componentes. La racionalidad de los sistemas agroforestales es optimizar las interacciones positivas entre los componentes (árboles/arbustos y cultivos/animales) y entre estos componentes y el ambiente físico para obtener un incremento en la producción total, más diversificada, y una producción más sostenible a partir de los recursos disponibles en comparación de lo que sería posible obtener con otras formas de uso del suelo en el mismo espacio.

2. Clasificación de los Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales se clasifican de varias maneras según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas vigentes.

Montagnini (1992) presenta una clasificación descriptiva de acuerdo al tipo de componente incluido y la asociación existente entre ellos. Esta clasificación presenta tres tipos de SAF, los cuales se describen a continuación:

2.1. Sistemas agroforestales secuenciales

En este tipo de SAF los componentes presentan una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos, es decir que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo. En esta clasificación se incluyen los sistemas taungya y la agricultura migratoria.

2.2. Sistemas agroforestales simultáneos

Consisten en la asociación simultánea y continúa de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles.

2.3. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos

Son hileras de árboles que se utilizan para delimitar propiedades o servir de protección para otros componentes u otros sistemas y se los considera como sistemas complementarios de los sistemas nombrados anteriormente.

2.4. Atributos generales de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales y en general los agroecosistemas sustentables como mencionan Masera y López (2000), deben de reunir algunas características como son:

- **Productividad.** Es la habilidad del sistema agroforestal para proveer el nivel requerido de bienes y servicios.
- **Equidad.** Es la habilidad del sistema para distribuir la productividad (beneficios o costos) de una manera justa.
- **Estabilidad.** Es la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. Es decir que se mantenga la productividad del sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo bajo condiciones promedio o normales.
- **Resiliencia.** Es la capacidad de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de que el sistema haya sufrido perturbaciones graves.
- **Confiabilidad.** Se refiere a la capacidad del sistema de mantenerse en niveles cercanos al equilibrio ante perturbaciones normales del sistema.
- **Adaptabilidad (o flexibilidad).** Es la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio –es decir, de continuar siendo productivo- ante cambios de largo plazo en el ambiente.
- **Autodependencia (o autogestión, en términos sociales).** Es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior.

3. Sistemas

Un sistema es un conjunto de "elementos" relacionados entre sí, de forma tal que un cambio de uno de ellos, afecta al conjunto. Los elementos relacionados directa o indirectamente con el problema, y sólo estos, formarán el sistema a estudiar. Para lo cual

debemos de conocerlos así como a las relaciones que existen entre ellos (www.upcnet.es, 07/02/10).

Ya que dicha existencia y función se mantiene como un todo, por la interacción de sus partes (www.tuconsultor.net, 07/02/10).

Los sistemas deben cumplir ciertas características como:

- Las partes interconectadas funcionan como un todo.
- Cambia si se quitan o añaden piezas o componentes.
- Si se divide el sistema no se consiguen más sistemas iguales, sino un sistema defectuoso que probablemente no funcionará.
- La disposición de las piezas es fundamental.
- Su comportamiento depende de la estructura global.
- Un sistema funciona como un todo, pero tiene propiedades emergentes, (emergen del sistema mientras está en funcionamiento) distintas de las partes que lo componen.
- Si descomponemos un sistema no encontraremos sus propiedades en ninguna de sus partes. Estas propiedades sólo surgen cuando el sistema está en funcionamiento.
- No se puede predecir las propiedades de un sistema dividiéndolo y analizando sus partes.
- Tampoco se puede saber cómo funciona un sistema, si alguna de sus partes lo hace inadecuadamente.

4. Sistemas agroforestales

Con el paso del tiempo se han desarrollado numerosas tecnologías o sistemas agroforestales, para demostrar esto es suficiente con recorridos por las distintas regiones

naturales de América para constatar la presencia de árboles en cultivos permanentes (café y cacao bajo sombra), árboles en pasturas (dispersos), sistemas de chagras o milpa, metepantle, etc. en la región montañosa del centro y sur de México; de los cuales algunos de ellos se presentan en el norte de Panamá, la región Costa de Ecuador, la región Andina al norte y centro de Perú, la región Amazonia de Bolivia, entre otras zonas. sin embargo, en muchos de los casos la agroforestería se practica de manera marginal, pues existen regiones donde de manera casi exclusiva se practica la agricultura moderna (de revolución verde) (Ospina, 2008b).

A pesar de ello, cada una de las tecnologías agroforestales contiene una diversidad biológica importante, de igual manera, satisface en gran medida las necesidades básicas de la población local y regional, por ello, se plantean diferentes tipos de metodologías para el diseño de sistemas agroforestales, de alta complejidad en composición, arreglos, manejo, productos y servicios agroforestales.

5. Metodologías para el diseño de sistemas agroforestales

Los pequeños y medianos productores, se caracterizan por manejar simultáneamente varios sistemas de producción y tomar decisiones que necesariamente requieren de una visión global toda la finca (Vega, 2005).

Actualmente se cuenta con varias metodologías de planificación y diseños agroforestales, que pueden brindar oportunidades y recomendaciones en el tema para enriquecer las unidades de producción, por lo que a continuación se mencionan algunas:

5.1. Diagnóstico rural participativo (DRP)

El diagnóstico rural participativo (DRP) hace referencia a un conjunto de técnicas al servicio de un enfoque, una metodología, que ha sido aplicada en diversas experiencias

de desarrollo comunitario, a través de la cual, la población local se convierte en analista activa de su realidad (Expósito, 2003).

Se trata además de un método de acción y transformación de esa realidad desde abajo, en el que los técnicos investigadores no son analistas, sino "facilitadores", no son maestros, sino aprendices, no son ponentes, sino oyentes, de las realidades locales, de la gente local, actuando como intermediarios ante las instancias políticas, poniéndose de manifiesto desde esta perspectiva la potencialidad transformadora que las metodologías participativas pueden aportar, posibilitando un profundo cambio político (Expósito, 2003).

En este contexto el diagnóstico rural participativo se configura como un "facilitador" cuya misión es "empoderar y habilitar a la gente para expresar sus condiciones y sus vidas, y tomar más control para analizar, planear, actuar, monitorear y evaluar". Se define como un "enfoque abierto y participativo" que utiliza herramientas tanto "verbales" como "visuales".

Existe además otro aspecto a tener en cuenta en la superación del paradigma positivista y es el de aceptar el grado de "complejidad" de las comunidades en que nos hallamos inmersos. Esto significa aceptar la variedad de intereses en conflicto, los diferentes procesos que se dan simultáneamente y las diferentes necesidades que los diversos actores presentes plantean. Para ello, las metodologías post positivistas, y entre ellas, las participativas y el diagnóstico rural participativo, han desarrollado diferentes técnicas y herramientas que sirvan para articular las múltiples visiones que están presentes en un determinado contexto, no quedándose en la visión que desde las estadísticas son presentadas habitualmente (Expósito, 2003).

5.2. Investigación-Acción-Participativa (IAP)

Los ejes centrales en que se basa el desarrollo de una Investigación-Acción-Participativa son los siguientes:

- En primer lugar, se han de delimitar unos objetivos a trabajar que responden a la detección de determinados síntomas, como por ejemplo: déficits de infraestructuras, problemas de exclusión social, etc.
- A esta etapa de concreción le siguen otras de apertura a todos los puntos de vista existentes en torno a la problemática y objetivos definidos: se trata de elaborar un diagnóstico y recoger posibles propuestas que salgan de la propia praxis participativa y que puedan servir de base para su debate y negociación entre todos los sectores sociales implicados.
- Esta negociación es la que da lugar a una última etapa, de cierre, en la que las propuestas se concretan en líneas de actuación y en la que los sectores implicados asumen un papel protagonista en el desarrollo del proceso.
- La puesta en marcha de estas actuaciones abre un nuevo ciclo en el que se detectarán nuevos síntomas y problemáticas, y en el que cabrá definir nuevos objetivos a abordar.

Se trata de una metodología que permite desarrollar un análisis participativo, donde los actores implicados se convierten en los protagonistas del proceso de construcción del conocimiento de la realidad sobre el objeto de estudio, en la detección de problemas y necesidades y en la elaboración de propuestas y soluciones (www.gloobal.net, 11/10/09).

Se propone intervenir de forma integral e integradora en el territorio. Con la IAP el investigador persigue la elaboración de un conocimiento sobre el objeto de estudio que sea útil socialmente y que permita la implementación de Planes de Acción Integral, donde

la participación ciudadana, plena y consciente, sea un eje articulador básico. Por eso se trabaja con grupos humanos, con el fin de transformar su entorno, a partir del conocimiento crítico de la realidad que les rodea y de la puesta en marcha de un conjunto de estrategias y propuestas vertebradoras (www.gloobal.net, 11/10/09).

Construyendo las respuestas con los distintos agentes sociales y ciudadanos del municipio se abre un gran abanico de posibilidades, pero las respuestas, soluciones y propuestas de acción se ajustarán más a la realidad concreta, en la medida en que han sido participadas y compartidas por la ciudadanía en el proceso de investigación-acción (www.gloobal.net, 11/10/09).

5.3. Evaluación rápida de los sistemas de conocimiento agrícola (RAAKS)

Pensamiento de sistemas, perspectivas múltiples y aprendizaje conjunto, éstas son las palabras claves de la RAAKS (por sus siglas en ingles). Consta de tres fases:

- a) Identificación del problema.
- b) Limitaciones y oportunidades.
- c) Planificación de las acciones.

Estas fases no sugieren un estricto orden cronológico. Se deben ver más que todo como un ciclo de pasos que se deben repetir continuamente como se muestra en el Cuadro 2.

En la primera fase del RAAKS, se explora el problema, se identifican a los protagonistas, así como su medio ambiente. Esto se conoce como el sistema de conocimiento. En la segunda fase, se ofrecen perspectivas analíticas o “ventanas”. Estas ventanas se centran en las diferentes características del sistema de conocimiento. Cada ventana proporciona instrumentos y listas de verificación para la recolección y el análisis de datos. En este punto se tiene que hacer una selección de ventanas e instrumentos. La elección depende de la situación inminente del problema, las preferencias del equipo, así como el tiempo y

la fuerza humana disponibles. Algunas de las ventanas se superponen parcialmente. En la fase C, todos los esfuerzos se dirigen hacia la composición de un plan de acción conjunto que permita mejorar la comunicación y la colaboración (<http://agriculturas.leisa.org>, 11/10/09).

Un ejercicio RAAKS puede ser facilitado por un individuo o por un equipo, por personas de dentro o de fuera, por profesionales o estudiantes, o por cualquier otra combinación de ellos. Los datos se recogen por medio del estudio de documentos relevantes, entrevistas semiestructuradas, reuniones en grupo y algunas veces cuestionarios (<http://agriculturas.leisa.org>, 11/10/09).

Los procesos de cambio necesitan tiempo. Un solo ejercicio RAAKS no puede resolver el problema. Se necesita hacer un seguimiento para monitorear el progreso en la implementación de los planes de acción. Además, el establecimiento de nuevas asociaciones y de nuevas maneras de trabajar requiere a menudo cambios dentro de las organizaciones (<http://agriculturas.leisa.org>, 11/10/09).

Cuadro 2. Estructura de la RAAKS que indica las diferentes ventanas que se pueden utilizar.

Fase A: Definición del problema e identificación de los sistemas	A1. Objetivos del análisis (términos de referencia): ¿qué queremos lograr? A2. Identificación de los actores relevantes: ¿quiénes son? A3. Rastreando la diversidad de los objetivos de los actores: ¿qué persiguen? A4. Contexto: ¿qué factores son los más importantes? A5. Redefinición de la situación del problema: ¿cuáles son los problemas que se debe evaluar? ¿Los términos de referencia han sido acordados o necesitan ser redefinidos?
Fase B: Análisis de las limitaciones y oportunidades	B1. Análisis de los actores: ¿cuáles son sus características? B2. Análisis de las tareas: ¿quién hace qué? B3. Análisis de la comunicación (su jerga): ¿se entienden entre ellos? ¿Qué

	aspectos consideran importantes? B4. Análisis de la integración: ¿quién tiene vínculos con quién y por qué? ¿Cuál es su significación? B5. Análisis de la coordinación: ¿cuál es el actor que ejerce la mayor influencia? B6. Análisis de las redes de conocimiento: ¿cuáles son las fuentes de información? ¿para quién? B7. Análisis del impacto: ¿logra el sistema lo que los actores esperan? ¿eficiencia y efectividad? B8. Resumiendo el análisis del sistema de conocimientos: ¿qué grupos, redes o subsistemas pueden ser identificados? ¿cuáles son las principales limitaciones y oportunidades?
Fase C: Planificación de las acciones	C1. Análisis de la administración de los conocimientos: ¿qué pueden hacer los actores para mejorar el sistema? C2. Análisis potencial de actores: ¿quién puede hacer qué? C3. Planificación: ¿quién hace qué, cuándo y cómo?

Fuente: <http://agriculturas.leisa>.

5.4. Diagnóstico y diseño (D&D) de sistemas agroforestales

La metodología de D&D agroforestal es una herramienta muy útil para interpretar y manejar los sistemas agroforestales de una finca. El D&D agroforestal se centra en el análisis del componente leñoso perenne, sus interacciones con los otros componentes productivos, su manejo y su utilización por parte de la familia que administra la tierra (Vega, 2005).

El D&D agroforestal (Figura 1) incluye tres etapas principales. La etapa de *prediagnóstico* en la que se realiza un análisis preliminar de la finca y de las herramientas metodológicas que se utilizarán. La etapa de *diagnóstico* que permite conocer aspectos biofísicos como suelo, clima, usos de la tierra, topografía, superficie por cultivo, localización, accesibilidad y distancias, aspectos agroforestales como riqueza, abundancia y distribución de las leñosas perennes y aspectos socioeconómicos como condiciones de vida del productor,

estructura familiar, cultura, disponibilidad de capital, acceso a crédito, servicios básicos. Cada componente del diagnóstico aporta información muy valiosa para identificar las oportunidades del productor y su finca. Finalmente, en la etapa de *diseño* se analizan los resultados del diagnóstico y se formulan recomendaciones agroforestales. El D&D finaliza con un proceso de divulgación de resultados. La metodología D&D (Cuadro 3) es una reformulación del Análisis de Sistemas de Fincas (Farming Systems Research) el cual presta especial atención a las decisiones del grupo familiar, sus objetivos, oportunidades y restricciones. Existen varias “versiones” de D&D pero todas comparten el enfoque de la finca como un sistema y la lógica básica de “primero diagnosticar y luego recomendar”, el D&D agroforestal está orientado al uso y manejo de las leñosas perennes (Somarriba y Calvo, citado por Vega, 2005).

Figura 1. Esquema metodológico del D&D.

Cuadro 3. Metodología D&D.

Etapas D&D	Preguntas básicas	Factores claves a considerar	Modo de inquirir
Prediagnóstico	Definición de sistemas de uso de la tierra y selección del sitio ¿en qué sistema centrarse?	Combinaciones distintivas de recursos, tecnologías y objetos del usuario de la tierra.	Ver y comparar los diferentes sistemas de uso de la tierra.
	¿Cómo funciona el sistema? (como está organizado, como funciona para lograr sus objetivos).	Objetivos de producción y estrategias, arreglos de componentes.	Analizar y describir el sistema.
Diagnóstico	¿Qué tan bien funciona el sistema? ¿Cuáles son los problemas, restricciones, limitaciones, síndromes de generación de problemas y puntos de intervención?	Problemas para satisfacer los objetivos del sistema (escasez de producción, problemas de sostenibilidad).	Entrevistas de diagnóstico y observaciones dirigidas en campo.
Diseño y evaluación	¿Cómo mejorar el sistema? (lo que se necesita para mejorar el desempeño del sistema).	Factores causales, restricciones y puntos de intervención. Especificación para la solución de problemas o desempeño de las intervenciones mejoradas.	Diseño interactivo y evaluación de alternativas.
Planeación	¿Qué hacer para desarrollar y diseminar el sistema mejorado?	Necesidades de investigación y desarrollo, necesidades de extensión.	Diseño de investigación, planeación del proyecto.
Instrumentación	¿Cómo ajustarse a la nueva información?	Retroalimentación a partir de la investigación en estación, experimentos en finca y estudios especiales.	Rediagnóstico y rediseño a la luz de la nueva información.

Fuente: Raintree, 1987.

6. Contaminación y cambio climático

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza.

El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta.

El cambio climático, inducido por la actividad del ser humano, supone que la temperatura media del planeta aumentó 0,6 grados en el S.XX. La temperatura media del planeta subirá entre 1,4 y 5,8 grados entre 1990 y 2100. En el mismo período, el nivel medio del mar aumentará entre 0,09 y 0,88 metros. El aumento del S.XX no se ha dado en ninguno de los últimos diez siglos.

El *Protocolo de Kioto* (PK) es el instrumento legal a través del cual se regulan límites y reducciones de emisiones de GEI mandatorias y vinculantes a los países industrializados con obligaciones ante la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (UNFCCC por sus siglas en inglés). Los países industrializados se comprometieron en Kioto a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 5.2% con respecto al nivel de emisiones de 1990 y a evaluar resultados durante el período 2008-2012 (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

En el PK también se establecieron los mecanismos que facilitarían el cumplimiento de las reducciones de emisiones de GEI en los países industrializados (partes del anexo I) de un modo costo-efectivo. Estos mecanismos son: 1) *Comercio de Emisiones* (CE), 2) *Implementación Conjunta* (IC) y 3) *Mecanismo de Desarrollo Limpio* (MDL) (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Comercio de Emisiones (CE). Este mecanismo permite la transferencia de reducciones de Carbono “no usadas”, entre países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos, con aquellos que han excedido sus niveles en un período de cumplimiento dado. Las unidades de venta se denominan *Assigned Amount Units* (AAU's por sus siglas en inglés) (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Implementación Conjunta (IC). Como su nombre lo indica, este mecanismo permite la reducción de emisiones de Carbono de manera conjunta entre los países del anexo I. En este caso, se acreditan unidades de reducción de emisiones a favor del o los países que financian proyectos de mitigación de cambio climático. Las unidades de venta se denominan *Emission Reduction Units* (ERU's por sus siglas en inglés) (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Un país desarrollado que para el 2012 tenga emisiones que superen los límites previstos por el Protocolo, puede asociarse con otro país desarrollado que para ese período cuente con emisiones por debajo de los límites para él establecidos, siempre y cuando en conjunto, no superen los niveles sumados de ambos (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El MDL es uno de tres mecanismos de mercado que permite que proyectos encaminados a fijar, reducir o evitar emisiones de gases de efecto invernadero en países en desarrollo, obtengan beneficios económicos

adicionales a través de la venta de *Certificados de Emisiones Reducidas* (CER's). Este es el único de los tres mecanismos al que pueden acceder estos países, entre ellos, los de América Latina (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Este Protocolo entró en vigencia en febrero de 2005, después de la ratificación de Rusia en septiembre de 2004, con un total de 127 países que suman el 61.6% de la emisión global. Con la aprobación del Protocolo de Kioto, en la tercera Conferencia de las Partes (COP-3, por sus siglas en inglés) en 1997, se sentaron las bases para desarrollar el *Mercado del Carbono* a nivel internacional. Este mercado, es un conjunto de transacciones donde se intercambian cantidades de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

6.1. Servicios ambientales

En los últimos años, el *Pago por Servicios Ambientales* (PSA) ha permitido promover un uso más eficiente de los recursos naturales, a través del fortalecimiento de la conciencia ambiental y la revaloración del sector forestal en el desarrollo de varios países de América Latina (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

Los esquemas de PSA vigentes a nivel mundial, se han desarrollado teniendo en cuenta las condiciones naturales, sociales y económicas propias de cada país y las condiciones específicas de mercado. Algunos *Servicios Ambientales* (SA) que están en discusión mundial son: la protección de biodiversidad, el almacenamiento de Carbono, la protección de la belleza del paisaje natural y los servicios hidrológicos (www.cambio-climatico.com 12/12/09).

6.2. Bioenergéticos

En los últimos años, se ha impulsado la producción de higuera en países latinoamericanos, donde destaca Brasil, Argentina, Colombia, México y Costa Rica. En

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

También en Michoacán, se anunció la instalación de una planta de producción de biodiesel en el puerto de Lázaro Cárdenas, mediante la utilización de higuierilla, por parte de la empresa Pro Palma, considerando que se tienen sembradas 1,600 ha de este cultivo en las regiones de Tierra Caliente, la Cuenca Lerma-Chapala y en la región del Bajío. Se tiene una meta de producción de 7,500 ton de aceite, para lo que se pretenden sembrar 6,000 hectáreas de la oleaginosa (2.5 ton de semilla/ha) (Sarmiento, 2008).

Así mismo, se han identificado zonas con potencial para la producción de cultivos bioenergéticos, como lo muestra la Figura 2.



Figura 2. Distribución de cultivos con potencial bioenergético en México.

Actualmente el reto está en conseguir que las fuentes renovables de energía vayan sustituyendo paulatinamente los combustibles fósiles, y una alternativa puede ser la biomasa, en especial aquella que puede convertirse en fuentes productoras de aceite vegetal, como es el cultivo de la higuierilla en tierras abandonadas, secas y semiáridas no comprometidas con la alimentación humana (www.academia.unach.mx).

7. Componentes del sistema agroforestal propuesto

Los componentes, son todas las partes que forman y dan funcionamiento al agroecosistema, mismas que lo hacen único e irrepetible en tiempo y espacio, es por ello, que solo se mencionan los componentes principales del sistema agroforestal planteado con el fin de implementar agroecosistemas similares. Dichos componentes son: Higuierilla, Maíz, Frijol, Avena y Veza, los cuales se describen a continuación.

7.1. Higuierilla

La higuierilla (*Ricinus communis* L.) (Figura 3) es una planta oleaginosa de la familia de las Euforbiáceas originaria de África Oriental, siendo introducida desde el siglo XVI por los españoles. La India, Brasil y China producen alrededor de 485 mil toneladas, lo que representa el 69% de la producción mundial (Vora et al., 1984). El cultivo se adapta a rangos de temperatura media anual de 5-29 °C y a precipitaciones de 200-2900 mm (Duke, 1978).



Figura 3. Planta de Higuierilla

En México se le conoce con diferentes nombres comunes: ricino, higuierilla, higuierilla del diablo, higuera infernal, tlapatl, palmacristi. Nombres comunes en idiomas indígenas de México: al-pai-ue (lengua chontal, Oaxaca); cashilandacui (lengua zoque, Chiapas); cashtilenque (tachiwin de Veracruz); degha (ñähñu de Hidalgo); guechi-beyo, quechipeyo-castilla, yaga-bilape, yaga-queze-aho, yaga-higo, yaga-hiigo, yaga-hijco (binizaa de

Oaxaca); k'ooch, xkoch, x-k'ooch (maaya t'aan de Yucatán); québe'enogua (idioma mayo-yoreme, Sonora); thiquela (lengua huasteca, San Luis Potosí); tsajtüma'ant (ayüük de Oaxaca); tzapólotl (náhuatl, San Luis Potosí); xoxapajtzi (náhuatl de Morelos); yuntu-nduchi-dzaha, nduchidxaha (savi de Oaxaca) (Ramírez, 2008).

La higuierilla es conocida en otros países e idiomas con los nombres: castor bean, castor seed, castor-oil plant, palma Christi (inglés); catapucia mayor, ricino, higuierilla (Colombia); degha, higuiereta, koch, palma Christi, ricino (Cuba); higuiereta (Puerto Rico); mamona, mamoneira, tártago, ricino, ricino mamona, carrapateiro, palma Christi (Brasil); mbai-sivó,

ambaí-sivó, palma Christi, higuera infernal (Paraguay); rizinussamen (alemán); semences de ricin (francés); tártago (Venezuela); tártago, hiquerilla, castor (Argentina) (Ramírez, 2008).

Planta arbustiva, de color verde claro a azul grisáceo, en ocasiones rojiza mide hasta 6 metros de alto, su tallo es engrosado y ramificado, sus hojas son lamina casi orbicular de 10 a 60 centímetros de diámetro profundamente palmatilobada, las divisiones ovado-oblongas a lanceoladas, agudas o acuminadas, borde irregular dentado-glanduloso; pecíolo tan largo o más largo que la lamina. Glándulas entre la lamina y el pecíolo y sus flores rojas son masculinas con un perianto de 6 a 12 mm de largo, el de las flores femeninas de 4 a 8 milímetros de largo, ovario densamente cubierto por largos tubérculos blandos, que parecen pelos gruesos, frutos y semillas es una cápsula subglobosa, de uno 1.5 a 2.5 cm de largo, con espinas cortas y gruesas; semillas elipsoides, algo aplanadas, de 10 a 17 mm de largo, lisas brillantes, frecuentemente jaspeadas de café y gris carunculadas (Ramírez. 2008).

Clima: requieren sol directo o media sombra. Se desarrollan en climas cálidos a templados y en ambientes subhúmedos. Crece en estado silvestre con temperaturas medias de 21 a 27 grados Celsius, es una especie resistente a heladas ligeras, pero no resiste las heladas severas o muy prolongadas. Suelo: es una planta resistente que tolera varias condiciones de suelo ya sea como cultivo o arbusto de ornato, soporta suelos pobres en nutrientes pero para su mejor desarrollo requiere suelos con materia orgánica y buen drenaje. Otras características: su raíz es de crecimiento medio a rápido son extensas y profundas pero no afectan banquetas o construcciones. Tienen alta capacidad de reproducción. Sus semillas son tóxicas para el hombre y el animal herbívoro. Ofrece sombra media a densa. La madera tiene muchos entre nudos y es poco vulnerable. Y al parecer presenta tolerancia moderada a la contaminación.



Figura 4. Cultivo de higuera en Valles Centrales, Oaxaca, Méx.

En la región de los Valles Centrales de Oaxaca, tradicionalmente la higuera (Figura 4) ha sido un cultivo importante; sin embargo, su superficie de siembra ha venido disminuyendo debido a los bajos precios en los mercados locales e internacionales. Hasta la década de los 80's, se cultivaban alrededor de 10 mil hectáreas de maíz-higuera (INIA, 1983), siendo a nivel nacional, la entidad más importante en cuanto a superficie sembrada y producción. En la actualidad se cosechan anualmente un promedio de 3, 650 ha de maíz-higuera (SAGAR, 1997).



Figura 5. Cultivo múltiple; higuera, maíz y frijol.

La higuera se siembra sin que se requiera de una preparación específica del terreno, dado que la planta no se siembra como producto único, sino de manera intercalada con maíz, frijol y calabaza, es decir, en una siembra múltiple (Figura 5) tiene su propio

desarrollo y cuidado, por lo que respecta al barbecho, rastra y surcado previos a la siembra, lo son para el maíz y la higuera es una de las beneficiadas (Sánchez, 2007). La higuera, se siembra tradicionalmente cada tercer surco de maíz a una separación entre plantas de 1.5 m. La variedad usada es la criolla mexicana *Ricinus communis sanguinensis*, aunque también hay ecotipos de tallos verdes. Generalmente solo se fertiliza al maíz con una dosis de 40 kg Ha⁻¹ de sulfato de amonio aplicado durante la

primera labor, por lo que el rendimiento medio anual para maíz es de 600 kg ha⁻¹, y el de higuierilla es de 450 kg ha⁻¹ (SAGAR, 1997).

La evaluación de la asociación maíz–higuierilla en los Valles Centrales de Oaxaca, usando criollos locales, ha mostrado que existe una relación muy estrecha entre la densidad de siembra de la higuierilla y los rendimientos. En suelos profundos, sembrando un surco de higuierilla por cada tres de maíz, (1:3) durante el segundo año, es posible obtener hasta 2,8 ton Ha⁻¹ ha de semilla de higuierilla con una densidad de 5000 plantas / ha, mientras que el maíz sembrado a 35 000 plantas•Ha⁻¹ puede producir en promedio 800 kg Ha⁻¹ (Cuadro 4). Durante el primer año los rendimientos de maíz fueron más altos, pero los de higuierilla fueron menores. El arreglo 1:1 produjo los mayores rendimientos de higuierilla en este año (Ruiz, 2009).

Cuadro 4. Rendimientos de maíz e higuierilla y ERT durante el primero y segundo año.

Surcos maíz	Surcos higuierilla	Primer año			Segundo año		
		Higuierilla	Maíz	IET	Higuierilla	Maíz	IET
3	1	565	3056	1.28	2858	819	1.59
2	1	595	2861	1.23	1833	497	1.28
1	1	738	738	1.30	1635	518	1.18
0	1	2201		1.00	1845		1.00
1	0		2967	1.00		1708	1.00

Fuente: Ruiz, 2009.

Aceite de ricino

El aceite de ricino se obtiene a partir de las semillas de *Ricinus communis* L. por presión (Figura 6) sin calor añadido (prensado en frío) o con calor añadido (prensado en caliente), proporcionando un aceite que consiste principalmente en ácidos oleico, linoleico, palmítico y esteárico, junto con un 80-85% de ácido



Figura 6. Aceite de ricino prensado en frío.

ricinoleico y glicérido, que dota al aceite de ricino de una acción purgante que se utiliza en humanos y en medicina veterinaria. Dado que la viscosidad del aceite de ricino es, en todas sus aplicaciones, constante y puesto que actúa como un adhesivo fuerte, se utiliza como aceite lubricante para aviones, barcos, motores, bombas hidráulicas y líquidos de frenos, y también como suavizante en la industria del plástico, así como materia prima en tintes (tintes de impresión, barniz litográfico, hules) y en la producción de pinturas (pinturas claras y de esmalte), y en el caucho, el textil, el cuero, plásticos (poliamida 11) y en la industria de los detergentes, donde se reprocesa el aceite de ricino (ejemplo: aceite de garanza = aceite de ricino sulfatado) para volver a ser usado (www.gustavheess.com 11/12/09).

El aceite refinado se usa en cosméticos y en productos medicinales. El uso más común es como purgante, llamado aceite de ricino, se considera un vermífugo drástico, que no irrita el intestino, es antirreumático, cura los orzuelos incipientes con una gota y sirve para eliminar las verrugas aplicándolo a mañana y tarde sobre ellas. El aceite es adecuado contra las úlceras de la piel, alivia los ojos cuando están enrojecidos o irritados, aplicando una gota a cada uno. Con aplicaciones constantes de aceite se suaviza y hace que vuelva a su posición normal, las hemorroides cuando salen de su orificio anal. Elimina los grandes lunares que aparecen en el cuerpo y las manchas de la cara. También es usado en la preparación del paciente para las radiografías estomacales (Ramírez, 2008).

El aceite de higuera sulfonado, se usa en la impresión y acabado de tejidos de algodón, lino, seda y en curtiembres. Deshidratado sirve de base para la preparación de líquidos para frenos y pinturas y por convertirse en aceite secante reemplaza con ventaja los aceites de tung y de linaza que se importan actualmente. Disuelto en alcohol, se utiliza en la mayoría de manufactura de lociones y perfumes, como base o agente fijador de esencias. La fusión a altas temperaturas con la soda cáustica produce el ácido sebástico

que se emplea en la fabricación de plásticos y nylon. Se emplea además en industrias de caucho, baldosines de asfalto, betunes, ceras, sirve para fabricar cuero artificial, como ingrediente en el encurtido de pieles, para impermeabilizar telas, para producir aceites secantes, como aislante (Ramírez, 2008).

Se emplea en otros productos industriales tales como: Crayones, empaques, esmaltes, emulsión para pinturas, fertilizante, espumas, estensiles para duplicación, fluido para amortiguadores, fluido hidráulico, fungicidas, germicidas, grasas, hule, insecticidas, lacas, materiales de revestimiento, masilla para vidrios, papel carbón, papel matamoscas, pasta para empaquetaduras, poliésteres, productos farmacéuticos, pulidores, revestimiento para papel, tintas de impresión y velas (Ramírez, 2008).

El aceite de ricino se utiliza en industrias especializadas como base para la síntesis del ácido sebácico y el ácido 12-hidroxi esteárico y para la producción de suelos recubiertos de linóleo. En la industria cosmética decorativa, el aceite de ricino se utiliza como base para lápices labiales y de ojos. Los champuses contienen hasta un 30% de aceite de ricino (www.gustavheess.com 11/12/09).

En la última década la posibilidad de producir biodiesel (Figura 7) a partir del aceite de ricino generó un nuevo mercado para este producto. El biodiesel es producido por la reacción llamada “transesterificación”, en la cual se mezcla el aceite con un alcohol y un catalizador. La transesterificación no es la única alternativa para la producción del biodiesel, pero es la más utilizada a nivel mundial. El alcohol utilizado puede ser el



Figura 7. Biodiesel a partir de aceite de ricino.

metanol ó el etanol, de acuerdo a su disponibilidad. En la mayoría de los países para la producción de biodiésel se utiliza metanol, La reacción de la transesterificación genera dos productos, el biodiesel y la glicerina (Figura 8). La glicerina es una sustancia ampliamente usada como materia prima en la industria farmacéutica y de cosméticos (Soares, et. al., 2006).



Figura 8. Biodiésel en distintas etapas y glicerina sedimentada.

La torta de higuera o afrecho es un excelente abono por el alto contenido de nutrientes, superior al de la torta de algodón y al abono fresco de establo. Su composición es de 1.91% de nitrógeno, 0.28% de fósforo, 3.02% de potasio, 33.8% de proteína cruda (Ramírez, 2008).

La torta de higuera puede utilizarse como fertilizante y se considera especialmente buena para cultivos de periodo corto. Pierde su toxicidad 2-3 semanas después de aplicada y se le atribuyen propiedades insecticidas. (Ramírez, 2008).

Aunque la producción de biodiesel es relativamente simple, la misma debe ser hecha, obedeciendo a rigurosos patrones de calidad para que el combustible no perjudique el funcionamiento de los motores, a largo plazo. Esa preocupación debe iniciarse con la calidad del aceite usado como materia prima y culminar en las condiciones de almacenamiento. Los principales aspectos de calidad del biodiesel son la ausencia de contaminantes como jabón, catalizador, agua y algunas características físicas como viscosidad, densidad, lubricidad, cetanaje y calor de combustión (Soares, et. al., 2006).

7.1.1. Ventaja Agronómica

Una de las ventajas naturales de esta planta, es su capacidad para resistir en condiciones climatológicas extremas. Puede crecer en suelos pobres en nutrientes o soportar largas temporadas de escasez hídrica (De la Vega, 2006).

La higuera puede implementarse como una planta productivamente rápida en situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales y al mismo tiempo ser parte de un sistema agroforestal. Puede plantarse en las tierras que estén en período de descanso (barbecho en Centroamérica) y a lo largo de los límites de pastizales porque no crece demasiado alto, así como también es apropiada en los terrenos sin aprovechar junto a las vías férreas, carreteras y canales de irrigación (De la Vega, 2006).

7.1.2. Ventaja Ecológica

Las principales bondades de la higuera al implementarse en sistemas agroforestales son:

- Produce muchos productos y subproductos que pueden ser aprovechables, reduciendo el impacto a zonas naturales.
- Es fijadora de nitrógeno.
- Se ha plantado en zonas áridas para control de la erosión del suelo.
- Puede ser usada en cercos vivos.
- Provee de una sombra media, permitiendo el desarrollo de cultivos de cobertera.
- Funciona como repelente de insectos y tuzas.
- Contribuye con la protección del suelo.
- Mejora la incorporación de materia orgánica.
- Evita la erosión y mejora la capacidad de retención de humedad.

De la variedades cultivadas en México Cuadra (1981) reporta tres principales que son: *Ricinus communis minor*, *Ricinus communis mayor* y *Ricinus communis sanguineus*. Sin embargo Ramírez (2008) menciona que se presenta una gran variabilidad por el tamaño de la planta, el color y serosidad de los tallos y peciolos, color forma y tamaño de las semillas, el tamaño de los racimos entre otras. Clasificándolas de la siguiente forma:

Ricinus communis mayor. Ricino grande. Es la más común, de hojas grandes de color verde glauco, frutos numerosos casi esféricos e indehiscentes, su aceite es más *indicado* para uso industrial. Madura bien y precoz, es planta ornamental.

Ricinus communis minor. Ricino pequeño. De semillas pequeñas, es dehiscente, planta pequeña y muy ramificada desde la base. Madura bien.

Ricinus communis sanguineus. Ricino sanguínea. Los tallos hojas y frutos son de color rojo intenso, semillas grandes de color pardo claro con manchas oscuras, en regiones frías se cultiva como ornamental.

Ricinus communis viridis. Ricino viridis. Tallos y peciolos son de color verde claro, con tintes ligeramente rosados en los nudos, semillas pequeñas, grisáceas manchadas de pardo. Es tardía, se adapta a regiones templadas con lluvias.

Ricinus communis inermis. Ricino enérme. Tallos, peciolos y hojas jóvenes de color rojizo, que se tornan verdes a la madurez. Los frutos no tienen espinas, semillas de color medio, de color castaño, porte pequeño, es precoz.

Ricinus communis zanzibairiensis. Ricino Zanzíbar. Propia de climas tropicales, de tallos rojizos y hojas grandes, la fructificación es baja y tardía, semillas grandes, solo tiene valor como planta ornamental.

7.1.3. Ventaja Social

Una estrategia encaminada al desarrollo de este cultivo como fuente de energía y productos renovables podría permitir (Sánchez, 2007):

- Reducir la pobreza creando empleos, en especial para el sector femenino, y creando nuevos productos, como combustibles, medicinas, insecticidas, lubricantes, fertilizantes, etcétera.
- Solucionar problemas ambientales, como la erosión y la reforestación, además de mejorar microclimas y mitigar los gases de efecto invernadero.
- Incrementar la calidad de vida en el campo.
- Reducir el consumo de leña en zonas rurales.
- Disminuir la vulnerabilidad alimentaria.
- Desarrollar tecnologías descentralizadas, en especial de las fuentes de energía.

7.1.4. Ventaja Cultural

Desde hace mucho tiempo la planta de higuierilla es usada con fines medicinales, Su aceite se emplea para combatir trastornos digestivos, "erisipela", gripe inflamación de la matriz, dolores estomacales, heridas, inflamaciones, abscesos, reumatismo y también como purgantes. Sin embargo, puede ser toxico debido a que contiene "alcaloides", que pueden ser venenosos. Las hojas pueden ser empleadas como "cataplasma" para aliviar padecimientos físicos. La raíz tiene propiedades que ayudan a disminuir la fiebre (Sánchez, 2007).

En algunos pueblos de Oaxaca, es muy importante mantener el suministro de aceite de ricino en las iglesias, ya que este es utilizado en la fabricación de las velas que alumbran los nichos de los santos (Sánchez, 2007).

7.2. Maíz (*Zea mays*)

Descripción: La planta del Maíz es de porte robusto, de fácil desarrollo y producción anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 m de altura, es robusto y sin ramificaciones, por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa, si se realiza un corte transversal, con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta; la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos, en cada florecilla que compone la panícula se presentan 3 estambres donde se desarrolla el polen; la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 ó 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral; las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias; se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes; las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta, en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Clima: El Maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C, así como bastante incidencia de luz solar, para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C, llega a soportar temperaturas mínimas de 8°C y a partir de los 30°C, pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. Es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante, en la fase del crecimiento vegetativo es

cuando más cantidad de agua se requiere, siendo la fase de floración el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida. Se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con PH de 6 a 7 son a los que mejor se adapta, también requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Siembra: Se puede realizar de forma manual depositando la semilla en el surco o puede sembrarse con maquinaria de precisión, se lleva a cabo cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C, se siembra a una profundidad de 5 cm en llano o a surcos. La separación de las líneas es de 0.8 a 1 m y la separación entre las plantas de 50 a 80 cm (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Cosecha: Cuando se realiza en forma manual en la denominada “pizca”, que significa separar de la planta las mazorcas para llevarlas a un secado final para almacenar o para desgranar y conservar el grano. En la recolección de las mazorcas de Maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien que se encuentren secas. Otra forma de recolección es de manera mecanizada donde se obtiene una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y más sencilla, para las mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad. Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio. Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los

tallos de la planta, trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia, para la conservación del grano se requiere un contenido en humedad del 35 al 45% (www.siap.gob.mx 12/12/09).

7.2.1. Ventaja Agronómica

Actualmente, gracias a su gran diversidad y adaptabilidad, el maíz prospera en altitudes que van del nivel del mar como en las playas de Oaxaca, hasta 2,900 metros en las faldas del volcán de Toluca e igual en zonas de selva que semiáridas, en una gran diversidad de condiciones climáticas, de calidad de tierra, agua, etc. (www.semillasdevida.org.mx, 07/02/10).

La gran variabilidad del maíz, aunada a su gran capacidad de adaptación lo hace un producto ideal para enfrentar el cambio climático pues se conocen variedades con amplia resistencia a la sequía que han sido mejoradas a lo largo de los años por los mismos productores. Esta posibilidad hace que en la actualidad el maíz sea sumamente codiciado por empresas semilleras que buscan variedades con posibilidades de adaptación a las condiciones climáticas actuales (www.semillasdevida.org.mx, 07/02/10).

7.2.2. Ventaja Ecológica

La milpa es una comunidad (agroecosistema). Ahí conviven muchas plantas que se complementan. Algunas de las plantas compañeras del maíz en la milpa y el coamil son: frijol, calabaza, amaranto, chíá, quelite, tomatillo, caña dulce, sorgo blanco, tlacocho, chile, sandía, pepino, bule, flor amarilla (cempasúchil), flores rosas y blancas, y huitlacoche (un hongo del maíz muy apreciado). Son inmensos los beneficios que nos da la milpa bien trabajada (Alquiciras y Godoy, 2007).

7.2.3. Ventaja Social

Alrededor del cultivo del maíz se han desarrollado muchas de las relaciones sociales del pueblo mexicano, ya que siempre se requiere de mano de obra para su cultivo, por lo que es común, aun en nuestros días, el sistema de “mano vuelta” donde el trabajo se paga con trabajo.

Los trabajos colectivos permiten que no se pierdan los saberes, compartidos sobre todo en la milpa. Las familias se ayudaban entre sí para ir a la limpia (desyerbar), la siembra, la caza y las tradiciones para cuidar y acompañar el maíz. El trabajo tradicional mantiene el saber detallado sobre el cuidado de la semilla: al momento de sembrar, pizcar, desgranar, intercambiar y almacenar cada mazorca y cada grano. Esto ha permitido proteger y defender no sólo el maíz sino a los mismos pueblos, pues permite el sustento propio y la posibilidad de autogobernarse (Alquiciras y Godoy, 2007).

Para al menos una tercera parte de los mexicanos de hoy, el maíz sigue siendo eje rector de la vida cotidiana. Alrededor de él se tejen las tareas y celebraciones de hombres, mujeres y niños, en la milpa lo mismo que en el hogar: la atención de la parcela, la preparación del nixtamal, la masa y las tortillas, la conservación y cuidado de la cosecha, el desgrane de la mazorca, la alimentación de los animales, la comida cotidiana, las fiestas, los rituales, todo guarda relación con el maíz, hasta en aquellos que dedican una porción central de su tiempo a otras actividades (www.e-mixteca.org, 01/02/10).

7.2.4. Ventaja Cultural

En torno al maíz los mexicanos han inventado los platillos más tradicionales de nuestra cocina. Una variada gama de tortillas, tamales, atoles, guisos, dulces, pinole. No existe plato mexicano que no se acompañe con las imprescindibles tortillas, ni mesa donde no faltan, calentitas y dóciles, como las cucharas para acompañar nuestro sabroso alimento, porque las tortillas son el alma de nuestras comidas.

De esta manera el maíz es la esencia y la base de todo cuanto somos. Gracias al bondadoso alimento hemos podido construir impresionantes testimonios de la grandeza espiritual de nuestro pueblo, Monte Alban, Mitla, Santo Domingo de Guzmán o la Soledad, nunca se habrían podido construir, ni siquiera pensar, sin la generosa existencia del maíz (www.toltecayotl.org, 01/02/10).

El maíz se utiliza principalmente para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, pero también se puede obtener aceite o en la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones. El maíz grano amarillo también se puede utilizar para consumo humano en una amplia variedad de platillos, sin embargo, en la actualidad se tiene como destino el consumo pecuario en la alimentación del ganado y en la producción de almidones (siap.gob.mx 12/12/09).

7.3. Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Descripción: Alcanza una altura de 50 a 70 cm; raíces bien desarrolladas, con una raíz principal pivotante y muchas y muy ramificadas raíces secundarias cercanas de la superficie; tallos delgados y débiles, cuadrangulares, a veces rayados de púrpura; hojas trifoliadas, foliolos ovales o rómbicos-aovados, ápice acuminado, los laterales más o menos tubuloso, estandarte redondeado; fruto lineal, más o menos comprimido, suavemente curvado, dehiscente, 10 a 12 x 1 cm, verde morado o casi negro; semillas, reniformes oblongas a ovales o redondeadas, poco comprimidas, color rojo, amarillo, café o negro (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Clima: Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo oscilan entre 10 C a 27 C, la planta de Frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenado. El pH óptimo para sembrar Frijol, fluctúa entre 6.5 y 7.5, dentro de estos límites la mayoría de los

elementos nutritivos B del suelo presenta su máxima disponibilidad, no obstante, se comportan bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5 (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Siembra: El barbecho debe ejecutarse de 20 a 30 cm de profundidad; Se efectúa uno o dos pases de rastra, con el fin de romper o deshacer los terrones que pudieron haberse formado, la nivelación o emparejamiento del terreno es necesaria para evitar el encharcamiento, la siembra se realiza a mano o con maquinaria sembradora, enterrando la semilla a una profundidad de 2 a 4 cm: se recomienda que antes de sembrar se debe estar seguro que el suelo tenga suficiente humedad para garantizar una germinación uniforme. Se deben distribuir 11 semillas por línea en surcos separados a 50 cm, utilizando 56 Kg Ha⁻¹ de semilla, con ello se puede alcanzar una población igual o mayor a 220 000 plantitas por hectárea (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Cosecha: Si las plantas permanecen demasiado tiempo en el campo ocurren pérdidas por dehiscencia de las vainas, para alcanzar una alta calidad de semilla, se debe cosechar cuando las vainas de la parte inferior de la planta están secas, la cosecha se inicia con el arranque de las plantas para acelerar el secado. Las plantas se dejan secar en el campo. La trilla o desgrane es conveniente realizarla de manera que no cause a la semilla daño alguno. Una de las formas más recomendable es agrupar las plantas sobre manteados o lonas y golpearlas con palos. La cosecha se inicia con el arranque y posteriormente la trilla o aporreo, el cual es recomendable hacerlo en forma manual a fin de no dañar la semilla, la selección de los granos es muy importante para mejorar la calidad, pues permite eliminar terrones, piedras, desechos de cosecha y granos con daños diversos que no pueden removerse mediante zarandas y el uso del viento, pues tiene tamaños y pesos similares a las demás semillas (www.siap.gob.mx 12/12/09).

7.3.1. Ventaja Agronómica

El frijol es una planta originaria de Mesoamérica (que incluye México), la cual se viene cultivando desde hace alrededor de 8 mil años, desarrollándose durante ese tiempo una diversidad de tipos y calidades de frijol. Se considera que en total existen alrededor de 150 especies, aunque en México estas ascienden a 50, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como son el *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), *Phaseolus lunatus* L. (frijol comba) y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari). En nuestro país las especies más importantes en cuanto a superficie sembrada y producción son las dos primeras (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

Actualmente las variedades más comunes de frijol y las regiones donde se utilizan, son: Blanco 157 (Bajío), Canocel (Bajío), Pinto 133 y Durango 225 (Bajío y regiones semiáridas), Durango 664 (Durango, Zacatecas y Chihuahua), Durango 222 (Regiones semiáridas), Canario 72 (Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Bajío), Ojo de Cabra 73 (Chihuahua, Zacatecas, Durango), Río Grande (Durango y Zacatecas), Bayo Calera (Zacatecas), Bayo Durango (Durango, Chihuahua, Zacatecas, Aguascalientes), Negro Perla, Bayo Macentral, Flor de Mayo M38, Flor de Junio Marcela, Flor de Mayo RMC, Flor de Mayo Bajío, Negro 150, Bayo INIFAP, Negro 8025, Flor de Durazno; éstas para zonas con clima templado subhúmedo. Pinto Mestizo, Pinto Bayacora, Negro Altiplano, Negro Sahuatoba, Pinto Villa, Bayo Victoria, Negro Durango, Negro Querétaro, Negro San Luis, (Altiplano Semiárido) (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

7.3.2. Ventaja Ecológica

Las principales ventajas ecológicas, que tiene el frijol en asociación, en particular con el maíz, por ser leguminosa es; que fija nitrógeno atmosférico, provee mayor cobertura del suelo, mejor retención de humedad del suelo, control de arvenses, disminuye la inversión

en fertilizantes, incrementa los rendimientos de 16% hasta 30% del cultivo de frijol e incrementa el rendimiento de maíz de 16% a 25% (www.funica.org.ni, 11/02/10).

7.3.3. Ventaja Social

Por la preferencia del consumidor el frijol se clasifica en muy preferente: Azufrado, Mayocoba, Negro Jamapa, Peruano, Flor de Mayo y Flor de Junio; preferentes son las variedades Garbancillo, Manzano, Negro San Luis, Negro Querétaro y Pinto. Y por último los no preferentes que son: Alubia Blanca, Bayo Blanco, Negro Zacatecas, Ojo de Cabra y Bayo Berrendo (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

En la zona norte de México se consume las variedades azufradas, que se cultivan principalmente en Sinaloa mientras que una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

Por su gran importancia económica y social, el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural de México, ya que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada nacional y representa además la segunda actividad agrícola más importante en el país por el número de productores dedicados al cultivo. Es así, que como generador de empleo es relevante dentro de la economía del sector rural (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

7.3.4. Ventaja Cultural

Es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, sobre todo para las clases más desprotegidas del país, ya que constituye la fuente principal de proteínas para dicho sector, siendo un alimento que no puede sustituirse con el consumo de algún otro. Adicionalmente, la importancia ancestral de su cultivo en el campo mexicano radica también en que forma parte de la cultura gastronómica de México, de ahí la amplia

aceptación del producto en la cocina mexicana, por lo que posee una gran demanda a nivel nacional (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

Actualmente esta leguminosa se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo; así como el paso de una economía cerrada a una economía global, todo lo cual está ejerciendo presiones en diversas etapas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo (www.sagarpa.gob.mx, 09/02/10).

7.4. Avena (*Avena Sativa*)

Descripción: La Avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales; los tallos son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al viento; están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos; las hojas son planas y alargadas; el limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto; los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Clima: La Avena Forrajera es considerada una planta de estación fría, es muy sensible a las altas temperaturas, es muy exigente en agua por tener un coeficiente de transpiración elevado, aunque le puede perjudicar un exceso de humedad, las necesidades hídricas son las más elevadas de todos los cereales de invierno, por ello se adapta mejor a los climas frescos y húmedos; es una planta rústica, poco exigente en suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos, prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso y que retengan humedad, está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, cuyo PH esté comprendido entre 5 y 7 (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Siembra: La cantidad de semilla empleada suele ser muy variable, considerando una dosis corriente de 100 a 150 kg ha⁻¹, la densidad de siembra óptima en avena de invierno es de 250 plantas•m⁻². En siembras de primavera la densidad es de 300 a 350 plantas•m⁻². En la siembra a voleo conviene dar dos pases cruzados, para que la semilla quede mejor distribuida, ya que al tratarse de una semilla muy ligera, es difícil repartirla con regularidad. En terrenos compactos y algo secos se aconseja la siembra en surcos, pues es más fácil mantener el terreno libre de malas hierbas, siendo la separación entre surcos de 20 cm (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Cosecha: La Avena Forrajera se cosecha en etapa de madurez fisiológica con segadora mecánica o de manera manual con hoz, sin embargo, cuando la cosecha es manual se debe cortar antes de que la planta esté muy seca (www.siap.gob.mx 12/12/09).

La cosecha o corte se realiza cuando más del 50% del cultivo se encuentra en etapa de floración y el grano está lechoso, que es el momento en que más ventajas tiene como cultivo forrajero. Otra forma de cosecha es cortar y, en forma mecánica, preparar las pacas y así trasladarlas a un lugar seguro para su posterior comercialización (www.sdr.gob.mx, 13/02/10).

7.4.1. Ventaja Agronómica

Es una planta rústica, poco exigente en suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso y que retengan humedad, pero sin que quede el agua estancada. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, cuyo pH esté comprendido entre 5 y 7, por tanto suele sembrarse en tierras recién roturadas ricas en materias orgánicas (www.infoagro.com, 13/02/10).

Es frecuente que la avena sea un cultivo muy poco cuidado, tanto en labores preparatorias como en abonado. Sin embargo, si se abonara y preparara el terreno con más esmero, la avena sería capaz de producciones relativamente altas, sobre todo en los años con suficiente humedad residual o lluvias invernales (www.infoagro.com, 13/02/10).

7.4.2. Ventaja Ecológica

Debido a que el sistema radicular de la avena es más profundo y desarrollado que el del trigo y la cebada, le permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo, por tanto requiere menos aportes de fertilizantes (www.infoagro.com, 13/02/10).

7.4.3. Ventaja Social

El grano de avena se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como muy buena para el ganado. El grano de avena es un magnífico pienso para el ganado caballar y mular, así como para el vacuno y el ovino. Es buena para animales de trabajo y reproductores por su alto contenido en vitamina E. En menor escala la avena se emplea como alimento para consumo humano, en productos dietéticos, triturada o molida y para preparar diversos platos (www.infoagro.com, 13/02/10).

7.4.4. Ventaja Cultural

En la actualidad, la avena es muy solicitada en las dietas para adelgazar, ya que la avena entera sin azúcar en el desayuno provee nutrientes y da sensación de llenura por horas. Ayuda a estabilizar los niveles de azúcar en la sangre ayudándonos a controlar el hambre. La avena es un desayuno que deja a la satisfecha a la persona por horas y evita los ataques de hambre que llevan a comer alimentos menos saludables. La avena por su alto contenido de fibra ayuda a prevenir la constipación. Por su alto contenido de fibra ayuda a bajar el colesterol y prevenir problemas en el corazón. La avena tiene muchos

antioxidantes y varios estudios han encontrado que ayuda a prevenir problemas de salud. Contiene vitaminas y nutrientes como: vitamina B₁, proteína, calcio, hierro, magnesio, zinc, cobre, manganeso, tiamina, y vitamina E en más altas concentraciones que otros cereales. Se recomienda la avena tradicional entera y no la de cocimiento rápido ni la molida (www.lindisima.com, 13/02/10).

La avena es usada en exfoliantes para piel, en mascarillas para humectar, en baños para aliviar picazón o calmar la piel, entre otros.

7.5. Ebo o Veza (*Vicia sativa*)

Descripción: El Ebo es leguminosa, que en mezcla con una gramínea, es un forraje que representa una fuente rica en proteína y energía con niveles apropiados de fibra, rica en calcio y de alta palatabilidad, la gramínea (se recomienda avena) funciona como tutor del Ebo, por tener tallos débiles con sarcillos no se mantiene erecto; arroja rendimientos en diversos ambientes 55 a 90 ton Ha⁻¹ de materia verde con una media de 70.0 ton ha⁻¹, con un promedio de materia seca del 16% (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Clima: El Ebo es un cultivo sensible a los excesos de agua, en suelos arcillosos pesados es recomendable reducir la longitud de melgas, camas o surcos, para evitar problemas en su establecimiento, crecimiento y desarrollo, es muy resistente a las heladas (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Siembra: Es factible de establecerse bajo labranza mínima o siembra directa, siembra al voleo; la mezcla de semilla se mantea a mano o con voleadora, posteriormente se tapa con un paso de rastra de discos ligera a una profundidad no mayor de 5 cm o con rastra de ramas, para después formar los bordos que delimiten las melgas o formar las camas ó surcos, con maquinaria la distribución de la mezcla de semilla se puede realizar con la sembradora de granos pequeños empleada para Cebada, depositando la semilla a una

profundidad de 2 a 4 cm y en hileras separadas de 12 a 15 cm, tapando la semilla en la misma operación, la cantidad de semilla por ha es de 100 kg (www.siap.gob.mx 12/12/09).

Cosecha: Se sugiere cortar a los 100 días después de la siembra, en este tiempo el Ebo presenta una floración completa, este periodo permite obtener buen rendimiento y forraje con calidad nutritiva para el ganado, se puede cortar entre los 60 y los 70 días después de la siembra y previo a la floración del forraje, con lo cual se puede cubrir la necesidad emergente de forraje, con una calidad excepcional aunque sacrificando rendimiento (35 a 40 ton Ha⁻¹), con la expectativa de dar un segundo corte (www.siap.gob.mx 12/12/09).

7.5.1. Ventaja Agronómica

Resiste las temperaturas inferiores a los cero grados centígrados, y solo sufre daños durante el invierno, cuando el suelo se hiela intensamente. Existen variedades comerciales para la producción de semilla, que pueden resistir hasta los 12 C bajo cero. La Veza común aunque se adapta a suelos desde los arenosos hasta algunos más pesados, el suelo donde su adaptación es mejor es en los suelos de tipo migajosos, con excelentes propiedades de drenaje (Alarcón, 2007).

7.5.2. Ventaja Ecológica

Las mejores plantas tutores para la veza común son la cebada (*Odeum vulgare*), y avena (*Avena sativa*), y en algunos casos se emplea centeno (*Secale cereale*). La avena es la que tiene mayor sensibilidad a temperaturas bajas. El establecimiento de veza con maíz, favorece el porte de la primera y la producción de forraje, aunque se menciona que puede deberse a cuestiones ambientales y no a la asociación (Alarcón, 2007).

7.5.3. Ventaja Social

Consumo animal, se puede utilizar en verde, henificado, ensilado o pastoreado directamente, para ser ensilado requiere ser oreado por un período de 2 a 4 días de sol,

para ensilar esta mezcla rica en proteína es necesario segarla y dejarla orear por 2 o 3 días para que llegue a un contenido de humedad inferior al 50%, para evitar un ensilaje de mala calidad por el exceso de humedad (www.siap.gob.mx 12/12/09).

7.5.4. Ventaja Cultural

Culturalmente ha sido muy bien aceptado para producción de forraje en climas templados por su resistencia al frío como cultivo de invierno, además en combinación con gramíneas mejora considerablemente la dieta de los animales a los que se les proporcione, ya sea en verde, ensilado o henificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Descripción del área de estudio

1.1. Localización

Texcoco se encuentra situada geográficamente en la parte este de Estado de México y colinda al norte con Tepetlaoxtoc, Papalotla, Chiautla, Chiconcuac; al sur con Chimalhuacán, Chicoloapan e Ixtapaluca; al oeste con Atenco; y al este con los estados de Tlaxcala y Puebla (Figura 9).

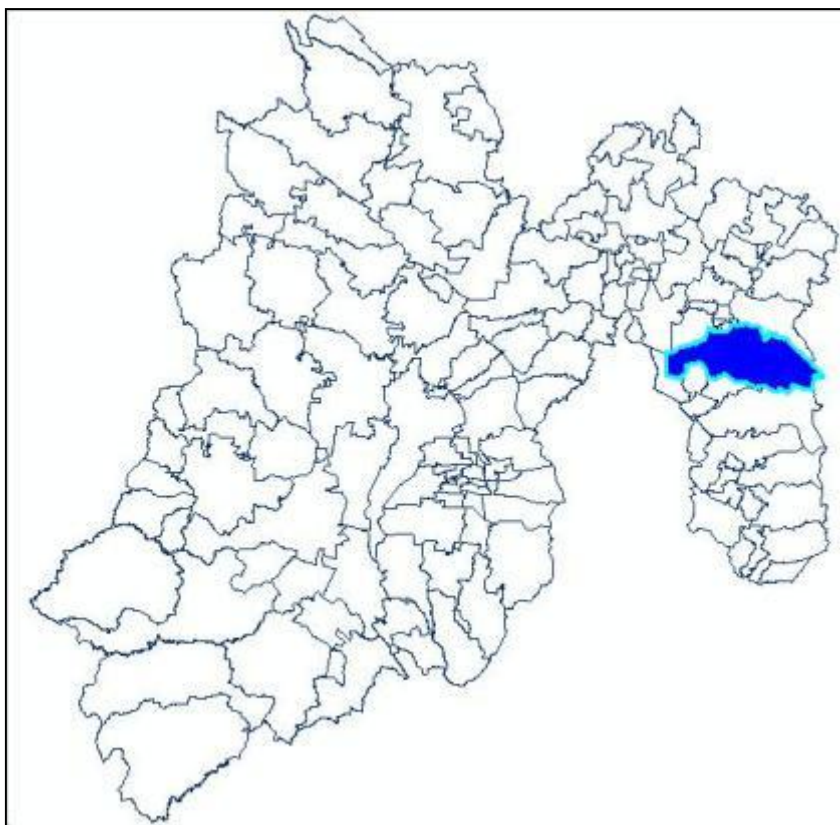


Figura 9. Ubicación del Municipio en el Estado de México.

Sus coordenadas geográficas se ubican entre los paralelos 98° 39' 28" y 99° 01' 45" Longitud Oeste y, 19° 23' 40" y 19° 33' 41" Latitud Norte.

Forma parte de la región económica III, subregión 3.3 (Figura 10).



Figura 10. Colindancias del Municipio de Texcoco.

1.2. Extensión

Oficialmente el municipio de Texcoco tiene una extensión territorial de 418.69 kilómetros cuadrados. La altitud de la cabecera municipal alcanza los 2,250 msnm. Cuenta con una temperatura promedio 15.7 C, una máxima de 18.7 C y una mínima de 14.1 C (PDM, 2009).

2. Características socioeconómicas

2.1. Grupos étnicos

En la parte oriente del municipio se encuentra únicamente el náhuatl. El idioma se ha mantenido en la mayor parte de las comunidades transmitiéndola de padres a hijos; por lo que habitan en el municipio habitan un total de 2,942 personas que hablan alguna lengua indígena, las cuales representan el 1.91% de la población mayor de 5 años.

2.2. Evolución demográfica

La población en el municipio de Texcoco ha aumentado considerablemente en las últimas décadas como lo muestra el Cuadro 5.

Cuadro 5. Evolución demográfica en el Municipio de Texcoco.

AÑO	POBLACIÓN	DENSIDAD (HAB/KM ²)	CRECIMIENTO MEDIO ANUAL	PARTICIPACIÓN ESTATAL
1960	46.452	90.69	2.80%	2.24%
1970	68.136	135.32	4.60%	1.58%
1980	109.674	217.81	4.73%	1.40%
1990	140.368	338.32	2.93%	1.42%
1970-1990			3.85%	

Fuente: Gobierno del Estado de México (inédito) proyecciones de población total por municipio del Estado de México 1993-2000 IIIGECM. Toluca, México. (MIMEC).

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 1995, la población total del municipio asciende a 173,106 personas y en el periodo 1990-1995 se observa una tasa media de crecimiento anual del 3.78%.

Es importante señalar que para el año 2000, de acuerdo con los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, existían en el municipio un total de 203,681 habitantes, de los cuales 101,072 son hombres y 102,609 son mujeres; esto representa el 49.6% del sexo masculino y el 50.4% del sexo femenino.

2.3. Religión

Las religiones en el municipio de Texcoco se distribuyen de acuerdo al Cuadro 6.

Cuadro 6. Religiones en el Municipio de Texcoco.

RELIGIÓN	1960	1970	1980	1990
Población municipal	42,526	65,628	105,851	124,612
Católica	42,088	64,326	100,174	166,132
Protestante	164	444	1,118	2,943
Judaica	30	23	40	85
Otra	145	154	1,074	1,956
Ninguna	78	681	3,445	2,910
No indicada	20			586

Fuente: Gobierno Federal, 1963 y 1972: VIII y IX Censos Generales de Población 1960 y 1970, Estado de México; SIC-D.G.E.; Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F. INEGI, 1984 y 1991: X y XI Censos Generales de población y vivienda. 1980 y 1990, Estado de México, resultados definitivos, INEGI; Agascalientes, Ags.

En 1995, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda, la religión católica continúa predominando ampliamente dado que hay 116,132 creyentes de esta religión, los cuales representan el 93.2% de los habitantes mayores de 5 años.

2.4. Educación

La educación se encuentra determinada en los siguientes datos estadísticos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estadísticas de educación en el Municipio de Texcoco.

NIVEL EDUCATIVO	ESCUELAS	GRUPOS	MAESTROS	ALUMNOS
Total	226	1,546	3,481	52,455
Preescolar	68	228	197	5,127
Primaria	81	736	747	25,739
Media básica	43	300	588	10,454
Media superior	19	202	617	6,380
Superior	4	-	1,163	3,663
Capacitación trabajo	11	53	169	1,092

Fuente: Gobierno Federal, 1963 y 1972: VIII y IX Censos Generales de Población 1960 y 1970, Estado de México; SIC-D.G.E.; Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F. INEGI, 1984 y 1991: X y XI Censos Generales de población y vivienda. 1980 y 1990, Estado de México, resultados definitivos, INEGI; Agascalientes, Ags. Ciclo escolar. 1991-1992.

En la educación básica se cuenta con planteles de preescolar, primaria, secundaria, normal y de enseñanza técnica. (CBTIS).

Para el nivel superior contamos en la delegación “El Tejocote” con la Unidad Académica Profesional Texcoco de la UAEM la cual ofrece las siguientes licenciaturas: Licenciatura en Ciencias Políticas y Administración Pública, Licenciatura en Administración, Licenciatura en Informática Administrativa, Licenciatura en Contaduría, Licenciatura en Turismo, Licenciatura en Derecho, Licenciatura en Económica y Licenciatura en Computación.

Esta unidad se encuentra a 7 km de Texcoco sobre la carretera Texcoco-Reyes. En 1997, el municipio conto con 261 escuelas, las cuales son atendidas por 2,501 profesores. En el municipio, el analfabetismo es de 5.16% del total de la población mayor de 15 años.

2.5. Salud

Los servicios de salud en el municipio son proporcionados conforme al Cuadro 8.

Cuadro 8. Servicios de salud en el Municipio de Texcoco.

CONCEPTO	TOTAL	CONSULTA EXTERNA	HOSPITALIZACIÓN GENERAL
Total	22	21	2
Seguridad social	3	1	2
IMSS	1	-	1
ISSSTE	1	1	-
Asistencia social	20	20	0
ISEM	18	18	-
DIF	1	2	-

Fuente: Gobierno del Estado de México, INEGI, 1997. Anuario Estadístico del Estado de México 1997, III GECEM, INEGI, Aguascalientes, Ags.

Además de los servicios oficiales para la salud existen sanatorios particulares perfectamente equipados para dar un buen servicio a la población.

2.6. Abasto

Texcoco carece de una central de abasto, en cambio tiene dos mercados en el centro histórico que son el de San Antonio y Belisario Domínguez; los lunes hay un tianguis que conforman 1500 puestos de verduras, frutas y artículos varios.

Se cuenta con tiendas departamentales tales como Comercial Mexicana y Aurrera, además de tiendas de abarrotes, misceláneas y tiendas de mayoreo.

2.7. Vivienda

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 1995, el municipio contaba con 34,823 viviendas de las cuales 68 eran colectivas y 34,755 particulares, en las que habitan en promedio 5 personas por vivienda.

Cabe señalar, que en el año 2000, de acuerdo a los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda, efectuado por el INEGI, hasta entonces, existían en el municipio 43,791 viviendas en las cuales en promedio habitan 4.53 personas en cada una.

La cobertura de servicios públicos en el municipio es: agua entubada 94.38%, drenaje 88.62% y energía eléctrica 99.27%

2.8. Medios de comunicación

Texcoco cuenta con dos periódicos y dos estaciones de radio en frecuencia modulada que maneja la Universidad Autónoma de Chapingo y otra ubicada en la cabecera municipal, además llegan a la cabecera municipal los principales diarios que se editan en el Distrito Federal; así como los canales de televisión y radiodifusoras del Valle de México.

También cuenta con servicio de caseta telefónica, servicio de telégrafos, correo; cobertura para telefonía celular y televisión por cable.

2.9. Vías de comunicación

El municipio tiene 52 comunidades con servicios de autobuses de pasajeros. El 80% están pavimentadas lo demás es terracería; y cuenta con dos centrales camioneras. Se encuentra conectado por tres autopistas o carreteras de importancia regional, la Carretera Lechería-Texcoco que en sus extensiones hacia el norte y sur comunica hasta los Estados de Puebla, Querétaro e Hidalgo. Por otro lado hacia el poniente está conectada a través de la Autopista Peñón-Texcoco con la Ciudad de México, y por último la Carretera Federal Calpulalpan que lleva hasta el Estado de Veracruz. Cuenta con una línea de ferrocarril subutilizada (PDM, 2009).

2.10. Agricultura

En el municipio destinan 18,934 hectáreas a la agricultura y 18,494 hectáreas a cultivos cíclicos. Existen huertos familiares que producen aguacate, ciruela, manzana, tejocote y pera.

2.11. Ganadería

Se cuenta en la actualidad con ranchos productores lecheros como Xalapango, la Pría, granja La Castilla, establo México, Santa Rosa, Santa Mónica y la Moreda que tendrá alrededor de 9 mil cabezas de ganado lechero.

En la delegación de Cuautlalpan existe la granja de cerdos “Campoamor” y la granja avícola y productora de carne.

2.12. Industria

La industria se ha desarrollado últimamente; anteriormente era eminentemente agrícola y es en los últimos años cuando se han establecido importantes industrias.

2.13. Turismo

Se cuenta con varios lugares turísticos en el municipio como son la delegación Huexotla, la universidad de Chapingo, los vestigios arqueológicos del palacio de Acolmiztli-Nezahualcóyotl, el monumento de los Bergantines, la catedral o Capilla de Gante de la Enseñanza, una casa de la cultura, edificio del siglo XVIII, el molino de flores y los vestigios arqueológicos de Tetzcutiznco. No ha habido difusión, ni hay infraestructura.

En la delegación de San Miguel Tlaminca, están los vestigios arqueológicos de los baños de Acolmiztli-Nezahualcóyotl, lugar que cuenta con balnearios.

2.14. Comercio

Se cuenta con 7 plazas comerciales, mueblerías, zapaterías, alimentos, ferreterías y papelerías.

2.15. Población económicamente activa por sector

De acuerdo al Censo General de Población y Vivienda del 2000, se cuenta con una población de 12 años y más de 144,757 de la cual, la población económicamente activa es 70,586, la población económicamente inactiva es 73,674 y 497 no especificada.

3. Características ambientales

3.1. Hidrografía

Antiguamente el municipio gozaba de la gran laguna localizada al poniente de la cabecera municipal, que hasta el momento es alimentada por los riachuelos: el Cozcacuaco, el Chapingo y el San Bernardino.

El agua superficial, producto del sistema hidrológico municipal, comprende 5 ríos (Coaxcacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino y Coatlinchán), tiene una área de captación de 157.3 km² con precipitación media anual de 694 mm, un volumen precipitado total de 113 millones de m³ escurre por las subcuencas un total de 7.8 millones de m³. Estos escurrimientos en la actualidad, se han contaminado por compartir sus cauces con los desechos de las poblaciones rurales y urbanas perdiendo su capacidad productiva (PDM, 2009).

3.2. Clima

Se presentan cuatro tipos de clima, uno del tipo seco y tres del grupo templado. El clima predominante el municipio es templado subhúmedo C(w1)(w)b(i')g. Hacia el Oriente del territorio municipal, el tipo de clima es muy similar al anterior, su diferencia estriba en que es el más húmedo de los subhúmedos y su fórmula de clasificación es C(w2)(w)b(i')g. El clima que se presenta en la planicie es del tipo seco, semiárido, se describe bajo la fórmula BS1kwe(w)(i)g. El último tipo de clima se encuentra en la parte más alta del

municipio, también es del grupo de los templados subhúmedos pero semifrío, su fórmula está representada por C(e)(w2)(w)b(i')g (PDM, 2009).

Las heladas se presentan en todo el territorio municipal, las primeras principalmente en la zona alta extendiéndose paulatinamente hacia las partes medias y bajas comienzan en octubre llegando afectar a algunos cultivos de invierno, la mayor frecuencia se presenta en los meses de diciembre, enero y febrero. El área con mayor número de heladas es en la parte Sur Oriente reportándose hasta 140 al año. Las granizadas se presentan en todo el municipio. Sin embargo, con más frecuencia en la planicie ruralurbana, principalmente a zonas aledañas a la cabecera municipal y éstas son del orden 4 a 10 por año. En las zonas restantes del municipio el número es en promedio de 4 granizadas por año (PDM, 2009).

Cuenta con una temperatura promedio 15.7 C, una máxima de 18.7 C y una mínima de 14.1 C (PDM, 2009).

3.3. Precipitación

La temporada de lluvias en el municipio históricamente se presenta en la segunda quincena del mes de mayo hasta principios del mes de octubre, (aunque en los últimos 5 años el régimen de lluvias se presenta en los primeros 10 a 12 días del mes de junio y concluye en la última semana del mes de octubre) con una precipitación media anual que varía entre 686 mm, dependiendo de la orografía del municipio, siendo que a partir de los 2,700 m y hasta 4,200 m la precipitación media anual es de 1,200 mm (PDM, 2009).

Los meses del año en que se presenta mayor registro de precipitación pluvial son julio y agosto, destacando julio con 122 mm, seguido de agosto con 112.2 mm, y disminuyendo paulatinamente el registro en diciembre a 6.4 mm (PDM, 2009).

3.4. Geomorfología

La conformación del Centro de Población del municipio de Texcoco es plana, con pendientes menores al 5% con excepción de los poblados al Oriente del mismo, donde existen pendientes cercanas al 45%. Por otra parte, debido a la existencia de la Sierra Nevada y a la planicie de lo que fuera el Lago de Texcoco existen tres formas características de relieve: la Sierra Nevada forma la zona montañosa localizada en la porción oriental del municipio; la zona de lomeríos se localiza en las estribaciones de la Sierra Nevada; las llanuras se ubican en la porción occidental del municipio (PDM, 2009).

El territorio municipal se asienta en una parte de la Sierra Nevada, misma que se eleva hasta los 4,100 msnm, dicha formación orográfica tiene sentido Norte a Sur, conformando una barrera natural en el extremo Oriente de Texcoco (PDM, 2009).

3.5. Orografía

Texcoco tiene algunas elevaciones importantes, como el monte Tláloc con 4,140 msnm, que se extiende desde la comunidad de Santiago Cuautlalpan hasta San Jerónimo Amanalco; el cerro Tepechichilco en la comunidad de Tequexquinahuac; el cerro Tetzcutzinco (3,000 msnm) en la comunidad de San Nicolás Tlaminca; el Tecuachacho en San Miguel Tlaixpan y el cerro de Moyotepec en San Jerónimo Amanalco. Asimismo tenemos el Cuatemulco, Tlapahuetzia, Apipilhuasco y Chiconcuayo. La mayor parte de estos cerros toman su nombre de la comunidad a la que pertenecen (PDM, 2009).

Existen también en el municipio varias cañadas que hacen al territorio algo accidentado.

3.6. Geología

En cuanto a la composición del suelo en el municipio, es de cinco clases: lacustre en la parte Poniente de la localidad; aluvión en la parte centro hasta el poblado de Xocotlán y San Diego; brecha sedimentaria al Oriente del Centro de Población; basalto en Parque

Molino de Flores; e ígnea extrusiva intermedia en el Cerro Soltepec, e ígnea con basalto en la zona sur, en el poblado de San Miguel Tlaixpan. En la cumbrera de la Sierra Quetzaltepec, entre las cotas 2,500-2,550 msnm, corre una falla desde el Cerro Colzi, hasta el Cerro Tecuilachi (PDM, 2009).

La Sierra Nevada está constituida por rocas formadas fuera del cráter volcánico (efusivas), de la era terciaria y cuaternaria, en distintos periodos de actividad volcánica. Las rocas son de tipo andesítico (rocas con matriz de grano fino y cristales de mayor tamaño), y basálticas (rocas formadas por la consolidación de ceniza volcánica) (PDM, 2009).

3.7. Edafología

El territorio municipal presenta un mosaico de tipos de suelo. Al este del municipio, sobre la Sierra Nevada, los suelos son del tipo Cambisol; al centro del municipio de Surponiente a Norponiente los suelos son de tipo Feozem, al sur son dúricos y al norte líticos; hacia el Poniente del suelo antes descrito se encuentra el Vertisol; al poniente del municipio en la parte más baja el suelo es de tipo Solonchak (PDM, 2009).

Las tierras más fértiles se ubican en las partes planas de la localidad Centro y Sur, ya que por composición geológica y de suelo las zonas al Oriente de la localidad son poco aptas para el desarrollo agrícola. Por otra parte, la textura superficial del suelo es fina y media, encontrando las texturas finas en las zonas planas de la localidad (PDM, 2009).

3.8. Flora

Por su clima templado y su altura sobre el nivel del mar el municipio cuenta con una flora propia de estas regiones. Así tenemos en el Monte Tláloc oyamel, encino, y otras coníferas, aunque no en cantidad suficiente para una explotación importante. Hace mucho se explotó sin ninguna consideración racional, convirtiendo sus árboles en vigas y

morillos, ahora se sufren las consecuencias, para remediar esto y mejorar la alimentación de los mantos freáticos se está reforestando (PDM, 2009).

El clima es propicio para árboles como: pirul, sauce, fresno, nogal, tejocote, capulín, chabacano, olivo, manzano, higo, etc. (PDM, 2009).

En cuanto a las plantas y flores, crecen: rosas, claveles, alcatraces, gladiolos, ayapangos, nube, margaritas, margaritones, violetas, bugambilias, nardos, azucenas, entre otras (PDM, 2009).

Hace más o menos cincuenta años, se cultivan con propósito comercial: tulipán, pompón, crisantemo y clave, con magníficos resultados (PDM, 2009).

Entre las comunidades dedicadas a estas actividades tenemos a San Simón, San José Texopan, San Diego, San Miguel Coatlinchan, San Miguel Tlaixpan, San Nicolás Tlaminca y otras (PDM, 2009).

Desde tiempos antiguos se recoge maíz, legumbres, trigo, cebada, alfalfa y zacatón, así como magueyes y nopales (PDM, 2009).

3.9. Fauna

El municipio contó con una fauna abundante que tiende a desaparecer o que de plano ha desaparecido, como el venado, coyote y ocelote. Se conservan silvestres: conejo, liebre, cacomiztle, tejón, ardilla, tuza, rata de campo, etc. En cuanto a animales domésticos se encuentran los ordinarios (PDM, 2009).

Los reptiles también casi han desaparecido y sólo quedan algunos como la víbora de cascabel. Por ser zona lacustre, hubo en forma abundante viborillas de agua, inofensivas, que están por extinguirse. Lo mismo pasa con el “cencuate”, reptil de 35 a 50 cm, no venenoso que en algunas regiones se consume como alimento (PDM, 2009).

De las aves se han extinguido el halcón, águila, zopilote, y gavián. Se conservan las comunes: golondrinas, gorriones, urracas, colibríes, canarios, palomas, etc. Hasta hace unos años el lago era una de las principales fuentes de alimentación para el municipio, había pescado blanco “criollo”, trucha, juiles, ranas y acociles. Actualmente casi todas estas especies han desaparecido (PDM, 2009).

También los insectos se han aminorado a causa del deterioro ambiental, sólo tenemos mariposas, libélulas, abejas, zancudos, alacranes, hormigas, moscas y mosquitos (PDM, 2009).

3.10. Características y uso del suelo

En el Municipio de Texcoco existen diferentes tipos de uso de suelo como lo muestra el Cuadro 9.

Cuadro 9. Estructura del uso del suelo 1989.

CONCEPTO	SUPERFICIE (Ha)	PORCENTAJE
Total	41,869.4	100.00
Agrícola	10,780.0	25.75
Temporal	5,656.4	13.51
Riego	4,210.6	10.06
Tierras ociosas	913.0	2.18
Pecuario	3,616.9	8.64
Intensivo	93.8	0.22
Extensivo	3,523.1	8.41
Forestal	13,556.1	32.38
Bosques	13,265.4	31.68
Arbustiva	290.7	0.69
Urbano	2,175.0	5.19
Industrial	90.8	0.22
Erosionado	7,026.4	16.78
Cuerpos de Agua	25.4	0.06
Otros usos	4,598.8	10.98

Fuente: Gobierno del Estado de México, (inédito). Estadística Básica Municipal 1992, Texcoco; GEM, SFYP, IIGECM: Toluca, México. (MIMEO).

3.11. Localización del experimento

La presente investigación se estableció bajo condiciones de riego; en el campo experimental Xaltepa 6, de la Universidad Autónoma Chapingo Figura 11 y Figura 12.

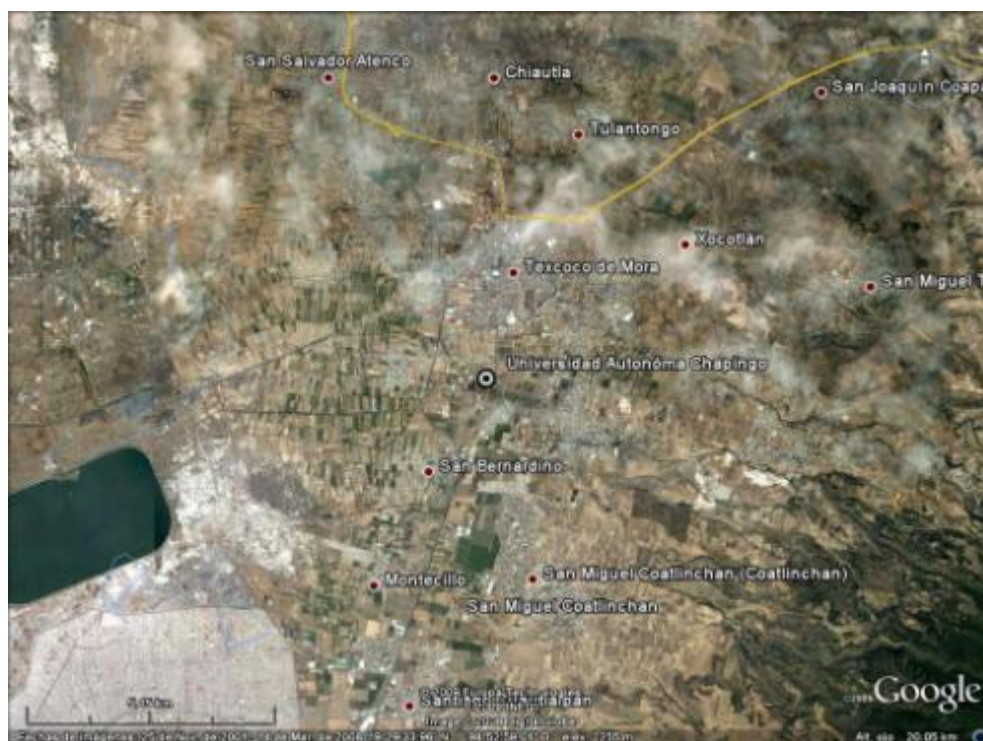


Figura 11. Macrolocalización de la zona de estudio.



Figura 12. Microlocalización de la zona de estudio.

3.12. Condiciones climáticas de la zona de estudio

El tipo de clima es C(W1)(w)b(i'), templado subhúmedo con una precipitación media anual entre 800 y 900 mm, régimen de lluvias en verano y una temperatura media anual entre 12 y 18 C (García, 1968).

4. Materiales

4.1. Germoplasma

Se seleccionaron seis accesiones de 361 colectas de higuierilla (*Ricinus communis* L.), provenientes del Estado de Chiapas, México.

Se utilizaron materiales criollos de la zona proveniente de la comunidad de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, México: maíz blanco, frijol negro, avena forrajera y veza.

5. Metodologías seleccionadas para el diseño del sistema agroforestal de higuera

Se trabajó con la metodología D&D (Diagnóstico y diseño), incluyendo algunos aspectos de diagnóstico rural participativo (DRP), investigación acción participativa (IAP) y evaluación rápida de los sistemas de conocimiento agrícola (RAAKS). Además, se efectuaron talleres participativos de discusión y análisis con grupo de productores y al final se realizó el análisis del potencial de adopción del diseño propuesto.

5.1. Etapas de investigación

El proyecto se dividió en tres etapas Figura 13.

Etapa I: Prediagnóstico. Se revisó la información existente en la región sobre estudios similares, metodologías usadas y sistemas de producción. Posteriormente se realizaron visitas de campo por diferentes zonas del país, como Valles Centrales, Oaxaca, Sierra norte de Puebla (Tlatlauquitepec y Zacapoaxtla) y Nextlalpan, estado de México.

Etapa II: Diagnostico. Se seleccionaron las mejores accesiones de higuera para los sistemas agroforestales, de acuerdo a los objetivos, se evaluaron las características biofísicas de la zona, así como el entorno socioeconómico de los productores. Por último se plantea el diseño agroforestal.

Etapa III: Diseño agroforestal y análisis del potencial de adopción. Se llevaron a cabo tres talleres de diseño agroforestal con grupos de productores, con el objetivo de presentar los resultados del diagnóstico y analizar el diseño agroforestal recomendado. El diseño se formuló tomando en cuenta las oportunidades y limitaciones de los productores, analizando el incremento en la productividad, sostenibilidad y potencial de adopción. Para

evaluar el potencial de adopción se utilizó la metodología generada por Somarriba y Calvo (2001).

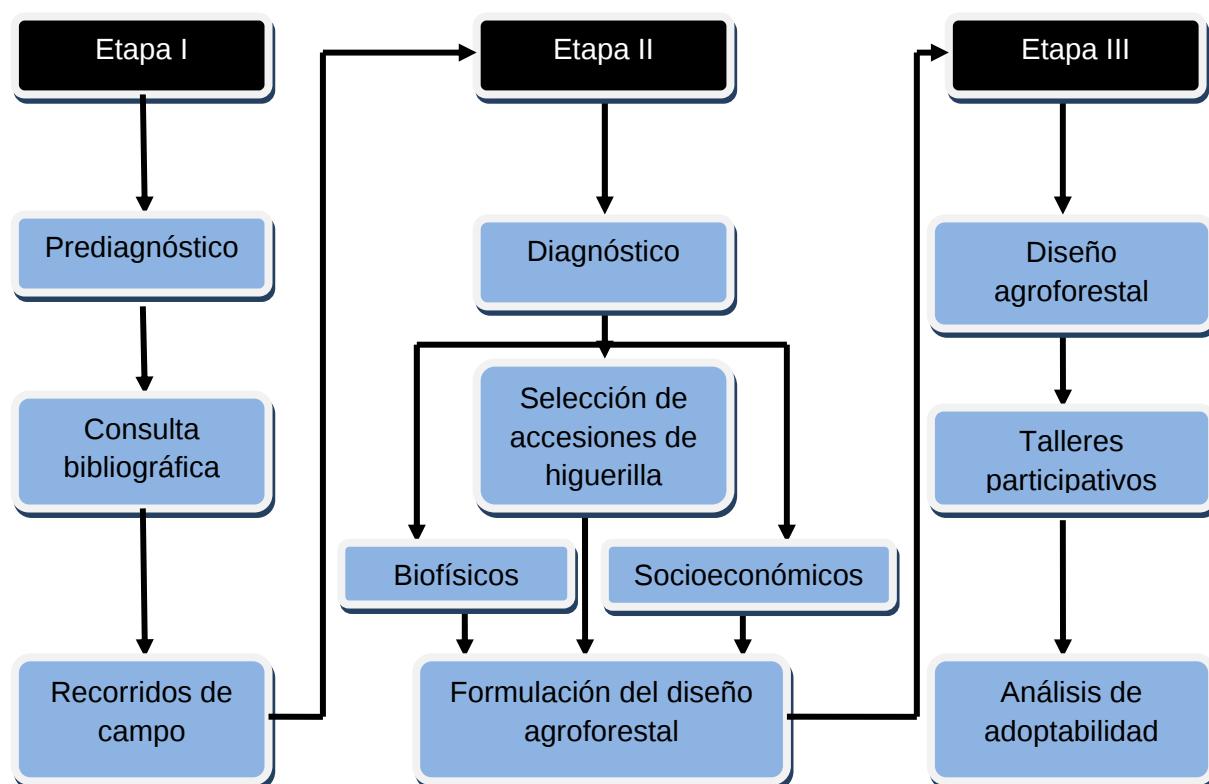


Figura 13. Etapas de la planificación agroforestal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Descripción de los sistemas

1.1. Descripción de los sistemas agroforestales con higuera

En particular en la región no existen sistemas con higuera, sin embargo esta la podemos encontrar de forma silvestre en las riveras de los ríos (Figura 14), a la orilla de las carreteras y en ocasiones en los lotes baldíos, y muy esporádicamente en las orillas de los terrenos de cultivo o en algunas casas (Figura 15), donde los productores las toleran, sin embargo todos afirman que es una maleza.



Figura 14. Higuera en la rivera del río (izquierda) y en un lote baldío (derecha).



Figura 15. Higuera en un huerto casero.

1.2. Descripción del sistema maíz-frijol

En el municipio de Texcoco, es común que se practique la siembra intercalada de maíz con frijol (Figura 16), especialmente en zonas de agricultura tradicional. Sin embargo, debido a la escasez de mano de obra la superficie tiende a disminuir. Se practica principalmente en temporal, en comunidades donde el producto de la milpa es utilizado para autoconsumo.

El maíz y el frijol se siembran intercalados de forma tradicional en surcos a 80 cm, y de 40-60 cm entre planta y planta, principalmente se utilizan semillas criollas.



Figura 16. Cultivo intercalado de maíz y frijol.

1.3. Descripción del sistema avena-veza

En la zona no es común los cultivos de invierno, ya que la mayoría de los cultivos son de temporal, y no se tiene la costumbre de tener dos ciclos, solo en algunos casos donde cuentan con riego se produce forraje, principalmente alfalfa.

2. Manejo de los sistemas

2.1. Sistema maíz-frijol

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se efectúa una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. Antes de efectuar la siembra se seleccionan por los productores aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en surcos. La separación de las líneas de 0.8 m y la separación entre los golpes de 20 a 35 cm. La siembra se realiza por el mes de abril ya entrada la temporada de lluvias.

2.2. Sistema avena-veza

En la preparación del suelo se da de uno a dos rastreos si el terreno no es muy compacto (suelos francos). La fecha de siembra es del 15 de noviembre al 30 de diciembre. La densidad de siembra es de 96 kg de ebo y 24 de avena para un total de 120 kg Ha⁻¹ de la mezcla de semilla. La dosis de fertilización recomendada es de 160-40-00 (NPK) en suelos de 1.5 a 1.8% de materia orgánica. Se aplican de 3 a 4 riegos según las características del suelo, 3 riegos en arcillosos y 4 riegos en arenosos. La época de corte se realiza cuando el ebo está en floración y la avena en estado de llenado de grano. Para el corte se requieren de alrededor de 105 días.

3. Producción y productividad

3.1. Sistema maíz-frijol

Para el cálculo de la producción en el sistema maíz-frijol se tomo en cuenta la parte proporcional del terreno obteniéndose los siguientes resultados Cuadro 10:

Cuadro 10. Ingresos (\$ha⁻¹) del sistema (maíz-frijol).

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total
Maíz				
Grano	Kg	1982	\$3.90	\$7,729.80
Rastrojo*	Manojos	150	\$10.00	\$1,500.00
Subtotal:				\$9,229.80
Frijol				
Grano	Kg	722.50	\$17.00	\$12,282.50
Subtotal:				\$12,282.50
Total				\$21,512.30

Fuente: Elaboración propia, con datos del Anuario Estadístico Nacional 2006.

3.2. Sistema avena-veza

Para el cálculo de la producción en el sistema avena-veza se tomo en cuenta la parte proporcional del terreno obteniéndose los siguientes resultados Cuadro 11:

Cuadro 11. Ingresos (\$ha⁻¹) del sistema (avena-veza)

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total
Avena/veza				
Forraje	Pacas	200	\$50,00	\$10.000,00
Total				\$10.000,00

Fuente: Elaboración propia, con datos del Anuario Estadístico Nacional 2006.

4. Análisis económico

4.1. Sistema maíz-frijol

Para el cálculo de la productividad económica del sistema se realizó el análisis a cinco años como lo muestra el Cuadro 12.

Cuadro 12. Egresos e ingresos (\$ha⁻¹) del sistema maíz-frijol.

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS					
INGRESOS POR VENTA COPRODUCTOS	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30
TOTAL INGRESOS	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30
EGRESOS TOTALES					
EGRESOS TOTALES	10,000.00	9,520.00	9,520.00	9,520.00	9,520.00
COSTOS VARIABLES	7,420.00	7,420.00	7,420.00	7,420.00	7,420.00
COSTOS FIJOS	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00
INVERSION	480.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO FIJO					
COSTALES	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ASISTENCIA TÉCNICA	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
RENTA TERRENO/AÑO	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00
COSTO VARIABLE					
BARBECHO	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
RASTRA	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
SURCADO	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
SIEMBRA MAÍZ/FRIJOL	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
CONTROL DE ARVENCES	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
FERTILIZACION	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
APORQUE	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
FERTILIZANTE	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
PRODUCTOS BIOLÓGICOS	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
MANO DE OBRA P/APLICACIÓN	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
COSECHA FRIJOL	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
COSECHA MAÍZ	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
CORTE RASTROJO	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00

LIMPIA FRIJOL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
DESGRANADO MAÍZ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
COMBUSTIBLE	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
	7,420.00	7,420.00	7,420.00	7,420.00	7,420.00
INVERSION					
AZADONES	240.00				
HOZ	240.00				
	480.00				
COSTO TOTAL	10,000.00	9,520.00	9,520.00	9,520.00	9,520.00
INGRESOS TOTALES					
INGRESOS POR VENTA DE MAÍZ Y RASTROJO	9,229.80	9,229.80	9,229.80	9,229.80	9,229.80
INGRESOS POR VENTA DE FRIJOL	12,282.50	12,282.50	12,282.50	12,282.50	12,282.50
	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30
INGRESOS TOTALES	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30	21,512.30
FLUJO DE EFECTIVO	11,512.30	11,992.30	11,992.30	11,992.30	11,992.30

Una vez calculados los costos y los beneficios del sistema maíz-frijol, se realizó la corrida financiera por Ha a cinco años (Cuadro 13).

Cuadro 13. Corrida financiera del sistema maíz-frijol a cinco años.

AÑO	COSTOS	BENEFICIOS	A 12%		
			FACTOR A 12	COSTO ACT.	BENEFICIO ACT.
1	10,000	21,512	0.89285714	8,929	19,207
2	9,520	21,512	0.79719388	7,589	17,149
3	9,520	21,512	0.71178025	6,776	15,312
4	9,520	21,512	0.63551808	6,050	13,671
5	9,520	21,512	0.56742686	5,402	12,207
SUMAS	48,080	107,562		34,746	77,547

Indicadores económicos

VALOR ACTUAL NETO	42,801
RELACION B/C	2.23
TIR=	29.55

Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo es de 2.23 al ser mayor que uno, se garantiza la recuperación de la inversión, pero solo se obtienen 1.23 pesos adicionales por cada uno invertido, lo cual constituye la ganancia neta.

TIR

La tasa interna de retorno es mayor a la tasa mensual de actualización (factor de actualización). Esto indica que durante el periodo del proyecto se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio del 29.55%, lo cual premia satisfactoriamente a los inversionistas esto especificando que los valores ingresados al proyecto son los mínimos producidos por el cultivo bajo un manejo adecuado.

VAN

El cálculo del valor actual neto resulta positivo afirmando que el proyecto es rentable, pues se recupera la inversión y se obtiene un total de \$42,801.00 de ganancia al término del período considerando una tasa de interés del 12%.

4.2. Sistema avena-veza

Para el cálculo de la productividad económica del sistema se realizó el análisis a cinco años como lo muestra el Cuadro 14.

Cuadro 14. Ingresos e ingresos del sistema avena-veza.

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS					
INGRESOS POR VENTA	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
COPRODUCTOS					
TOTAL INGRESOS	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
EGRESOS					
EGRESOS TOTALES	8,180.00	7,940.00	7,940.00	7,940.00	7,940.00
COSTOS VARIABLES	5,940.00	5,940.00	5,940.00	5,940.00	5,940.00
COSTOS FIJOS	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
INVERSION	240.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO FIJO					
ASISTENCIA TÉCNICA	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
RENTA TERRENO/AÑO	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
COSTO VARIABLE					
SEMILLA AVENA	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00
SEMILLA VEZA	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
BARBECHO	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
RASTRA	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
SIEMBRA AVENA/VEZA	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
RIEGO	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
FERTILIZACION	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
FERTILIZANTE	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
MANO DE OBRA P/APLICACIÓN	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
COSECHA AVENA/VEZA	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
ACARREO FORRAJE	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
COMBUSTIBLE	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
	5,940.00	5,940.00	5,940.00	5,940.00	5,940.00
INVERSION					
HOZ	240.00				
	240.00				

COSTO TOTAL	8,180.00	7,940.00	7,940.00	7,940.00	7,940.00
INGRESOS TOTALES					
INGRESOS POR VENTA DE AVENA/EBO	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
INGRESOS TOTALES	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00
FLUJO DE EFECTIVO	1,820.00	2,060.00	2,060.00	2,060.00	2,060.00

Una vez calculados los costos y los beneficios del sistema avena-veza, se realizo la corrida financiera por Ha a cinco años (Cuadro 15).

Cuadro 15. Corrida financiera del sistema avena-veza a cinco años.

AÑO	COSTOS	BENEFICIOS	A 12%		
			FACTOR A 12	COSTO ACT.	BENEFICIO ACT.
1	8,180	10,000	0.89285714	7,304	8,929
2	7,940	10,000	0.79719388	6,330	7,972
3	7,940	10,000	0.71178025	5,652	7,118
4	7,940	10,000	0.63551808	5,046	6,355
5	7,940	10,000	0.56742686	4,505	5,674
SUMAS	39,940	50,000		28,836	36,048

Indicadores económicos

VALOR ACTUAL NETO	7,212
RELACION B/C	1.25
TIR=	29.61

Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo es de 1.25 al ser mayor que uno, se garantiza la recuperación de la inversión pero solo se obtienen 0.25 pesos (25 centavos) adicionales por cada uno invertido, lo cual constituye la ganancia neta.

TIR

La tasa interna de retorno es mayor a la tasa mensual de actualización (factor de actualización). Esto indica que durante el periodo del proyecto se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio del 29.61%, lo cual premia satisfactoriamente a los inversionistas esto especificando que los valores ingresados al proyecto son los mínimos producidos por el cultivo bajo un manejo adecuado.

VAN

El cálculo del valor actual neto resulta positivo afirmando que el proyecto es rentable, pues se recupera la inversión y se obtiene un total de \$7,212.00 de ganancia al término del período considerando una tasa de interés del 12%.

5. Propuesta de diseño

Se seleccionaron seis accesiones de entre 361 colectas provenientes del Estado de Chiapas, en base a características como: altura, cobertura, número de ramas, número de racimos, longitud del racimo (Figura 17), número de capsulas por racimo, total de semillas, peso de 100 semillas y kilogramos por planta (Sánchez, inédito), siendo las que se presentan en el Cuadro 16 de donde se tomo la accesión 383 como base para el análisis financiero.



Figura 17. Diferentes tipos de racimos en tamaño, forma y color.

Cuadro 16. Características de las seis mejores accesiones, seleccionadas a partir de 361 colectas provenientes del Estado de Chiapas.

Colecta	Altura (cm)	Cobertura (cm)	No. Ramas	No. Racimos	Longitud	No. Capsulas	Total sem	Peso 100 sem. Gr.	Kg/planta
29	104	140	14	10	46	178	5340	19,85	1,060
282	143	150	12	14	28	60	2520	37,2	0,937
32	106	110	13	10	46	218	6540	12,9	0,844
383	137	150	13	10	43	108	3240	24,1	0,781
377	155	130	8	12	44	78	2808	24,6	0,691
392	168	130	10	9	32	180	4860	12,9	0,627

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Estructura del sistema higuera-maíz/frijol-avena/veza

La estructura espacial del sistema agroforestal para el año 1 y 2 del ciclo Primavera-Verano (Figura 18) tiene una distancia entre hileras de higuera de 5.60 m y 0.80 m entre surcos. Mientras que para el ciclo Otoño-Invierno se tiene el cultivo de forraje (avena-veza) entre las hileras de higuera (Figura 19).

Para aumentar en el aprovechamiento de los nutrientes y disminuir la competencia por luz en la asociación, se realiza una microrrotación en el interior de los callejones, intercambiando cada año el maíz y el frijol, este último estará sembrado a doble hilera.

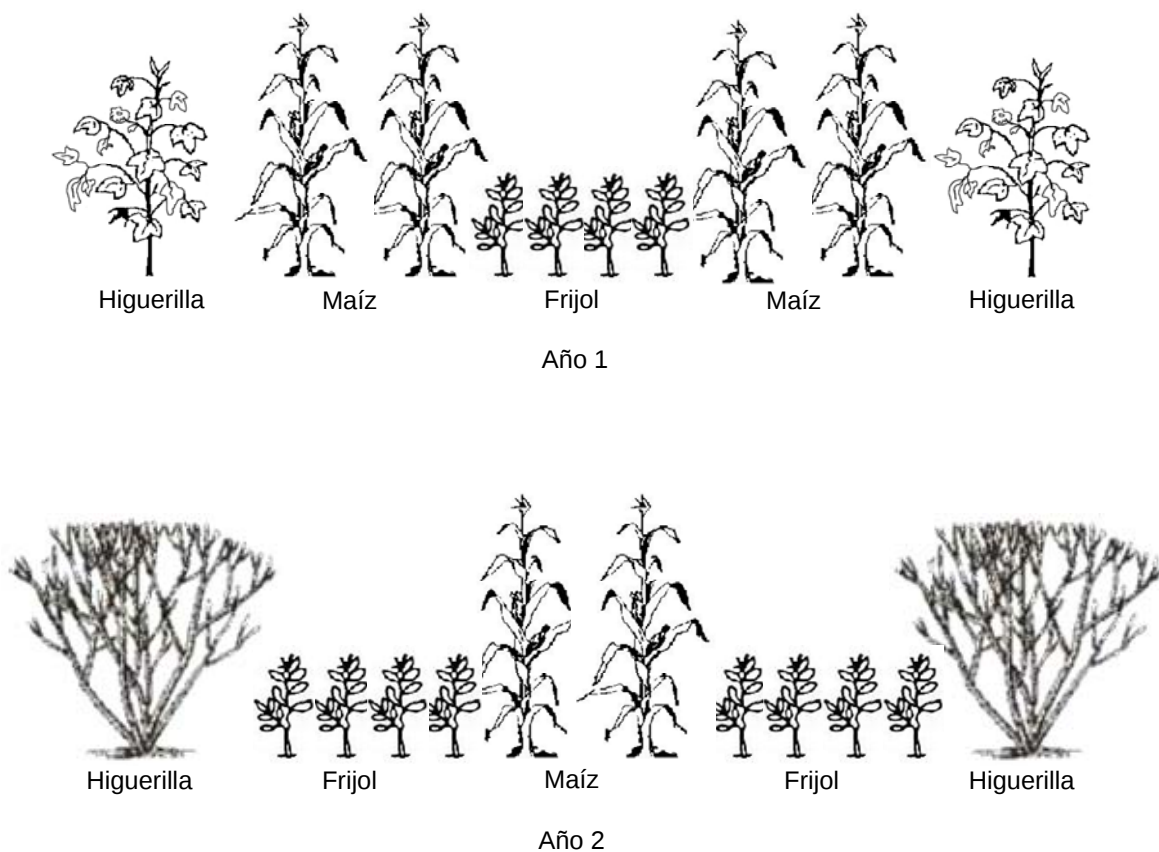


Figura 18. Arreglo espacial vertical del sistema agroforestal para el ciclo Primavera-Verano en el año 1 y 2.



Figura 19. Arreglo espacial vertical del sistema agroforestal para el ciclo Otoño-Invierno.

5.2. Calendario de actividades del sistema

El sistema agroforestal es de uso intensivo de los recursos, por lo que es importante establecer un calendario de actividades distribuidas a lo largo del año para facilitar su manejo y prever posibles requerimientos futuros, ya sea de mano de obra o de materiales (Cuadro 17).

Cuadro 17. Calendario de actividades del sistema agroforestal de higuera.

CONCEPTO	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ADQUISICIÓN DE SEMILLAS												
SEMILLA HIGUERA												
SEMILLA MAÍZ												
SEMILLA FRIJOL												
SEMILLA AVENA												
SEMILLA VEZA												
PREPARACION DEL TERRENO												
BARBECHO												
CRUZA												
RASTRA												
NIVELADO												
SURCADO												
SIEMBRA												
SIEMBRA HIGUERA/MAÍZ/FRIJOL												
SIEMBRA AVENA/VEZA												
OPERACIÓN DEL SISTEMA												
CONTROL DE ARVENCES												
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES												
FERTILIZACION												
APORQUE												
RIEGO												
COSECHA												
COSECHA FRIJOL												
COSECHA MAÍZ												
CORTE RASTROJO												
COSECHA HIGUERA												
PODA HIGUERA												
ACARREO DENDROENERGETICOS												
COSECHA AVENA/VEZA												
ACARREO FORRAJE												
LIMPIA FRIJOL												
DESGRANADO MAÍZ												
LIMPIA HIGUERA												

5.3. Costos de operación del sistema

Los costos de operación del sistema (Cuadro 18) es una parte muy importante que tenemos que tener presente al momento de plantear el modelo a los productores, ya que se cuenta con recursos económicos escasos y pueden ser una limitante en su adopción.

Cuadro 18. Costos de operación del sistema agroforestal de higuera.

CONCEPTO	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad requerida	Costo Total (\$)
ADQUISICIÓN DE SEMILLAS				
SEMILLA HIGUERA	KG	8.00	5	40.00
SEMILLA MAÍZ	KG	20.00	10	200.00
SEMILLA FRIJOL	KG	25.00	5	125.00
SEMILLA AVENA	KG	8.00	80	640.00
SEMILLA VEZA	KG	8.00	40	320.00
SUBTOTAL SEMILLAS:				1325.00
PREPARACION DEL TERRENO				
BARBECHO	JORNAL	500.00	1	500.00
CRUZA	JORNAL	400.00	1	400.00
RASTRA	JORNAL	400.00	2	800.00
NIVELADO	JORNAL	400.00	1	400.00
SURCADO	JORNAL	400.00	1	400.00
SUBTOTAL PREPARACION:				2500.00
SIEMBRA				
SIEMBRA HIGUERA/MAÍZ/FRIJOL	JORNAL	80.00	3	240.00
SIEMBRA AVENA/VEZA	JORNAL	80.00	2	160.00
SUBTOTAL SIEMBRA:				400.00
OPERACIÓN DEL SISTEMA				
CONTROL DE ARVENCES	JORNAL	80.00	4	320.00
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	JORNAL	80.00	4	320.00
FERTILIZACION	JORNAL	80.00	2	160.00
APORQUE	JORNAL	600.00	1	600.00
FERTILIZANTE	BULTOS	6.00	250	1500.00
RIEGO	ANUAL	300.00	1	300.00
LUBRICANTE Y COMBUSTIBLE	LITROS	8.00	100	800.00
COSTO OPERACIÓN DEL SISTEMA:				4000.00
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES				
PRODUCTOS BIOLÓGICOS		100.00	5	500.00
MANO DE OBRA P/APLICACIÓN	JORNAL	80.00	3	240.00
SUBTOTAL PLAGAS:				740.00
HERRAMIENTAS				

MACHETE	PIEZA	80.00	3	240.00
HOZ	PIEZA	80.00	3	240.00
AZADONES	PIEZA	120.00	2	240.00
				720.00
COSECHA				
COSECHA FRIJOL	JORNAL	100.00	2	200.00
COSECHA MAÍZ	JORNAL	100.00	4	400.00
CORTE RASTROJO	JORNAL	100.00	2	200.00
COSECHA HIGUERILLA	JORNAL	100.00	6	600.00
PODA HIGUERILLA	JORNAL	100.00	2	200.00
ACARREO LEÑA	JORNAL	100.00	2	200.00
COSECHA AVENA/VEZA	JORNAL	100.00	6	600.00
ACARREO FORRAJE	JORNAL	100.00	4	400.00
BENEFICIO FRIJOL	JORNAL	100.00	2	200.00
BENEFICIO MAÍZ	JORNAL	100.00	1	100.00
BENEFICIO HIGUERILLA	JORNAL	100.00	4	400.00
COSTALES	PIEZA	4.00	25	100.00
SUBTOTAL C. Y B.:				3600.00
COSTOS FIJOS				
ASISTENCIA TÉCNICA	VISITA TECNICA	600.00	2	1200.00
RENTA TERRENO/AÑO	Ha	3000.00	1	3000.00
RENTA BODEGA/AÑO		1000.00	1	1000.00
SUBTOTAL COSTO FIJO:				5200.00
TOTAL				18485.00

5.4. Beneficios económicos del sistema

Después de realizar los costos del sistema se procedió al cálculo de los beneficios del mismo, dando como resultado el Cuadro 19 para los años 1,3 y 5 y el Cuadro 20 para los años 2 y 4.

Cuadro 19. Beneficios económicos del sistema agroforestal de higuierilla (año 1).

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total
Maíz				
Grano	Kg	2863.141	\$3.90	\$11,166.25
Rastrojo*	Manojos	300	\$10.00	\$3,000.00
Subtotal:				\$14,166.25
Frijol				

Grano	Kg	412.86	\$17.00	\$7,018.57
Subtotal:				\$7,018.57
Higuerilla				
Semilla	Kg	981.83	\$8.00	\$7,854.63
Leña*				\$10,000.00
Subtotal:				\$17,854.63
Avena/veza				
Forraje	Pacas	180	\$50.00	\$9,000.00
Subtotal:				\$9,000.00
Total				\$48,039.45

Fuente: Elaboración propia, con datos del Anuario Estadístico Nacional 2006

Cuadro 20. Beneficios económicos del sistema agroforestal de higuerilla (año 2).

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total
Maíz				
Grano	Kg	1132.571	\$3.90	\$4,417.03
Rastrojo*	Manojos	300	\$10.00	\$3,000.00
Subtotal:				\$7,417.03
Frijol				
Grano	Kg	825.71	\$17.00	\$14,037.14
Subtotal:				\$14,037.14
Higuerilla				
Semilla	Kg	981.83	\$8.00	\$7,854.63
Leña*				\$10,000.00
Subtotal:				\$17,854.63
Avena/veza				
Forraje	Pacas	180	\$50.00	\$9,000.00
Subtotal:				\$9,000.00
Total				\$48,308.80

Fuente: Elaboración propia, con datos del Anuario Estadístico Nacional 2006

*Datos de entrevistas con productores en Santa María Roaló, Oaxaca, Méx. 2009

Para el cálculo de la productividad económica del sistema propuesto, se realizó el análisis a cinco años como lo muestra el Cuadro 21.

Cuadro 21. Egresos e ingresos del sistema agroforestal de higuera.

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS					
INGRESOS POR VENTA COPRODUCTOS	48.039,45	48.308,80	48.039,45	48.308,80	48.039,45
TOTAL INGRESOS	48.039,45	48.308,80	48.039,45	48.308,80	48.039,45
EGRESOS					
EGRESOS TOTALES	18.485,00	16.965,00	16.965,00	16.965,00	16.965,00
COSTOS VARIABLES	12.465,00	11.665,00	11.665,00	11.665,00	11.665,00
COSTOS FIJOS	5.300,00	5.300,00	5.300,00	5.300,00	5.300,00
INVERSION	720,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COSTO FIJO					
COSTALES	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ASISTENCIA TÉCNICA	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
RENTA TERRENO/AÑO	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
RENTA BODEGA/AÑO	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
	5.300,00	5.300,00	5.300,00	5.300,00	5.300,00
COSTO VARIABLE					
SEMILLA HIGUERA	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
SEMILLA MAÍZ	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
SEMILLA FRIJOL	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
SEMILLA AVENA	640,00	640,00	640,00	640,00	640,00
SEMILLA VEZA	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
BARBECHO	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
RIEGO	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
CRUZA	400,00				
RASTRA	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
NIVELADO	400,00				
SURCADO	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
SIEMBRA HIGUERA/MAÍZ/FRIJOL	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
SIEMBRA AVENA/VEZA	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
CONTROL DE ARVENCES	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
FERTILIZACION	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00

APORQUE	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
FERTILIZANTE	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00
PRODUCTOS BIOLÓGICOS	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
MANO DE OBRA P/APLICACIÓN	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
COSECHA FRIJOL	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
COSECHA MAÍZ	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
CORTE RASTROJO	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
COSECHA HIGUERILLA	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
PODA HIGUERILLA	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
ACARREO LEÑA	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
COSECHA AVENA/VEZA	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
ACARREO FORRAJE	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
BENEFICIO FRIJOL	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
BENEFICIO MAÍZ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
BENEFICIO HIGUERILLA	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
COMBUSTIBLE	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
	12.465,00	11.665,00	11.665,00	11.665,00	11.665,00
INVERSION					
AZADONES	240,00				
MACHETE	240,00				
HOZ	240,00				
	720,00				
COSTO TOTAL	18.485,00	16.965,00	16.965,00	16.965,00	16.965,00
INGRESOS TOTALES					
INGRESOS POR VENTA DE MAÍZ Y RASTROJO	14.166,25	7.417,03	14.166,25	7.417,03	14.166,25
INGRESOS POR VENTA DE FRIJOL	7.018,57	14.037,14	7.018,57	14.037,14	7.018,57
INGRESOS POR VENTA DE HIGUERILLA Y LEÑA	17.854,63	17.854,63	17.854,63	17.854,63	17.854,63
INGRESOS POR VENTA DE AVENA/EBO	9.000,00	9.000,00	9.000,00	9.000,00	9.000,00
	48.039,45	48.308,80	48.039,45	48.308,80	48.039,45
INGRESOS TOTALES	48.039,45	48.308,80	48.039,45	48.308,80	48.039,45
FLUJO DE EFECTIVO	29.554,45	31.343,80	31.074,45	31.343,80	31.074,45

Una vez calculados los costos y los beneficios del sistema agroforestal de higuera, se realizó la corrida financiera por Ha a cinco años (Cuadro 22).

Cuadro 22. Corrida financiera del sistema agroforestal de higuera, a cinco años.

AÑO	COSTOS	BENEFICIOS	A 12%		
			FACTOR A 12	COSTO ACT.	BENEFICIO ACT.
1	18,485	48,039	0.89285714	16,504	42,892
2	16,965	48,309	0.79719388	13,524	38,511
3	16,965	48,039	0.71178025	12,075	34,194
4	16,965	48,309	0.63551808	10,782	30,701
5	16,965	48,039	0.56742686	9,626	27,259
SUMAS	86,345	240,736		62,512	173,557

Indicadores económicos

VALOR ACTUAL NETO	111,045
RELACION B/C	2.78
TIR=	29.56

Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo es de 2.78 al ser mayor que uno, se garantiza la recuperación de la inversión y se obtienen 1.78 pesos adicionales por cada uno invertido, lo cual constituye la ganancia neta.

Se destaca que este es un proyecto con enfoque específico y fuerte impacto social, pues atiende a grupos de productores agrícolas de escasos recursos.

TIR

La tasa interna de retorno es mayor a la tasa mensual de actualización (factor de actualización). Esto indica que durante el periodo del proyecto se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad en promedio del 29.56%, lo cual premia satisfactoriamente a los inversionistas esto especificando que los valores ingresados al proyecto son los mínimos producidos por el cultivo bajo un manejo adecuado.

VAN

El cálculo del valor actual neto resulta positivo afirmando que el proyecto es rentable, pues se recupera la inversión y se obtiene un total de \$111,045.00 de ganancia al término del período considerando una tasa de interés del 12%.

5.5. Productividad del sistema propuesto

Existen múltiples ejemplos de las ventajas productivas de los policultivos, para evaluar la Eficiencia Biológica, se utiliza el Índice Equivalente de Tierra o Uso Equivalente de Tierra (IET o UET; inglés LER), que no es más que el área de los cultivos que se asocian requerida para 1 ha equivalente de producción de ambos cultivos asociados.

La expresión matemática de este índice se resume como (Hernández, Santos y Casanova, 1998):

$$IET = \frac{Px}{Ux} + \frac{Py}{Uy}$$

donde:

Px: Rendimiento del cultivo x en policultivo

Py: Rendimiento del cultivo y en policultivo

Ux: Rendimiento del cultivo x en monocultivo

Uy: Rendimiento del cultivo y en monocultivo

Si el IET > 1 el policultivo es ventajoso

Si el IET = 1 resulta indistinto el modo de sembrar

Si el IET < 1 los monocultivos superan a los policultivos

Sustituyendo los datos de producción (Kg) estimados para el sistema agroforestal propuesto tenemos (maíz, frijol, avena-veza e higuierilla respectivamente):

$$IET = \frac{2863.141}{3964.000} + \frac{412.141}{1445.000} + \frac{8100.000}{9000.000} + \frac{981.830}{2186.800} = 2.357$$

Como el IET es igual a 2.4 indica que el sistema propuesto es más productivo y por tanto una alta eficiencia biológica.

5.6. Análisis participativo del sistema agroforestal propuesto

En la presentación del trabajo a técnicos del grupo de Bioenergéticos del INIFAP (Figura 20), se discutieron algunas cuestiones sobre la selección de materiales para su implementación en sistemas agroforestales, tomando principalmente características de producción y fenotípicas, (Kg por planta y hábitos de crecimiento respectivamente), mismas que se tomaron en cuenta al elegir las mejores accesiones.



Figura 20. Presentación de campo a técnicos del grupo de bioenergéticos.



Figura 21. Integrantes del taller de evaluación de la sustentabilidad de cultivos biocombustibles.

muchas dudas sobre el manejo y los rendimientos del sistema, así como, los costos de producción, por lo que fue necesario participar en el “Taller de evaluación de la sustentabilidad de cultivos

Durante el diseño del sistema agroforestal de higuera se puso a consideración de los productores el ancho de callejones, lo que permitió conocer mediante consenso la distancia más conveniente para sus necesidades, sin embargo, se tenían



Figura 22. Entrevista a productor de higuera en Santa María Roaló, Oaxaca, México.

biocombustibles” en la ciudad de Oaxaca (Figura 21), donde se trabajo con productores de higuerilla de Valles Centrales (Figura 22).

Una vez realizado el rediseño del sistema agroforestal, tomando en cuenta las opiniones y sugerencias de los productores oaxaqueños, se presento un análisis más completo del sistema al grupo piloto para su evaluación y posible adopción, dando respuesta a sus sugerencias y dudas anteriores se procedió con el análisis del potencial de adopción.

Al finalizar el taller se consensó con los participantes donde se establecería la parcela demostrativa, con la finalidad facilitar el cuidado de la misma, al mismo tiempo se tuvo una respuesta favorable a la propuesta, al contar con dos productores que se ofrecieron a establecer el cultivo por cuenta propia, (Figura 23) al inicio de las próxima temporada de lluvias (mayo-junio del 2010).



Figura 23. Productores voluntario para establecer el sistema en sus parcelas.

5.7. Análisis del potencial de adopción

Antes de evaluar el potencial de adopción, se consideró la percepción de los productores (Cuadro 23) respecto a las condiciones de producción y servicios básicos en el pasado, presente y futuro (anexo 1) dando como resultado que en el pasado era mejor que el presente y esperan una mejoría de las condiciones en un futuro cercano.

Cuadro 23. Percepción sobre los medios de producción y servicios básicos en el pasado, presente y futuro.

Percepción sobre los medios de producción y servicios básicos en el pasado, presente y futuro			
	Pasado	Presente	Futuro
Acceso a créditos	bueno	regular	regular
Acceso a educación	bueno	regular	bueno
Acceso a vivienda	regular	regular	bueno
Actividad ganadera	regular	regular	bueno
Disponibilidad de agua (potable)	regular	regular	regular
Disponibilidad de riego	regular	regular	bueno
Ganadería menor	regular	regular	bueno
Asistencia técnica	regular	regular	bueno
Calidad del suelo	malo	regular	bueno
Caminos y vías de acceso	regular	regular	bueno
Costo de la vida	bueno	malo	malo
Mercado local	regular	regular	regular
Precio de insumos para la producción	bueno	regular	regular
Precio de productos agrícolas	bueno	malo	regular
Presencia de árboles	bueno	regular	bueno
Rentabilidad de los cultivos	bueno	regular	bueno

Fuente: Elaboración propia.

Una vez enunciada con claridad y detalle la recomendación agroforestal, se calificaron sus atributos utilizando una escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo). En virtud de que el productor no considera igual de importantes a todos los atributos, se les asignó un peso distinto. Los pesos de los atributos fueron medidos en una escala continua de 0 a 1. Para calcular el valor de cada recomendación (V_r) se multiplicó el valor del atributo por el valor

del peso y posteriormente se sumaron todos los valores parciales; la suma de los productos parciales (V_r) se utilizó en la fórmula para calcular la probabilidad de adopción (P_a): $P_a = 100 \cdot (V_r / 15.5)$.

El resultado del análisis del potencial de adopción con el grupo de productores (Figura 24) presentó un potencial de



Figura 24. Talleres participativos con productores.

adopción del 78% para el sistema agroforestal de higuera como se muestra en el Cuadro 24. Para realizar el análisis del potencial de adopción se utilizó el formulario del Anexo 2.

Cuadro 24. Resultados del análisis del potencial de adopción del sistema agroforestal propuesto.

Análisis del potencial de adopción de la tecnología			
La propuesta presentada es:	Calificación		Valor
	Promedio	Importancia	
¿Es mejor que otras?	3	0,5	1,5
¿Es posible implementarla en su terreno?	3	0,7	2,1
¿Es fácil de realizar?	4	0,4	1,6
¿Está al alcance de su economía?	5	0,9	4,5
¿Son observables o visibles las mejoras?	4	0,6	2,4
	Total		12,1
	Probabilidad de Adopción		78%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis del potencial de adopción y los argumentos que presentaron durante los talleres participativos, indican que para los productores el atributo más importante de la propuesta es la superioridad (Cuadro 25). Sin embargo, durante el análisis y discusión del diseño propuesto, la mayoría de las preguntas y comentarios se referían a los costos de implementación y a las técnicas de establecimiento y mantenimiento. El hecho de que la mayoría de productores son propietarios de sus

parcelas, indica que existe el interés en innovar y mejorar el manejo de su sistema de producción, no solamente porque le generaría mayores ingresos, sino porque, toda inversión queda directamente en beneficio de él y su familia.

Cuadro 25. Calificación de los atributos del sistema agroforestal de higuera.

El atributo de la propuesta presentada es:	Calificación
¿Es importante que sea superior?	9
¿Es importante que sea compatible?	8
¿Es importante que sea simple?	8
¿Es importante que sea factible?	8
¿Es importante que sea observable?	8

Fuente: Elaboración propia.

5.8. Beneficios ambientales del sistema

Existen varios beneficios ambientales al implementar este sistema agroforestal, aumentando la diversidad agrícola en el tiempo y el espacio, algunos de ellos se enuncian a continuación:

- a. Mantienen la cubierta vegetativa como una medida efectiva de conservar al agua y el suelo.
- b. Proveen un suministro regular de materia orgánica a través de la adición como abono verde o residuos de cosecha.
- c. Aumentan los mecanismos de reciclaje de nutrientes a través del uso de sistemas de rotaciones basados en leguminosas.
- d. Promueve la regulación de las plagas a través de un aumento de la actividad biológica de los agentes de control logrado por la introducción y/o la conservación de los enemigos naturales y antagonistas.
- e. A medida que aumenta la diversidad, también lo hacen las oportunidades para la coexistencia e interacción benéfica entre las especies, que pueden mejorar la sustentabilidad del agroecosistema.
- f. Una mayor diversidad siempre permite un mejor uso de los recursos en el agroecosistema. Existe una mejor adaptación a la heterogeneidad del hábitat, llevando a una complementariedad en las necesidades de las especies de cultivo, la diversificación de nichos, el solapamiento de los nichos de las especies y la partición de los recursos.
- g. Los sistemas agroforestales los cuales las especies de plantas están entremezcladas, poseen una resistencia asociada a herbívoros, ya que en los sistemas diversos existe una mayor abundancia y diversidad de enemigos

naturales de las plagas, manteniendo bajo control las poblaciones de especies individuales de herbívoros.

- h. Un ensamblaje de cultivos diversos puede crear una diversidad de microclimas dentro de los sistemas de cultivo que pueden ser ocupados por un rango de organismos silvestres (incluyendo predadores benéficos, parasitoides, polinizadores, fauna del suelo y antagonistas) que resultan importantes para la totalidad del sistema.
- i. La diversidad en el paisaje agrícola puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas naturales circundantes.
- j. La diversidad en el suelo determina una variedad de servicios ecológicos tales como el reciclado de nutrientes y la detoxificación de sustancias químicas perjudiciales y la regulación del crecimiento de las plantas.
- k. Se puede producir aceite para ser utilizado como combustible para autoconsumo, ya sea como bioaceite o bien transformado en biodiésel.

5.9. Beneficios sociales del sistema

Con respecto a la producción de forraje, expresada en cantidad de materia seca, la asociación avena-veza común presenta una tendencia donde el aporte de MS de la avena es mayor que la de la veza, debido a que la avena es de hábito erecto y de mayor precocidad que la veza. Sin embargo, la materia seca de mejor calidad, sobre todo por su contenido de proteína, es la de la veza. En general, la asociación de avena-veza común da 25% mayor cantidad de forraje que en monocultivo, y también de una calidad superior. Se ha encontrado un mayor consumo de forraje con avena-veza común en bovinos y ovinos, que cuando se proporciona avena sola (Alarcón, 2007).

En Colombia, la morfología del follaje de la Higuerilla tradicionalmente ha sido tomada en cuenta para la protección de almácigos de café. Las primeras evidencias de asociación con el café es fácil hallarlas en unidades productivas y viveros de la región andina colombiana (Tascón, 2008).

En el estado de Sao Paulo, Brasil, se llevó a cabo entre los años 1989 y 1993 un trabajo experimental de cultivos intercalados, los cuales incluía Higuerilla, Maíz (*Zea mays*), Algodón (*Gossypium hirsutum*) y Maní (*Arachis hypogaea* L.), siendo los resultados poco favorables para la productividad del Café, sin embargo la producción de higuerilla aumento en el segundo año de 1.851 T Ha^{-1} a 2.127 T Ha^{-1} (Paulo *et al.*, 2004).

En México se han realizado experimentos en viveros para café, utilizando como sombra higuerilla, la cual se comparo con plantas a pleno sol y con sombra tradicional (López *et al.*, 1995).

Por otro lado se encuentra reportado el uso de Higuerilla, *Musa* spp. y otras especies como sombrío temporal del Café en el Estado de Chiapas, México, proporcionando entre el 5 y 10% de sombra al cafetal, en dicho sistema agroforestal (Yepes, 2007).

Un punto muy importante que no se puede dejar atrás es que la diversidad del sistema agroforestal reduce el riesgo para los productores o agricultores, especialmente en áreas marginales con condiciones ambientales poco predecibles. Si un cultivo no anda bien, el ingreso derivado de otros puede compensarlo.

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema propuesto proporciona muchos y muy variados beneficios sociales, incluyendo los beneficios en la medicina tradicional y sobre todo la contribución a la soberanía alimentaria ya que proporciona algunas arvenses comestibles como; Amarantos (*Amaranthus* spp.) y quintoniles (*Chenopodium* spp.), muy importantes por su recolección en las milpas (Perales y Aguirre, 2008) cuyo valor económico no es considerado en los cálculos financieros del sistema agrícola.

CONCLUSIONES

El sistema agroforestal de higuera, es factible agronómica, social y económicamente para Valles Altos en el Estado de México y regiones con condiciones similares.

El agroecosistema permite la producción de alimentos básicos, forraje y bioenergéticos, de manera sustentable y amigable con el ambiente.

La implementación del sistema contribuye a la seguridad energética sin comprometer la seguridad alimentaria del campo mexicano.

Con el agroecosistema propuesto se obtienen beneficios económicos, sociales y ambientales, gracias a la conjugación de sus elementos en tiempo y espacio.

El sistema agroforestal tiene una alta eficiencia biológica ya que el IET es igual a 2.4

El diseño propuesto con higuera es rentable económicamente, ya que se tiene una relación Beneficio/Costo igual a 2.78, es decir, se obtienen 1.78 pesos por cada peso invertido.

El sistema propuesto permite una mayor eficiencia y disminución en el consumo de insumos (agroquímicos).

El potencial de adopción del diseño agroforestal de higuera es de 78%

La principal preocupación por parte de los productores son los costos de implementación y las técnicas de establecimiento y mantenimiento, así como el precio de venta de los productos.

RECOMENDACIONES

Dado el precio de la semilla de higuierillas se recomienda la organización de grupos de productores para la extracción del aceite de ricino, ya que este puede alcanzar un mejor precio en el mercado para ser utilizado como bioaceite en motores de combustión interna o simplemente como aceite para la industria cosmética y química. Al mismo tiempo, se puede dar un valor agregado a la pasta resultante de dicho proceso, después de destoxificar puede ser utilizada como complemento en dietas balanceadas para animales por su alto contenido de proteína superior a la contenida en la pasta de soya.

Una vez que se tiene la producción de aceite de ricino, este puede ser transformado en biodiesel y ser utilizado para autoconsumo, permitiendo de esta forma disminuir la contaminación del campo y contribuyendo a la seguridad energética del país. Además de la producción primaria se tienen los subproductos del sistema, como pueden ser medicamentos alternativos, biopreparados, abonos verdes, biopesticidas entre otros. Con ello se puede tener una entrada extra de recursos para el productor y su familia.

Para que la producción sea autosuficiente en el tiempo es recomendable aplicar un sistema combinado de fertilización, con el fin de nutrir al suelo más que a la planta y permitir en buen desarrollo de los ciclos de nutrientes, garantizando la mayor producción por unidad de superficie y la mejor calidad en los productos, dándole un valor agregado al cuidar el ambiente.

La organización es fundamental en la producción agrícola, ya que se pueden conseguir mejores precios en insumos al ser adquiridos por volumen directamente del fabricante, así como también, se puede ofertar mayores volúmenes, garantizando la producción y el suministro de materia prima para la industria, mejorando las condiciones de comercialización para los pequeños y medianos productores de la región.

Por último se recomienda a los productores participar en un esquema de capitalización a través de la recuperación de la inversión a lo largo de la vida útil del proyecto, depositando una parte proporcional de los ingresos a una cuenta bancaria que se apertura en una institución de crédito y ahorro popular regulada por la Comisión Bancaria y de Valores (BANCEFI).

LITERATURA CONSULTADA

- Alarcón Z., B. 2007. Producción de forraje verde para ganado bovino en invierno. Reporte de resultados primer año. Fundación Produce Estado de México. www.chapingo.mx/maizedb/.../ManualProdForrInv-Año1.pdf.
- Alquiciras, Y. y Godoy B., P. 2007. México: Maíz y territorio. Revista Biodiversidad. N° 50 y 51. Publicado el 21/9/2007 16:40:00 En línea: <http://www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=1988>, 01/02/10.
- CATIE, 1980. Sistemas agroforestales: panorama general. Turrialba, Costa Rica: En: Ospina A., A. 2008. Aproximación a la definición de agroforestería y al concepto de agroforestería ecológica. En línea. 1º de julio de 2008. Cali, Colombia. www.agroforesteriaecologica.com 09/10/09.
- CIED 1999. Unidad de Comunicación e Información. Técnicas Agroecológicas y el Uso de Recursos ABSTRACT No. 4 Técnicas Agroecológicas <http://www.ciedperu.org/cendoc/biblio4.htm>.
- Cuadra V., M. 1981. Ricinus communis L. Ariperspecto. Centro de Investigaciones en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila, México.
- De la Vega Lozano J. A., 2006. Jatropha: un cultivo para producir biocombustibles. <http://biocombustibles.blogspot.com/2006/12/jatrophaun-cultivo-para-producir.html>.
- Expósito V., M. 2003. Diagnóstico Rural Participativo. Una guía práctica. Centro Cultural Poveda, Santo Domingo, República Dominicana.
- Duke, J. A. 1978. The quest for tolerant germplasm. In G. A. Jung (ed). Crop tolerance to suboptimal land conditions. ASA Special publication no. 32, Madison.

García E. 1968. Los Climas Del Valle De México Según El Sistema De Clasificación De Koeppen, Modificado Por La Autora. UNAM. México, D.F.

Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Hernández, A., R. Santos y A. Casanova. 1998. Clasificación y principios básicos de los sistemas de cultivos múltiples o policultivo. Agricultura Orgánica (La Habana), 4 (2): 8 – 11. http://www.geocities.com/arsocorro/agricola/capituloVII_practicas.htm.

<http://agriculturas.leisa.info/index.php?url=show-blob>, 11/10/09.

<http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/2006/10/que-es-la-contaminacion-ambiental.html>, 14/02/10.

<http://www.academia.unach.mx/extension/images/pdf/uvds/2aparte/pi%25F1on.pdf+centro+de+origen+de+Jatropha+curcas>.

<http://www.e-mixteca.org/culturas-populares-huajuapán/de-los-medios/85.html>, 01/02/10.

http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_60.pdf, 11/02/10.

http://www.gustavheess.com/esp/productos_producto.php?id_grups=5&id_productes=52.

http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/archivo.php?colNombre=Metodologias&colMaximo=5&colActual=10&colTrozeaTextos=1&colAnd=1&col_nombre=*&desde=15#resultados, 11/10/09.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>, 03/02/10.

<http://www.lindisima.com/ayurveda/avena.htm>, 13/02/10.

<http://www.sdr.gob.mx/Contenido/CadenasProductivas/DOCUMENTOSCADENASAGROPECUARIAS/agricolas/FORRAJES/AVENA/AVENA%20MANUAL.htm>, 13/02/10.

<http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>, 07/02/10.

http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Frijol/Descripcion.pdf,
09/02/10.

http://www.toltecayotl.org/tolteca/index.php?option=com_content&view=article&catid=24:general&id=84:la-cultura-del-ma&Itemid=61, 01/02/10.

<http://www.tuconsultor.net/printable/consultoriasistemica/queesunsistema/index.html>,
07/02/10.

<http://www.upcnet.es/~jmg2/sis.htm> 07/02/10.

INIA, 1980. Evaluación de 20 ecotipos locales de higuierilla en asociación con maíz. pp. 98-108. Resultados de Investigación Ciclo P-V 1979. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Sto. Domingo Barrio Bajo, Etla. SARH-INIFAP-CAEVOAX.Wisconsin. pp. 1-61.

Krishnamurthy, L. y Ávila, M., 1999. Agroforestería básica. Serie de textos básicos para la formación ambiental No. 3. PNUMA. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. México, DF. 340 p.

López M., H.; Águila M., R.; Martínez M., M. y Ávila L., J. 1995. Uso de Higuierilla (*Ricinus communis* L.) como sombra para viveros de café. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana, 15. Xalapa, México, julio 21-24, 1992, editado en Tegucigalpa, Honduras, IICA.

- Masera O., y López R., S. (2000). "Sustentabilidad y Sistemas Campesinos". Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural. Mundi Prensa. México. pp 17, 21-23.
- Meléndez. L. 2000. "Ricardo Russo: Maestro de la Agroforestería Latinoamericana". Revista Agroforestería en las Américas. 7 (28): 10-13.
- Montagnini, F., 1992. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica. 624 p.
- Nair, P. K. R., 1985, Agroforestry defined. En: Ospina A., A. 2008. Aproximación a la definición de agroforestería y al concepto de agroforestería ecológica. En línea. 1º de julio de 2008. Cali, Colombia. www.agroforesteriaecologica.com 09/10/09.
- Ospina A., A. 2008a. Aproximación a la definición de agroforestería y al concepto de agroforestería ecológica. En línea. 1º de junio de 2008. Cali, Colombia. www.agroforesteriaecologica.com 09/10/09.
- Ospina A., A. 2008b. Aproximación a la caracterización Agroforestal: síntesis de una propuesta metodológica. En línea. 1º de diciembre de 2008. Cali, Colombia. www.agroforesteriaecologica.com 28/09/09.
- Paulo, E. M; Berton, R. S; Cavichioli, J. C. e Kasai, F. S. 2004. Comportamento do cafeeiro Apatã em consórcio com culturas anuais. "Bragantia" [online]. 2004, vol.63, n.2], pp. 275-281. www.scielo.br 28/11/09.
- PDM, 2009. Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012
- Perales R., Hugo R. y Aguirre R., J. Rogelio, 2008. Biodiversidad Humanizada, en Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO,

- México, pp. 565-603. En línea www.biodiversidad.gob.mx Fecha de consulta 26/11/09.
- Raintree, J. B., 1987. D&D user's Manual: An Introduction to Agroforestry Diagnosis and Design. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Ramírez, M. A., 2008. Nota técnica, La Higuera. (*Ricinus communis*). CIES-COHEP-USAID.
- Ruiz V., J. y Loaeza R., G. 2004. Validación del Método de Surcos Alternos en Maíz- Frijol Asociado en Valles Centrales de Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 2(1): 13-17.
- Ruiz V., J., 2009. Cultivos asociados para enfrentar la crisis energético-ambiental En las zonas tropicales subhúmedas de México. CIIDIR Oaxaca, IPN. Memoria del Congreso Estatal Agronómico, Oaxaca, Oax., México.
- SAGAR, 1997. Estadísticas del Distrito de Desarrollo Rural No. 02, Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca, Oax., México.
- Sánchez O. J. y Cardona C. A., 2005. Producción biotecnológica de alcohol carburante; carburante a partir de diferentes materias primas. *Revista interciencia*, Vol. 30, No. 11.
- Sánchez-Hernández, R. F., 2007. Conversión del aceite de higuera (*Ricinus communis* L.) en biodiésel, mediante el proceso de transesterificación. Tesis, Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Sarmiento R., 2008. Primeros desarrollos de producción de biodiesel en México, <http://www.energiaadebate.com/Articulos/Julio2008/RocioSarmientoJulio2008.htm>.

- Soares S., L; De Souza G., T. M; Diaz Q., A. y Silva A., R. 2006. El Agronegocio del Cultivo de Tártago en el Mundo. Circular técnica, 101. Embrapa. Campiña Grande, PB, Brasil.
- Somarriba, E. y Calvo, G. 2001. Planificación agroforestal de fincas. Manual preparado para el curso de Maestría del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 80 p.
- Tascón Pérez, T. E. 2008. Sombrío temporal de Higuierilla *Ricinus communis* L. en cafetales del Norte del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Cali, Colombia. En línea. 1º de Octubre de 2008. www.agroforesteriaecologica.com Fecha de consulta. 18/11/09.
- Torquebiau, E. 1993. Conceptos de Agroforestería: una introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Uribe G., M. 1999. Caracterización agronómica y evaluación socioeconómica del sistema tradicional agroforestal café-plátano-cítricos en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Maestría en Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 178 p.
- Vega, M. 2005. Planificación Agroforestal Participativa para el enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas con especies leñosas perennes útiles en Alto Beni, Bolivia. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Vora, V.J., Bharodia, R.K. and Kapadia, M.N. 1984. Pests of oilseed crops and their control. Castor. Main Oilseeds Research Station, Gujarat Agricultural Univ. Junagadh, Gujarat, India. Artículo seriado V.18 (11) p.3-5 Noviembre. (AGRIS).

Yepez P., C. 2001. Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas. Tirrialba costa Rica.

ANEXOS

LISTA DE ASISTENCIA

Estado de México, a 21 de enero de 2010

Taller: Diseño de un sistema agroforestal de higuera (*Ficus religiosa* L.)

Impartió: Ing. Raúl Fidel Sánchez Hernández

[illegible]

Nombre _____

Nextlalpan, México. 21/01/10

Percepción sobre los medios de producción y servicios básicos en el pasado, presente y futuro.

Componente de la producción	Pasado			Presente			Futuro		
	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
Acceso a créditos									
Acceso a educación									
Acceso a vivienda									
Actividad ganadera									
Disponibilidad de agua (potable)									
Disponibilidad de riego									
Ganadería menor									
Asistencia técnica									
Calidad del suelo									
Caminos y vías de acceso									
Costo de la vida									
Mercado local									
Precio de insumos para la producción									
Precio de productos agrícolas									
Presencia de árboles									
Rentabilidad de los cultivos									

Análisis de la Adoptabilidad de la tecnología

Califique con una x la propuesta presentada	Escala de calificación (la máxima calificación es 5)				
	1	2	3	4	5
¿Es mejor que otras?					
¿Es posible implementarla en su terreno?					
¿Es fácil de realizar?					
¿Está al alcance de su economía?					
¿Son observables o visibles las mejoras?					

Califique con una x el atributo de la tecnología propuesta	Escala de calificación (la máxima calificación es 10)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
¿Es importante que sea superior?										
¿Es importante que sea compatible?										
¿Es importante que sea simple?										
¿Es importante que sea factible?										
¿Es importante que sea observable?										