



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“ESPECIES CON MAYOR POTENCIAL EN SISTEMAS
AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE
ATOTONILCO EL GRANDE, HIDALGO”**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

PRESENTA

GILBERTO CARRASCO HERNÁNDEZ

TULANCINGO DE BRAVO, HIDALGO.

DICIEMBRE DE 2008

La presente tesis titulada “ESPECIES CON MAYOR POTENCIAL EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, HIDALGO”, realizada por el pasante de Ingeniería en Manejo de Recursos Forestales Gilberto Carrasco Hernández, bajo la dirección del Comité asesor abajo citado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

COMITÉ ASESOR

DIRECTOR:

Dr. Leopoldo Mohedano Caballero

ASESOR:

Dr. Francisco Becerra Luna

ASESOR:

M. en C. Alejandra Velez Izquierdo

ASESOR:

M. en C. Ramón Razo Zárate

ASESOR:

Dr. José Rodolfo Goche Télles

Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

Diciembre de 2008

El examen profesional de la presente tesis, titulada “ESPECIES CON MAYOR POTENCIAL EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, HIDALGO”, realizada por el pasante de Ingeniería en Manejo de Recursos Forestales Gilberto Carrasco Hernández, fue evaluado por el siguiente jurado examinador:

JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE:

Dr. José Rodolfo Goche Télles

SECRETARIO:

Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

VOCAL:

M. en C. Ramón Razo Zárate

VOCAL:

Dr. José Justo Mateo Sánchez

VOCAL:

Dr. Leopoldo Mohedano Caballero

Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

Diciembre de 2008

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, que a través del Instituto de Ciencias Agropecuarias en el Área Académica de Ingeniería Forestal y su personal académico permitió concluir mis estudios y formarme como profesionista.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Estado de Hidalgo, la oportunidad de colaborar y el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo, en el marco del proyecto: FONDOS MIXTOS: CONACYT-GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO 2005 C01-57 “Sistemas y Tecnologías Agroforestales para la rehabilitación y producción sustentable en la Microcuenca del Río San Juan Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo”.

A mis asesores de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Dr. Leopoldo Mohedano Caballero, M. en C. Ramón Razo Zárate, Dr. José Rodolfo Goche Télles, M. en C. Alejandra Velez Izquierdo, y al Dr. Francisco Becerra Luna, Investigador Titular del INIFAP-HIDALGO y Responsable Técnico del Proyecto: FOMIX: CONACYT-HIDALGO 2005 C01-57 “Sistemas y Tecnologías Agroforestales para la rehabilitación y producción sustentable en la Microcuenca del Río San Juan Amajac, Atotonilco el Grande, Hidalgo”, por las facilidades brindadas, así como la orientación y asesoría permanentes para la realización de este trabajo.

A los M. Sc. Raimunda Araujo Santana y Alfonso Suárez Islas, por su disposición en la orientación, asesoría y sugerencias en la realización de la presente

A cada uno de los agricultores por su disposición y entrega para efectuar el presente trabajo.

A cada uno del personal académico por brindarme el apoyo, sus conocimientos y sus consejos para formarme

DEDICATORIA

- A MIS PADRES: Gilberto Carrasco Hernández y Sonia Hernández Oliver, por su gran amor, comprensión, apoyo y consejos. Estoy muy orgulloso de ustedes.
- A MIS HERMANOS: Sandra, José, Eduardo y Reina, por que siempre he contado con ellos.
- A MI SOBRINA: Tu inocencia e inteligencia me hicieron echarle más ganas; llevaste alegría a la casa, te quiero.
- A MIS TIOS: Rodolfo, Miguel, Genoveva, Araceli.
Por que han seguido paso a paso mi carrera.
- A LA FAMILIA Portilla Aguilar:
Por su generosidad y apoyo en todos lo aspectos; gracias por sus consejos y hospitalidad, los llevo en mi corazón, favores como éste no tiene precio. Los estimo mucho, especialmente a doña Came.
- A MIS ABUELITOS Miguel y Godeleba por sus consejos y apoyo, gracias
- A MIS MAESTROS: Por compartir sus conocimientos e inculcarme el valor de la ética profesional.
- A MIS PRIMOS: Lorena, Dani, Horaria, Luce, Teo, Pedro, Ángeles, Heriberto, Jessica, Alejandra, Mari Carmen, Fernando, Enrique, por todo este tiempo que hemos compartido y las experiencias inolvidables que vivimos juntos, y me han demostrado ser verdaderos amigos.
- A MIS AMIGOS: Leonardo, Víctor, Vero, Alfonso, Laura, Elva, Meli, Maura, Magali, Vivimos muchas cosas juntos en todo este tiempo; aprendí muchísimo de cada uno de ustedes y me demostraron ser verdaderos amigos, gracias.
- A UNA AMIGA: Belén:
Compartí momentos muy importantes de mi vida a tu lado, hemos pasado juntos muchas cosas, eres muy especial para mí, te quiero.

CONTENIDO

Página

AGRADECIMIENTOS.....	
DEDICATORIA	
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO	4
2.3. HIPÓTESIS	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES	5
3.2. POTENCIALIDADES DE LA AGROFORESTERÍA	7
3.2.1 VENTAJAS DE LA AGROFORESTERÍA	7
3.2.2. DESVENTAJAS DE LA AGROFORESTERÍA	7
3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	8
3.3.1. SISTEMAS AGROFORESTALES SECUENCIALES.....	8
3.3.1.1. AGRICULTURA MIGRATORIA	8
3.3.1.2. SISTEMA TAUNGYA	9
3.3.2. SISTEMAS AGROFORESTALES SIMULTÁNEOS	9
3.3.2.1. ÁRBOLES EN ASOCIACIÓN CON CULTIVOS PERENNES.....	10

3.3.2.2. ÁRBOLES EN ASOCIACIONES CON CULTIVOS ANUALES.....	10
3.3.2.3. HUERTOS CASEROS MIXTOS	11
3.3.3. SISTEMAS SILVOPASTORILES	11
3.3.3.1. ÁRBOLES DISPERSOS EN PRADERAS	12
3.3.4. CERCOS VIVOS	12
3.3.5. CORTINAS ROMPEVIENTOS	13
3.4. ESPECIES DE USO MÚLTIPLE	13
3.5. EL PAPEL POTENCIAL DE LOS ÁRBOLES	14
3.5.1. DISPOSICIÓN DE LAS PLANTAS	18
3.6. EXPERIENCIAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES	18
3.6.1. EN EL MUNDO.....	18
3.6.2. EN MÉXICO.....	20
4. METODOLOGÍA	23
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	23
4.1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	23
4.1.2. HIDROLOGÍA.....	24
4.1.3. CLIMA.....	24
4.1.4. SUELO.....	25
4.1.5. FLORA.....	25
4.1.6. FAUNA.....	26
4.1.7. USO DEL SUELO.....	26
4.2. FASE DE CAMPO	28
4.2.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA	29

4.3. FASE DE GABINETE	30
4.3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	30
4.3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
5.1. SISTEMA AGROFORESTAL DEL HUERTO CASERO O HUERTO FAMILIAR.....	37
5.1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	37
5.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA.	38
5.1.2.1. COMPONENTES DE LOS HUERTOS FAMILIARES.....	40
5.1.2.2. PERFIL FISONÓMICO.....	43
5.1.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	43
5.1.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	43
5.1.3.2. PRODUCCIÓN Y COSECHA	44
5.1.4. PROBLEMÁTICA Y PERSPECTIVAS	45
5.2. TÉCNICA DE CERCOS VIVOS	46
5.2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	46
5.2.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	46
5.2.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	48
5.2.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO, USOS Y FUNCIÓN...	50
5.3. ÁRBOLES INTERCALADOS EN CULTIVOS PERMANENTES.....	54
5.3.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	54
5.3.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	55
5.3.2.1. PERFIL FISONÓMICO	56
5.3.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	57

5.3.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	57
5.3.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN	61
5.4. ÁRBOLES INTERCALADOS EN CULTIVOS ANUALES	62
5.4.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	62
5.4.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	62
5.4.2.1. PERFIL FISONÓMICO	63
5.4.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	64
5.4.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	64
5.4.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN	67
5.5. TECNOLOGÍA DE BARRERAS ROMPEVIENTOS	68
5.5.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	68
5.5.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	69
5.5.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	71
5.5.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	71
5.5.4. COSECHA Y FUNCIONES	71
5.6. TECNOLOGÍA DE ÁRBOLES DISPERSOS EN PRADERAS	72
5.6.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	72
5.6.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	73
5.6.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	74
5.6.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	74
5.6.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN	76
5.6.5. PROBLEMÁTICA	77
5.7. ÁRBOLES EN LINDERO	78
5.7.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL	78
5.7.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA	78

5.7.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA	79
5.7.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO	79
5.7.4. APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN	80
6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES.....	83
8. LITERATURA CITADA	84
9. ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Distribución porcentual del uso de la tierra en 1997, en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	27
Cuadro 2. Especies utilizadas en la tecnología de huertos caseros en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	42
Cuadro 3. Especies utilizadas en la tecnología de árboles intercalados en cultivos permanentes en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	56
Cuadro 4. Especies utilizadas en la tecnología de árboles intercalados en cultivos anuales en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	63
Cuadro 5. Especies utilizadas en la tecnología de barrera rompevientos en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	70
Cuadro 6. Especies utilizadas en la tecnología de árboles dispersos en praderas en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.	Ubicación geográfica del Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 23
Figura 2.	Porcentaje de las especies utilizadas en cercos vivos en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 47
Figura 3.	Cerco vivo de órgano (<i>Pachocereus marginatus</i>) en la comunidad Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 47
Figura 4.	Pica del maguey (<i>Agave salmiana</i>). 51
Figura 5.	Maguey en producción de aguamiel. 51
Figura 6.	Traslado del aguamiel. 52
Figura 7.	Pencas forrajeras. 52
Figura 8.	Huerto de manzana (<i>Malus domestica</i>), pera (<i>Pyrus cummunis</i>) y durazno (<i>Prunus persica</i>) intercalado con zarzamora (<i>Rubus spp.</i>) en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 57
Figura 9.	Cajeteo y acolchado en la tecnología de árboles intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de La Puebla, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 58
Figura 10.	Protección de árboles frutales recién plantados entre cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 58
Figura 11.	Técnica de apertura de ramas en árboles de manzana (<i>Malus domestica</i>), intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 60
figura 12	Poda de fructificación en árboles de manzana (<i>Malus domestica</i>) intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 60
Figura 13.	Manzanos intercalados con cultivos anuales (avena y haba) en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. 64

Figura 14.	Preparación del terreno para la siembra de cultivos anuales intercalados con ocote (<i>Pinus greggii</i>) en la comunidad de San Miguel, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	66
Figura 15.	Poda del maguey (<i>Agave salmiana</i>).	67
Figura 16.	Aprovechamiento de pencas de maguey (<i>Agave salmiana</i>) para la preparación de barbacoa.	68
Figura 17.	Cortina rompevientos protegiendo un cultivo de maíz en la comunidad Los Sabinos, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	70
Figura 18.	Árboles de huizache (<i>Acacia farnesiana</i>) dispersos en praderas en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	77
Figura 19.	Árboles de cipres (<i>Cupressus sempervirens</i>) en lindero en la comunidad de Cantarranas, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	79
figura 20	Producción de calabaza utilizando los residuos de la nuez como materia orgánica, en la comunidad El Contadero, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. ENCUESTA PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE SISTEMAS AGROFORESTALES	89
Anexo 2. LISTADO DE PRODUCTORES ENTREVISTADOS EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, HGO	96

RESUMEN

Con la finalidad de describir los usos y manejo de las especies vegetales más utilizadas en sistemas agroforestales, en el Municipio de Atotonilco El Grande, Hidalgo, se desarrolló el presente trabajo en el cual se identificaron dichas especies, así como los diferentes usos que los habitantes del lugar hacen de ellas. La información se recopiló por medio de encuestas recabadas en campo a productores agrícolas; adicionalmente se hizo una colecta botánica de las plantas utilizadas en las diferentes tecnologías agroforestales, para su descripción e identificación, también se fotografiaron dichos ejemplares a fin de conformar una memoria visual. Los resultados, ordenados por su frecuencia de uso, mostraron que en el Municipio en cuestión se desarrollan las tecnologías agroforestales: huertos caseros, cercos vivos, árboles intercalados en cultivos anuales y permanentes, cortinas rompevientos, árboles dispersos en praderas, y árboles en linderos. Al componente arbóreo correspondió la mayoría de especies utilizadas en estas tecnologías, destacando los frutales. Los productores del lugar poseen un gran conocimiento sobre las especies que utilizan, resaltando el uso medicinal que practican las mujeres con las plantas de los huertos caseros. Una gran cantidad de especies vegetales son consideradas de uso múltiple y se aprovechan para el autoconsumo, así como para la comercialización de su producción, además de ser proveedoras de servicios ambientales.

Palabras clave: Agroforestería, Especies de uso múltiple, Tecnologías agroforestales.

1. INTRODUCCIÓN

La combinación de actividades agrícolas y forestales puede ayudar a alcanzar diversos objetivos. Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas (árboles, arbustos o palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal. La agroforestería o sistemas agroforestales como ciencia es multidisciplinaria y a menudo involucra, o debe involucrar, la participación de campesinos o agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación (ICRAF, 1997).

Uno de los principales problemas en la actualidad, asociado al desarrollo rural, es la escasez de alimentos para suplir la demanda mundial creciente, debido al crecimiento demográfico en vastos territorios del mundo. Esta presión por la obtención de alimentos se ha visto agravada por una desigual distribución global de fuentes de alimentos, procesos de desertificación acelerados por la pérdida de cubiertas arbóreas protectoras, erosión y pérdida de suelos por uso de sistemas productivos agrícolas inadecuados, disminución de la superficie boscosa por quemas, sobrepastoreo y rozas, pérdida de suelos fértiles por expansión de las ciudades, construcción de caminos y otros tipos de urbanización (Sotomayor, 1989).

Históricamente los usuarios de la tierra (Campesinos, granjeros o pequeños productores) han percibido una incompatibilidad entre el componente

forestal (árbol o bosque) y el uso agropecuario, para ellos los árboles han representado un competidor, creyendo que las especies forestales reducirán o reemplazarán a cultivos agrícolas. Cambiar esa percepción puede ser un proceso lento y difícil ya que el uso tradicional de la tierra y el manejo de los recursos naturales, a menudo están firmemente establecidos y socialmente aceptados en las comunidades locales, lo cual requiere de un largo proceso de educación y convencimiento con métodos demostrativos y el trabajo participativo de las comunidades. Si bien se ha detectado cierto antagonismo entre los agricultores, en cuanto al uso forestal y el agropecuario, también se ha observado que en muchas partes del mundo han existido técnicas ancestrales de uso y manejo de los suelos que han combinado producción forestal y cultivos agrícolas o producción animal, las cuales han sido usadas satisfactoriamente para suplir múltiples necesidades (Sotomayor, 1989).

Cuando se ponen en práctica sistemas agroforestales, la elección de técnicas y especies adecuadas dependen de gran cantidad de factores ambientales y costumbres locales, por lo cual el grado de éxito es variable. Un problema importante que se tiene en los sistemas agroforestales es la mala elección de las especies que se van a utilizar, esto se debe en parte a que no hay información documentada sobre muchas especies leñosas (Nair, 1997).

Los productores agropecuarios del Municipio de Atotonilco el Grande manejan Sistemas Agroforestales (SAF) que tienen como base el conocimiento de los beneficios de la asociación árboles con cultivos; este tipo de conocimientos empíricos pueden ser aprovechados para el mejoramiento de

los Sistemas Agroforestales actuales y/o para el diseño de nuevas formas de producción. Entre los productores agropecuarios destacan los de mayor edad, principalmente las mujeres quienes poseen conocimientos muy valiosos que han adquirido a través del tiempo, con experiencias propias y los conocimientos transmitidos por antepasados, sobre el uso y manejo de la vegetación la cual se debe documentar como un legado para las futuras generaciones y para despertar el interés de los campesinos para diversificar la producción agropecuaria y forestal contribuyendo al a conservación y mejoramiento del ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de las especies vegetales más utilizadas actualmente en los sistemas agroforestales del Municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Describir los atributos biológicos y ecológicos de especies vegetales utilizadas en tecnologías agroforestales en Atotonilco el Grande, Hidalgo.
- b) Documentar el uso y manejo local de las especies vegetales utilizadas en tecnologías agroforestales, en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo.

2.3. HIPÓTESIS

- Los productores agropecuarios del Municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo, poseen conocimientos empíricos sobre los atributos biológicos y ecológicos de las especies leñosas que utilizan en los Sistemas Agroforestales.
- Los productores agropecuarios del Municipio de Atotonilco el Grande, Hidalgo, poseen conocimientos empíricos sobre el uso y manejo de las especies leñosas que utilizan en los Sistemas Agroforestales.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales (SAF) son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos o palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno.

Los sistemas agroforestales se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales (Sayous, 1977 citado por Torquebiau, 1993).

La característica principal de los Sistemas Agroforestales es su capacidad de optimizar la producción del territorio (unidad predial) a través de un aprovechamiento diversificado, en la que los árboles cumplen un rol fundamental. Este rol se ve reflejado en que los árboles pueden proveer muchos productos tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas, entre otras. Por otra parte los árboles son proveedores importantes de servicios como seguridad alimenticia, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo,

mejoramiento del microclima, cercos vivos para los cultivos y árboles frutales, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de maleza (ICRAF, 1997).

Los sistemas agroforestales han tenido un mayor desarrollo, aplicación y difusión en los trópicos, aunque también existe una larga tradición en las zonas templadas sobre la combinación de árboles, cultivos y animales, como son las barreras rompevientos, pastoreo bajo el dosel forestal y la combinación de cultivos herbáceos (perennes o anuales) con árboles frutales y/o maderables, por mencionar los más importantes (Nair, 1997).

Si se considera que el aprovechamiento industrial de los bosques templados, como principal objetivo silvícola, comenzó hace 200 años y que, anteriormente el principal uso del bosque lo representaba la obtención de frutos, forraje para el ganado doméstico, actividades cinegéticas y madera para combustible y construcción, se puede apreciar que los sistemas agroforestales en este tipo de clima ha sido desarrollada desde tiempos remotos. Como ejemplos se pueden mencionar las referencias bíblicas sobre la agricultura basada en árboles de olivos e higueras, y la ganadería dentro de los olivares romanos en Europa y Oriente Medio. En China se tiene registro de estas prácticas desde el año 206 A. C., donde los administradores recomendaban el cultivo del bosque junto con la crianza de animales y la agricultura (Nair, 1997).

3.2. POTENCIALIDADES DE LA AGROFORESTERÍA.

3.2.1. VENTAJAS DE LA AGROFORESTERÍA.

Los sistemas agroforestales o agroforestería combina producción y servicio. Los árboles multiusos producen leña, carbón, alimentos y forraje, sin mencionar otros productos como resinas, gomas, taninos, aceites esenciales y fibras. Los árboles pueden afectar el nivel de nutrientes del suelo al explotar las reservas minerales más profundas en la roca parental, y recuperar los nutrientes lixiviados y depositarlos sobre la superficie como hojarasca. Esta materia orgánica aumenta el contenido de humus del suelo, el cual a su vez aumenta su capacidad de intercambio de cationes. La asociación de los árboles con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas también incrementara los niveles de nutrientes disponibles. La actividad de los microorganismos tiende a aumentar debajo de los árboles (Budowski, 1987).

3.2.2. DESVENTAJAS DE A AGROFORESTERÍA

Los árboles compiten por luz y agua con las plantas de los estratos inferiores, y también pueden ser hospederos de plagas. La cosecha de los árboles causa daño a los cultivos y la mecanización se dificulta o se hace imposible (Farell y Altierí, 2006).

Una de las principales limitaciones es que los sistemas agroforestales son específicos del ecosistema, y en suelos de baja calidad la elección de las especies vegetales apropiadas puede resultar una limitante, aún cuando muchos árboles tienen mayor capacidad para adaptarse a los suelos pobres que los cultivos anuales. La competencia entre los árboles y los cultivos y la prioridad que se les debe dar para satisfacer necesidades básicas, puede excluir del cultivo arbóreo a los agricultores pobres, que cuentan con muy poca tierra para cultivar árboles (Farrell y Altierí, 2006).

3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

3.3.1. SISTEMAS AGROFORESTALES SECUENCIALES

En estos sistemas existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos, esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con la intervención o manejo de barbechos, y los sistemas *taungya*, métodos de plantaciones forestales en las cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, hasta que el follaje de los árboles se encuentre desarrollado (Nair, 1997).

3.3.1.1. AGRICULTURA MIGRATORIA

La agricultura migratoria comprende sistemas de subsistencia, orientadas a satisfacer las necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación, que sólo ocasionalmente llegan a constituir una fuente de ingreso a

través del excedente de algunos productos. En este sistema el bosque se corta y se quema, y la tierra se cultiva por pocos años continuándole un periodo de barbecho - aspecto distintivo de muchos Sistemas Agroforestales secuenciales- (Ospina, 2003).

3.3.1.2. SISTEMA TAUNGYA

En los sistemas taungya árboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el periodo de establecimiento de la plantación forestal. Las interacciones sobresalientes en estos sistemas son las interferencias entre los cultivos y los árboles (competencia, efecto alelopático), y la provisión de sombra de los árboles para los cultivos. La competencia por agua, luz, nutrientes y espacio, depende de las especies involucradas, la densidad y el tipo de manejo. La competencia excesiva puede ocasionar bajos rendimientos y mayor predisposición de las plantas a enfermedades o al ataque por insectos (Montagnini, 1992).

3.3.2. SISTEMAS AGROFORESTALES SIMULTÁNEOS

Consiste en la interacción simultánea y continua de cultivos anuales y perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería, incluye también huertos caseros mixtos (CATIE, 1993).

En contraste con los sistemas agroforestales secuenciales (con interacción cronológica), en los simultáneos (con interacción directa) los

componentes agrícolas y arbóreos se encuentran en el mismo terreno durante todo el tiempo de duración del sistema (CATIE, 1993).

3.3.2.1. ÁRBOLES EN ASOCIACIÓN CON CULTIVOS PERENNES

Son los sistemas de explotación comercial de cocoteros, hule o palma, en asociación con los cultivos y las plantaciones de árboles maderables. En el este de África es común la producción en estratos múltiples, por ejemplo, árboles maderables como *Albizzia* y *Grevillea* provén sombra al café, que se encuentra en combinación con bananos y frijoles (Poulsen, 1979).

3.3.2.2. ÁRBOLES EN ASOCIACIONES CON CULTIVOS ANUALES

Estos sistemas se presentan para especies anuales tolerantes a la sombra. Sin embargo, en esta misma categoría, para el caso particular de los sistemas de cultivos en callejones, se pueden utilizar especies que no toleran sombra, como sucede en México con el uso de mezquite (*Prosopis spp.*) y Huaje (*Leucaena spp.*) en asociaciones con maíz y otras especies. Estos sistemas incluyen cultivos como maíz, frijol, guisantes, soya, maní, en asociaciones con árboles fijadores de nitrógeno, el sistema constituye una opción para aumentar la fertilidad de los suelos. Una desventaja relativa es que el espacio utilizado por los árboles disminuye el rendimiento de las cosechas en términos de peso del producto por unidad de superficie del terreno, además, de que requieren altos costos de mano de obra inicial en establecimiento. (Wilken, 1977).

3.3.2.3. HUERTOS CASEROS MIXTOS

También son llamados huertos familiares y constituyen prácticas agroforestales muy antiguas. Estos sistemas se utilizan para satisfacer necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas, ya que ocasionalmente se venden algunos excedentes de la producción de estos. Los huertos mixtos se caracterizan por su complejidad, presentan múltiples estratos con gran variedad de árboles, cultivos y algunas veces animales. Son sistemas de alta diversidad de especies con producción durante todo el año y juegan un papel primordial como complemento de los alimentos básicos en el ámbito familiar (López, 2008).

Los huertos pueden producir alimentos y productos vegetales comerciales como: frutos, legumbres, fibras, madera, plantas medicinales y ornamentales; y animales como: cerdos, gallinas, ganado y peces en estanque. En los huertos caseros, la producción por unidad de superficie es muy elevada (Montagnini, 1992).

3.3.3. SISTEMAS SILVOPASTORILES

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todo ello bajo un manejo integral (Ibrahim y Pezo, 1999).

3.3.3.1. ÁRBOLES DISPERSOS EN PRADERAS

Es el establecimiento de forrajes en asociación con leñosas perennes. La interacción entre las leñosas perennes y los animales pueden ser directas o mediadas a través del suelo y las pasturas. Entre las directas se puede citar la protección contra las inclemencias del tiempo que pueden ejercer los árboles y arbustos sobre los animales, y el aporte de nutrimentos a la dieta del animal mediante la provisión de fitomasa comestible (por ej. Follaje, hojarasca, frutos e incluso corteza). Por su parte el ganado puede ejercer efectos detrimentales sobre los árboles y arbustos especialmente en sus estadios juveniles; provocándoles daños físicos al rascarse en los tallos, raspar la corteza y comerse los tallos tiernos (Ibrahim y Pezo, 1999).

3.3.4. CERCOS VIVOS

La práctica de usar postes vivos para fijar alambre de púas es muy extensa en toda la América tropical. Los cercos vivos se encuentran en varios países de Latinoamérica y del Caribe. Este sistema se practica desde el nivel del mar hasta las tierras altas (2,500 msnm). Las especies que se usan varían con las condiciones ecológicas, desde los ecosistemas más secos hasta los más húmedos. El establecimiento consiste en plantar estacas grandes (2.5 m de largo y de 8 a 20 cm de diámetro), o plantar los árboles a una distancia corta. Además de soportar los alambres, los postes proporcionan leña y alimentos, y actúan como cortinas rompevientos y pretejen las parcelas contra depredadores (Budowski, 1993).

3.3.5. CORTINAS ROMPEVIENTOS

Esta técnica se emplea en varias partes del mundo, su requisito más importante es el diseño, una cortina rompevientos debe contener varias hileras de árboles y arbustos arreglados en diferentes estratos, y siempre se debe sembrar pastos o plantas herbáceas debajo de los árboles. El área protegida es mayor cuando la cortina es un tanto permeable y si su arreglo se repite a lo largo del terreno. Un factor muy importante en el diseño de las cortinas rompevientos es la orientación, los árboles deben establecerse en forma perpendicular a la dirección dominante del viento (Budowski, 1993).

3.4. ESPECIES DE USO MÚLTIPLE

Una especie de árbol de uso múltiple es aquella que constituye un componente esencial de un sistema agroforestal o de otros sistemas de usos múltiples de la tierra. A pesar del número de usos, potenciales o actuales, debe proveer una contribución sustancial y reconocible para la sostenibilidad de los rendimientos, para el aumento de los productos y/o la reducción de insumos, y para la estabilidad ecológica del sistema. Sólo un árbol que es conservado, mantenido o introducido en un Sistema Agroforestal (SAF) para uno o más de estos propósitos, se califica como un árbol de usos múltiples (Burley y Carlowitz, 1984).

La presencia de árboles como uno de los componentes de la producción da una característica esencial y distintiva de los SAF. Desde el reconocimiento

de la agroforestería como una alternativa viable del sistema de manejo de la tierra, los árboles han adquirido una importancia mayor dentro del sistema.

Las especies para leña se refieren a las plantas adecuadas que proporcionan madera para cocinar, calentar y algunas veces alumbrar (Nair, 1997). Aproximadamente 1,200 especies de árboles y arbustos pueden ser utilizados para leña, de los cuales 700 son considerados los mejores (NAS, 1980). Esta lista incluye especies para uso doméstico e industrial y la mayoría son especies de usos múltiples debido a su habilidad para crecer rápido, algunas tienen la cualidad de fijar nitrógeno por lo que ayudan a fertilizar el suelo y como consecuencia tener una mejor producción (Torquebiau, 1993).

3.5. EL PAPEL POTENCIAL DE LOS ÁRBOLES

La fijación simbiótica del nitrógeno caracteriza a unas 650 especies de árboles conocidos y se sospecha que esta cifra puede llegar a varios miles (Torquebiau, 1993).

Dentro de los árboles multiusos sobresalen los fijadores de nitrógeno. Estos árboles fijan el nitrógeno de la atmósfera a través de microorganismos simbióticos presentes en las raíces, además muchos de ellos son de crecimiento rápido y productores de forraje. Tres de las especies más conocidas y utilizadas son Huaje (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y Colorín (*Erythrina ssp.*) (Huxley, 1983).

Los árboles generalmente se han subutilizado en la agricultura y si bien se ha escrito mucho respecto a sus virtudes, su potencial se ha explotado relativamente poco. A causa de sus hábitos de crecimiento y su forma, los árboles influyen a otros componentes del sistema agrícola, sus grandes doseles afectan la radiación solar, precipitación y movimiento del aire, a la vez que su extenso sistema de raíces ocupa grandes volúmenes de suelo. La absorción de agua y nutrimentos y la redistribución de los nutrimentos como el humus, al igual que el movimiento irruptivo de las raíces y las posibles asociaciones bacteriales fúngales, también pueden alterar el ambiente de crecimiento (Hart, 1985).

Los árboles pueden afectar el nivel de nutrimentos del suelo al explotar las reservas minerales más profundas en la roca parental, y recuperar los nutrientes lixiviados y depositarlos sobre la superficie como hojarasca. Esta materia orgánica aumenta el contenido de humus del suelo, el cual a su vez aumenta su capacidad de intercambio de cationes y disminuye las pérdidas de nutrimentos. La materia orgánica adicionada modera además las reacciones del suelo extremas (pH) y la consecuente disponibilidad de nutrimentos esenciales y elementos tóxicos. Puesto que el nitrógeno, fósforo y azufre se tienen fundamentalmente en forma orgánica, la abundancia de materia orgánica es especialmente importante para aprovecharlos. La asociación de árboles con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas también incrementará los niveles de nutrimentos disponibles. La actividad de microorganismos tiende a aumentar debajo de los árboles debido a que la materia orgánica es

incrementada en un mejor ambiente de crecimiento -temperatura y humedad del suelo- (Hart, 1985).

Los árboles también pueden mejorar las propiedades físicas del suelo, siendo la estructura del suelo la más importante. La estructura mejora como resultado del incremento de materia orgánica (hojas y raíces), de la acción disociadora de las raíces de los árboles y la actividad de los microorganismos, mecanismos que ayudan a desarrollar agregados del suelo más estables. Además de reducir la velocidad del viento, el follaje de los árboles amortigua el impacto de las gotas de lluvia que golpean la superficie del suelo, la capa de hojarasca que cubre el suelo y su estructura mejorada también puede ayudar a reducir la erosión de la superficie. El sistema de raíces de los árboles realiza una función importante en la estabilización del suelo, especialmente en laderas escarpadas (Lieberman, 1979 citado por Farrell y Altieri, 2006).

El equilibrio del agua de un micro sitio, predio o región está influida por las características funcionales y estructurales de los árboles. En distintos grados, dependiendo de la densidad del follaje y las características de las hojas, la precipitación pasa a través de ellas hasta el suelo, se intercepta y se evapora o se redistribuye a través del tronco. La humedad del aire también puede ser recogida por el follaje de los árboles y depositarse como precipitación interna (goteo de niebla), una significativa fuente potencial de agua en áreas de neblinas húmedas. Como resultado de una mejor estructura del suelo y la presencia de una capa de hojarasca, el agua que llega al suelo se utiliza más eficientemente debido al incremento de la filtración y

permeabilidad, reduciendo así la evaporación y el escurrimiento superficial. En áreas propensas a inundaciones los árboles pueden reducir las descargas de aguas subterráneas, las características hidrológicas de las áreas de captación son influidas favorablemente por la presencia de árboles ya que disminuyen la pérdida de agua al mejorar las características ambientales y las propiedades del suelo (Smith y Scherr, 2002).

Los árboles producen gran cantidad de productos importantes para los humanos y los animales, además del forraje y alimentos proporcionan productos maderables, subproductos como aceites, taninos y productos medicinales. Por ejemplo, la acacia negra (*Robinia pseudoacacia*) es productora de miel, fija nitrógeno y produce postes para cercos muy durables. huaje (*Leucaena spp.*), otra leguminosa que fija nitrógeno, es valiosa como alimento para ganado y de aves en los trópicos, debido a su alto contenido de vitaminas y proteínas. También es una fuente primaria de leña (NAS, 1980).

Los cultivos de árboles, también pueden complementar la producción de granos. Especies como el castaño, el algarrobo y la acacia de tres espinas tienen un valor alimenticio en proteínas, carbohidratos y grasas mayores que granos convencionales creciendo en tierras marginales sin labranza (Smith y Scherr, 2002).

3.5.1. DISPOSICIÓN DE LAS PLANTAS

Al ordenar las especies vegetales del sistema agroforestal en el tiempo y el espacio, se deben considerar algunos factores. Ellos pueden incluir los requerimientos culturales de las especies componentes al crecer juntas, su fenología y forma de crecimiento (sobre y bajo el suelo), las necesidades de manejo para todo el sistema y la necesidad de acciones adicionales como la conservación del suelo o el mejoramiento del microclima. Por esto los patrones de ordenamiento tienen propiedades específicas (Nair, 1997).

3.6. EXPERIENCIAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES

3.6.1. EN EL MUNDO

En India los cultivos como la pimienta negra, el cacao y la piña se siembran bajo el coco, usando la luz y el suelo disponible. El café, el té y el cacao se siembran tradicionalmente bajo uno o dos estratos de árboles que proporcionan sombra, éstos corresponden a menudo a leguminosas fijadoras de nitrógeno que también otorgan valiosos productos madereros (Nair, 1997).

En las zonas andinas semiáridas de Argentina, el componente arbóreo en agroecosistemas ofrece una serie de ventajas para el uso adecuado de las cuencas. Las especies utilizadas en agroforestería ofrecen múltiples beneficios y no requieren de muchos cuidados y manejo. Además estas especies deben ser resistentes a enfermedades, vientos y eventos climáticos extremos, e

integrarse armónicamente con los sistemas existentes. Tanto las especies nativas como las exóticas pueden ofrecer una cobertura vegetal apropiada. Con podas adecuadas algunas especies nativas, como *Buddleja spp.* producen excelentes cantidades de leña, otras especies como *Spartium junceum* y *Cassia tomentosa* mantienen la fertilidad de los suelos y producen forraje para el tiempo de estiaje (Preisig y Espinoza, 1998).

La agrosilvicultura se utiliza para producir madera y leña en todo el mundo. En China se practica la plantación intercalando cultivos y árboles en tres millones de hectáreas. Los agricultores intercalan *Paulonia spp.* (Principalmente *P. elongata*) y cereales en grandes extensiones de las llanuras del norte de China. Ese árbol tiene raíces profundas que apenas interfieren con los cultivos y produce madera de gran calidad. Además de la madera, estas especies proporcionan un excelente combustible, hojas que pueden utilizarse como forraje, como abono, compuesto y como protección contra la erosión eólica y la evaporación, representando el ingreso más alto de la zona (FAO 2005).

La particular fenología del huizache (*Acacia albida*) (sin hojas durante la temporada lluviosa) la convierte en un componente ideal de las regiones productoras de sorgo y mijo en el Oeste de África y en la zona del Sahel (Nair, 1997).

En Tabora (República Unida de Tanzania, África) 1,000 productores de tabaco han empezado a plantar huizache (*Acacia crassicarpa*) con el fin de

obtener leña para la curación del tabaco, intercalando los árboles con maíz durante los dos primeros años. El cultivo de estos árboles en las explotaciones agrícolas evita la deforestación de los bosques, reduciendo la degradación del mismo. Ahorrando los gastos de transporte de la leña de los bosque lejanos a la casa (FAO, 2005).

Las cortinas rompevientos son uno de los sistemas agroforestales más antiguos de América del Norte. En las praderas del Canadá se han plantado desde 1937 más de 43 000 Km. de rompevientos que protegen unas 700 000 ha. En 1987 había en los Estados Unidos unos 858 000 sobre todo en las zonas centrales del norte y en las grandes llanuras, que se extendían a lo largo de 281 000 Km. y protegían 546 000 ha. Kort (1988) estimó que el rendimiento de los cultivos protegidos del viento aumentaba un 8% en el caso del trigo de primavera, un 12% en el caso del maíz, un 23% en el caso del trigo de invierno y un 25% en el caso de la cebada. Además las cortinas rompevientos permiten utilizar mejor el agua con fines agrícolas y proteger a los animales y las fincas (Kort, 1988 citado por FAO, 2005).

3.6.2. EN MÉXICO

Un ejemplo de los sistemas agroforestales son los sistemas de producción agrícola del altiplano conocidos como “metepantles”, sistema agrosilvícola de terrazas que tiene su origen en la época precolombina y en el cual los componentes eran el cultivo de maíz, frijol, calabaza, amaranto, chile, entre otros en combinación con agave (*Agave spp.*) y frutales como el capulín

(*Prunus capuli*) y el tejocote (*Crataegus spp.*), y que todavía se pueden encontrar en los valles de México, Puebla y Toluca. Con la perforación de pozos y el establecimiento de distritos de riego se incrementó y diversificó la producción, aumentando el número de especies frutales como: manzana (*Malus ssp*), pera (*Pyrus communis*), ciruela (*Prunus domestica*), chabacano (*Prunus armeniaca*) y duraznos (*Prunus persica*); y de igual manera sucedió con los cultivos como el trigo, avena y alfalfa; estas dos últimas como fuente de forraje para la actividad pecuaria (Prem, 1988). Otra práctica agrosilvícola de origen prehispánico que se encuentra en esta zona son los huertos caseros los cuales tienen una rica composición de especies y están conformados por el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

La tecnología de cortinas rompevientos también se encuentra presente en la zona de los valles antes mencionados. En cuanto a las prácticas silvopastoriles, la única que se encuentra es el apacentamiento bajo el dosel forestal de bovinos y ovinos (Byington, 1990).

Un estudio realizado para evaluar el papel de los árboles en los sistemas de agricultura tradicional de México central ilustra la influencia potencial de los árboles sobre la fertilidad del suelo. Las propiedades de la superficie del suelo se midieron a distancias crecientes de dos especies de árboles, capulín (*Prunus capuli*) y sabino (*Juniperus deppeana*) que se encontraron dentro de campos de maíz. Se observaron valores superiores en todos los parámetros medidos bajo el dosel de capulín (*Prunus capuli*), también se observó un gradiente de disminución al incrementar la distancia entre los árboles. El

fósforo disponible aumentó de cuatro a siete veces bajo los árboles y los totales de carbón y potasio aumentaron de dos a tres veces; el nitrógeno, el calcio y magnesio aumentaron de uno y medio veces a tres, y la capacidad de intercambio catiónico aumentó de uno y medio a dos veces. También se encontró que el pH del suelo era mayor bajo los doseles. Este patrón espacial se atribuyó fundamentalmente a la redistribución de nutrientes con la caída de las hojas y la acumulación de materia orgánica cerca de los árboles de capulín - *prunus capuli* - (Farrell y Altieri, 2006).

En lugares semiáridos y áridos la práctica agroforestal preponderante es la utilización de árboles multipropósito mezclados con cultivos, o como parte de sistemas pastoriles. Las especies como huizache (*Acacia spp.*) y mezquite (*Prosopis spp.*) no son valoradas sólo por sus productos madereros y de forraje, sino también por la capacidad de enriquecimiento del suelo (Nair, 1997).

En México se han descrito usos similares de árboles donde los agricultores estimulan el cultivo de leguminosas nativas en campos cultivados. En Puebla (sur de Tehuacan) y Oaxaca los predios pueden ser abiertos o moderadamente densos con especies de mezquite (*Prosopis spp.*), guaje (*Leucaena esculenta*) y guamuchil (*Pithecellobium spp.*), todos estos con características similares. La densidad de los cultivos varía desde campos con sólo unos pocos árboles hasta virtualmente bosques con cultivos sembrados bajo ellos (Wilken, 1977).

4. METODOLOGÍA

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El estudio se efectuó en diez comunidades del Municipio de Atotonilco el Grande Hidalgo, el cual está ubicado geográficamente en las inmediaciones del punto geográfico determinado por las coordenadas 20° 17' 28" de latitud Norte y 98° 40' 14" de longitud Oeste, a una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2,138 m, a 37 Km rumbo noreste de la capital del Estado. El Municipio cuenta con una superficie de 426.60 km² lo que representa el 2.03% de la superficie total del Estado; colinda al Norte con los Municipios de San Agustín Metzquitlán y Metztlán, al Noreste con el estado de Veracruz, al Este y Sureste con el Municipio de Huasca de Ocampo, al Sur con los Municipios de Mineral del Chico y Omitlán de Juárez, y al Oeste con el Municipio de Actopan (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

4.1.2. HIDROLÓGICA

El área de estudio esta ubicada dentro de la región hidrográfica RH26, cuenca hidrológica D, del Río Amajac, subcuenca hidrológica V. Corresponde a la vertiente del Golfo de México por lo que es considerada como una de las más importantes del país, tanto por la superficie como por el volumen de sus escurrimientos, lo que la ubica en cuarto y quinto lugar a nivel nacional, respectivamente. Debido a su gran superficie esta región hidrológica está dividida en dos zonas: “Alto Pánuco” y “Bajo Pánuco”, siendo en la primera de ellas donde se localiza el área de estudio; por ella cruzan dos ríos importantes, el Río Amajac y el Río Grande de Tulancingo. Estos ríos alimentan a 35 cuerpos de agua y a numerosas corrientes y arroyos de menor importancia. En la zona de estudio existen varias presas, entre las que destacan: El Comalillo, Los Ángeles, Zoquital I, Zoquital II, La Gaviota, Arroyo Colorado y San Vicente, así como bordos y abrevaderos en la localidad de Santiaguito, San Martín y paraje de los Sauces (SEDESOL, 2001).

4.1.3. CLIMA

Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), al área estudiada presenta los climas C (W2) (W) (b´) el cual corresponde al templado subhúmedo con lluvias en verano, con menos del 5% de precipitación invernal y el B (S1) Kw, caracterizado por ser semí-seco con lluvias en verano, e invierno cálido. La temperatura media anual es de 15° C y la precipitación anual en promedio es de 700 mm.

4.1.4. SUELO

Los suelos predominantes en el Municipio de Atotonilco el Grande son *Luvisol cromico*, *L. vertico* y *L. ortico*, de colores rojos; son muy arcillosos y susceptibles a la erosión; soportan agricultura de temporal y bosques de encino, generalmente se encuentran asociados al tipo *Cambisol cromico*, *C. eutrico* y *Feozem haplico* (INEGI, 1992).

4.1.5. FLORA

De acuerdo con su ubicación geográfica y tipo de clima predominante, la flora del Municipio de Atotonilco el Grande está conformada por grandes extensiones de pastos naturales, matorrales, pastizales-matorrales y bosques de aprovechamiento maderable y no maderable, donde se encuentran especies de origen natural, como algunas especies de maguey (*Agave spp.*), nopal (*Opuntia spp.*), huizache (*Acacia farnesiana*), mezquite (*Prosopis laebugata*), encino (*Quercus spp.*), huaje (*Leucaena spp.*), higuera (*Ricinus communis*), aile (*Alnus arguta*) y enebro (*Juniperus flaccida*); así como otras especies inducidas, tal es el caso del nogal cimarrón (*Juglans pyriformis*) y cedro blanco (*Cupressus lusitanica*), alamo plateado (*Populus alba*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y trueno (*Ligustrum japonicum*), entre otros (INEGI, 1992).

4.1.6. FAUNA

En lo que respecta a la fauna se pueden encontrar diferentes especies de mamíferos pequeños como tejón (*Nasua narica*), ardilla (*Espermophilus mexicanus*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), zorro (*Urocyon cinereargeneus*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), gato montés (*Linx rufus*), zorrillo (*Mephitis macroura*). También destacan por su presencia aves como búho (*Osio otus*), zopilote (*Coragyps atratus*), gavilán (*Accipiter striatus*), y reptiles como la víbora de cascabel, (*Crotalus spp*), camaleón (*Phrynosoma cornoteum*) y lagartija (*Sceloporus spinosus*), entre otros; además de una gran variedad de insectos y arácnidos (INEGI, 1992).

4.1.7. USO DEL SUELO

De acuerdo con INEGI (1997), el principal uso de la tierra en el Municipio es agrícola en un 38.37%, cultivándose maíz, frijol y cebada. Los pastizales destinados a actividades pecuarias representan el 17.05%, el matorral ocupa el 26.74% de la superficie territorial del Municipio, el bosque un 16.68%, y otros usos el 1.16% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución porcentual del uso de la tierra en 1997, en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Uso	Superficie ocupada (%)	Productos
Agrícola	38.37	Maíz, frijol y cebada
Pastizal	17.05	Zacatón y zacate tres barbas
Bosque	16.68	Encino hoja ancha y encino prieto
Matorral	26.74	Vidrillo y Patol (forraje)
Otro	1.16	No especificado
TOTAL	100	

Fuente: INEGI. Cuaderno Estadístico Municipal. Atotonilco el Grande. 1997.

De acuerdo con INEGI (1997), el suelo dedicado a la agricultura presenta ambas modalidades de cultivo: tierras de riego y de temporal, siendo mayor la extensión dedicada a estas últimas. Para el uso pecuario se aprovechan áreas de praderas y de pastizales que son reservadas para el ganado ovino, bovino y caprino, principalmente para la producción de carne. El área de bosque y matorral es destinada para uso forestal, sobre todo para la obtención de productos maderables. La importancia de las actividades agrícolas y pecuarias en el Municipio se ven reflejadas en los altos porcentajes de terreno dedicados a dichas actividades, aunque recientemente se han decretado algunas áreas naturales protegidas dentro del Municipio.

La superficie agrícola de labor trabajada con tracción animal en forma continua y estacional, de acuerdo con datos 1997, representó el 19%, de este porcentaje el 17.06% se trabajó con tracción animal de forma continua y 1.94% de forma estacional y en forma mecanizada 21.32%. El porcentaje de superficie

no apto para la agricultura en ese mismo año, fue de 59.69%, resultando el porcentaje más alto de todos los usos. El porcentaje de superficie no apta para el uso pecuario fue de 1.43% para el mismo año. El uso de la tierra destinado para la actividad pecuaria en Atotonilco el Grande fue principalmente para el cultivo de praderas y para el aprovechamiento del pastizal natural, así como otro tipo de vegetación diferente al pastizal, para la alimentación del ganado bovino (en menor grado) y ovino, en un sistema de producción extensivo predominante en el Municipio.

4.2. FASE DE CAMPO

4.2.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se efectuó en diez comunidades del Municipio de Atotonilco el Grande: San Miguel, La Puebla, Tesahuapa, Los sabinos, Chichipico, el Contadero, el Cantarranas, Tiltepec, San José y La Estancia, considerando un total de 42 productores, distribuidas aleatoriamente en estas comunidades. Los dueños de las fincas se seleccionaron con base en una lista de productores que actualmente llevan a cabo alguna tecnología agroforestal haciendo un uso de la tierra diferente al monocultivo, de acuerdo con información proporcionada por el personal de INIFAP, en el estado de Hidalgo.

4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

Debido a la dificultad para acceder a todos los productores que hacen uso de los SAF dentro de la región, fue necesario determinar un número de muestra que permitieron inferir las condiciones de trabajo de la mayoría de estas fincas, y recopilar información del medio físico, biológico y socioeconómico de los sistemas existentes.

La muestra de productores considerados se obtuvo a través de un método no probabilístico, denominado muestreo casual o incidental, el cual selecciona de manera directa e intencional a los elementos de la muestra (Torres y Paz, 2006). Con este método se eligieron 42 productores a quienes se les aplicó una encuesta relacionada con sus actividades productivas, las características de sus fincas y su situación socioeconómica, en las localidades de San Miguel, La Puebla, Tesahuapa, Los Sabinos, La Estancia, Tiltepec, Chichipico, Cantarinas, San José y El contadero. El formato de dicha encuesta se incluye en el Anexo 1.

Adicionalmente se realizaron entrevistas directas a dos productores reconocidos localmente por su honestidad y participación en programas para el mejoramiento del ambiente, preocupados por incrementar la producción del campo; estos personajes fueron denominados informantes clave, con su ayuda se reunió a un grupo de personas (grupo focal), entre los que se incluyeron ejidatarios, pequeños propietarios y jornaleros, con el fin de obtener información sobre el manejo que realizan en sus terrenos, así como la

problemática que ellos identifican y perspectivas de solución que proponen. Dichas entrevistas se grabaron con la autorización de los productores, a fin de no perder detalles de la información y que ésta fluyera a manera de conversación.

Durante el recorrido se observaron directamente los ejemplares de plantas que se utilizan en la región, esta información fue complementada con la información proporcionada por cada productor entrevistado. Se colectaron muestras de las especies vegetales las cuales se etiquetaron y colocaron en una prensa botánica para su secado y posterior identificación en el Laboratorio de Botánica del Área Académica de Ingeniería Forestal, del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH, con sede en Tulancingo, Hgo. Además se fotografiaron los ejemplares en cada, así como a las muestras procesadas, con una cámara digital (HP Photosmart M525), para formar un banco de información visual.

4.3. FASE DE GABINETE

4.3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información se llevó acabo a través de consulta bibliográfica y cartográfica correspondiente al área en cuestión, en cartas temáticas del INEGI, libros, revistas y trabajos previos, realizados por Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuario (INIFAP).

4.3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Consistió ordenar y sistematizar la información con ayuda del programa Microsoft office Excel ®, de acuerdo con el objetivo de estudio. Se describieron las tecnologías empleadas en cada SAF con relación a su estructura y función, basándose en la clasificación de Budowski (1979).

Para la identificación de los árboles con potencial de uso en SAF se recurrió a una descripción fisonómica de la vegetación, a través del método de Diagrama de Perfil Semirealista de Richard (1952), el cual consiste en formar estratos de la vegetación en base a parámetros como su amplitud de copa, espaciamiento, altura, diámetro y frecuencia.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas agroforestales en la región de Atotonilco el Grande, Hidalgo, están cobrando gran importancia ya que su vegetación original ha sido explotada irracionalmente a través del cambio de uso del suelo, para el desarrollo de la agricultura tradicional, lo que ha provocado la pérdida de bosques y la degradación del suelo. Lo anterior como resultado de una falta de cultura forestal, ya que en la mayoría de los casos se desconocen las técnicas de manejo y sus combinaciones de elementos para obtener óptimos rendimientos (Becerra-Luna *et al.*, 2006).

Las especies utilizadas en las tecnologías agroforestales que se practican en la zona del presente estudio son pocas, a diferencia de las que se emplean en regiones tropicales, esto debido principalmente a las condiciones climáticas (Gómez, 1988), además, en la zona de Atotonilco el Grande, predominan suelos de baja fertilidad que han sido sometidos al cultivo intensivo de especies agrícolas; sin embargo, las tecnologías agroforestales han sido utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, y han demostrado que son productivas y sostenibles sin importar el grado de fertilidad del suelo (Musálem, 2002).

De acuerdo a Prem (1998) los Sistemas Agroforestales en México se han utilizado desde tiempos muy remotos, en la época precolombina, los antiguos pobladores de México utilizaban el sistema agrosilvícola de terrazas. Según Krishnamurthy y Ávila (1999) algunas de las especies que se utilizaban en los valles de México, Puebla y Toluca eran las mismas que se utilizan

actualmente en la zona del presente estudio, por ejemplo: el tejocote (*Crataegus mexicana*), el capulín (*Prunus serotina*) y el maguey (*Agave salmiana*).

Algunas de las especies más utilizadas son los frutales aunque también se emplean otras especies arbóreas con otros usos, como el mezquite (*Prosopis laevigata*), especie nativa de las zonas áridas y semiáridas del México, la cual ha sido considerada una planta indeseable en el Suroeste de los Estados Unidos de América, pero que en las zonas áridas y semiáridas de México es considerado un recurso natural muy valioso; antes de la llegada de los españoles era ya muy utilizada, en el Norte del país sigue siendo muy apreciado en condiciones adecuadas de manejo (Medina, 1996). En la zona de estudio a esta especie se le encuentra dispersa en potreros y es utilizada para el abastecimiento de leña debido a la alta densidad de su madera (0.75 gr/cm³), y como forraje (Medina, 1996). El desconocimiento sobre la importancia de las especies nativas ha llevado a una mala toma de decisiones ya que, como se observa en la zona de estudio, especies como el mezquite y el huisache son remplazadas con especies arbóreas introducidas, tal es el caso de ocote (*Pinus patula*) intercalado entre cultivos perennes en la comunidad de San Miguel, dentro del Municipio de Atotonilco.

De manera general los programas de reforestación implementados por los gobiernos no han alcanzado sus objetivos planeados, debido prácticamente a la introducción de especies exóticas que no logran adaptarse, de modo que las masas forestales no se recuperan de manera integral. Este tipo de acciones

ha creado un desinterés en los agricultores por preservar sus recursos y desarrollar programas de fomento, optando por actividades productivas a corto plazo mediante el cambio de uso de suelo (Medrano, 1992).

Afortunadamente los habitantes de las comunidades estudiadas han tomado conciencia sobre la importancia de la vegetación, debido a la pérdida de sus bosques, lo que ha traído como consecuencia el desequilibrio ecológico y la infertilidad de sus suelos, lo que los ha llevado a adoptar las técnicas agroforestales para satisfacer sus necesidades y recuperar sus bosques. De acuerdo a Musálem (2001), los árboles son un componente de los sistemas de producción de los pequeños y medianos agricultores que se está convirtiendo día a día en una necesidad, a medida que se toma conciencia sobre los beneficios que aporta a las actividades agropecuarias y al ambiente.

Bajo este contexto los sistemas agroforestales constituyen una herramienta básica para contrarrestar el proceso de deforestación, contribuyendo a la protección de las áreas naturales con vegetación, y a la restauración del equilibrio ecológico de los terrenos forestales perturbados, haciendo productivas este tipo de áreas y generando ingresos económicos a corto, mediano y largo plazo (Medrano, 1992).

En la zona del presente estudio la mayoría de los productores poseen pequeñas superficies que destinan a la agricultura, debido a esto se han visto obligados al cambio de uso con el fin de satisfacer sus necesidades económicas y de autosubsistencia. De acuerdo a Medrano (1992) la

agrosilvicultura a menudo se considera como un sistema de producción de la gente pobre, con el objetivo de satisfacer sus necesidades, al aumentar la producción por unidad de superficie. De acuerdo con la información recabada en campo, los productores locales dedican la mayor superficie de sus terrenos a la agricultura (4.6 ha en promedio), ocupando el segundo la actividad pecuaria (3.2 ha) y por último la actividad forestal (2.9 ha). De acuerdo con Naveh (1998) una de las principales causas de esta fragmentación es la expansión de la frontera agrícola y ganadera.

La fragmentación del paisaje resultante del cambio de uso del suelo trae consigo numerosos efectos en la biodiversidad, tales como movimiento de especies y flujo de nutrientes minerales, así como efectos en la hidrología, vientos y características físicas del suelo (Forman, 1989). Como se puede observar la agricultura y ganadería son las actividades más importantes en la zona de estudio, sin embargo, según Baudry (2003) consideran que lo más importante no son los cultivos como tales, sino los diferentes usos de la tierra, puesto que las actividades agropecuarias de las fincas son el factor más importante en el manejo de la dinámica del paisaje rural.

En este marco, los sistemas agroforestales pueden contribuir a mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores rurales (FAO, 1993), ya que son una alternativa financieramente viable para el pequeño productor con menor riesgo, aunque implica mayor grado de gestión administrativa y necesidad de mano de obra (Uribe, 1999).

La actividad agrícola debe ser redituable y buscar siempre la autosuficiencia alimentaría de la nación de quien la practica. La agroforestería, como actividad agrícola y como sistema de uso del suelo, trata de lograr la mejora del nivel económico del productor individual, disminuyendo los riesgos por la amplia gama de especies vegetales, que proveen una gran cantidad de productos y elevan la calidad del ambiente. Además, desde el punto de vista del uso del espacio vertical, los sistemas agroforestales proveen mayores beneficios para el uso de la tierra que en los casos del uso exclusivo forestal o agrícola (Musálem, 2001).

Las prácticas agroforestales en la zona de estudio se han desarrollado empíricamente, sólo en lugares específicos se han adoptado innovaciones bajo la guía y supervisión de instituciones como el INIFAP. Las tecnologías agroforestales predominantes en la zona de estudio son: Huertos caseros, Cercos vivos, Árboles intercalados en cultivos anuales, Árboles intercalados en cultivos permanentes, Árboles dispersos en pradera con pastos, Árboles en lindero y Cortina rompevientos, como complemento a las actividades económicas preponderantes. En estas tecnologías se utilizan especies de uso múltiple, aumentando el rendimiento por unidad de superficie; ya que muchas de estas especies generan materia orgánica y fijan nitrógeno, lo cual sirve como fertilizante y permite que no se utilicen productos químicos que degradan el suelo y contaminan el agua, lo que origina que los productos comestibles sean completamente orgánicos y adquieran un valor extra en el mercado. El uso de estas tecnologías además brinda servicios ambientales como recarga de mantos acuíferos, generación de oxígeno, restauración de suelos

erosionados, incorporación de materia orgánica, y abrigo y alimento para la fauna silvestre.

5.1. SISTEMA AGROFORESTAL DEL HUERTO CASERO O HUERTO FAMILIAR.

5.1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Los huertos caseros se distribuyen en toda la zona de estudio ya que prácticamente en cada casa se cuenta con un pequeño huerto, lo que constituye una fuente permanente de productos diversos como frutos, forrajes para animales, medicamentos naturales, condimentos, leña y belleza escénica para los patios de las casas. Esta gama de beneficios que proporciona el huerto se debe a la gran diversidad de formas biológicas que en ellos se presenta (árboles, arbustos, herbáceas, rastreras y trepadoras) con sus diversos ciclos de cultivo (anuales, bianuales y perennes). De acuerdo a lo anterior Montagnini (1992) mencionan que los Huertos caseros pueden producir mayores ingresos que otros usos de la tierra en una región, por ejemplo en el centro de México el ingreso promedio por metro cuadrado es casi 13 veces mayor en huerto que en parcelas de arroz bajo riego.

El objetivo principal de los huertos familiares es obtener productos para el consumo familiar, complementando su alimentación y su economía, evita gastos por la compra de productos que ahí se producen. Muchas de las especies presentan una sobre producción estacional, por lo que se

comercializan en los mercados más cercanos a las comunidades, en forma de productos cosechados o como plantas en macetas, puesto que la mayoría de las especies presentan floraciones atractivas y características aromáticas muy particulares, siendo muy apreciadas como ornato.

El huerto familiar es el sistema agroforestal más diversificado y utilizado en la zona de estudio ya que proporciona una gran diversidad de productos durante todo el año, además es uno de los sistemas que con mayor facilidad puede expandirse y enriquecerse con la adopción de las técnicas adecuadas de manejo. Una labor importante del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP) ha sido el establecimiento e implementación de “Módulos Agroforestales” que pretenden dar a conocer el beneficio y rentabilidad de estas técnicas de modo que los productores las adopten en sus parcelas. Se han realizado diversos estudios para conocer el uso de las plantas que conforman a los huertos caseros, y su importancia en la dieta, salud y economía de la familia (Espejel, 1993).

En esta tecnología es muy importante la participación familiar debido al fenómeno de emigración de los hombres de las comunidades, por ello las mujeres son quienes se dedican a establecer, producir y aprovechar su huerto.

5.1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La distribución de especies de los huertos caseros encontrados en la zona de estudio es en forma irregular, se establecen conforme estas se

adquieren, procurando colocar las plantas ornamentales y medicinales en los espacios más próximos a la vivienda. A las orillas de los huertos es frecuente colocar los árboles frutales o forestales para evitar daños a la casa y el exceso de sombra. Según Soemarwoto (1987) la mayoría de los huertos caseros contienen entre dos y cinco estratos de vegetación, generalmente no existen hileras, bloques o parcelas definidas. En los huertos caseros de la zona de estudio el número de especies encontradas varía mucho, se observaron huertos con un mínimo de siete especies y otros hasta con 20, incluyendo árboles, arbustos y hierbas. En su mayoría los huertos poseen un promedio de diez a quince especies diferentes.

En general, en México es una tecnología bastante extendida, en un estudio realizado en la comunidad la Palmilla, Municipio de Tlapacoyan Veracruz, los huertos caseros conservan una alta biodiversidad y mantienen la fertilidad del suelo, de ellos se obtienen productos de 23 especies, la mayoría son frutos y abastecen el 30% de las necesidades de leña de las familias y sirven de refugio cuando menos a diez especies de fauna silvestre (Arévalo, 1999). En un estudio realizado en Escárcega, Campeche se encontraron resultados similares debido a que en las regiones tropicales la diversidad de especies es mayor, principalmente de frutales, Medrano (1992), encontró más de 35 especies. En todos los casos los objetivos son la conservación y la producción, principalmente de alimentos, manteniendo las condiciones ecológicas y socioeconómicas para alcanzar la sostenibilidad.

5.1.2.1. COMPONENTES DE LOS HUERTOS FAMILIARES

Los árboles de especies forestales son escasos en los huertos caseros y se establecen en las partes más distantes de las casas, por el contrario los árboles de especies frutícolas se encuentran con mayor frecuencia en los huertos caseros, éstos generan excedentes de producción que se comercializan en el mercado local principalmente. Las especies más comunes son: limón (*Citrus latifolia* L), durazno (*Prunus persica*), manzano (*Malus domestica*), ciruelo (*Prunus domestica*), pera (*Pyrus communis*), higo (*Ficus carica*), guayaba (*Psidium guajava*) y aguacate (*Persea americana*).

En un estrato inferior los arbustos que se encontraron en su mayoría son especies de ornato, medicinales y condimenticios tales como, el rosal (*Rosa spp.*), el florifundio (*Brugmansia arborea*), la noche buena (*Euphorbia pulcherrima*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*). Las herbáceas constituyen el componente más amplio de los huertos caseros ya que se utilizan todo el año como condimento y medicina, las especies más comunes encontradas son: toronjil (*Melissa officinalis*), hierbabuena (*Mentha spicata*), mejorana (*Origanum majorana*), orégano (*Origanum vulgare*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*), epazote del zorrillo (*Teloxys graveolens*), ajenojo (*Artemisia ludoviciana* Nutt.ssp mexicana), manzanilla (*Chamaemelum nobile*) y ruda (*Ruta chalepensis*). Este patrón de abundancia se ha observado en otras partes de México, incluso en otros países como se observa en Java Occidental, donde se encontró un promedio de 19 especies por huerto, en la estación seca, y 24 en

la estación húmeda, en estos el mayor número de especies se halló en el estrato inferior (Soemarwoto, 1987) al igual que en el presente estudio.

De un total de doce huertos caseros estudiados, en diez de ellos se encontró el epazote (*Chenopodium ambrosioides*), esto se debe a que es una especie muy apreciada en la cocina mexicana, especialmente en la zona rural, por su sabor y por la gran variedad de platillos que lo ocupan.

Cuadro 2. Especies utilizadas en la tecnología de huertos caseros en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Nombré común	Nombre científico	frecuencia	Funciones		
			Fruto	Condi mento	Medi cinal
Sábila	<i>Aloe spp.</i>	7			x
Bugambilia	<i>Bougainvillea spp.</i>	6			x
Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i>	8		x	x
Ajenjo	<i>Artemisia ludoviciana</i>	4			x
Epazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	10		x	x
Uva	<i>Vid vitis vinifera</i>	1	x		
Aguacate	<i>Persea americana</i>	5	x		x
Jazmín	<i>Jasminum azoricum</i>	4			
Yuca	<i>Yucca schidigera</i>	1	x		
Chayote	<i>Sechium edule</i>	2	x		
Florifundio	<i>Brugmansia arborea</i>	2			
Nochebuena	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	2			
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	9			x
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	1	x		x
Ruda	<i>Ruta chalepensis</i>	4			x
Mejorana	<i>Origanum majorana</i>	3		x	x
Papatla	<i>Canna indica</i>	1		x	
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	1		x	x
Nopales	<i>Opuntia spp.</i>	8	x		x
Manzanilla	<i>Chamaemelum nobile.</i>	1			x
Orejano	<i>Origanum vulgare</i>	9		x	x
Higo	<i>Ficus carica</i>	5	x		x
Epazote del zorrillo	<i>Teloxys graveolens</i>	1			x
Te limón	<i>Cymbopogon citratus</i>	2			x
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	2		x	x
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	1			x
Limón	<i>Citrus latifolia</i>	2	x		x
Santa Maria	<i>Tenacetum balsamita.</i>	3			x
Durazno	<i>Prunus persica</i>	4	x		
Manzano	<i>Malus domestica</i>	7	x		
Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>	4	x		
Pera	<i>Pyrus cummunis</i>	3	x		

5.1.2.2. PERFIL FISONÓMICO

Por su altura se identificaron los cuatro estratos de los componentes del huerto casero. El estrato más bajo conformado por herbáceas menores a 0.5 m de altura, un segundo estrato de 0.5 a 3 m, caracterizado por la incidencia de arbustos, frutales y árboles jóvenes; en seguida se encuentra un estrato constituido principalmente por especies arbóreas de 3 a 6 m de altura, principalmente frutales, y por último el estrato mayor, de 6 a 20 m de altura, en dominado por árboles frutales más altos. De acuerdo con Montagnini (1992) los huertos caseros o huertos familiares se caracterizan por su complejidad, presentando múltiples estratos que incluyen formas de vida desde enredaderas, árboles, cultivos rastreros, y algunas veces animales.

5.1.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA

5.1.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

El establecimiento del huerto se da de forma paulatina a medida en que se adquieren las plantas, ya sea que se compren de forma directa o se obtengan por donación a través de programas de reforestación. La plantación se efectúa en cualquier época del año en una cepa común (40 x 40 x 40 cm); sin embargo, si la planta es pequeña se hacen cepas de menor tamaño. En ocasiones, como sucede con algunas especies de ornato y medicinales, estas se colocan en los contenedores de que se disponga.

Una vez establecidas las plantas las labores de mantenimiento del huerto se reducen a practicar limpias (deshierbes) periódicas, principalmente en época de lluvias, que es cuando proliferan la mayoría de malezas; las plantas se abonan con estiércol de los animales de corral o con tierra de monte. El control de plagas y enfermedades se hace por medio de podas y formulas caseras, como es el caso de agua con jabón; las podas son muy esporádicas y se realizan cuando se necesita un propágulo para producir más plantas. También se realiza ocasionalmente el cajeteo en cada planta con el fin de regar manualmente y aprovechar la mayor cantidad de agua, ya que este es un recurso escaso en la región.

5.1.3.2. PRODUCCIÓN Y COSECHA

Debido a la gran diversidad de especies de uso múltiple que se encuentran en un huerto casero se obtienen productos prácticamente todo el año, lo que representa un ahorro e ingresos extras por la venta de productos, así como el autoempleo principalmente de las mujeres y niños de la familia, contribuyendo con el cuidado del ambiente y la conservación de la biodiversidad.

La época en la que existe mayor diversidad de productos es en el periodo de abril a agosto, relacionándose con la temporada de lluvias. Los productos que se obtienen del huerto son principalmente:

Frutos: estos se cosechan de forma manual trepando directamente a los árboles o bien con “garrochas” desde el piso; su consumo es en forma de frutas, ensaladas, aguas frescas y conservas.

Leña: esta se utiliza como combustible, principalmente entre las familias que carecen de estufa de gas, generalmente se aprovechan las ramas de los árboles de mayor porte y como resultante de las podas.

Producción medicinal y condimentos: En todos los huertos se encontraron plantas medicinales, de ellas se aprovechan las hojas, tallos y frutos, que preparados en infusión sirven como medicamento natural para curar y controlar algunas enfermedades; son de gran utilidad y más cuando no se dispone de servicio médico inmediato. Muchas especies son usadas como condimento en la mayoría de platillos de la región.

5.1.4. PROBLEMÁTICA Y PERSPECTIVAS

Los principales problemas que se presentan en los huertos familiares de la zona de estudio son derivados de la falta de conocimiento para el manejo de sus componentes, por tal razón existe sobreposición de especies, mala distribución y mal aprovechamiento. Sin embargo, este sistema es de gran aceptación y los productores están concientes de los beneficios que estos generan, por tal razón existe la posibilidad de que sean enriquecidos de una manera sistemática, aplicando técnicas de plantación y manejo adecuados a todos sus componentes. En la zona de estudio no existe un programa de

capacitación y asistencia técnica enfocadas a desarrollar el sistema de huerto casero.

5.2. TÉCNICA DE CERCOS VIVOS

5.2.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Los cercos vivos en la zona de estudio son de gran importancia ya que cada día los postes para el cercado de predios son más escasos. El establecimiento de cercos vivos sirve para delimitar el terreno y para evitar que el ganado entre al área de cultivo, así mismo, de las especies que conforman los cercos vivos se obtienen diferentes productos y beneficios como frutos, y retención e incorporación de suelo, entre otros (Becerra-Luna *et al.*, 2006).

5.2.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

En la zona de estudio se encuentran cercos vivos uniformes en tamaño y forma, esto se debe a que se utilizan pocos géneros en esta tecnología, en total se identificaron cuatro especies, las más utilizadas son: maguey (*Agave salmiana*), organo (*Pachocereus marginatus*), nopal (*Opuntia spp.*) y tejocote (*Crataegus mexicana*). Estas especies se adaptan a suelos pobres, retienen suelo y proporcionan productos comestibles como frutos y verdura. Una característica muy importante es que las especies utilizadas tienen espinas, por lo que se aprovechan como cercado delimitando parcelas agrícolas, huertos caseros, zonas de pastoreo y propiedades sin ningún uso, las especies

utilizadas son de rápido crecimiento y se propagan fácilmente. Sin embargo en un estudio realizado en Escárcega, Campeche, por Medrano (1992) se presenta una gran variedad de tamaños, formas, combinaciones y espaciamentos, empleando 25 especies como cerco vivo de las cuales se busca la producción de madera y que algunas sean leguminosas.

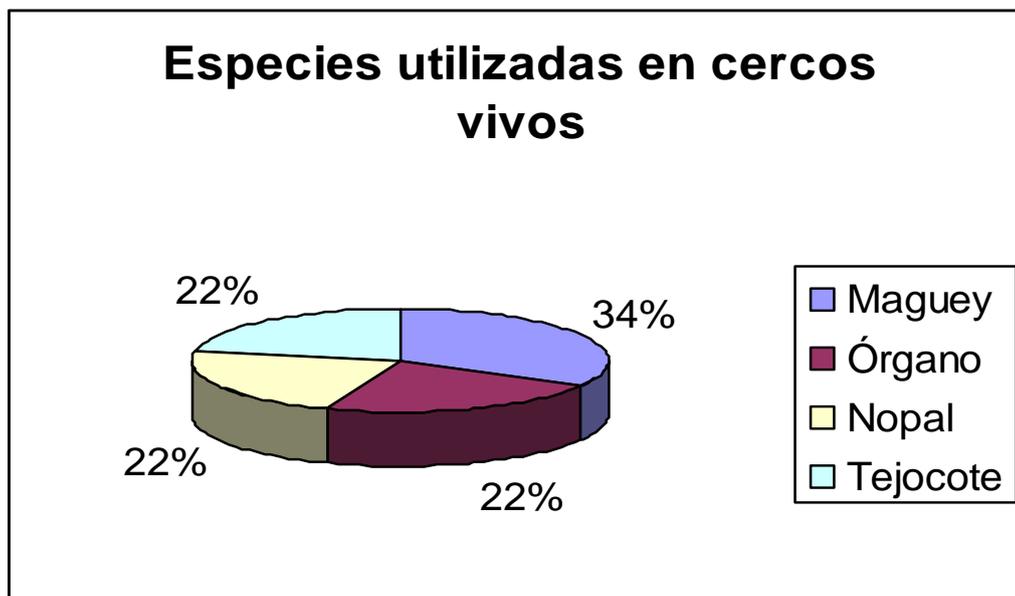


Figura 2. Porcentaje de las especies utilizadas en cercos vivos en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.



Figura 3. Cerco vivo de órgano (*Pachocereus marginatus*) en la comunidad Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.2.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

a) Preparación del material vegetativo.

El establecimiento de los cercos vivos se pueden hacer de dos maneras deferentes: 1) plantando individuos pequeños traídos directamente de viveros o reproducidos 2) o bien obteniendo hijuelos o propágulos de las plantas adultas que se encuentran en la zona, siendo esta última más ventajosa, ya que se puede obtener un crecimiento más rápido; sin embargo, esta forma de reproducción está limitada a especies que tienen la capacidad de enraizar por medio de material vegetativo. En la zona de estudio las especies que se propagan de esta manera son el órgano (*Pachocereus marginatus*), el nopal (*Opuntia spp.*) y el maguey (*Agave salmiana*).

El material vegetativo se prepara en época de secas, en el caso del maguey (*Agave salmiana*) la planta extraída se deja hasta un mes al aire libre antes del establecimiento, lo cual garantiza su prendimiento, en campo en el caso del órgano (*Pachocereus marginatus*) y del nopal (*Opuntia spp.*) se dejan entre 15 y 30 días en esta condición para asegurar la formación de un tejido celular indiferenciado, a partir del cual se formaran raíces adventicias, llamado “cayo” (Mateo, 1997). De acuerdo a Ibrahim y Pezo (1999) en las zonas con un periodo de sequía bien definido, la plantación de las especies se hacen de preferencia al final del periodo seco, el material vegetativo es cortado al final de la estación seca, y se recomienda dejarlo bajo sombra por una semana para favorecer la “cicatrización”. Luego, los estacones se

dejan en posición vertical por una o dos semanas, para que se acumulen reservas en la base lo cual favorecerá el enraizamiento. El material vegetativo se prepara en época de secas (febrero-abril), procurando que el corte de las especies coincida con la fase de la luna llena o cuarto menguante, la razón de esto según los productores es que, si se hace antes o después de esta la estaca no “pega” y se pudre en el terreno (Medrano 1992).

b) Establecimiento.

La plantación se hace en la época de lluvia con el fin de garantizar su supervivencia y facilitar la plantación debido a que el suelo se reblandece, ya que la apertura de cepas se hace manualmente con pico y pala. El porcentaje de prendimiento es exitoso para las cuatro especies, por lo general es del 100%. De acuerdo con Budowski (1979) las especies que usan en esta tecnología deben adaptarse a las condiciones ecológicas de cada sitio; por esta razón los cercos vivos hacen parte de los paisajes desde los más secos hasta los más húmedos. Según Medrano (1992) en los trópicos la época de plantación de las estacas, al igual que el corte es en época de seca (marzo-abril) obteniendo buenos resultados, el prendimiento es muy satisfactorio para las especies de chacah (*Bursera simaruba*), jobo (*Spondias mombin*) y cocoite (*Gliricidia sepium*) por lo general es del 100%.

c) Mantenimiento.

Después de establecerse el cerco vivo el trabajo que demanda éste es mínimo ya que se limita únicamente a chapear algunas plantas herbáceas, esta labor se efectúa en la temporada de lluvias (julio-octubre), cuando las malezas presentan mayores crecimientos. Ocasionalmente con el tiempo se requiere la reposición de algunas plantas que fueron utilizadas para obtener algún producto.

5.2.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO, USOS Y FUNCIÓN.

Al maguey (*Agave salmiana*) cuando madura se le quita el tallo central y se le pica el centro con la ayuda de una barreta se tapa y se deja en reposo de uno a dos meses, posteriormente se limpia y se le realiza la primer “raspada” con un instrumento de filo llamado “raspador”, esto se realiza dos veces al día, en la mañana y en la tarde, con un recipiente de madera llamado “acocote” se absorbe ayudado del maguey que se ha depositado en el centro, a este liquido se le denomina “aguamiel”, el cual se traslada en “castañas” o garrafrones cargadas por burros al “tinacal” que es el sitio en el cual el “aguamiel” se fermenta para transformarse en pulque. Del maguey además se obtienen otros productos de consumo y venta; al llegar a su etapa fonológica de madurez. El maguey emite una inflorescencia que en la región es conocida con el nombre de “gualumbo”, la cual es comestible, además los hongos que se desarrollan en su base son muy apreciados para el autoconsumo.

Los insectos constituyen otro grupo de alimentos asociados al maguey, los “gusanos de maguey” y “chinicuales” son muy apreciados e importantes en la gastronomía hidalguense, el maguey es además el principal hospedero de un grupo de hormigas que en estado juvenil se denominan “escamoles” mismos que son consumidos localmente y se comercializan, alcanzando un alto valor (\$ 1,400.00 / kilo aproximadamente).



Figura 4. Pica del maguey (*Agave salmiana*).



Figura 5. Maguey en producción de aguamiel.



Figura 6. Traslado del Aguamiel.

Cuando se termina el periodo de raspa del maguey las pencas sirven como forraje para el ganado ovino y bovino en la temporada de seca principalmente (Figura 7). Cuando se seca el centro, llamado “mesote”, y las pencas, se utiliza como combustible, el maguey también es medicinal y de sus fibras se hacen zacates para el aseo personal.



Figura 7. Pencas forrajeras.

El órgano (*Pachocereus marginatus*) es excelente como cerco vivo, ya que cierra muy bien los espacios. Se usa como planta medicinal para padecimientos del corazón, altos niveles de colesterol y diabetes, se prepara eliminando la cutícula del tallo y se consume en forma cruda.

El nopal (*Opuntia spp.*) es muy apreciado como comestible sus pencas se consumen como verdura cruda o cocinada, su fruto, la tuna, se consume durante el verano principalmente. El uso del nopal como planta medicinal es muy importante en esta zona, la fibra de la penca del nopal ayuda a controlar niveles altos del azúcar en sangre así como colesterol, esta fibra también mejora el proceso digestivo. En las épocas de sequía el nopal constituye el alimento principal del ganado.

El tejocote (*Crataegus mexicana*) es la única especie que fructifica en noviembre y diciembre en esta región, su fruto se consume crudo, en conservas y en la bebida llamada "ponche"; también lo utilizan como forraje para los puercos, ya que su producción es muy abundante. El aprovechamiento se hace manualmente utilizando herramientas caseras como machete, hacha y garrochas. Esta especie es muy importante en la región ya que además de sus características como cerco vivo, su producción durante la época seca del año asegura una forma de alimentación para los pobladores y sus ganados y/o la comercialización de productos transformados.

5.3. ÁRBOLES INTERCALADOS EN CULTIVOS PERMANENTES

5.3.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL.

Este sistema es muy importante en el lugar ya que en áreas de pequeña extensión se obtiene una alta producción de los cultivos permanentes y de los árboles utilizados. Esta tecnología tiende a expandirse ya que ha sido una de las alternativas para generar mayores recursos económicos a corto plazo. De acuerdo con Becerra-Luna *et al.*, (2004) en el Estado de Hidalgo se reportan oficialmente sólo nueve hectáreas bajo este sistema de cultivo. De aquí el interés por contribuir a validar y transferir esta tecnología, la cual tiene potencial para constituirse en una alternativa para la reconseración productiva en la entidad.

En este sistema lo que más interesa es el cultivo permanente de zarzamora (*Rubus spp.*) ya que fructifica desde marzo a septiembre, la cosecha se realiza cada ocho días durante seis meses por lo cual es una tecnología muy redituable, tomando en cuenta la producción de los árboles frutales y maderables que se utilizan, ya que no le proporciona sobra obteniendo una excelente productividad. De acuerdo a Fuentes, 1979 citado por Medrano (1992) en Veracruz, Chiapas y Tabasco en la misma tecnología el principal cultivo es el café intercalado con especies que le proporcionen sombra y que tengan un alto valor en el mercado ya sean frutales o maderables.

5.3.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La distribución de las especies se hace en forma lineal intercalando en la misma hilera los árboles frutales a una distancia de dos metros entre sí, y a una distancia de cinco metros entre cada hilera de árboles, quedando el cultivo permanente en medio. En total se encontraron cinco especies de árboles, de las cuales cuatro son frutales y una forestal (Cuadro 3). Las especies utilizadas son manzana (*Malus domestica*), ciruelo (*Prunus domestica*), durazno (*Prunus persica*) y pera (*Pyrus cummunis*). Los frutales son los más comunes en esta tecnología; sin embargo, se encontró una combinación con ocote (*Pinus greggii*) en la comunidad de San Miguel, la plantación tiene ocho años de establecida, esta se hizo con el objetivo de restaurar el suelo de la zona y en un futuro obtener leña y madera para el uso local. De acuerdo con Lageman y Heuveloop (1982) a nivel mundial esta tecnología ha sido muy utilizada, principalmente en zonas tropicales, donde las especies preferidas han sido frutales como limón (*Citrus spp*), banano (*Musa spp*), mango (*Magnifera indica*), jocote (*Spondias purpurea*), aguacate (*Persea americana*), y palmas, como pejibaye (*Bactris gasipaes*), y algunas especies de uso maderable de alto valor en el mercado.

Cuadro 3. Especies utilizadas en la tecnología de árboles intercalados en cultivos permanentes en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia
Manzana	<i>Malus domestica</i>	3
Durazno	<i>Prunus persica</i>	3
Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>	3
Pera	<i>Pyrus cummunis</i>	1
Ocote	<i>Pinus greggii</i>	1

5.3.2.1. PERFIL FISONÓMICO

En algunas comunidades de la zona de estudio los árboles se encuentran intercalados en hileras entre los cultivos permanentes, zarzamora (*Rubus spp.*) y nopal (*Opuntia spp.*), lo que genera dos estratos principales, el del cultivo y el de los frutales (Figura 8). En el Este de África es común la producción en estratos múltiples: árboles maderables que proveen sombra al café, que se encuentra en combinación con bananos y frijoles (Poulsen, 1979). De acuerdo a Lageman y Heuveltop (1982) este sistema tiene tres estratos típicos, el inferior conformado por los cafetos, el de en medio esta conformado por especies de sombra y el superior por árboles maderables como cedro rojo (*Cedrela odorata*).



Figura 8. Huerto de manzana (*Malus domestica*), pera (*Pyrus cummunis*) y durazno (*Prunus persica*) intercalado con zarzamora (*Rubus spp.*) en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.3.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

5.3.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

Se barbecha el terreno con el objetivo de remover las capas endurecidas del suelo y facilitar la plantación. Se planta en cepas comunes a las que se les forma un “cajete” para captar agua, y un “acolchado” de olotes o ramas para conservar la humedad del suelo, este material al desintegrarse sirve como abono orgánico. Las plantas pequeñas se protegen con botellas de plástico para impedir que la fauna silvestre coma sus brotes tiernos; en épocas secas estas plantas son regadas cada ocho días mediante un sistema de goteo rudimentario que consiste en, llenar botellas de plástico de aproximadamente dos litros de capacidad con, agua; a las tapas se les hace una perforación a modo de que el agua salga gota a gota. Se colocan las botellas invertidas en el

suelo junto a las plantas, de esta manera el agua se aprovechara de manera más eficiente (Figura 9 y 10).



Figura 9. Cajeteo y acolchado en la tecnología de árboles intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de La Puebla, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.



Figura 10. Protección de árboles frutales recién plantados entre cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Los frutales adultos se les podan las ramas bajas para conformar su copa y se les aplica un sellador en los cortes para evitar enfermedades, las ramas restantes son separadas con la ayuda de trozos de madera, a fin de favorecer la entrada de luz. Después del periodo de crecimiento de nuevos brotes las ramas se podan a una longitud de una “cuarta” a partir de la base, para incrementar la producción, esto se lleva acabo en la etapa de dormancia, ésta varia de acuerdo al lugar y la especie, particularmente para el manzano en la comunidad de Tesahuapa se recomienda la poda entre los meses de diciembre y enero, después de esto los tallos se pintan con cal para evitar la incidencia de plagas (Figuras 11 y 12). Según Wilhelm (1995) entre más severa sea la poda de ramaje, más se favorece el rebrote. El aire y la luz deben tener libre acceso al interior de la copa por todas partes, por ello es preciso efectuar un fuerte aclarado, con ello la siguiente fructificación será de una mejor calidad. Para el tratamiento de las heridas de corte en árboles existen sustancias cicatrizantes, como resina y ceras y tintura para heridas con el objetivo de no solo preservar los tejidos desprotegidos de su secamiento, agentes patógenos y animales dañinos sino también favorece la formación del labio cicatrizante.



Figura 11. Técnica de apertura de ramas en árboles de manzana (*Malus domestica*), intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.



Figura 12. Poda de fructificación en árboles de manzana (*Malus domestica*) intercalados en cultivos permanentes en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.3.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN.

Básicamente toda la producción de esta tecnología es frutal, los productos se cosechan de forma manual trepando directamente a los árboles o utilizando “garrochas” desde el piso, el consumo se da en forma de frutos, ensaladas, aguas frescas y conservas.

La época de la cosecha principal de la zarzamora comprende los meses de marzo a junio, presentándose eventualmente la posibilidad de una cosecha menor los siguientes meses hasta septiembre; los frutos se colectan cada ocho días y se venden a empresas elaboradoras de vino instaladas en la región, alcanzando un valor de \$10.00/Kg de acuerdo con información de los productores durante el año próximo anterior. Durante la temporada de mayor producción una parte se destina para el autoconsumo y lo demás se vende en los mercados más cercanos a las comunidades, en forma de fritillo. De acuerdo a Becerra-Luna *et al.*, (2004), en México la zarzamora (*Rubus spp.*) es considerada un fruto exótico con alto valor comercial, poco cultivada. Sus usos van desde su consumo en fresco hasta el empleo de la industria para la elaboración de jugos, mermeladas y vinos. También se emplean algunas sustancias extraídas del fruto en la industria cosmética.

5.4. ÁRBOLES INTERCALADOS EN CULTIVOS ANUALES

5.4.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Este sistema es muy importante para los pequeños propietarios ya que en una superficie menor a una hectárea pueden cultivar productos básicos para su alimentación: maíz, avena, cebada, frijol y habas, así como forraje para sus animales, y al mismo tiempo tener un ingreso extra de otras especies utilizadas en esta tecnología.

5.4.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La distribución de las especies arbóreas, principalmente frutales es de forma lineal a una distancia de dos metros entre si, y a una separación entre hileras de árboles de cinco metros o más quedando el cultivo anual entre ésta, las especies arbóreas más utilizadas son manzano (*Malus domestica*), ciruelo (*Prunus domestica*), durazno (*Prunus persica*), ocote (*Pinus greggii*) y maguey (*Agave salmiana*). En total se encontraron cinco especies de árboles en la zona de estudio (Cuadro 4), predominando las frutales, su manejo esta enfocado a incrementar la producción de frutos porque también es importante la obtención de subproductos como los residuos de la poda que se incorporan al suelo como abono, y las ramas gruesas que son aprovechadas como leña. Los árboles se podan periódicamente para evitar que se produzca sombrear a los cultivos. Wilken (1977) menciona el uso de mezquite (*prosopis spp.*) y huaje (*Leucaena esculenta*) en asociación con maíz y especies como el frijol en México. De

acuerdo a Montagnini (1992) esta tecnología arroja mejores resultados cuando emplean árboles y arbustos fijadores de nitrógeno intercalados en franjas con los cultivos.

Cuadro 4. Especies utilizadas en la tecnología de árboles intercalados en cultivos anuales en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia
Manzana	<i>Malus domestica</i>	2
Durazno	<i>Prunus persica</i>	2
Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>	2
maguey	<i>Agave salmiana</i>	2
Ocote	<i>Pinus greggii</i>	1

5.4.2.1. PERFIL FISONÓMICO

Fisonómicamente los árboles intercalados en los cultivos anuales se encuentran en hileras intercaladas en todo el terreno. En esta tecnología se pueden encontrar desde una especie hasta tres en la misma parcela, las especies arbóreas que más se asocian con los cultivos anuales son los frutales por sus características similares en cuanto a tamaño y uso; el ocote (*Pinus greggii*) al igual que el maguey (*Agave salmiana*) generalmente se encuentran solos en hileras (Figura 13).



Figura 13. Manzanos intercalados con cultivos anuales (avena y haba) en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.4.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA

5.4.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

a) Barbecho

Este se realiza con implementos agrícolas de tracción animal o mecánica, dependiendo del terreno y de las posibilidades económicas del productor; consiste en la remoción del suelo con el objetivo de romper las capas endurecidas y exponer los microorganismos patógenos a los rayos solares. De acuerdo a Sánchez (1979) la función principal de barbecho es, mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo así como limitar el crecimiento de las poblaciones de plagas y malezas, de tal manera que se generan condiciones adecuadas para el establecimiento de cultivos anuales.

b) Rastra

La rastra consiste en mejorar la estructura del suelo, eliminando terrones y acondicionando una buena cama de germinación para la semilla que serán sembradas posteriormente.

c) Siembra.

El surcado se hace con la ayuda de tracción animal y la siembra se realiza de forma manual utilizando una pala, los espaciamientos son de 50 a 70 cm entre hileras y plantas, la época de siembra varía de marzo a mayo dependiendo de las primeras lluvias del año, si la parcela cuenta con riego la siembra se realiza en marzo para que se obtenga producción antes del periodo invernal. Los árboles se plantan directamente en hileras a una distancia de 2 m entre plantas y a 5 ó más metros entre hileras.

b) Labores de cultivo.

Se realizan *deshierbes* en la época de lluvias en forma manual, con ayuda de instrumentos agrícolas, o bien se emplean herbicidas para el control de malezas, también se *abona* con estiércol, composta o abonos químicos.

Generalmente se realizan tres trabajos: la *labra* consiste en pasarle en los surcos la cultivadora con las espadas chicas, la *escarda* se pasa la cultivadora con las espadas grandes ya que la milpa está más grande y la *segundada* consiste en pasarle el arado de dos alas con el objetivo de aterrizar a las plantas de maíz.



Figura 14. Preparación del terreno para la siembra de cultivos anuales intercalados con ocote (*Pinus greggii*) en la comunidad de San Miguel, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

f) Manejo de los árboles y arbustos

En el caso de los árboles frutales se les realizan podas, fertilizaciones (preferentemente con estiércol) y control de plagas, con insecticidas caseros. En el caso del maguey (*Agave salmiana*) se le cortan las pencas de la base para favorecer su desarrollo, así mismo se libera espacio para el crecimiento de nuevos magueyes. El ocote (*pinus greggii*) es podado en las ramas bajas para formar un fuste recto y libre de nudos. Las ramas más pequeñas y el follaje se incorporan al suelo como abono verde, y las ramas gruesas las emplean como leña. Le aplican deshierbe a toda la hilera para controlar las especies no deseadas (Figura 15).



Figura 15. Poda del maguey (*Agave salmiana*).

5.4.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN

Los productos que se obtienen son forrajes, granos y frutos que se cosechan manualmente. En el caso de los cultivos anuales el forraje es consumido por los animales, los granos se almacenan para consumo familiar y si la cosecha es muy abundante se comercializa en el mercado del Municipio.

De los árboles se obtiene leña y frutos, los cuales se cosechan trepando a los árboles o con ayuda de una garrocha, el destino de la producción es similar al de los cultivos agrícolas.

En el caso del maguey se obtiene el aguamiel para la elaboración del pulque, pencas para la preparación de barbacoa, y productos de consumo estacional como la inflorescencia del maguey llamada (quiote o gualumbo), y en la época de lluvias chinicuiles, chicharas y hongos comestibles (Figura 16).



Figura 16. Aprovechamiento de pencas de maguey (*Agave salmiana*) para la preparación de barbacoa.

5.5. TECNOLOGÍA DE BARRERAS ROMPEVIENTOS

5.5.1. IMPORTANCIA ECONOMICA Y SOCIAL

Los sistemas agroforestales practicados en forma tradicional en la zona de estudio son muy importantes ya que constituyen un complemento económico y alimenticio, en el caso de las cortinas rompevientos, además de que son económicas son muy durables lo que asegura la protección de cultivos por un largo periodo de tiempo, asimismo ofrece beneficios como sombra, y

productos de abastecimiento para las fincas como son leña, postes y madera. Según Salazar y Domínguez (1996) las cortinas rompevientos son una inversión para el productor agropecuario, porque protegen los cultivos, ganado y suelo, y mejoran el ambiente a través de los servicios que brinda, ya que disminuyen la erosión eólica, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca y brindan abrigo, alimento y sombra a fauna silvestre.

5.5.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La barrera rompevientos consiste en una o varias hileras de árboles y arbustos plantados a cortas distancias, con la finalidad de establecer una barrera que disminuya la fuerza del viento, cubriendo todo el perímetro para una mayor protección. De acuerdo a Nair (1997) en esta tecnología lo que más interesa es el cultivo, por lo cual se utilizan árboles y arbustos de rápido crecimiento, con gran capacidad de rebrote, copa ancha, ramificados desde la base, preferentemente perennifolios. Las barreras se establecen del lado donde inciden los vientos dominantes en la zona, de acuerdo con Salazar y Domínguez (1996), alguna de estas especies deben tolerar condiciones de sombra y sobrepoblación, tal es el caso del cedro blanco (*Cupressus spp.*) y el Enebro (*Juniperus spp.*) en la zona de estudio.

En el lugar se presenta una variedad de tamaños, formas, combinaciones y espaciamientos de las cortinas rompevientos, ya que se encontraron desde una hasta siete especies diferentes; las especies más utilizadas son capulín (*Prunus serotina*), tejocote (*Crataegus mexicana*) cedro

blanco (*Cupressus lusitanica*) y eucalipto (*Eucalyptus globulos*), como se muestra en el (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies utilizadas en la tecnología de barrera rompevientos en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia
Capulín	<i>Prunus serotina</i>	4
Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	4
Ocote	<i>Pinus greggii</i>	3
Cedro blanco	<i>Cupressus lusitanica</i>	4
Enebro	<i>Juniperus flaccida</i>	3
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	3
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulos</i>	4

Fisonómicamente las cortinas rompevientos se presentan de diversas formas, algunas constituidas por una sola especie y un solo estrato, formados con árboles ocote (*Pinus greggii*) y el cedro blanco (*Cupressus lusitanica*), en el 90% de los casos se encontraron combinaciones de las especies antes mencionadas formando tres estratos: bajo (de 0 a 8m), medio (va de 8 a 16m) y alto (de 16m en adelante).

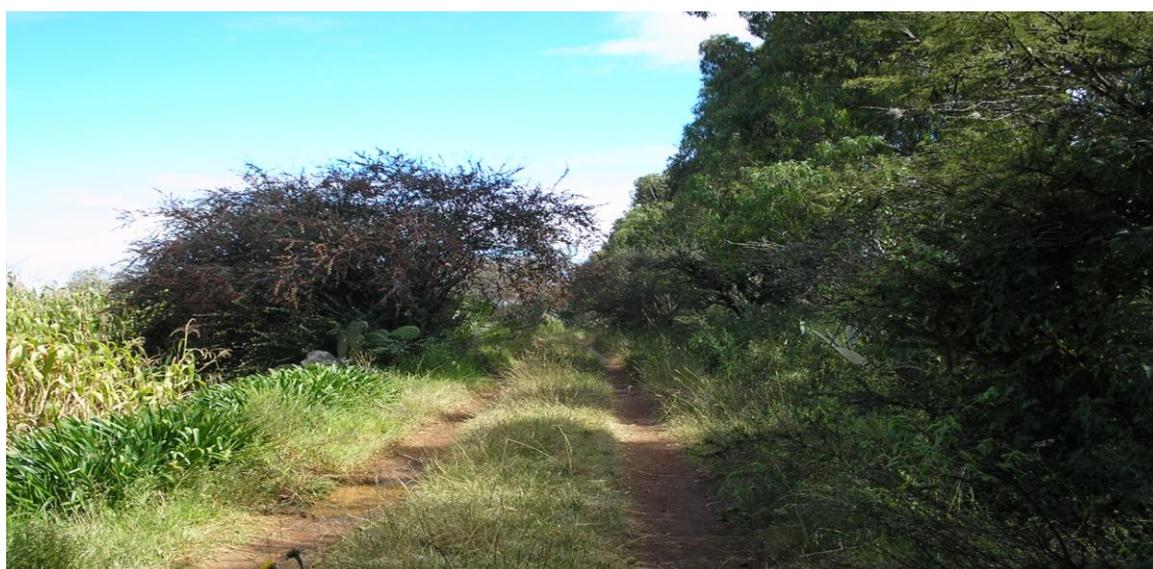


Figura 17. Cortina rompevientos protegiendo un cultivo de maíz en la comunidad Los Sabinos, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.5.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA

5.5.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

El establecimiento de las cortinas rompevientos se hace a medida que se adquieren las plantas, ya sea por compra o por donación de los viveros oficiales, o bien a través programas de reforestación. Se colocan cepas de 40 x 40 x 40 cm a corta distancia durante la época de lluvias. En la zona de estudio también se presenta la germinación de diferentes especies, debida a la dispersión de semillas por la fauna silvestre y animales domésticos, estas plantas se dejan para que formen parte de la cortina.

Como parte del manejo se practican deshierbes en la hilera de árboles para eliminar la maleza, esto se hace durante la época de lluvia que es cuando más crecen las especies herbáceas. En presencia de enfermedades o plagas, dependiendo del grado de infestación, se cortan las partes afectadas y si es necesario se elimina el árbol completo; las ramas delgadas las utilizan como leña y el fuste y las ramas más gruesas las utilizan como postes o madera para la construcción.

5.5.3. COSECHA Y FUNCIONES

Los frutales se cosechan manualmente trepando al árbol o con ayuda de una garrocha como en el caso del tejocote (*Crataegus mexicana*) que es la única especie que fructifica en noviembre y diciembre, por lo cual es muy

apreciado por los productores. Las demás especies tienen diferentes usos como son leña, postes y madera. Además de los servicios ambientales como son, infiltración de agua y recarga de los mantos acuíferos, disminuyen la erosión, abrigo y alimento para la fauna silvestre.

5.6. TECNOLOGÍA DE ÁRBOLES DISPERSOS EN PRADERAS

5.6.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

En esta tecnología lo primordial es el pastizal ya que las áreas donde se practica son básicas para mantener el ganado la mayor parte del año; se caracteriza porque coexisten en forma simultánea pastos y árboles de especies forestales multiuso que se regeneran en forma natural, en la mayoría de los casos.

El origen de esta técnica no es casual ya que el productor elimina la vegetación original teniendo cuidado de dejar los árboles de su interés. Las especies multiuso son aquellas de las que se obtienen varios beneficios como sombra para el ganado, forraje, leña, postes y madera. Existe la tendencia a expandir esta tecnología debido a que ha sido una de las alternativas para generar recursos económicos a corto, mediano y largo plazo. Este sistema se practica desde pequeñas extensiones de una hectárea hasta verdaderos potreros ganaderos.

En la zona de estudio esta tecnología se emplea para la cría de ganado ovino principalmente. El número de especies que utilizan es bajo aunque cabe mencionar que son fijadoras de nitrógeno y productoras de forraje y leña, por lo que son muy apreciadas por los agricultores. Sin embargo, en un estudio realizado por Medrano (1992) en Escárcega, Campeche, la tecnología se aplica principalmente a la cría extensiva del ganado vacuno, lo anterior coincide con lo expresado por Montagnini (1992) quienes mencionan que en esta tecnología el principal objetivo es la ganadería y en forma secundaria se pueden obtener otros productos. Los animales se alimentan con hierbas, hojas, frutos, corteza y otras partes de los árboles, con pastos que crecen bajo los árboles o en forma natural o con pasturas, si éstas se siembran bajo los mismos.

5.6.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

La distribución de los árboles en el terreno es en grupos, manchones o dispersos totalmente en toda la superficie. El componente arbóreo generalmente se encuentra en el sitio antes de que la vegetación original fuera intervenida, extrayendo árboles para obtener madera, leña, postes y carbón; al extraer estos árboles se dio lugar al crecimiento de pastos nativos y a la vez se introdujeron otros por semilla o plantando el pasto en pequeños grupos llamados “matones”, de tal forma que se distribuyera de forma homogénea, lo que permite el pastoreo de ganado bovino y ovino, bajo los árboles. Las especies de árboles más utilizadas son el encino (*Quercus spp.*), el huizache (*Acacia farnesiana*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*), los dos últimos tienen la característica de fijar nitrógeno ya que la raíz aloja colonias de bacterias que se

encarga de realizar esta función (Cuadro 6). De acuerdo con Musálem (2001), en el trópico mexicano se cortan parcelas de bosques para destinarlas a la ganadería dejando en pie árboles valiosos tales como cedro rojo (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y guayaba (*Psidium guajava*) los cuales son utilizados para sombra y refugio del ganado, además de aprovechar la leña y madera.

Cuadro 6. Especies utilizadas en la tecnología de árboles dispersos en praderas en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia
Huisache	<i>Acacia farnesiana</i>	4
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	3
Encino	<i>Quercus spp.</i>	4
Cedro blanco	<i>Cupressus lusitánica</i>	2
Tepozan	<i>Buddleja lanceolata</i>	1

Fisonómicamente en la zona de estudio, los árboles asociados con pastos se hayan distribuidos en tres estratos: alto, medio y bajo; el alto esta conformado por encinos y cedro blanco, el mediano por el huisache, mezquite y tepozan, y el más bajo por el rebrote de los encinos.

5.6.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

5.6.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

El establecimiento de la tecnología consiste en la eliminación de especies forestales indeseables, dejando únicamente las que proporcionen sombra, follaje y frutos comestibles para el ganado, así como las productoras de madera y leña de buena calidad, las labores que incluye son:

a) Desmonte.

Esta labor consiste en rozar la vegetación del estrato bajo y tumbar la vegetación indeseable del estrato medio y alto, se inicia desde el mes de enero para poder quemarla en la temporada seca.

b) Barbecho

El barbecho se realiza con el objetivo de remover los estratos del suelo, lo más usual es hacerlo con implementos de tracción animal debido a la topografía accidentada del terreno.

b) Siembra.

La época de siembra del pasto está determinada por la presencia de lluvias, generalmente se realiza en julio. Se esparce la semilla en todo el terreno o se planta el pasto en grupos de plantas llamados “matones”, a una distancia propuesta por el productor, esto depende de la cantidad de “matones” con los que se cuenta estos se obtienen de áreas con pasto ya establecidas.

c) Manejo

Las labores que se realizan son deshierbes en la época de lluvias, realizadas en forma manual. El manejo que se realiza a los árboles del potrero es de sanidad en caso de plagas y enfermedades, si el grado de infestación es bajo se extraen las partes dañadas y si éste es severo se extrae todo el árbol, aprovechándolo para leña, postes y en ocasiones para madera aserrada.

5.6.4. FORMAS DE APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN

Los productos que se obtienen son principalmente forrajes, ya que el pasto se aprovecha directamente para la alimentación del ganado bovino y ovino. Los terrenos con mayor extensión de pastos se seccionan con la finalidad de hacer una rotación adecuada del ganado, de tal forma que el alimento no se agote y sea aprovechado al máximo.

De los árboles se obtienen postes, leña, madera, sombra, forrajes y frutos. El huizache (*Acacia farnesiana*) está presente en todas las praderas ya que se adapta fácilmente a los suelos pobres, fija nitrógeno proporcionando fertilizante para el crecimiento del pasto, su leña es un excelente combustible, y su fruto es forrajero. El mezquite (*Prosopis laevigata*) fija nitrógeno de la atmósfera, sirve como forrajero para todo tipo de ganado, su leña es excelente como combustible, y es muy apreciado por los apicultores ya que el néctar de sus flores produce miel de alta calidad. El encino (*Quercus spp.*) también se encuentra en todas las praderas, es muy valorado por la alta calidad de su leña, su sombra y la cantidad de hojarasca que aporta al suelo. En todos los casos los árboles ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca (Figura 18).



Figura 18. Árboles de huizache (*Acacia farnesiana*) dispersos en praderas en la comunidad de Tesahuapa, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.6.5. PROBLEMÁTICA

Un problema de esta tecnología en la región es el sobrepastoreo que generan daños a la cubierta vegetal y a los árboles, por ramoneo, además de erosión, esto por el exceso de animales en superficies pequeñas. Lo anterior coincide con lo expresado por Toutain (1986) en regiones semiáridas, el ramoneo por el ganado vacuno, cabras y ovejas, constituyen la única forma de alimento para los animales. En estos casos la carga animal es bastante reducida y el sobre pastoreo, unido a las sequías, limitan fuertemente la productividad de este sistema, causando problemas al suelo y a la vegetación.

5.7. ÁRBOLES EN LINDERO

5.7.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Esta tecnología es utilizada para identificar los límites de las parcelas así como utilizar los fustes de los árboles como postes para el cercado, es muy importante en la zona de estudio ya que los cercados deben ser duraderos. Las especies que se utilizan son apreciadas por su madera, para la construcción de muebles de alta calidad, además los frutos de algunas especies como el nogal, generan un ingreso económico adicional.

5.7.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Los árboles en lindero por lo general se encuentran combinados con postes de madera, lo que permite establecer un cercado más duradero, en esta tecnología las especies más utilizadas son: cipres (*Cupressus sempervirens*), cedro blanco (*Cupressus lusitanica*), enebro (*Juniperus flaccida*), nogal (*Juglans pyriformis*) y ocote (*Pinus Montezumae*) (Figura 19).



Figura 19. Árboles de cipres (*Cupressus sempervirens*) en lindero en la comunidad de Cantarranas, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

5.7.3. DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA

5.7.3.1. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

Se adquieren las plantas por compra o donación y se plantan en épocas de lluvia en cepas de 40 x 40 x 40 cm. También se aprovechan las plantas de semillas que germinan en el sitio, dispersadas por la fauna.

Se practican podas para favorecer el crecimiento de los árboles y obtener fustes rectos y limpios, propios para el cercado, y en un futuro madera de calidad libre de nudos.

5.7.4. APROVECHAMIENTO Y FUNCIÓN

Las podas se realizan manualmente con hacha y machete utilizando las ramas cortadas para leña y postes. Los frutos del nogal (*Juglans pyriformis*) se cosechan manualmente trepando al árbol, o bien se sacuden las ramas para luego ser recogidos del suelo, los frutos se encostalan y se llevan a la vivienda para ser limpiados con una maquina, el endocarpio del fruto se utiliza como materia orgánica para la producción de cultivos agrícolas como calabazas y chilacayotes, la cosecha de estos satisface el autoconsumo y la venta en mercados del Municipio (Figura 20).



Figura 20. Producción de calabaza utilizando los residuos de la nuez como materia orgánica, en la comunidad El Contadero, Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo.

En la zona del presente estudio la mayoría de especies utilizadas como árboles de uso múltiple son nativas, aunque en los últimos años los gobiernos estatal y municipal, por medio de programas de reforestación, han introducido especies exóticas que tienden a desplazar a las nativas, tal es el caso del ocote (*Pinus patula*). Sin embargo la introducción de especies en si mismo no es negativa, ya que cuando se trata de una especie multiuso con buenas características morfológicas, que se adapta fácilmente a la región, y cuya interacción con otras especies locales es positiva, la productividad puede aumentar considerablemente (Musálem, 2001).

En la zona del presente estudio el manejo que se le da a las especies es de acuerdo a la función que cumplen en cada tecnología, aprovechando la producción de las especies, así como los residuos de las podas; sin embargo, Gómez (1988) menciona que en los sistemas agroforestales del valle de Tecoman, Colima, se utiliza una gran variedad de especies multiuso, con un manejo muy deficiente, ya que las labores que se realizan están enfocadas sólo a un componente destruyendo la vegetación natural para introducir especies exóticas.

6. CONCLUSIONES

En las tecnologías agroforestales que se practican en el Municipio de Atotonilco El Grande, Hgo., los árboles son los elementos vegetales más utilizados (41.9%), seguidos de las especies herbáceas (32.5%) y de las arbustivas (25.6%).

La mayoría de las especies utilizadas en las tecnologías agroforestales de la zona de estudio son de uso múltiple, lo que propicia un aprovechamiento de diferentes productos durante todo el año, aunque la mayor producción y generación de ingresos económicos ocurre en el verano.

Los organismos vegetales son elementos que proveen servicios ambientales al ecosistema, tales como hábitat y alimento para la fauna silvestre, retención del suelo, recarga de los mantos acuíferos e incremento de la diversidad biológica del lugar, entre otros.

Los Sistemas Agroforestales cubren una mayor superficie espacial ya que ocupan diferentes estratos en sentido horizontal y vertical, lo que condiciona que su manejo sea de tipo rudimentario (manual), por lo que requieren mayor cantidad de mano de obra, capacitación y tiempo. Además, sus costos de producción son mayores.

La tecnología de Huerto Casero es la más difundida en el área de estudio, además, cuenta con la mayor cantidad y diversidad de especies, siendo las herbáceas de uso medicinal las más abundantes (63.6%), seguidas por las condimenticias, ornamentales y frutales. Las mujeres son quienes principalmente realizan el manejo de estas unidades de producción y quienes poseen un valioso conocimiento de los usos y aprovechamiento de las especies.

7. RECOMENDACIONES

La actividad agroforestal en la zona debe plantearse desde un nivel inferior, a través de parcelas demostrativas con la participación de productores, investigadores e instituciones de desarrollo, para aprovechar al máximo la experiencia y conocimiento de estos en la generación de alternativas de producción para las comunidades rurales.

Realizar estudios fenológicos de las especies de uso múltiple más utilizadas en los Sistemas Agroforestales de la región, para su incorporación en las tecnologías apropiadas.

La adecuada selección de especies para las tecnologías agroforestales, a través de estudios ecológicos y florísticos, asegurará su establecimiento y el éxito en la producción de estos sistemas.

Es necesario implementar programas de seguimiento y evaluación de los sistemas agroforestales, ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento de estos.

8. LITERATURA CITADA

- Arévalo V, P. 1999. Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 109 p.
- Baudry, J. 2003. Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes: do farming activities help? *Landscape ecology* 18:303-314.
- Becerra-Luna *et al.* 2004. Área demostrativa de sistemas agroforestales en Atotonilco el Grande, Hidalgo. Núm 10. 29 p.
- Becerra-Luna, F; Vélez I, A; Pérez C, J. 2006. Practicas Agroforestales Apropriadas para la Micro- Cuenca del Rió San Juan Amajac, Hidalgo. Campo experimental Pachuca – INIFAP. 20 p.
- Budowski, G. 1979. Proyectos agroforestales nacionales bilaterales y multilaterales en Centro y Sudamérica. In: conferencia sobre la capacitación internacional en agrosilvicultura. T. Chandley y D. Spurgeon. (Eds.) Kenya. ICRAF. IDE. 425 p.
- Budowski, G. 19987. Living fences: a widespread agroforestry practice in Central America. In Gholz, H.L. (Ed.) *Agroforestry: realities, possibilities and potenciales*. Dordrecht, The Netherlands. Nijhoff. pp 169-178.
- Budowski, G. 1993. Agroforestería: Una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forestal Centroamericana*. CATIE. Costa Rica. pp.14-18.
- Burley, J; V, Carlowitz. P. 1984. Multipurpose tree germplasm workshop. *Proceedings*, Washington. 298 p.
- Byington, E, K. 1990. Agroforestry in the Temperate Zone. In Macdicken, K; Vergara, N. *Agroforestry (Ed.) Classification and Management*. Ed. Wiley & Sons. New York. USA. pp 228-289.
- CATIE. 1993. Curso Internacional “Desarrollo de Sistemas Agroforestales”. Documento JINCA. Costa Rica. 210 p.
- Espejel. E. C, R. 1993. Los huertos familiares como sistemas agroforestales en la comunidad de San Juan Epatlán, Puebla. Tesis Lic. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- FAO. 1993. *Guidelines for land – use planning*. Italia. 102 p.

- FAO. 2005. Situación de los bosques del mundo: Beneficios económicos de la agrosilvicultura experiencias, enseñanzas y dificultades. Parte II. pp. 88-109.
- Farell, G, J; M, Altierí A. 2006. Sistemas Agroforestales (en línea). Consultado el 5 enero de 2006. Disponible en: [bae57.htm](#).
- Forman, R. T. T. 1989. Ecologically sustainable landscapes: The role of spatial configuration. In: Zonneveld, I; Forman, R. .T. T. (Eds.). Changing landscapes: an ecological perspectiva. NY, Springer-Verlag. P 261-277.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Segunda edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 246 p.
- Gómez, G, R. 1988. Los sistemas agroforestales del Valle de Tecoman, Colima- Coahuayana, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 184 p.
- Hart, R. 1985. Agroecosistemas: conceptos básicos. CATIE, Costa Rica. 160 P.
- Huxley, P, A. 1983. Plant research in agroforestry. Proceedings of consultative meeting. ICRAF. Kenya. 617 p.
- Ibrahim, M; D, Pezo. 1999. Sistemas silvopastoriles. CATIE, Costa Rica. 275 p.
- ICRAF. 1997. Redefinnig Agroforestry-an opening Pandora's box? Agroforestry Today. Vol 9 N° 1. 5 p.
- INEGI. 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 100 p.
- INEGI. 1997 Cuaderno Estadístico Municipal. Atotonilco el Grande, Hidalgo. INEGI. Mexico. s/p.
- INEGI. 2002. Anuario estadístico del estado de Hidalgo del año 2001. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. pp 4-751.
- King, K. F, S. 1968. Agro-Silviculture. Department of Forestry, University of Ibadan, Nigeria. Bulletin No. 1. 109 p.
- Krishnamurthy, L; M. Ávila. 1999. Agroforestería Básica. PNUMA. México. 340 p.
- Lageman, J; Heuvellop, J. 1982. Characterization and evaluation of agroforestry Systems: The case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. Agroforestry Systems 1(2): 101-115.

- López T, G. 2008. Sistemas Agroforestales. Colegio de postgraduados – campus Puebla. México. 8 p.
- Mateo, S. J, J, 1997. Efecto del AIB y temperatura del sustrato en la formación de raíces adventicias en cinco especies de coníferas ornamentales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México. 80 p.
- Medina, A. L. 1996. The Santa Rita Experimental Range: History and annotated bibliography (1903-1988). USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Ft. Collins, CO. Gen. Tech. Rep. RM-GTR276. 257p.
- Medrano F, H. 1992. Estudio de los sistemas agroforestales del Municipio de Escárcega, Campeche. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- Montagnini., F. 1992. Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos. CATIE. Costa Rica. 270 p.
- Musálem, M. A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 120 p.
- Musálem, M. A. 2002. Sistemas agroforestales: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano, Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. VIII (2): 92-159. México.
- Nair R, P. K. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 p.
- NAS. 1980. Firewood crops: Shrub and tree especies for energy production. Advisory Committee on Thehnology Innovation (BOSTID). Washington, D. C., National Academy Press. USA. 92 p.
- Naveh, Z. 1998. Ecological and cultural restoration and the cultural evolution towards a post-industrial symbiosis between human society and nature. Restoration Ecology 6(2): p135-143.
- Ospina A, A. 2003. Agroforestería: Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal, Santiago de Cali, Colombia. 238 p.
- Poulsen. 1979. Integrating agriculture and forestry. Perth, Australia. 238 p.
- Preisig, A; Espinoza. H. 1998. Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas. Revista Agroforestería en las Américas, Vol.5 No.20. (En línea) consultado el 15 de Junio. Disponible en. [bae64.htm](#).

- Prem, H. J. 1988. Milpa y hacienda tenencia de la tierra indígena y española en la Cuenca del Alto Atoyac (1520-1650). Fondo de Cultura Económica. México. pp. 8-18.
- Richard, P. W. 1952. The tropical rain forest, an ecological study. Cambridge University press. USA. 450 p.
- Salazar G, G; F A, Domínguez, A. 1996. Manual para el establecimiento y manejo de cortinas rompevientos. INIFAP. Centro de investigación regional del golfo centro campo experimental Xalapa. Xalapa, Veracruz, México. 44 p.
- Sanchez P, A. 1979. Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. In H. Moggi; P. A. Huxley; D. Spurgeon (Eds.). Soils Research in Agroforestry. Proceedings of an expert consultation. Kenya, ICRAF. pp. 79-124.
- SEDESOL. 2001. Dirección General de Planeación. Municipios de Hidalgo. 46 p.
- Soemarwoto, O. 1987. Homegardens: a traditional agroforestry system with a promising future. In: H. A. Steppeler; P. K. R. Nair (eds) Agroforestry. A decade of development. Kenya, ICRAF. pp. 157-170
- Schroth, G. 2004. Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in tropical landset. In: Schroth, G; Fonseca, G; Harvey, C; Gascon, C. (Eds). Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscape. US, Island Press. pp. 1-12.
- Smith J; Scherr, S. J. 2002. Forest carbon and local livelihoods: assessment of opportunities and policy recommendations. CIFOR Occasional Paper No. 37. Indonesia. S/p.
- Torquebiau, E. 1993. Conceptos de agroforestería: una introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapigto, México. 92 p.
- Torres, M; Paz, K. 2006. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado boletín electrónico No 2. Rafael Landivar. Guatemala. Pp 1-13.
- Toutain, B. 1986. Recent vegetation changes and degradation in some Sahelian pastoral ecosystems of western Africa. In: Rangelands: a resource under siege. Proceedings of the 2nd. International Rangeland Congress, Australian Academy of Science. pp. 73-74.

Uribe, G. M. 1999. Caracterización Agronómica y Evaluación Socioeconómica del Sistema Tradicional Agroforestal café-platano-citricos en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 179 p.

Wilken. 1977. Agroforestry: classification and management. USA. 382 p.

Wilhelm, P. G. 1995. Consejos prácticos para la poda de frutales. España. 136 p.

9. ANEXO

Anexo 1. ENCUESTA PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE SISTEMAS AGROFORESTALES

Objetivo: Recabar información necesaria que permita caracterizar y tipificar las tecnologías agroforestales existentes en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo., con fines de investigación.

I. DATOS GENERALES

No. de Cuestionario _____
Fecha _____ Lugar _____
Nombre del productor: _____ Edad _____

II. CRITERIOS DE IDENTIFICACION

Criterio Socioeconómico.

2.1. Propiedad de la tierra

2.1.1. ¿Cuál es la superficie total (ha) de su unidad de producción? _____

2.1.2. Tipo de tenencia:

Privada _____ Ejidal _____ Arriendo _____ A
medias _____ Otra _____ ¿cuál? _____

2.1.2.1. Cuánto de su terreno es de:

a) Temporal _____ ha

b) Riego _____ ha

2.1.3. Topografía o forma del terreno.

a) Plano _____

b) Ondulado _____

c) Ladera _____

d) Otro (especificar) _____

2.2. ¿Qué es lo que siembra? _____

2.2.1. ¿Dónde lo siembra?

2.2.1.1. Sólo en el terreno y cada ciclo agrícola: _____ especificar si en otra área del total de su terreno siembra otro cultivo _____

2.2.2.2. Con otro cultivo o especie p.ej. árboles (especificar): _____

2.2.2.3. Tiene árboles plantados alrededor de su parcela: _____

Nota: Pueden aplicar las tres, si afirma solo tener un monocultivo aquí termina la encuesta, en caso contrario pasar a la pregunta 2.3.

2.3. ¿Además de trabajar en su propiedad desempeña usted otro trabajo? ()
Sí = 1, no = 2

En caso de Si, cuál: Asalariado fijo (_____) Asalariado Eventual
(_____) Negocio particular (_____) Otra
(_____)

2.3.1. ¿Podría mencionar a cuanto asciende su salario por otras actividades al mes? \$_____

2.3.2. ¿A cuanto asciende el ingreso que obtiene de su unidad de producción por ciclo/anual (especificar si es anual o por ciclo) \$_____

2.3.3. El ingreso que obtiene por la venta de productos de la unidad de producción de que actividad provienen en porcentaje:

Agrícola_____ Pecuario_____ Forestal_____ (Si se mezclan especificar)

2.3.3. Considera que los ingresos que obtiene de las actividades agropecuarias y forestales ¿son suficientes para satisfacer sus necesidades de (numerar por orden de importancia):

- a) De gastos de la casa y de la familia _____
- b) De los costos de producción _____
- c) Ambos _____

2.4. ¿Su familia esta integrada por (incluido el entrevistado)?

- a) 1 - 4 integrantes: N° niños _____ N° de adultos _____
- b) 5 – 9 integrantes: N° niños _____ N° de adultos _____
- c) 10 – 14 integrantes: N° niños _____ N° de adultos _____
- d) > 14 integrantes: N° niños _____ N° de adultos _____

2.4.1. ¿Cuántos trabajan de tiempo completo con usted-familiares? _____

2.4.2. ¿Cuántos temporalmente? _____

2.4.3. ¿Cuántas gente trabajan permanentemente con usted-jornaleros? _____ (especificar cuantas horas diarias _____)

2.4.4. ¿Cuántos temporalmente? _____ y en que temporadas _____

2.5. Nivel de educación. Del total de su familia: Cuantos estudiaron:

- a) Primaria _____
- b) Secundaria _____
- c) Preparatoria o equivalente _____
- d) Profesional _____
- e) Otro (especificar) _____

2.6. ¿Quién toma las decisiones para el manejo de la unidad de producción?

- a) Todos en consenso _____

- b) Solo un miembro de la familia ¿quién?_____
- c) Otro (especificar)_____

2.7. La fuente o saber del conocimiento en el manejo de la unidad de producción, proviene de:

- a) Conocimiento heredado_____
- b) Conocimiento de otros miembros de la localidad (vecinos)_____
- c) Conocimiento de otros miembros de la familia (hermanos, tíos, primos, etc.)_____
- d) Capacitación_____ por parte de quien_____ y en qué temas_____
- e) Asistencia técnica_____ por parte de quien_____ y en qué temas_____
- f) Otro (especificar) _____

Criterio Estructural

2.8. Su vivienda es de:

- a) madera_____
- b) ladrillo-cemento_____
- c) barro_____

2.9 ¿Cuál es la fuente de energía que utiliza en su hogar?

- a) Energía eléctrica_____
- b) Gas butano_____
- c) Leña_____
- d) Otra (especificar)_____

2.10. Tipos de componentes

a) Componente Vegetal leñoso

Concepto	Usos/Productos
Árboles forestales:	
Árboles frutales:	
Arbustos:	
Otros:	

b) Componente vegetal no leñoso

Concepto	Productos obtenidos
Cultivos agrícolas transitorios[¶]:	
Cultivos agrícolas semipermanentes^ψ:	

[¶]maíz, granos, pastos, hortalizas, aromáticos, hongos comestibles, etc.

^ψcaña de azúcar, alfalfa (período vegetativo hasta 5 años).

c) Componente animal

Vertebrados^o	Usos /Productos	Invertebrados^s	Usos /Productos

^oMamíferos (vacas borregos, caballos, cerdos, conejos, etc.) y aves (gallinas, guajolotes, pato, etc.).

^sInsectos (abejas, hormiga, etc.).

2.11. Infraestructura con la que cuenta en la unidad de producción:

a) Maquinaria y equipo

No.	Maquinaria, equipos e implementos agropecuarios	SI	NO	¿Cuánto hace que lo compro?
1	Tractor	1	2	
2	Trilladora o combinada	1	2	
3	Implementos agrícolas	1	2	
4	Equipo de aspersión	1	2	
5	Desgranadora	1	2	
6	Picadora	1	2	
7	Molino de martillos	1	2	
8	Ordeñadora	1	2	
9	Báscula	1	2	
10	Mezcladora de alimentos	1	2	
11	Remolque	1	2	
12	Camioneta	1	2	
13	Camión	1	2	
14	Otra (Indique)	1	2	

b) Construcciones o instalaciones

No.	Construcciones e instalaciones	SI	NO	¿Cuánto hace que lo compro?
1	Bodega, galera o almacenes	1	2	
2	Invernaderos	1	2	
3	Area techada para protección del ganado (corral rustico)	1	2	
4	Comederos o bebederos de concreto para el ganado	1	2	
5	Construcciones perimetrales (bardas, cercos,)	1	2	
6	Depósito de agua	1	2	
7	Pozo de agua	1	2	
8	Silos	1	2	
9	Instalación eléctrica	1	2	
10	Otra (Indique)	1	2	

2.12. ¿El agua que utiliza para su hogar es?

- a) Agua potable _____
- b) De pozo _____
- c) De manantial _____

Criterio Ecológico

2.13. Uso del suelo en la unidad de producción.

Tecnologías agroforestales	Principal recurso natural conservado				
	1	2	3	4	5
1. Cerca viva:					
2. Árboles en linderos:					
3. Barrera rompevientos:					
4. Árboles en contornos o terrazas:					
5. Árboles intercalados en cultivos anuales:					
6. Árboles en pasturas:					
7. Árboles en cultivos permanentes:					
8. Banco de proteína:					
9. Cultivos en fajas:					
10. Huerto familiar:					
11. Otro:					

Principal recurso natural conservado

1. Mayor capacidad de acumulación de biomasa.
2. Mayor capacidad de conservación de la biodiversidad.
3. Mayor capacidad de la conservación del suelo.
4. Mayor capacidad de la conservación del agua.
5. Mayor capacidad de regulación microclimática.

Criterio Funcional. Se refiere a la denominación del carácter de producción o servicios de la tecnología agroforestal.

2.14. Clasificación funcional de las tecnologías agroforestales.

La función principal se determina por lo que genera la tecnología agroforestal o propósito principal por el cual se diseña, instala y maneja (así se generen otros productos y servicios adicionales).

Tecnologías agroforestales	Productos						Servicios				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
Cerca viva											
Árboles en linderos											
Barrera rompevientos											
Árboles en contornos o terrazas											
Árboles intercalados en cultivos anuales											
Árboles en pasturas											
Árboles en cultivos permanentes											
Banco de proteína											
Cultivos en fajas											
Huerto familiar											
Otro:											

NOTA: La denominación, producción o servicios, se realiza para la tecnología agroforestal en su conjunto y no sólo para el componente vegetal leñoso.

A. Productos

1. Madera.
2. Forraje y/o abono verde.
3. Frutas.
4. Productos alimenticios de origen animal.
5. Productos alimenticios de origen vegetal.
6. Materiales de uso industrial o artesanal.

B. Servicios

1. Recuperación o conservación de suelos, control de erosión.
2. Aumento de la productividad del sistema.
3. Regulación microclimática y/o agua/humedad.
4. Impedir el paso de personas y/o animales.
5. Delimitación de áreas en finca y/o entre fincas.

iiiiii GRACIAS POR SU COLABORACION!!!!

Anexo 2. LISTADO DE PRODUCTORES ENTREVISTADOS EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL GRANDE, HGO

Nombre del productor	Nombre de la Comunidad
Irene Hernández Mendoza	San Miguel
Pedro Licona Naranjo	La Puebla
Agustín Montiel Cabrera	San Miguel
Isidoro Ángeles Díaz	Tesahuapa
Miguel Gonzáles Zamora	Tesahuapa
Elpidio Herrera	Tesahuapa
Catarino Gamero Hernández	Tesahuapa
Ignacio Licona González	Tesahuapa
Elpidio Hernández Hernández	La Puebla
Aureliano Córdoba Ramírez	Los Sabinos
Melquíades Gonzáles Zamora	Tesahuapa
Aleja Sánchez Rojas	La Puebla
Alberto Gamero Viveros	San Miguel
Gregorio Hernández Mendoza	San Miguel
María Guadalupe Herrera Ortiz	San Miguel
Jesús Gamero Viveros	San Miguel
Fidel Gamero González	Tesahuapa
Cruz Morales P.	San Miguel
Gabriela Grez Valencia	San Miguel
Ricardo Hernández Hernández	Chichipico
Emilio Gamero Valencia	San Miguel
Juana Pérez Cabrera	San Miguel
Misael Ramírez Arias	San Miguel
Anselmo Valencia Gómez	Chichipico
Serótino Pérez Hernández	San Miguel
Felipe Valencia	San Miguel
Placido Sánchez Reyes	La Puebla
Juana Viveros Morales	San Miguel
Claudia Martínez	San Miguel
Guillermo Álvarez	San Miguel
Eleazar Hernández Chiapa	La Estancia
Daniel Tello Salinas	Tesahuapa

Continúa Pág. Siguiete

Micaela Espinosa Jiménez	La Estancia
Agustín Marín Soberanes	Los Sabinos
Rosa Maria Hernández Luna	La Estancia
Pedro Licona	Tesahuapa
Dulce Maribel Calva Calva	La Estancia
Arturo López	Tiltepec
Saturnino Mohedano Hernández	San José
Celestino	Cantarranas
Mario Monter Hernández	contadero
Esteban Gamero Hernández	San Miguel