



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**CENTRO DE AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**MAESTRIA EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**Fertilización foliar con líquido efluente de digestor anaerobio
en duraznero, en un sistema agroforestal de clima templado en
Chapingo, México**

T E S I S

**Que como Requisito Parcial
Para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

PRESENTA

SERGIO ARROYO CABRERA

Chapingo, Edo. de México, Diciembre de 2004

**FERTILIZACIÓN FOLIAR CON LÍQUIDO EFLUENTE DE DIGESTOR ANAEROBIO
EN DURAZNERO, EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CLIMA TEMPLADO
EN CHAPINGO, MÉXICO**

Tesis realizada por Sergio Arroyo Cabrera bajo la dirección del comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

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

DIRECTOR



DR. MIGUEL ÁNGEL MUSÁLEM SANTIAGO

ASESOR



M. C. JESÚS ARIAS CHÁVEZ

ASESOR



DR. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY

**FERTILIZACIÓN FOLIAR CON LÍQUIDO EFLUENTE DE DIGESTOR ANAEROBIO
(LEDA) EN DURAZNERO, EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CLIMA
TEMPLADO EN CHAPINGO, MÉXICO**

Tesis realizada por Sergio Arroyo Cabrera bajo la dirección del comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

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

DIRECTOR

DR. MIGUEL ÁNGEL MUSÁLEM SANTIAGO

ASESOR

M. C. JESÚS ARIAS CHÁVEZ

ASESOR

DR. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY

DEDICATORIA

A MI ESPOSA: Ma de la Luz Contreras López, por su amor, apoyo y comprensión que siempre me ha brindado, por compartir su vida sus proyectos e ilusione, pero sobre todo por haberme dado una hermosa familia.

A MIS HIJOS: Valeria y Uriel, a esos hermosos niños que con sus travesuras y sus risas, día a día nos dan alientos para superar todos los obstáculos de la vida; quiero manifestarles que en esta vida, sólo dos cosa son lo más importante la familia y la tierra.

A MIS PADRES: Ninfa Cabrera Valencia y Manuel Arroyo Gracilazo, a quienes una vez mas agradezco el haberme dado el don sagrado de la vida, enseñarnos el respeto hacia nuestros semejantes y habernos formado como hombres y mujeres de trabajo y responsabilidad.

A MIS HERMANOS: Martín, Guadalupe, J. Manuel, Rosalba, Angélica, Blanca, Arturo, Emmanuel, Rocío, Ángel, Ramiro y Mario; por el cariño que siempre nos a unido, quiero recordarles que el querer es poder y que cualquier meta que uno se trace, puede ser alcanzada por difícil que parezca, solo se requiere perseverancia, dedicación y humildad.

A todos mis amigos y familiares que de alguna manera los lazos de la amistad el respeto y el apoyo nos han unido, y que por falta de espacio es difícil anotarlos a todos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las cosas buenas que me ha dado, por darme fortaleza para salir adelante a pesar de mis problemas de salud, por permitirme superar tantas situaciones difíciles, pero sobre todo por permitirme lograr una más de las metas que me he propuesto.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por prepararme y actualizarme, en esta área tan importante de el conocimiento humano, para servir y ayudar a mis semejantes y a mi país.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para mis estudios de postgrado.

A la Coordinación de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo sostenible. Particularmente al M.C. Miguel Uribe Gómez. Por su apoyo en las gestiones correspondientes.

Al centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, por se apoyo financiero a través de la Subdirección de Investigación y Servicio, para poder realizar los análisis de laboratorio de la presente investigación. Especialmente al Dr. Krishnamurthy.

Al Departamento de Agroecología y sus autoridades en turno, por las facilidades otorgadas y la asignación de espacios y materiales para desarrollar la investigación de campo en la Huerta de Dicho Departamento.

A la fundación Xochicalli, y en particular al Maestro Jesús Arias Chávez, por las donaciones de el LEDA que fue utilizado para la realización de la presente investigación, así como a la tecnología proporcionada.

Al Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago, por sus valiosas asesorías, revisiones, correcciones, y orientación a lo largo de todo el desarrollo de la investigación.

Al M.C. Jesús Arias Chávez, por su valiosa asesoría y orientación en el desarrollo de la investigación, por sus sabios consejos, y por su apoyo incondicional. Con el más sincero agradecimiento.

Al Dr. L. Krishnamurthy, por su amable y valiosa asesoría, así como por su invaluable apoyo moral para la conclusión y presentación de la presente investigación.

Al Ing. Arturo Curiel Rodríguez, por su importante apoyo en los análisis estadísticos y sugerencias para el desarrollo de la investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Sergio Arroyo Cabrera, nació en Cuahutlalpan Texcoco Edo. De México el 28 de Enero de 1966. Sus estudios universitarios los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo, en el Departamento de Zootecnia, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1992. De 1991 a 1994 laboró en la iniciativa privada como administrador de una granja integral en Chicoloapan Edo. De México, también impartió clases de Biología y Ciencias Naturales a nivel secundaria en el Edo. De México durante el mismo periodo.

En 1994 ingresa como profesor investigador de tiempo completo al Programa de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde crea y estructura el área y materias de Prácticas de Producción, que posteriormente pasan a ser curriculares y pilar fundamental en lo que hoy en día es el Departamento de Agroecología de dicha institución.

En el Dto. De Agroecología, imparte las cátedras de introducción a la Agroecología, Prácticas de: abonos orgánicos, cultivos básicos en agricultura sostenible, producción de hortalizas orgánicas en camas biointensivas, establecimiento y manejo de frutales orgánicos de clima templado y sistemas agrosilvopastoriles.

De 1991 a la fecha, ha sido asesor e instructor en varias instituciones gubernamentales, así como de diversas ONG's del país, sobre temas como Abonos Orgánicos, manejo de Lombricultura, Granjas integrales, Producción de frutas y hortalizas orgánicas. Sus principales líneas de trabajo e investigación han sido sobre Abonos orgánicos, Lombricultura, Huertos familiares orgánicos, Producción de frutales orgánicos de clima templado y Granjas Integrales.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DATOS BIOGRÁFICOS	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE CUADROS	vi
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	5
3. HIPÓTESIS	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Agricultura en las zonas templadas	7
4.2. Sistemas agroforestales	8
4.2.1. Breves antecedentes de la Agroforestería	9
4.2.2. Importancia de los sistemas agroforestales	12
4.2.3. Clasificación de los Sistemas agroforestales	12
4.2.4. Agroforestería en Zonas Templadas	13
4.2.5. Intercultivos bajo especies de maderas duras	15
4.2.6. Pastoreo de ganado en plantaciones manejadas (sistemas silvopastoriles)	16
4.2.7. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos	17
4.2.8. Algunos tipos de asociaciones en Zonas templadas	18
4.2.8.1 Huertos caseros	18
4.2.8.2 Cultivo en callejones	21
4.2.9. Cultivos básicos en policultivos	22
4.2.10. Los Árboles frutales en los sistemas agroforestales	23
4.3. El cultivo del Duraznero	25
4.4. Producción de Duraznos orgánicos	26
4.5. Fertilización en Árboles frutales	26
4.6. Nutrición vegetal	27
4.7. Fertilización foliar	28
4.7.1. Fertilización foliar en frutales	31
4.8. Análisis foliar	31
4.9. Biodigestores, conceptos y usos	32
4.9.1. Digestión anaeróbica	34
4.9.2. Tipo de digestores y sus subproductos.	37
4.9.3. Materias primas de un digestor	37
5. MATERIALES Y MÉTODOS	39
5.1. Área experimental	39
5.1.1. Localización	39
5.1.2. Clima	39

5.1.3. Suelos	39
5.2. Características de la huerta de duraznero.....	40
5.3. Actividades para el establecimiento del experimento	43
5.4. Factores, objetos de estudio y tratamientos	44
5.4.1. Tratamientos	44
5.4.2. Variables de estudio	44
5.4.3. Análisis Estadístico.....	45
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
7. CONCLUSIONES.....	51
8. RECOMENDACIONES	52
9. BIBLIOGRAFIA	53
APENDICE	59

INDICE CUADROS

No.		Pagina
1	Niveles óptimos de nutrientes para duraznero en edades de tres a cinco años	26
2	Elementos nutrimentales contenidos en el LEDA	34
3	Análisis de suelo del área de estudio	37
4	Clasificación textural del área de estudio	38
5	Resultados de los análisis estadísticos para macronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA	44
6	Resultados de los análisis estadísticos para micronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA	55
7	Análisis de varianza del contenido nutrimental de macro y micronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA	59

FERTILIZACIÓN FOLIAR CON LÍQUIDO EFLUENTE DE DIGESTOR ANAEROBIO EN DURAZNERO, EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CLIMA TEMPLADO EN CHAPINGO, MÉXICO

FOLIAR FERTILIZATION WITH EFFLUENT LIQUID FROM AN ANAEROBIC DIGESTER (ELAD) ON PEACH TREES WITHIN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN A MILD CLIMATE AT THE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, MEXICO

S. Arroyo Cabrera¹; Dr. M. Á. Musálem Santiago²

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, en la tabla agrícola "La Huerta" en el lote H3, ubicado a un km al Oriente del Campus Universitario, situado en la región oriente del Valle de México. El objetivo fue evaluar el efluente líquido de la digestión anaerobia (LEDA) como nutriente foliar en árboles de duraznero (*Prunus persicae* L.) en un sistema agroforestal de clima templado, asociados con cultivos básicos tipo policultivo de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en callejones. Se evaluaron diferentes dosis de LEDA aplicado de manera foliar tanto para los duraznos como para los cultivos básicos, con un intervalo de 15 días. Se realizaron 9 aplicaciones durante 4 meses. Se evaluó en el follaje de los árboles el contenido de los principales macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, y micronutrientes: Fe, Zn, Mn, Cu, B, Na, Cl. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Para el caso de los macronutrientes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha \leq 0.05$); sin embargo, si se encontraron diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$) en el contenido de micronutrientes, en cuanto a las diferentes dosis de aplicación con respecto al testigo. Además se encontró que con una concentración del 40% de LEDA, se alcanzan los niveles suficientes de los principales micronutrientes. Cuando se tiene disponible en cantidades suficientes, el LEDA puede ser utilizado en concentraciones del 100%, sin causar ningún daño al follaje de los durazneros.

Palabras clave: LEDA/ Agroforestal/ Duraznero/ Nutrición foliar/ Agricultura orgánica/ Biodigestores/ Clima templado/ México.

SUMMARY

The present research was carried out in the eastern region of the Valley of Mexico in Mexico State, within the agricultural experimental field at the Universidad Autónoma Chapingo. The objective was to evaluate the effluent liquid from an anaerobic digester (ELAD) as a foliar nutrient on peach trees (*Prunus persicae* L.) within an agroforestry system in a mild climate. This system was associated with polycrop-type, basic crops, including corn (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris*) sown in lanes. Different doses of ELAD application were evaluated. Foliar ELAD was sprayed on both peach trees and basic crops in 15 day intervals. Thus, 9 applications were carried out for 4 months. The content of the main macro-nutrients, being N, P, K, Ca, Mg, and S, and the micro-nutrients, being Fe, Zn, Mn, Cu, B, Na, Cl, were evaluated in the tree foliage. An experimental design using random blocks was used. Significantly different statistics ($\alpha \leq 0.05$) were not found; nevertheless, significant statistical differences ($\alpha = 0.05$) were found in the content of the micro-nutrients regarding the different application doses with respect to the witness. Also, it was found that with a 40% concentration of ELAD, sufficient levels of the principal micronutrients were reached. When sufficient quantities of ELAD are available, they can be used in 100% concentrations without causing foliar damage to the peach trees.

Key words: ELAD, Agroforestal, *Prunus persicae*, foliar fertilization, organic Agriculture, anaerobic digester, México.

¹Tesista; ² Director.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a condiciones de monocultivo en que se manejan los frutales en los climas templados, los cuales se han tomado los modelos de manejo convencional de los países desarrollados, en donde se aplican dosis muy elevadas tanto de pesticidas como de fertilizantes químicos, tanto en el suelo como de forma foliar; y por otra parte, debido a la alta demanda que están teniendo los productos orgánicos en los últimos años en todo el mundo, es necesario estudiar y validar diversos insumos en combinación con los sistemas agroforestales, que sean una alternativa ecológica para los productores y una opción de productos limpios para los consumidores.

Por otro lado, es importante buscar alternativas tecnológicas que de manera ecológica y racional, procesen los residuos orgánicos tanto rurales como urbanos; para recuperar recursos en desechos que nos permitan reinsertarlos a ciclos productivos limpios. Así mismo, es importante realizar investigaciones relacionadas con el uso y aprovechamiento de dichos residuos en los sistemas agroforestales locales, como fertilizantes o abonos foliares, para obtener resultados que puedan ser difundidos en zonas donde se tengan y requieran dichos sistemas.

Así, junto con las tecnologías agroforestales apropiadas para las zonas templadas del país, debe realizarse un uso mas eficiente de los recursos naturales de dichas regiones, que proporcionen más estabilidad a los agroecosistemas, y asegurar la obtención de productos agrícolas orgánicos más rentables, como es el caso del durazno, junto con sus cultivos básicos tradicionales que son la base de la alimentación y venta para muchos campesinos de escasos recursos.

La pobreza en las zonas rurales de América Latina es indicativa también de que el modelo de producción agropecuaria basado en rubros tradicionales no logró un aumento importante en los niveles de empleo, ingresos y valor agregado, a pesar de los aumentos de producción y productividad alcanzados.

Los sistemas productivos o mixtos, a partir de especies transitorias, podrían tener a mediano y largo plazo, mayores efectos sobre la sostenibilidad, el aumento de la productividad física y económica de los factores productivos y del sistema como un todo, respecto del monocultivo, ya que, existe un amplio campo para ofrecer materias primas y productos alimenticios de mayor adaptación como el durazno, la ciruela, la pera o ciertas leguminosas arbóreas y forrajeras.

La producción de frutas en nuestro país ha tomado cada vez mayor importancia tanto a nivel regional como nacional, esto debido a la creciente demanda de los mismos, y por ser una actividad más rentable que otros cultivos tradicionales como maíz, frijol, trigo, etc.

La implementación de este tipo de sistemas ofrece una alternativa a la creciente expansión de la frontera agropecuaria, vía aumentos en la superficie cultivada. Tomando en cuenta que el aumento de la pobreza y la localización de los lugares de pobreza rural se encuentran en zonas agrícolas tradicionales y que por agotamiento de suelos, aguas, procesos erosivos o contaminación excesiva, perdieron casi toda la aptitud productiva para el desarrollo de sistemas productivos competitivos.

Debido a lo anterior, se pretende establecer un módulo agroforestal templado, para la producción de frutales y básicos; es un sistema en el cual se establecen árboles de duraznero (perennes) de clima templado en callejones, y en los espacios entre callejones se establecerán cultivos básicos como maíz-frijol. Para la fertilización de ambos cultivos, se utilizara el abono orgánico, conocido como LEDA, que significa: líquido efluente de digestor anaerobio, el cual se obtiene de la fermentación de materia orgánica, incluyendo estiércoles de la producción animal. Además otro propósito de realizar la presente investigación, es obtener una producción diversificada en pequeñas superficies de tierra, que por un lado satisfagan los requerimientos básicos de maíz y frijol, y además obtengan frutales que complementen la dieta familiar y tengan excedentes para vender, y considerando que en el país existe un déficit en la producción de durazno, la cual en los últimos años

ha ocasionado importaciones de otros países como Chile y Grecia; el fruto en cuestión tienen buen precio en el mercado, esto representa ingresos para los pequeños productores; además esta tecnología representa una garantía de producción ya que en caso de alguna contingencia ambiental (por lluvia o helada), se incrementa la probabilidad de obtener al menos un producto comercial en la parcela.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el líquido efluente de digestor anaerobio (LEDA) como nutriente foliar sobre el crecimiento y producción de los árboles de duraznero en un sistema agroforestal de clima templado.

OBJETIVO PARTICULAR

- Determinar la concentración óptima del LEDA aplicado a los árboles de duraznero.

3. HIPÓTESIS

1. El líquido efluente de digestor anaerobio (LEDA) contiene diversos elementos nutrimentales, así como enzimas bacterianas, suficientes para cubrir de forma orgánica, una parte importante de los requerimientos nutrimentales de los árboles de duraznero en un sistema agroforestal.
2. Al aplicar las dosis adecuadas de LEDA como fertilizante foliar a los árboles de duraznero en un sistema agroforestal, y encontrar respuesta favorable con dicho insumo, se realizara un aporte importante a la fruticultura orgánica.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Agricultura en las zonas templadas

A pesar de las múltiples experiencias de conocimiento tradicional que se tiene en las zonas templadas de muchas regiones del mundo, y en particular de México, sobre la integración y conservación del componente arbóreo, arbustos y otra clase de plantas perennes, como agaves y nopales, para la diversificación de la producción y conservación se suelos entre otras funciones, como son las Chinampas, Terrazas, Metepantles y Huertos familiares, entre otros, éstos no han sido estudiados adecuadamente, en cuanto a la estabilidad ecológica que les proporciona la diversidad; diversificación en los productos, y productividad de los mismos.

Debido a las condiciones climatológicas de estas regiones, en cuanto a la escasez de agua y mala distribución de las lluvias durante los ciclos agrícolas, así como la presencia de heladas, que en ocasiones, se presentan tardías (mayo o junio), y que afectan a los cultivos recién establecidos, o bien heladas tempranas (agosto, septiembre), que afectan drásticamente a los cultivos antes de completar sus etapas fenológicas, dichos eventos climatológicos ocasionan cada vez mayor incertidumbre en los campesinos de las zonas templadas, los cuales incurren con mayor frecuencia al abandono de sus parcelas debido a la baja o nula productividad.

Aunado a lo anterior, en algunas regiones con climas templados, cuando se han propuesto otras especies vegetales como son algunos frutales, para buscar mayor rentabilidad en la producción, la situación se ha tornado más compleja, ya que se han desplazado a los cultivos tradicionales, así como el conocimiento tradicional sobre los mismos, y se ha incrementado la dependencia del exterior, desde la asesoría especializada, mayor cantidad de insumos químicos, principalmente fertilizantes, los cuales aparte de ser insumos sintéticos, muchas veces al ser utilizados de manera indiscriminada, terminan ocasionando severos problemas de salinidad en los suelos y ocasionando inclusive el abandono de las parcelas por la

Baja productividad.

Además, en la mayoría de los casos se implementan paquetes tecnológicos convencionales tipo revolución verde, en donde se establecen monocultivos, los cuales han desplazado casi por completo, no solo a los policultivos tradicionales, sino a la biodiversidad adyacente en general, conformada por: árboles, arbustos y arvenses que eran empleadas para múltiples usos como: alimentación humana y animal, medicinal y ritual; además de contribuir a la conservación de los suelos y mantener mayor estabilidad en los agroecosistemas, reduciendo la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

4.2. Sistemas agroforestales

Para que exista la agroforestería, se deben satisfacer varias condiciones: debe haber por lo menos dos especies vegetales que interactúan biológicamente, una de las cuales debe ser una perenne leñosa, y una de las especies debe ser manejada para fines agropecuarios (Borel, 1993).

Agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de la tierra que indica la combinación de árboles con cultivos o con animales domésticos, o la combinación de los tres. Tal combinación puede ser simultánea o secuencial, manteniendo el principio de rendimiento sustentable, que implica que se mantiene el indefinidamente en el tiempo. En esta combinación debe haber una interacción significativa entre los componentes (Budowski, 1993).

Los trabajos bajo el sistema combinaciones de cultivo-plantación, se han desarrollado particularmente en las zonas tropicales y subtropicales. Este sistema implica una agricultura en combinación donde se incluyen una gran variedad de cultivos y plantaciones. la mayoría de estos trabajos son descripciones cualitativas de los sistemas combinados y no contienen datos cuantitativos experimentales (Nair, 1997).

La principal razón para el énfasis en los trópicos, es que la Agroforestería y los sistemas tradicionales agroforestales, como un enfoque para el uso integrado de la tierra, tradicionalmente han tenido más relevancia y aplicación potencial que en las zonas templadas, los trabajos realizados en esas regiones son mucho más numerosos, están más difundidos y han dado solución a muchos problemas y restricciones de esas regiones. Sin embargo, como en los trópicos, en las zonas templadas, también hay una larga tradición, para satisfacer las necesidades de la gente mediante combinaciones de árboles, cultivos y animales y de un uso eficiente de los ecosistemas naturales.

Los sistemas agroforestales practicados en las zonas templadas según Nair (1997), son dos los más comunes: el uso agrisilvicultural donde se ubica a los frutales solos, como cortinas rompevientos para evitar la erosión del suelo en las llanuras o en combinación con otros cultivos, para hacer un uso más eficiente de la tierra y las prácticas silvopastoriles con ganado en sistemas de llanura y de bosque.

En las zonas templadas el sistema de combinación de cultivos y plantaciones está enfocado a la diversificación de productos tales como frutos, madera, granos y hortalizas, mediante el mejor aprovechamiento del espacio. Un ejemplo son los frutales como manzana, durazno, pera y ciruela, combinados con maíz, frijol, alfalfa y hortalizas en el estado de Puebla (Duarte, 1992). De igual manera en el estado de México, se tienen combinaciones de pera con haba y maíz. En esta zona existen diversos trabajos que se han realizado bajo esta tecnología como una técnica tradicional de frutales con cultivos anuales. Sin embargo, son pocos los trabajos que han sido documentados y evaluados (Musálem, 1998).

4.2.1. Breves antecedentes de la Agroforestería

Algunos de los primeros registros de la Agroforestería en Europa y el Cercano Oriente, incluía descripciones bíblicas de agricultura basada en árboles, de ganado en los olivares romanos y arboledas de naranjos y las pinturas del renacimiento que

muestran el cultivo entre árboles y ganado que están alimentados de bellotas o castañas de árboles en pie (Harris, 1997). La producción de madera industrial como objetivo principal de manejo silvícola empezó hace sólo 200 años.

King (1975) citado por Fair (1996) menciona que en Europa, hasta la edad media, era costumbre generar limpias en los bosques degradados, quemar los residuos, cultivar plantas alimenticias por varios periodos en las áreas deforestadas y plantar árboles junto con o después de la siembra de cultivos anuales, esto es lo que hoy se conoce como sistemas agroforestales; este sistema ya no es popular en Europa, pero fue implementado en Finlandia hasta finales del último siglo y se estuvo practicando en unas cuantas áreas de Alemania tan tarde como los finales de los años veinte.

En Asia, los Hamonuó de Filipinas practicaban un tipo complejo y algo sofisticado de cultivos “alternos”. Al limpiar el bosque para uso agrícola, ellos deliberadamente dejaban ciertos árboles que al final, de la temporada del cultivo del arroz, proporcionaban un rebrote parcial de nuevo follaje para prevenir la exposición excesiva del suelo al sol. Los árboles eran una parte indispensable del sistema agrícola aunó y eran plantados o conservados en el bosque original para proporcionar alimento, medicina o madera de construcción y cosméticos, (Conklin, 1957). Los Yoruba también sostienen que este sistema es un medio económico para mantener la fertilidad del suelo, así como para combatir la erosión y la filtración de nutrientes.

Al principio los árboles eran una parte integral de estos sistemas agrícolas; se producían deliberadamente en las tierras agrícolas para apoyar a la agricultura. El objetivo fundamental de esta práctica no era la producción de árboles sino la producción de alimentos.

Sin embargo, hacia el final del siglo XIX el establecimiento de un bosque o una plantación agrícola se volvió un objetivo importante para la práctica de la

Agroforestería. Al principio, el cambio no fue deliberado. En 1806 se implementó un nuevo método llamado “taungya”, su filosofía era establecer plantaciones siempre que fuera posible utilizando trabajadores desempleados o sin tierra. En compensación por realizar estas tareas forestales, se permitió que los trabajadores cultivaran la tierra entre las hileras de los árboles para obtener productos agrícolas.

Entre la mayoría de los especialistas que durante los últimos años han debatido los diferentes problemas y oportunidades de la producción animal y el medio ambiente, existe ya un consenso internacional sobre los impactos diferenciales de los tres grandes grupos de sistemas pecuarios (industrial, pastoril y mixto) para cada región en el mundo (Steinfeld, de Haan y Blackburn, 1997).

Es evidente que los problemas asociados a la ganadería extensiva, deforestación, pérdida de biodiversidad, inequidad, social y baja productividad son el tema de mayor importancia para América latina (Sánchez, 1999) y no tienen equivalencia en ninguna otra región del mundo en términos de su magnitud.

Actualmente, se define a la agroforestería como el nombre colectivo para designar los sistemas de uso del suelo, en donde se asocian las leñosas perennes (árboles, arbustos, bambúes) con los cultivos agrícolas y y/o animales, en un arreglo espacial con rotación o ambos y en los cuales se dan interacciones ecológicas y económicas entre los componentes arbóreos del sistema, y cuyo objetivo es optimizar la producción por unidad de superficie (Young, 1989).

Así mismo, se considera como una técnica que combina silvicultura, ganadería y agricultura para aumentar la productividad de las tierras, conservando los suelos, las aguas y la vegetación; no es una simple combinación caprichosa de árboles, cultivos y animales, sino de la toma de decisiones con base en la evaluación de muchos parámetros diversos, lo que requiere el trabajo multidisciplinario.

4.2.2. Importancia de los sistemas agroforestales

Se acepta que la importancia de la agroforestería radica en que puede:

- Mejorar la técnicas que permitan el uso racional de los recursos en función de los muchos beneficios que con estos se pueden obtener;
- Ofrecer al campesino establecimiento de una variedad de cultivos a manera de un macro-huerto familiar, pudiendo obtener beneficios económicos con la venta de los productos excedentes;
- Los árboles que producen madera aserrable u otros productos, constituyen un capital potencial y un seguro para resolver emergencias en caso de necesidades inmediatas de dinero; y
- Se postula que la asociación agroforestal ofrece ventajas potenciales para el reciclaje de nutrimentos cuando se comparan con los monocultivos; las características de las especies que componen la sombra es de particular importancia.

4.2.3. Clasificación de los Sistemas agroforestales

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

Nair (1985) sugiere una clasificación donde se consideran los aspectos estructurales y funcionales para agruparlos en las siguientes categorías: los sistemas silvopastoriles (árboles asociados con ganadería), los sistemas agroforestales

(árboles combinados con cultivos), sistemas agropastoriles (cultivos combinados con ganadería) y sistemas agrosilvopastoriles (árboles con cultivos y ganadería).

Estas categorías se subdividen de acuerdo a criterios de arreglo espacial (sistemas densos, mixtos, sistemas en franjas, etc.), de arreglo temporal (sistemas secuenciales, coincidentes, intercalados, etc.), funciones de los componentes (leña, forraje, cercas vivas, conservación de suelos, etc.), zonas agroecológicas donde se practican y, aspectos socioeconómicos (sistemas para altos o bajos insumos, etc.); de esta manera, la descripción del sistema es dinámica y no solamente descriptiva.

4.2.4. Agroforestería en Zonas Templadas

En las zonas templadas, el clima incluye estaciones o temporadas distintas de calor y frío. La precipitación puede ocurrir durante todo el año o durante el verano o invierno. Esta temporalidad engendra algunas cualidades agroforestales únicas. A diferencia de los trópicos donde el mismo cultivo puede producirse durante todo el año, los cultivos individuales en la zona templada están generalmente restringidos a una o dos temporadas y sólo unos cuantos cultivos son sembrados cada año. Esta zona también se caracteriza por la extrema diversidad fisiográfica, variando desde las planicies barridas por el viento hasta condiciones de bosque de lluvia húmedo.

El uso de la tierra agroforestal ocurre por toda la diversidad de condiciones de la zona templada, pero, a diferencia de los trópicos, solo unos cuantos sistemas son practicados en estas regiones. Los dos sistemas más comunes han sido el uso agroforestal de rompevientos para evitar la erosión del suelo en las llanuras y las prácticas silvopastoriles con ganado en muchos sistemas de llanuras y de bosques. Las combinaciones agroforestales de árboles frutales y nuez y cultivos herbáceos son un tercer sistema comúnmente en aumento.

Las condiciones socioeconómicas en los países desarrollados de las zonas templadas también han influenciado fuertemente las prácticas del uso de la tierra.

Aunque históricamente las fincas dominantes eran las pequeñas en las zonas templadas, y son más aún en muchas regiones, ha habido una tendencia significativa en el siglo XX hacia fincas grandes, familiares, corporativas o comunales donde la producción está principalmente concentrada en unos cuantos cultivos para mercados locales y distantes.

Las aplicaciones agroforestales en tales fincas frecuentemente han centrado su atención en uno o dos cultivos de alto valor e incluyen niveles altos de mecanización. Las combinaciones de árboles y agricultura fueron contempladas oportunamente, como un medio para mejorar las ganancias.

En las zonas templadas del país, en las últimas décadas se han perdido una gran cantidad de conocimientos tradicionales sobre el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales, que habían sido establecidos en estas regiones desde épocas prehispánicas, y se habían mantenido funcionales y productivas, hasta que fueron desplazados por los monocultivos y por la maquinaria que requiere de grandes espacios para su adecuado funcionamiento.

De acuerdo con Márquez (1977), el monocultivo significa que en un área agrícola, o al menos en la mayor parte, se siembra siempre el mismo cultivo, año tras año en la estación de crecimiento. La agricultura de monocultivo ha ocasionado serios riesgos, desde el punto de vista económico y ecológico. Económicamente, el monocultivo hace una región fuertemente dependiente de las fluctuaciones del mercado, pues los campesinos y agricultores no tienen otras alternativas de comercialización cuando el precio es desfavorable. Por otra parte, ecológicamente en las grandes áreas con monocultivo, se propagan más fácilmente las plagas y enfermedades de las plantas cultivadas, pues la constante presencia de las mismas especies permite la continua reproducción de dichos organismos, al presentarse los ciclos reproductivos prácticamente ininterrumpidos.

En los últimos años las condiciones climatológicas en la región de los valles altos de México han sido más irregulares, sobre todo en lo que se refiere a la cantidad y distribución de la precipitación, lo que ha generado mermas en el rendimiento de los cultivos tradicionales y por consiguiente pérdidas para los productores y problemas para satisfacer la demanda regional. Para hacer frente a estos problemas se debe disponer de cultivos alternativos que permitan la obtención de cosechas aceptables, aún en condiciones adversas (Espitia *et al.*, 1999).

4.2.5. Intercultivos bajo especies de maderas duras

En las zonas templadas, dos tipos mayores de sistemas de intercalado de maderas duras pueden ser diferenciados: los de árboles con fruto y productores de nueces y los de especies maderables de alto valor tales como el álamo. Generalmente, el intercultivo compensa los costos del establecimiento de la plantación, permite un uso más intensivo de la tierra forestal y agrícola y reduce los costos de los cultivos individuales, puesto que las operaciones culturales pueden ser distribuidas conjuntamente con otros cultivos.

La idea del cultivo de árboles fue totalmente olvidada en los años cincuenta y sesenta durante el auge económico de la postguerra. Sin embargo, los setenta vieron un renovado interés por el cultivo de árboles debido a la crisis energética, a las crecientes preocupaciones por el alto índice del uso de agroquímicos y de energía en la agricultura industrializada, al conocimiento de los efectos adversos de la erosión del suelo en la agricultura de cultivos en surcos, y una mayor conciencia respecto al papel potencial de los árboles como un componente efectivo en la solución total de estos problemas.

En la India el cítrico es intercalado con hortalizas de invierno y garbanzo de la India de 2 a 3 años y el frijol y el chícharo se cultivan a menudo en huertos de manzanos enanos por 5-6 años o debajo de los albaricoques, duraznos, ciruelos y nectarinas por 2 ó 3 años.

En norteamérica también se tiene la combinación del cultivo múltiple (trigo, sorgo, soja) y el pastoreo en huertos de nogal. Así también, plantaciones de álamo, cultivadas con maíz, papas, soja y otros cereales y tubérculos en diferentes secuencias temporales.

En China, el ajonjolí, soja, cacahuate, algodón, añil y varias hortalizas se cultivan tanto en plantaciones de *Paulownia tomentosa* como en álamo híbrido.

En Australia, varios cultivos de melón y calabacita se desarrollan por varios años, seguidos por pastizales permanentes, con pastoreo en el pastizal y en las ramas desprendidas de los álamos.

En el norte de la India y Pakistán se halla álamo plantado sobre los límites de parcelas de trigo y cebada.

El intercalado de los huertos frutales provee una oportunidad agroforestal sustancial para la documentación, investigación, extensión y expansión así como también para la innovación del agricultor.

4.2.6. Pastoreo de ganado en plantaciones manejadas (sistemas silvopastoriles)

La práctica de pastoreo de ganado sobre todo en plantaciones de coníferas, con probabilidad ha sido la más ampliamente utilizada y revisada en comparación con cualquier otro sistema agroforestal en la zona templada. Algunos ejemplos de ello se citan a continuación:

- En los Estados Unidos de América, plantaciones de pino en el sureste y pastoreo de ovejas en bosque de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus ponderosa* en el noroeste. En ambas regiones las principales especies forrajeras son pastos naturales, hierbas y arbustos;

- En Canadá son comunes sistemas similares a los anteriores, con manejo de ganado durante el verano;
- Tres tipos silvopastoriles: pastoreo de bosque, cinturones de árboles maderables; y árboles en pastizales, con *Pinus radiata* que ha demostrado ser la especie preeminente para la agroforestería redituable.
- En Australia, plantaciones de eucalipto y *Pinus radiata* con pastoreo de ovejas.

La mayoría de la investigación en sistemas silvopastoriles en norteamérica, se ha centrado en los bosques de pinos con manejo deliberado de pastizales y árboles. Estos sistemas son más importantes en las Llanuras Costeras del Sur bajo *Pinus elliottii* y *Pinus palustris*; se conocen popularmente como sistemas de pino y pastura o sistemas de ganado- bajo pino. Entre las especies más productivas de pastizales estaban el pasto bahía pensacola (*Paspalum notatum*), el lespedeza anual (*Lespedeza striata*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*), siendo el pasto bahía pensacola el más resistente a la sombra.

4.2.7. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos

Son árboles en hileras que delimitan una propiedad y/o sirven de protección para otros componentes y otros sistemas. La clasificación propuesta por el ICRAF (1993), citado por Krishnamurthy (1999), se basa en un simple criterio de interacciones temporales entre los componentes de producción y parte de dividir a la agroforestería en dos categorías: simultánea y secuencial.

La agroforestería simultánea es donde el árbol y otros componentes de la producción crecen en el mismo tiempo en una proximidad estrecha y como consecuencia ocurre una interfase árbol-cultivo, entendiéndose ésta como la extensión espacial, sobre y

debajo de la tierra, en la cual existe alguna forma de competencia o facilidad o ambas entre los componentes del árbol y del cultivo. Las características deseables de los árboles para los sistemas simultáneos son un dosel pequeño para evitar la competencia por la luz, una fonología diferente entre los árboles y los cultivos para un uso eficiente de los recursos. Los sistemas simultáneos incluyen:

- Plantaciones de linderos
- Setos de contorno
- Cercas y setos vivos
- Cultivos en callejones
- Sistemas silvopastoriles
- Agrobosques
- Cultivos perennes de sombra
- Barreras rompevientos

Dentro de éste tipo de sistemas simultáneos, se incluyen a los árboles frutales como la pera, ciruela, durazno en asociación con maíz, frijol, haba, alfalfa (Duarte 1992).

Los rompevientos en las zonas templadas modifican el microclima de la zona protegida disminuyendo la velocidad del viento, consecuentemente el transporte vertical del calor es reducido y la humedad es aumentada detrás de los rompevientos que generalmente reduce la evapotranspiración. Es probable que los árboles rompevientos también tengan un impacto en la producción de ganado, esto se debe a la protección del ganado de los vientos calurosos y del polvo durante el verano y de los vientos fríos durante el invierno (Byington, 1990).

4.2.8. Algunos tipos de asociaciones en Zonas templadas

4.2.8.1 Huertos caseros

Los huertos caseros, son uno de los sistemas agroforestales que más recursos generan para los productores debido a su diversidad.

El sistema de huertos caseros es uno de la antigua tradición de producción alimentaria de subsistencia con trabajo familiar alrededor de las habitaciones humanas, ampliamente practicado bajo diversas condiciones biofísicas. Niñez (1987) define los huertos caseros como un sistema de producción a pequeña escala que provee consumo vegetal o animal y artículos utilitarios no obtenibles, comprables o disponibles en los mercados, cultivos de campo, caza, recolección, pesca y ganancia de salarios. Los huertos caseros tienden a ser localizados cerca de las habitaciones por seguridad, conveniencia y cuidando especial. Ocupan tierra marginal para producción de campo y trabajo marginal para las actividades económicas de la unidad familiar. Con la presencia de especies ecológicamente adaptadas y complementarias, los huertos caseros están marcados por su bajo insumo de capital y tecnología simple.

También se refieren a las prácticas de uso de la tierra que incluyen un manejo deliberado de los árboles y arbustos de usos múltiples en una combinación interactiva con cultivos y animales dentro de los compuestos de las casas individuales. Los huertos caseros son sistemas agroforestales de multiestratos donde los componentes de la producción están mezclados especialmente.

Diversidad de especies mayores. La presencia de la diversidad de especies mayores, bajo diferentes condiciones ecológicas, es una característica sorprendente en una característica de huertos caseros (Krishnamurthy 1990,). Sin embargo cada huerto casero es único en sí mismo y parece ser producto de interacciones complejas de factores múltiples.

La selección de especies se determina por preferencias individuales, hábitos dietéticos, disponibilidad de recursos incluyendo el trabajo familiar, especies de valor relativo, tradición familiar y la experiencia/habilidad técnica. La habilidad técnica, heredada de la tradición familiar o adquirida por entrenamiento personal, es un requerimiento esencial para la incorporación de ciertos componentes como plantas medicinales, producción de miel y cultivo de peces. Las condiciones ecológicas y

socioeconómicas no determinan lo que se cultiva; sólo ponen límites a lo que es posible.

Configuración horizontal y vertical. Aunque cada huerto casero tiene su propia individualidad, hay ciertas características emergentes en el sistema de huertos caseros como un todo. Normalmente pueden encontrarse tres distintas unidades en todos los huertos caseros: patio, casa y huerta. Una de las características conspicuas es la configuración vertical en capas que resulta de la composición de especies en casi todos los huertos caseros. Hay por lo menos tres capas: capa del fondo de menos de un metro de altura que consiste de cultivos, hortalizas, rastreras, condimentos, cultivos de tubérculos y plantas medicinales; una capa media de más de un metro de altura que consiste de ornamentales, cultivos alimenticios y cercos vivos y una capa superior de más de diez metros de altura que consiste de árboles frutales y árboles de usos múltiples.

La producción de animales tiene un papel importante en el huerto casero proporcionando ingresos monetarios e insumos de nutrición para la familia. Las aves (pollo, pavo y pato) son muy comunes en todas las condiciones ecológicas de los huertos caseros en México. La producción de cerdo a pequeña escala es también muy común y se crían principalmente con desperdicios de la cocina. La cría de ganado en el patio trasero – ovejas, cabras para carne y vacas para leche- sirven como un seguro contra el hambre, también como seguridad económica para necesidades monetarias incidentales. La apicultura, producción de peces, y la cría de conejos en los huertos caseros, aunque no es muy común, forma parte del paisaje rural. Animales de tiro como asnos y caballos y animales domésticos como pájaros, perros y gatos constituyen una parte integral del sistema de huertos caseros.

Los huertos templados en las regiones con deficiente luz solar utilizan típicamente un espacio horizontal y un cultivo dual o simple con unos cuantos árboles bien espaciados. Los huertos caseros, son un sistema agroforestal mixto, multiestrato, con una gran diversidad de especies, uso múltiple de recursos y con una estrategia

flexible de manejo son un completo contraste con el monocultivo de la agricultura moderna. Dado que los huertos caseros forman un aspecto esencial de domesticación del paisaje debido a las ideas de los campesinos en todo tiempo y lugar, existe un gran potencial para contribuir a la protección ambiental, a la seguridad alimentaria y a una mayor participación de las mujeres por el mejor diseño y manejo de esta tecnología en los proyectos de desarrollo (Krishnamurthy, 1999).

4.2.8.2 Cultivo en callejones

El cultivo en callejón (también conocido como intercultivo de setos vivos o agricultura en callejón) es la tecnología agroforestal más ampliamente estudiada en los pasados veinte años. Concebida como una alternativa sostenible para la agricultura migratoria, el cultivo en callejón fue desarrollado por científicos del Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA –siglas en inglés) en Nigeria, durante los últimos años de los setentas. El principal objetivo era diseñar una tecnología para eliminar la necesidad de un período de barbecho para recuperar la fertilidad del suelo en tierras de temporal en los trópicos húmedos y subhúmedos.

El cultivo en callejón es un sistema de producción en el cual los árboles y arbustos (preferiblemente especies leguminosas de rápido crecimiento) son establecidos en setos vivos sobre tierras arables de cultivo, con cultivos de alimentos cultivados en los callejones entre los setos vivos. El componente leñoso se planta invariablemente en hileras, pero su distancia puede variar de 4 a 6 m, los setos vivos son cortados en la plantación y periódicamente podados durante el cultivo para prevenir sombra y reducir la competencia con los cultivos asociados. Estas podas son incorporadas en el suelo como abono verde o usadas como acolchado (Kang 1993 citado por Krishnamurthy 1999), lo cual contribuye significativamente a:

- reciclaje de nutrientes, suministro de nitrógeno,
- conservación del suelo,
- supresión de malezas, y

- mantenimiento e incremento de la productividad del suelo.

La tecnología del cultivo en callejones ha sido probada en numerosos lugares que representan una amplia variedad de condiciones físicas y socioeconómicas (suelo, lluvia, laderas y altitud) y usando un gran número de árboles y especies de cultivos, y técnicas de manejo de sistemas (Rao et al. 1997, citado por Krishnamurthy 1999).

La tecnología agroforestal a establecerse, es la de tecnología agroforestales con arreglo lineal, específicamente la modalidad de cultivos en callejones sobre curvas a nivel donde sea necesaria; así, reabarca la función protectora del sistema en cuanto a mejoramiento de la fertilidad y control de la erosión.

4.2.9. Cultivos básicos en policultivos

La asociación maíz-fríjol es uno de los sistemas de producción agrícola tradicionales, resultado de experiencias acumuladas por miles de años y seleccionados con el fin de obtener los mejores resultados en el aprovechamiento de los recursos naturales, buscando no los más altos rendimientos sino el logro de una alta eficiencia productiva, considerando que no todo lo que se produce tiene un valor de cambio, sino que hay valores de uso indispensables en la economía familiar, como son la diversidad de la dieta y las necesidades de forraje. Este tipo de sistema no es nuevo, de hecho es el sistema más antiguo. Fue el primer tipo de agricultura organizada y ha llenado un importante papel en el desarrollo de la agricultura y sociedad (Francis, 1989).

En muchas regiones del país es frecuente la siembra de cultivos asociados (leguminosa-gramínea), éste sistema es de gran importancia ya que maximiza el uso de los recursos incrementando la productividad por superficie, además de crear un balance en el suplemento de energía y mejorar la fertilidad del suelo (Reyes, 1993).

Una asociación de cultivos es aquella que implica la cosecha de dos o más cultivos por unidad de área por año (Aguilar, 1978). Adquiere mayor importancia cuando se

hace necesario obtener mayor producción en un área de terreno determinado. Estos ofrecen gran potencial, no sólo para incrementar la producción de alimentos, sino para reducir la erosión del suelo al mantener vegetación durante un largo periodo del año.

Con la asociación de cultivos se produce en una misma área y reciben los mismos cuidados, dando producciones en cantidad, calidad o valor superiores a los que se obtendrían cultivando en monocultivo. Algunas de las interacciones positivas son: existencia de especies con aparato radicular diferente, de especies con hábito de crecimiento distinto, especies con ritmo de crecimiento estacionalmente distinto; otros fines son: menores oscilaciones en la producción, obtención de productos de mejor calidad, obtención de un primer producto mientras crece la especie principal, servir de protección a otros cultivos, suministrar un soporte, asegurar la fecundación cruzada (Bonciarelli, 1978).

Otras de las ventajas de éste sistema que señala Lápiz (1978), son: 1) mejor uso en la utilización de los recursos ecológicos en tiempo y espacio, 2) se maximiza la producción económica por unidad de área, 3) existe mayor protección del suelo contra la erosión por el mayor tiempo de cobertura vegetal, 4) se mantiene la fertilidad del suelo por la inclusión de leguminosas dentro de la asociación, 5) hay un mayor control de maleza y plagas, 6) existe mejor balance nutricional.

Finalmente Guaman (1981) agrega que los cultivos asociados son beneficiosos debido a que el agroecosistema ofrece menor fragilidad y aprovecha mejor las variaciones del medio que un cultivo sólo. Existen interrelaciones en las que una especie no afecta los rendimientos y en las que ambas reciben beneficios de la asociación como: soporte, uso y aporte de nutrimentos, uso de agua a diferentes estratos o en diferentes etapas de desarrollo.

4.2.10. Los Árboles frutales en los sistemas agroforestales

Los frutales juegan un papel importante en diversos sistemas de producción agrícola, ya que se presentan en la mayor parte del país. La fruticultura es una actividad que se combina con la producción de otros cultivos (Maldonado, 1989). Una de las alternativas que se piensa puede contribuir al sostenimiento de un agroecosistema es la aplicación de la Agroforestería. Una de las razones por las que no se ha promovido esta forma de uso del suelo es la falta de estudios en México, sobre todo en las regiones templadas, que indiquen qué sistemas pueden ser los más apropiados para determinadas condiciones ecológicas y socioeconómicas (Ramírez, 2001).

Los frutales de clima templado, también denominados caducifolios, en promedio son más redituables que los tropicales y subtropicales, pues se estima que se obtienen 1.797 veces más valor por hectárea debido a mejores condiciones de mercado para frutales de clima templado, donde se incluye explotación de fresa y uva.

Según INEGI (1994) los frutales de clima templado que mayormente se cultivan en México son: manzana, durazno, ciruela, uva, nuez encarcelada y nopal. En estos seis frutales están indicados en orden de importancia por la superficie que ocupan, y constituyen el 90.17 % de la superficie en producción con frutales caducifolios. Los principales estados productores de estas especies caducifolias están situados en el norte y centro norte del país, y son en orden de importancia, en cuanto a superficie cultivada: Chihuahua, como primero, seguido por los estados de Sonora, Zacatecas, Puebla, Coahuila, Michoacán, México, y Nuevo León.

De acuerdo a un estudio realizado por Quiñónez (1996), sobre las frutas de clima templado y el mercado exterior de México, son cuatro las seleccionadas como de mayor importancia, tomando en consideración la producción, el rendimiento, la superficie, los costos y el comercio: Manzanas, Peras, Durazno y Ciruela.

La producción de estas frutas en México no ha tenido grandes avances desde 1991 aproximadamente, cuando se tuvieron incrementos significativos ya que la mayoría

de estas especies, a partir de este año han venido decreciendo, parcialmente en el caso de las ciruelas, peras y duraznos; esto ocasionado por la poca importancia dada al sector de fruticultura en materia de financiamiento y asesoría, etc. Y las condiciones económicas desfavorables del país.

4.3. El cultivo del Duraznero

El durazno (*Prunus persicae*) es originario del extremo oriente (CONAFRUT, 1972) donde se encuentra desarrollándose de manera silvestre en algunas regiones de China central, desde hace cuando menos 4 000 años.

Este frutal fue introducido a Grecia por Alejandro Magno y a Roma por los persas; llegó a Europa en la edad media en el tiempo de las cruzadas; a México fue introducido por los Españoles en el siglo XVI y de aquí fue llevado a Florida y a California (Ortega, 1975).

El cultivo de durazno se encuentra en 28 estados del territorio Mexicano, bajo condiciones climáticas muy variadas, siendo los principales productores: Zacatecas, Guanajuato, México, Michoacán, Puebla, Morelos, San Luis Potosí, Aguascalientes, y Chihuahua, quienes representan el 87,0 % de la superficie total cosechada y el 86 % del volumen y valor de la producción total; para el año 2001 se reportan 36 843.50 hectáreas cultivadas en los mismos 28 estados (SAGAR, 2001).

La importancia del duraznero dentro del grupo de frutales de clima templado cultivados en México se explica por ocupar el tercer lugar en superficie cultivada; el segundo lugar en consumo per cápita con 1.7 kgs; debido a su valor nutritivo; y por ser el primero en porcentaje de estos frutos destinados a la industria y el cuarto lugar en importancia económica (Ovando, 1982).

Debido a que en las últimas dos décadas el rendimiento medio de duraznero se ha mantenido constante, mientras que la población, y por lo tanto la demanda, casi se

han duplicado, el precio del producto en el mercado nacional es aproximadamente el doble del que se registra en los Estados Unidos y Europa. Por esta razón, el duraznero se ha convertido en un cultivo muy rentable, por lo cual éste constituye una buena alternativa de producción para los huertos de los pequeños productores en nuestro país. (Pérez G. S., 1997).

Las prácticas de cultivos combinados implican un uso intensivo de la tierra, por lo tanto una mayor demanda de nutrientes, por lo cual es necesario buscar fuentes alternativas ecológicas, para la obtención de abonos orgánicos que se puedan instalar en las mismas unidades de producción para el reciclaje de nutrientes.

4.4. Producción de Duraznos orgánicos

La creciente relevancia que ha adquirido el factor ecológico y la preocupación por mejorar la calidad de vida a nivel mundial, ha propiciado el desarrollo de un mercado de productos que requieren de tecnología que produzca alimentos de forma racional en equilibrio con la naturaleza.

Una alternativa viable ha sido la agricultura orgánica, considerada esta como un sistema de producción que incorpora insumos naturales a través de prácticas especiales (composta, abonos verdes, biodigestores, control biológico, insecticidas a base de plantas, entre otras), para obtener un producto libre de residuos tóxicos (Gómez T., L., 1996).

4.5. Fertilización en Árboles frutales

Para realizar la fertilización de la manera más adecuada, se deben considerar los siguientes factores: análisis de suelo, extracción por parte de la planta, naturaleza física y química del suelo y diagnóstico foliar.

Los árboles frutales se fertilizan al momento de la plantación, cuando se encuentran en crecimiento y formación de fruto y después de la cosecha. Lo anterior para asegurar el establecimiento del árbol recién plantado y un vigoroso crecimiento para que alcance en el menor tiempo posible su tamaño productivo. Después de la cosecha, la fertilización sirve para que el arbole almacene alimento que ha de ser utilizado en la primavera, cuando salga del letargo.

En la fertilización de árboles frutales, el fertilizante se aplica alrededor del tronco debajo del área de goteo y enterrado a unos 15 cm de profundidad, lo que asegura la presencia del fertilizante en el área de extracción del árbol. El fertilizante no debe quedar concentrado junto al tronco, ya que además de ser poco aprovechado puede provocar quemaduras en el tronco y raíces principales.

La fertilización también puede hacerse a través del riego, ya sea presurizado o rodado; también por medio de tractores, aplicando el fertilizante en línea paralela a la de los árboles y a cada lado de ésta.

4.6. Nutrición vegetal

Las plantas se nutren con material inorgánico, el cual se obtiene del aire, del agua y del suelo; del primero obtienen carbono, hidrógeno, y oxígeno; del suelo, nutrimentos minerales que a través de la fotosíntesis son transformados a compuestos orgánicos. Esto implicaría un empobrecimiento paulatino del suelo, pero la descomposición de la materia orgánica, reintegra al suelo, como último paso del ciclo trófico, los elementos que en un principio le fueron extraídos.

Cuando el hombre cultiva alguna especie, ya sea para obtener alimentos u otros materiales, impide el ciclo natural de la materia orgánica, esto trae como consecuencia la extracción sin retorno de minerales del suelo; empobrecimiento que se va agudizando por la erosión de los terrenos. Lo anterior nos hace ver la

importancia y justificación para la realización del abonado y fertilización con materiales procedentes del exterior del campo de cultivo.

En general, las plantas requieren de 16 elementos esenciales; aunque existen mucho más en su composición; estos elementos participan en cantidades muy diferentes en la composición de las plantas como las de durazno, como en las otras llamadas superiores, el 75% del tejido verde es agua, el restante 25% es materia seca y se compone, principalmente, de carbono, hidrógeno y oxígeno. Los restantes 13 elementos se dividen en macro y micro nutrientes:

- a) Macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).
- b) Micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn) y cloro (Cl).

La clasificación de estos elementos también se puede hacer según el destino que tienen dentro de la planta:

- a) Formadores de sustancias orgánicas: N, P, Mg, S.
- b) Reguladores del plasma e intercambios iónicos: Ca, K, Mg.
- c) Actividades de procesos bioquímicos: microelementos.

Un abasto adecuado, en cantidad y momento, redundará en un crecimiento y desarrollo correcto, además de una producción satisfactoria.

4.7. Fertilización foliar

La fertilización foliar, se conoce en Europa y Estados Unidos desde antes de 1914, pero la intensidad de su utilización es más reciente, se señala que es de 10 a 15 veces más eficiente que la tradicional y que las plantas aprovechan hasta el 95% de los nutrientes aplicados.

Cuadro 1: Niveles óptimos de nutrientes para duraznero, en edades de tres a cinco años

DESCRIPCION	Macronutrimientos							Micronutrimientos				Otros Elementos		
	Nitrógeno Total (NT)	N-NO3	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (s)	Hierro (Fe)	Zinc (Zn)	Manganeso (Mn)	Cobre (Cu)	Boro (B)	Sodio (Na)	Cloro (Cl)
SUFICIENCIA	3 -3.5	ND	0.14-0.25	1.9-3	1.7-2.7	0.3-0.8	ND	100-250	20-50	40-160	4-16	20-60	0.02-0.5	0.3- 1

A partir de la década de los sesentas se empezó a utilizar en México el método de fertilización foliar, también llamado nutrición foliar y aspersión nutritiva.

De antiguo se conoce que las raíces son los principales órganos de absorción de las plantas, pero en la actualidad y gracias a los radioisótopos, se ha demostrado que tanto las hojas como en la corteza y frutos, también se realiza la absorción de nutrientes; incluso por las hojas la absorción es más rápida que por la raíz (Flores, 1988).

La absorción tiene una relación directa con la superficie foliar; a mayor superficie, más absorción; ésta lo mismo se realiza por el haz que por el envés; es influenciada grandemente por la luz y la temperatura, aumenta con ambos, hasta un límite óptimo para cada elemento nutriente; también es influenciada por las características morfológicas de las plantas, el pH del material inerte y por los requerimientos nutritivos de la planta.

Prácticamente se puede fertilizar por este método, todos los cultivos y se pueden aplicar por el mismo, todos los elementos nutritivos, pero en donde se encuentra su mejor utilización es en la aplicación de los elementos menores u oligoelementos, ya que la ley del mínimo encuentra aquí una aplicación práctica: la asimilación de los nutrientes por la planta está en una proporción directa a la abundancia o escasez de cualquiera de ellos, dicho en otra forma, si algún elemento se encuentra altamente escaso, la nutrición total de la planta será en proporción directa a ese elemento; se utiliza también la acción sinérgica, que es la acción en conjunto de un grupo de elementos en tal forma que el efecto total resulta mejor que la suma de cada uno de los efectos individuales.

Se debe tener ciertas precauciones para la aplicación de esta técnica: No hay que utilizarla si existe amenaza de lluvia o viento, ni en lugares excesivamente calientes o muy secos, mientras más fina sea la gota de los aspersores, se gastará menos y se obtendrán mejores resultados. Las mejores aplicaciones son por la mañana (antes

de las 11:00 horas.), o por la tarde después de las 16:00 horas. La humedad ambiental favorece la absorción de los fertilizantes foliares (Flores , 1988).

4.7.1. Fertilización foliar en frutales

La fertilización foliar es un medio de corrección complementaria y forma única de aplicación de algunos elementos, principalmente de aquellos que en el suelo se hacen no aprovechables muy rápidamente o que se requieren en cantidades muy pequeñas (Micronutrientes como el Zn, Mg, Cu, B, Mo y Fe).

En lo que se refiere a la fertilización foliar de árboles frutales, se recomienda las siguientes dosis en aplicación convencional:

- a) El Zn se aplica a finales de I período de reposo antes de que haya brotación, se puede tratar habiendo hojas, pero debe ser después de la recolección. En árboles improductivos la aplicación puede hacerse en cualquier tiempo.
- b) El B se aplica normalmente en primavera, después de la floración, aunque el tratamiento en verano es el más efectivo.
- c) El Fe se aplica en la semana 4 y 7 después de la floración.
- d) El N se aplica en primavera después de la brotación.
- e) El Mg se aplica mezclado con Nitrato de calcio $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ y Sulfato de magnesio So_4Mg . (Guerrero, 1998).

4.8. Análisis foliar

En el caso del durazno, al igual que en otros frutales de clima templado, el mejor periodo para la toma de muestras para hacer el análisis foliar, es el comprendido entre finales de julio y finales de agosto. Los resultados aportarán información acerca del estado nutrimental del árbol que podrá estar excedido, normal o deficiente en uno o varios elementos.

El análisis foliar se hace con base en una muestra de hojas, la cual se toma de una decena de árboles representativos de una plantación o al menos una muestra cada dos hectáreas. Para diagnosticar un problema aislado se muestrean cinco árboles con problemas y cinco sanos. La muestra se toma cuando el árbol se encuentra en fase de plena producción o cuando se sospecha la existencia de problemas. En el hemisferio norte las muestras se toman entre mediados de julio y finales de agosto, que es cuando la composición del limbo es más estable; las hojas han de tomarse de la parte media de ramas de la periferia del árbol, deben estar sanas y con pecíolo.

El análisis foliar por sí solo indica cuales elementos están deficientes en la planta y qué hace falta aplicar en la fertilización, aún así conviene contar con un análisis de suelo para tener claro cuántos de los nutrimentos existe, cuánto se extrae y las características que afectan la absorción de minerales, para primero saber si hay que aplicar tratamientos correctivos al suelo y después con qué y cuánto fertilizar.

4.9. Biodigestores, conceptos y usos

El constante crecimiento urbano y la introducción de servicios públicos como el drenaje convencional en comunidades rurales han ocasionado un aumento en la contaminación de cauces y embalses naturales, como arroyos, barrancos, ríos, presas, lagunas, etc., en muchas regiones del mundo, lo cual ocasiona severos daños para la salud humana y el medio ambiente; razón por la cual muchos países están buscando métodos seguros e inocuos para el medio ambiente y eficaces en función de los costos, con el fin de depurar y eliminar las aguas y lodos residuales. Esto, además trae como consecuencia la instalación de plantas de tratamiento “convencionales” o depuradoras de aguas, en cuyo proceso se generan como subproductos los fangos o lodos residuales, los cuales se incrementan constantemente y presentan serios problemas de almacenamiento, confinamiento, eliminación y, en el mejor de los casos, de aprovechamiento.

Por otra parte, dada la problemática de los costos de producción por el uso excesivo de fertilizantes químicos y la contaminación y degradación de los suelos, ha hecho necesario entrar a una etapa de sustitución de insumos químicos por biológicos, aprovechando la biomasa que el productor tiene a su alcance y que bajo el proceso de composteo, lombricomposteo y producción de LEDA (Líquido Efluente de digestión Anaeróbica), obtendrá materiales que mejorarán el suelo en: su pH, fertilidad, CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y capacidad de retención de humedad por el suelo, disminuyendo paulatinamente el uso de fertilizantes químicos hasta prácticamente cero, siempre que exista un plan técnicamente elaborado y llevado a cabo para que el proceso de sustitución de insumos químicos por biológicos no afecte la producción sino más bien que la mejore y la ponga en condiciones de cambiar a una producción orgánica que actualmente demanda productos agropecuarios con un mayor valor de mercado (Curiel, 1998).

Todo ser vivo está formado de estructuras moleculares bien organizadas como: carbohidratos, grasas y aceites, aminoácidos, proteínas, etc. Estas estructuras orgánicas están formadas de elementos minerales esenciales que todos conocemos (C, H, N, O, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mo, B, Cl, Na, etc.) y que están presentes en la naturaleza en formas inorgánicas asimilables o no asimilables formando parte del aire, agua, rocas y suelo; o están en forma orgánica formando parte de plantas y animales en: sus cuerpos, secreciones y excreciones, así como en el petróleo, en la materia orgánica y en el humus del suelo. Por lo tanto, estas formas orgánicas se deben de considerar como materias primas para producir fertilizantes orgánicos (Curiel 1998).

En este sentido, es importante buscar alternativas tecnológicas que de manera ecológica y racional, procesen los residuos orgánicos tanto rurales como urbanos; así como también, es importante realizar investigaciones relacionadas con el uso y aprovechamiento de dichos residuos en los sistemas agroforestales locales, como fertilizantes o abonos foliares, para obtener resultados que puedan ser difundidos en zonas donde se requieran dichos sistemas.

Como una respuesta alternativa a este manejo indiscriminado y antiecológico de los desechos orgánicos, han surgido diversas técnicas conocidas como **Ecotecnias** en donde se encuentran los **Biodigestores**, los cuales son tanques o fosas herméticamente cerrados en donde ocurre la fermentación de la materia orgánica por la acción de microorganismos conocidos como metanogénicos (Mandujano , 1981).

La fermentación anaerobia es un proceso biológico que ocurre en forma natural, en el cual los desechos orgánicos son parcialmente descompuestos por una mezcla de bacterias en ausencia de oxígeno. Este proceso se divide en dos fases, una líquida en donde las bacterias facultativas rompen una gran porción de los desechos orgánicos y los transforma en ácidos orgánicos y en particular ácido acético, clasificado dentro de los ácidos grasos volátiles, y la fase de gasificación mediante la acción de las bacterias metanogénicas, las cuales producen bióxido de carbono y gas metano, también conocido como biogás (Sánchez, 1990).

4.9.1. Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un conjunto de reacciones bioquímicas que se llevan a cabo bajo condiciones de ausencia de oxígeno y que desembocan en la degradación de la degradación de los grandes biopolímeros, hasta polímeros simples (Arias Ch. 1995). Dentro de los efluentes de digestores, existen factores que estimulan al crecimiento y no están identificados. (Arias Ch. 1992) los llamó *nutriente celular, resultando del proceso de degradación por la sucesión ecológica* de microorganismos durante la fermentación anaeróbica en el filtro biológico o digestor, que llevan a nutrir a las células metanogénicas a través de la pared celular. Al sacarlos se obtiene también proteína microbiana, ya que las bacterias anaeróbicas no pueden sobrevivir a la menor traza de oxígeno.

El oxígeno va desapareciendo rápidamente por efecto del proceso inicial (catálisis) en un medio aún con aire, seguido de otra parte facultativa y anaeróbica inicial

(ácida) al iniciar el proceso de digestión metanogénica. Este proceso implica una serie de reacciones por parte de varios tipos de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos que se alimentan con la materia orgánica bruta y en procesos. Para esto es conveniente la adición de agua (Young, 1989).

El empleo de los digestores es una alternativa ecológica para la solución de los problemas que se generan en el manejo de estiércol (Arias Ch., 1978). Un biodigestor es un reactor donde se lleva a cabo una digestión o fermentación anaeróbica del material orgánico contenido en éste, con la finalidad de estabilizarlo y reducir su repulsibilidad por medio de microorganismos matano-bactéricos y obtener a través del proceso, productos sólidos, líquidos y gaseosos (Arias, Ch. 1978, citado por Arias O. 1996).

Así, menciona (Arias Ch. 1986), que al realizarse este proceso se obtienen ventajas como las siguientes: a) producción de biogás, b) menor contaminación, c) menos patógenos, d) menos olores, e) menos sólidos, f) estabilización de desperdicios, g) uso de líquidos como fertilizantes y h) uso de líquidos para alimentación animal. Los sólidos y líquidos digeridos son una sustancia viscosa que no tiene mal olor y no atrae moscas, las cuales contienen compuestos de alto valor nutritivo (Arias O. 1996).

El proceso bioquímico consta de tres etapas: licuefacción, que es en donde las bacterias y hongos descomponen las proteínas, lípidos y carbohidratos a sustancias más simples a través del proceso de hidrólisis; acidogénesis, el sustrato es convertido a ácidos grasos volátiles simples como los ácidos acético, propiónico y butírico que son básicos como alimento para que actúen las bacterias de la siguiente fase; metanogénesis, aquí actúan las bacterias metanogénicas las cuales actúan sobre los ácidos volátiles descomponiéndolos en sustancias amoniacales y quelatantes de varios elementos, gas metano, CO₂ y sulfuro de hidrógeno. Con este tipo de descomposición se obtiene biogás, fertilizante líquido para aplicación foliar y al suelo, sustancias nutritivas para animales, fertilizante semisólido para aplicarlo al

suelo con altas concentraciones de materia orgánica y sustancias húmicas. Para obtener un buen nutriente se deberán tomar muy en cuenta los siguientes factores; temperatura (20-40 C), el pH (6.5-8.5 para producir biogás), la relación carbono: nitrógeno (20:1-30:1), tiempo de retención (10-25 C es de 80 a 100 días, a 25-35 C es de 35 días, a 35-40 C es de 33 a 50 días, a 50- 55 C es de 20 días), el uso de desinfectantes y medicamentos en la dieta de los animales y la concentración de sólidos solubles (es de 7-9%), (Curiel, 1998).

Como resultado del proceso antes mencionado, se obtienen diversos productos como gas metano, nata que es la parte gruesa sobrenadante, y el **líquido efluente de digestión anaeróbica (LEDA)**. Este último es el producto más abundante y valioso del digestor, ya que es un nutriente celular que actúa como excelente fertilizante foliar para diversos cultivos agrícolas (Arias Ch., 1995).

Los fertilizantes orgánicos líquidos que se aplican en forma foliar tienen un tiempo limitado de acción después de su aplicación, por ejemplo con el Líquido Efluente de Digestión Anaerobia (LEDA) se ha visto que su acción desaparece en 15 días, por lo cual se deben hacer varias aplicaciones a intervalos de dos semanas. Los fertilizantes foliares dependen para su absorción del tamaño de las hojas, número y apertura estomal del cultivo, así como la presencia de capas cuticulares y vellosidades, cuando esto sucede es necesario aplicarles un surfactante o adherente orgánico (jabón de pan o miel) a razón de un gramo por litro de mezcla de fertilización (Curiel, 1998).

1. Posee mayor cantidad de nitrógeno que la materia prima original en base seca, con la composición aproximada siguiente:
2. No posee olor desagradable.
3. No contiene bacterias patógenas o semillas de hierbas, ya que el proceso de digestión las elimina.

Desde el punto de vista ecológico los Biodigestores son una excelente alternativa, ya que además de las ventajas antes mencionadas, elimina patógenos para el hombre, así como moscas, semillas de yerbas indeseables y malos olores.

4.9.2. Tipo de digestores y sus subproductos.

Aunque existen muchas clasificaciones, se tomará la que se acordó en la OLADE, se refiere a los tipos de operación y forma esencial de la construcción, (Arias O. 1996).

De acuerdo con su operación:

- De alimentación y descarga por lote (batch).
- De alimentación y/o descarga semi-continua.
- De alimentación y/o descarga continua.
- De flujo “tapón”.
- Con o sin agitación inducida.

De acuerdo con su forma:

- Verticales
- Horizontales.
- Otros (redondos).

4.9.3. Materias primas de un digestor

La cantidad y las características de los materiales orgánicos disponibles para la digestión, varían ampliamente. El estiércol de ganado bovino es una materia prima óptima para la digestión anaeróbica. La cantidad de estiércol obtenible dependerá de tres factores: el tamaño y la edad del ganado; el grado de confinamiento y el tipo de estiércol (Vega, 1989, citado por Arias O. 1996). También puede procesarse en un digestor: residuos agrícolas, agroindustriales, forestales y de rastro. El valor bromatológico variará dependiendo de la materia prima utilizada (Arias Ch., 1986).

Cuadro 2. Contenido nutrimental y elemental de LEDA (base seca)

Parámetro o elemento	Porcentaje (%)
Proteína	13.94+0.37
Grasa	1.90+0.23
Ceniza	24.74+2.78
Fibra	21.74+2.70
Carbohidratos	31.07+3.83
Nitrógeno total	2.40+0.29
Fósforo	0.77+0.16
Potasio	3.49+0.57
Calcio	2.44+0.37
pH	7.5
Materia orgánica	85.0

Fuente: Arias O. (1996).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área experimental

5.1.1. Localización

Para llevar a cabo la presente investigación se contó con una superficie aproximada de una hectárea ($10\,000\text{ m}^2$) ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en la tabla conocida como la huerta (H3), ubicado hacia la parte oriente del campus universitario, pero dentro de la área de influencia de Chapingo. El predio se sitúa en las coordenadas geográficas $19^\circ 29'30''$ y $19^\circ 48'27''$ latitud norte y entre los $98^\circ 52'35''$ y $98^\circ 57'30''$ de longitud oeste, con una altitud de 2260 msnm; como referencia dicha parcela se encuentra ubicada junto a la carretera Chapingo-Unidad ISSSTE y el río Chapingo (Apéndice 1).

5.1.2. Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García, la fórmula climática de la región de estudio es: Cb (wo)(w)(i')g, correspondiendo a un clima templado con verano fresco largo, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22°C ; un cociente precipitación/temperatura menor a 43.2, por lo que constituye el subtipo más seco de estos climas, con una precipitación del mes más seco menor a 40 mm y menos del 5% de la lluvia total corresponde al período invernal, con poca oscilación de la temperatura media mensual (entre 5 y 7°C). La precipitación anual es de 636 mm y temperatura media anual de 15.2°C , siendo Mayo el mes más caliente (17.9°C) y Enero el mes más frío (11.8°C) (García, 1988).

5.1.3. Suelos

Geología: Son suelos originarios de aluviones y coluviones de materiales mixtos de

naturaleza basáltica y andesítica. Los suelos van de someros a ligeramente profundos de color negro a colores pardos, ligeramente pedregosos y con afloraciones de tepetate, de textura media. Tienen capacidad media de retención de humedad y su pH varía de neutro a ligeramente alcalino (7.4), por lo general son suelos pobres en materia orgánica.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, es recomendable realizar un análisis de suelo, para conocer los nutrientes que contiene este, así como los que se encuentran disponibles para los cultivos de interés que en este caso en particular es el cultivo del duraznero. Debido a lo anterior, se realizó un análisis de suelo en el laboratorio Central universitario de la UACH., en el cual se reportar los siguientes resultados (Cuadro 3 y 4).

5.2. Características de la huerta de duraznero

Se tiene una huerta mixta, con aproximadamente 400 árboles frutales, en donde predominan los durazneros (*Prunus persicae* L.) de las variedades Oro de Tlaxcala y Magno (del C.P.). Esta especie, se encuentra en un 80%, pero se cuenta además con algunos árboles de Ciruelo, Chabacano y Capulín, intercalados dentro de la plantación de duraznos, con la finalidad de tener diversidad en la producción y estabilidad en el sistema agroforestal, con una edad promedio, al momento de establecer el experimento, de 3 años, y una altura de .1.5 metros.

Los arbolitos fueron traídos de un vivero frutícola en el Estado de Tlaxcala, y plantados el día 22 de junio de 1999, con la técnica de tres bolillo a una distancia de 6 m entre hileras y 3 entre plantas, en curvas a nivel, en contra de la pendiente del terreno, y en una orientación de líneas de Norte a Sur. Dicho cultivar ha sido manejado básicamente con técnicas orgánicas, desde el momento de su establecimiento.

Cuadro 3. Análisis de suelo del área de estudio.

pH	M.O %	N mgKg	P mgKg	K mgKg	Ca mgKg	Mg mgKg	Fe mgKg	Cu mgKg	Zn mgKg	Mn mgKg
7.6	1.21	35.0	16.5	363	2 191	533	6.46	0.51	1.67	8.11

Cuadro 4. Clasificación textural del área de estudio

Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasificación textural
67.48	22.00	10.52	Franco-Arenoso

Con fines experimentales, se seleccionaron solamente árboles de durazno de la misma variedad, de la misma edad y con características físicas similares, para poder determinar las diferencias durante el experimento, con los respectivos tratamientos.

Los cultivos básicos son los propios de la región: Maíz y Frijol, los cuales se sembraron en los callejones entre las líneas de árboles de duraznero; estos últimos se establecerán en surcos de 80 cm. con labranza convencional de la zona, con la técnica de policutivos y con un manejo orgánico, los cuales junto con los árboles constituyen un Sistema Agroforestal.

5.3. Actividades para el establecimiento del experimento

Durante el mes de Febrero del 2002 se aplicaron a los árboles las podas correspondientes de formación y preparación.

En Marzo del 2002 se tomaron los primeros datos como son: altura de los árboles, diámetro de los tallos, número y tamaño de las ramas principales, y número de brotes de dichas ramas, de las unidades experimentales. Estos datos se tomaron al inicio del experimento, a la mitad y al finalizar el experimento.

Del 21 de marzo al 30 junio del 2002 se realizó la aplicación de los tratamientos y toma de datos correspondientes; las aplicaciones de LEDA, el cual fue producido por la casa ecológica Xochicalli en Ozumba Edo. De México, a partir de estiércol fresco de ganado bovino por medio de un biodigestor anaerobio de ferrocemento; dichas aplicaciones se realizaron cada 15 días, por la mañana (como lo indica la literatura), Por medio de una mochila aspersora de plástico.

La toma de muestras de follaje se hizo el día 22 de Agosto, dejando pasar más de un mes, para que dichas muestras no presentaran residuos de las aplicaciones.

5.4. Factores, objetos de estudio y tratamientos

5.4.1. Tratamientos

Los tratamientos a evaluar fueron 6, y estuvieron en función de las diferentes concentraciones de LEDA:

1. Testigo, 0% de LEDA
2. 20% de LEDA
3. 40% de LEDA
4. 60% de LEDA
5. 80% de LEDA
6. 100% de LEDA

Diseño experimental: El experimento se estableció mediante un arreglo factorial de tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. Se utilizaron 5 repeticiones por cada tratamiento, considerando un árbol como una unidad experimental.

5.4.2. Variables de estudio

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Acumulación de materia seca en hojas. Contenido nutrimental de macronutrientes es follaje
- Contenido nutrimental de micronutrientes en follaje

Para conocer los posibles aportes de nutrientes que se obtienen del suelo, se realizaron análisis físicos y químicos de dicho material.

5.4.3. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos sobre las diferentes variables de estudio, con sus respectivos tratamientos, fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = m + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en el bloque j .

m = es el efecto de la media general

T_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = es el efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = es el error experimental asociado a Y_{ij} .

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fruticultura es un área de la agronomía que en los últimos años ha tenido grandes progresos técnicos, los cuales han permitido aumentar el rendimiento y calidad de los productos frutícolas. Sin embargo, los adelantos técnicos se han creado bajo condiciones climáticas y sistemas de explotación diferentes a las de México, resultando en muchas ocasiones dudosa la aplicación directa de esta tecnología. Específicamente, la explotación de los huertos frutícolas bajo el sistema Agroforestal, es afectado por factores de tipo social, económico, climático y biológico que hace difícil su manejo y entendimiento.

En México la restringida información sobre el efecto de estos factores ha limitado el desarrollo y la productividad de las especies que bajo estos sistemas se explotan. El país cuenta con muchas regiones donde la explotación de los árboles frutales está asociada a la producción simultánea de otros cultivos de ciclo corto como el maíz, frijol, papa, trigo, etc., que son la base de la alimentación de los mexicanos. Esto plantea la necesidad de estudiar y entender claramente las interacciones biológicas que se dan entre las especies asociadas a fin de incrementar la eficiencia de las mismas, disminuyendo la competencia por recursos (Maldonado, 1991).

El suelo es un medio extremadamente complejo y heterogéneo, como consecuencia, algunas partes de la raíz están localizadas en condiciones muy diferentes; además, el ambiente iónico encontrado depende del balance entre las relaciones de los iones y el movimiento de éstos hacia la superficie de la raíz por flujo de masas y difusión (Phillips et al., 1976). De aquí que el consumo diferencial de iones y agua por diferentes partes de la raíz incrementa aún más la heterogeneidad del medio al que está expuesto el sistema de raíces de la planta (Huett y White, 1992).

Las prácticas de cultivos combinados implican un uso intensivo de la tierra, por lo tanto, una mayor demanda de nutrientes, por lo cual es necesario buscar fuentes alternativas ecológicas, para la obtención de abonos orgánicos que se puedan instalar en las mismas unidades de producción para el reciclaje de nutrientes.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del experimento, en el cual se tienen los datos del análisis de laboratorio para los principales macro y micro nutrientes encontrados en las hojas de los duraznos en función de las diferentes dosis de aplicación de Líquido efluente de digestión anaerobia (LEDA).

Los datos del análisis del contenido nutrimental foliar de las unidades experimentales, utilizando el programa para realizar el análisis de varianza para evaluar el efecto del LEDA en diferentes concentraciones y su contenido nutrimental se presenta en el Cuadro 7 del Apéndice.

El resultado de este análisis de varianza determina la no diferencia estadísticamente significativa ($\alpha < 0.05$) en cuanto al contenido nutrimental de los Macronutrientes como son el N, P, K, Ca y Mg. Aun cuando no se observan diferencias estadísticas significativas para dichos elementos, de acuerdo con el contenido nutrimental del LEDA reportado en la literatura, se puede observar que si existe un aporte de estos nutrientes, ya que los suelos en donde se estableció el experimento son suelos pobres en cuanto al contenido de nutrientes y materia orgánica en general (Cuadro 3). En el caso particular del N, P, y Mg, casi siempre se encontraron en cantidades suficientes, pero esto se explica debido a varios factores, entre ellos: para el caso del nitrógeno, éste puede estar siendo aportado por las leguminosa como el frijol y el haba, cultivos que son establecidos año con año en los callejones entre las líneas de los árboles frutales; y como se sabe, dichas leguminosas son excelentes fijadoras de nitrógeno, por medio de la simbiosis que realizan con las bacterias del genero *Rhizobium*, y posteriormente este elemento es aprovechado por otros cultivos.

También podría considerarse que el origen de estos elementos puede estar en las elementos contaminantes del aire, y que de alguna manera están siendo absorbidos y aprovechados por los árboles frutales.

Para el caso de los micronutrientes, el resultado de este análisis de varianza revela una diferencia estadística significativa (Cuadro 6).

Cuadro 5. Resultados de los análisis estadísticos para los macronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA

Dosis de aplicación de LEDA	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)
0%	0.033333 a	0.00333 a	0.015667 a	0.01300 a	0.00555 a	0.00000 c
20%	0.031000 a	0.00333 a	0.016667 a	0.01733 a	0.006556 a	0.00000 c
40%	0.030000 a	0.002666 a	0.016333 a	0.01833 a	0.00700 a	0.00100 b*
60%	0.031333 a	0.002666 a	0.017667 a	0.0173 a	0.00566	0.00130 a *
80%	0.032000 a	0.002000 a	0.017667 a	0.01733 a	0.00580 a	0.001066 b*
100%	0.034667 a	0.002666 a	0.01700 a	0.01600 a	0.00503 a	0.001333 a*
D S(H)	0.0098	0.0018	0.0047	0.0121	0.0024	0.0002
D S (D)	0.0084	0.0016	0.0041	0.0105	2.89024	3.00811

z Tratamientos con la misma letra indica no diferencia estadística significativa, de acuerdo con la Prueba de Tuckey [DMS (H)] para probar la $H_0: \mu_i = \mu_j$, $V_i \neq j$; $i, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ a un P o nivel de significancia de $P = 0.05$

*Indica diferencia estadística significativa a una $P = 0.05$ para probar la $H_0: \mu_0 \neq \mu_i$, $V, i = 1, 2, 3, 4, 5$ utilizando la diferencia mínima significativa de Dunnett [DMS (D)].

Cuadro 6. Resultados de los análisis estadísticos para los micronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA

Dosis de aplicación de LEDA	Fierro (Fe)	Zinc (Zn)	Manganeso (Mn)	Cobre (Cu)	Boro (B)	Cloro (Cl)	Sodio (Na)
0%	263.55 a	58950 d	36.667 a	1.4470 d	12.113 c	0.0005933 a	0.00000 d
20%	234.70 a	10.4167 c*	39.533 a	2.6950 c*	16.887 c	0.0005433 b	0.00000 d
40%	224.77 ab	10.3000 c*	39.5333 a	2.4800 c*	25.590 b*	0.0007967 ab	0.00000 d
60%	189.50 ab*	18.0500 ab*	44.443 a *	4.4500 b*	32.090 b*	0.0010000 ab	0.00007500 c*
80%	161.35 b*	19.3333 ab*	40.867 a	4.4700 b*	40.500 a*	0.0011000 ab	0.00009667 b*
100%	172.00 b*	20.6500 a*	44.300 a*	5.5400 a*	45.100 a*	0.0013000 a*	0.00018000 a*
D S(H)	2.2178	2.2177	8.772	0.7674	8.2311	0.0007	156 E-7
D S (D)	3.22668	3.02007	7.5809	3.10953	7.1134	0.0006	2.95001

z Tratamientos con la misma letra indica no diferencia estadística significativa, de acuerdo con la Prueba de Tuckey [DMS (H)] para probar la $H_0: \mu_i = \mu_j$, $\forall i \neq j$; $i, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ a un P o nivel de signficancia de $P = 0.05$

*Indica diferencia estadística significativa a una $P = 0.05$ para probar la $H_0: \mu_0 \neq \mu_i$ $\forall i = 1, 2, 3, 4, 5$ utilizando la diferencia mínima significativa de Dunnett [DMS (D)].

El diagnóstico nutrimental se basa en métodos para identificar alteraciones fenológicas o fisiológicos, que muchas veces no pueden ser percibidas con la vista y son efectos de deficiencias, toxicidades o desbalances nutrimentales, como consecuencia de un déficit, exceso o desequilibrio nutrimental del medio (suelo o sustrato, solución) de donde están absorbiendo los nutrimentos las plantas.

Desde el punto de vista nutrimental, las plantas cultivadas pueden manifestar las condiciones siguientes: deficiencia de uno o más elementos, insuficiencia de uno o más elementos, el nivel crítico (normal), abundancia de uno o más elementos, exceso de nutrimentos y toxicidad debido a concentración excesiva de nutrimentos.

Una deficiencia nutrimental ocurre cuando un nutrimento es insuficiente o no puede ser asimilada por la planta, debido a condiciones de desbalance o antagonismo u otras que afectan la disponibilidad de dicho elemento, el efecto influye negativamente sobre el crecimiento, desarrollo y producción (Cary, 1971). Una acentuada deficiencia puede provocar una disminución en la concentración de los elementos en el tejido o savia de la planta; aunque también, puede estimular la absorción de otro, lo cual puede tener un efecto desfavorable para el crecimiento de la misma planta. Un ejemplo práctico es: una deficiencia de potasio produce incrementos en la absorción de magnesio, lo cual puede llegar a ser tóxico para la planta (Etchevers, 1995).

El estado de insuficiencia se presenta cuando existe un abastecimiento no satisfactorio de los nutrimentos para los órganos de la planta. Sin embargo, existe una relación directa entre el rendimiento y la concentración del nutrimento respectivo en las hojas o en otros órganos vegetativos o en la planta entera (Davidescu, 1982). El estado de insuficiencia no produce signos visibles de insuficiencia, pero conduce a modificaciones fisiológicas que tienen un efecto negativo en términos de rendimientos y consecuentemente económicos.

7. CONCLUSIONES

1. Para el caso particular del presente estudio, en donde se cuenta con un Sistema Agroforestal de duraznos y cultivos básicos en callejones (maíz-fríjol) bajo el esquema de producción orgánica, y donde las diversas formas de aporte de nutrientes, son difíciles de controlar, se encontró que las diferentes dosis de aplicación no difirieron significativamente ($P>0.05$) en cuanto al contenido de Macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Por lo anterior se deduce que existen otras fuentes de nutrientes que están realizando aportes suficientes de los nutrientes antes mencionados, como pueden ser los residuos de los cultivos que se establecen en los callejones, la mineralización de las mismas hojas de los árboles frutales, así como las partículas suspendidas en el aire y sus diversas combinaciones entre elementos.

2. Para el caso particular de los micronutrientes analizados en el presente estudio, para la mayoría de ellos, se encontró una diferencia significativa ($P>0.05$) al ir incrementando la dosis de aplicación de LEDA.

De lo anterior se puede concluir, que los micronutrientes se encuentran en cantidades suficientes en el LEDA, y que sus formas de presentación son altamente disponibles para el cultivo de duraznero aplicándolo de manera foliar.

3. El LEDA es una buena alternativa para ser utilizado como insumo para la producción orgánica de duraznos.

8. RECOMENDACIONES

1. Para futuros trabajos realizados sobre el uso de LEDA, éste debe ser analizado químicamente, antes y después del experimento, para verificar que el contenido de nutrientes que aporta es constante.
2. Para el caso particular de la agricultura orgánica, el LEDA es una buena alternativa para la nutrición foliar en diversos cultivos, según se ha estudiado en este y otros trabajos; y en caso de que este insumo sea escaso, con una dosis de 40 % es suficiente para cubrir las necesidades elementales en árboles de durazno.
3. En el seguimiento del presente estudio, es recomendable realizar los análisis químicos nutrimentales al tejido vegetal de los cultivos básicos, para poder conocer también el estado nutrimental de los mismos.
4. Para futuros trabajos relacionados con la producción de frutales en sistemas agroforestales, es conveniente realizar estudios sobre los rendimientos, calidad de la producción, y costos de producción tanto para los frutales, como para los otros componentes del sistema.

9. BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR F., R. 1978. Formulación de recomendaciones para el cultivo de asociación maíz-fríjol en el área del Plan Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 192 p.
- ALMAGUER V., G. 1991. Fruticultura General. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 416 p.
- ARIAS Ch., J. 1995. Importancia de los Biodigestores y uso de efluentes, Apuntes del curso tecnologías Alternativas Impartido en el Depto. de Agroecología, julio-diciembre 1998. Chapingo, Méx. 25 p.
- ARIAS O., M. DEL C. y ARENAS B., D. 1996. Uso del efluente de digestor de estiércol bovino como agua de bebida en pollos de engorda. Tesis profesional, Depto. De Zootecnia, Chapingo, México. 49 p.
- BONCIARELLI F., A. 1978. Agronomía. Editorial Academia. León, España. 162 p.
- BUDOWSKI, G. 1993. Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. Revista Forestal Centroamericana. CATIE Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- CACHÓN A., H. E.; CUANÁLO de la C., N. 1976 Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de suelos. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México. 79 p.
- CALDERÓN A., E. 1993. La poda de los árboles frutales. Editorial UTEHA-NORIEGA Y EDITORES. México. 549 p.

- CARY R., P. 1971. The irrationality of using leaf analysis as a unique reference to citrus fertilizer requirement. In: Semish R. M. Recent advances in plant nutrition. Vol. 1. Gordon and Breach Science Publishers. New York, U.S.A.
- CATIE. 1997. Taller Sistemas Agroforestales en América Latina. Universidad de las Naciones Unidas y el CATIE. Editor C.A.T.I.E. Turrialba, Costa Rica.
- CONAFRUT. 1972. El durazno, su cultivo y aprovechamiento en México. Ed. Conafrut. México. 14 p.
- CRUZ M., S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 85 p.
- CURIEL R., A. 1998. Producción de compostas para su uso en huertos de Durazno. In: Curso-Taller, "Capacitación para la producción de durazno y ciruelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 118 p.
- DAVIDESCU D., D. 1982. Evaluation of fertility by plant and soil analysis. Editora Academiei. Bucuresti Rumania.
- DUARTE L., E. 1992. Evaluación Financiera de los sistemas agroforestales tradicionales en la región central de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- ESPITIA R., E.; TOVAR G., M. R.; VILLASEÑOR M., H. E. 1999. Variedades de avena grano-forraje para siembra de temporal en México. Inifap Bol. Téc. Núm. 9. 38 p.
- ETCHEVERS B., J. D. 1995. Diagnostico de la fertilidad de los suelos. Notas de curso. Programa de edafología. Colegio de postgraduados. Montecillos, México.

- FLORES A., R. 1992. Comportamiento de la Asociación Maíz (*Zea mays* L.) – Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación a la fertilización con nitrógeno y fósforo; una reevaluación Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 149 p.
- FRANCIS C., A. 1989. Biological efficiencies in multiple cropping systems. Adv. Agronomy 42; 1-12.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones climáticas de la Republica Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM: México. 252 p.
- GLIESSMAN S., R. 1971. Sistemas de cultivos múltiples: Una base para el desarrollo de alternativas agrícolas. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Tabasco, México.
- GUAMAN J., R. W. 1981. Rendimiento físico y económico de frijol-maíz, sembrados solos y en asociación. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 119 p.
- GUERRERO S., J. I. 1993. Asesoría Técnica para el cultivo de durazno a productores de Concepción Hidalgo, Municipio de Alzayanca, Tlax. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- HARRIS J., W. 1997. Publius Vergilius Maro on trees plus crops plus cattle. Farm Forestry. 86 p.
- HERNÁN Q., C. 1996. El subsector frutas de clima templado y el mercado exterior de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96. p.

- HUETT D, O.; WHITE, E. 1992. Determination of critical nitrogen concentration of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sebago) grown in sand culture. Austrian. Journal of Experimental Agricultura. 32: 772. p.
- KANG B., T. 1994. Cultivo en Callejón: logros y perspectivas. In: Agroforestería en Desarrollo: Educación, Investigación y Extensión. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México 400 p.
- KRAMER B., G. 1993. Utopía en el agro Mexicano, cuarenta proyectos de desarrollo en áreas marginadas, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 582 p.
- KRISHNAMURTHY, L.; ÁVILA T., M. 1999. Agroforestería Básica. PNUMA. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. México. 350 p.
- LEPIZ I., R. 1988. La asociación maíz-fríjol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 304 p.
- LIMÓN, A. 1993. Comportamiento de genotipos de maíz y frijol en cultivos en callejones con *Eritrina porppigiana*, *Calliandra calothyseus* y *Gliricidia sepium*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 126 p.
- MALDONADO T., R. 1991. Efecto de cultivos y podas sobre la composición mineral de las hojas de árboles frutales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 25 p.

- MANDUJANO A., M. I. 1981. Biogás Energía y fertilizantes a partir de desechos orgánicos. Manual para el promotor de la tecnología. OLADE: Serie Publicaciones Especiales No 6. 41 p.
- MÁRQUEZ S., F. 1977. Sistemas de producción agrícola (Agroecosistemas). Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 192 p.
- MEDRANO F., H. 1992 Estudio de los sistemas agroforestales del municipio de Escárcega, Campeche. México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 126 p.
- MUSÁLEM S., M.A. 1998. Cultivos en callejones, En: Curso de Sistemas Agrosilvopastoriles. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Chapingo, México. 15 p.
- NAIR P., K.R. 1985. Classification of Agroforestry System”, Agroforestry Systems. 128 p.
- NAIR P., K.R. 1997. Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- ORTEGA O., C.A. 1975. Evaluación de la selección de durazno criollo del valle de Aguas Calientes. Tesis de Maestría. CP. Chapingo, México. México. 133 p.
- PECK R., B. 1997. Sistemas agrosilvopastoriles. CONIF .Bogotá, Colombia. 89 p.
- PEREZ G., S. 1993. Establecimiento y manejo de huertos de durazno en Tlaxcala. INIFAP-CIR-Centro.
- PHILLIPS R., E. 1976. Difusión and Mass Flow of nitrate – nitrogen to plant roots. Agronomy Journal. 68: 63 – 66.

- QUIÑONES C., H. 1996. El subsector frutas de clima templado y el mercado exterior de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 99 p.
- REBOLLEDO R., H.H. 1999 SAS en Microcomputadora Análisis estadístico de datos experimentales. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 175 p.
- REYES S., M. G. 1993. La micorriza vesículo-arbuscular en la asociación soya-maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 109 p.
- SAGAR: Centro de estadística agropecuaria. 2001. Anuario Estadístico de producción agrícola de los estados unidos mexicanos.
- SÁNCHEZ S., A. P. 1990. Digestor anaeróbico: construcción, evaluación microbiológica y química de su efluente. Tesis profesional, Depto. De Zootecnia. Chapingo, México. 121 p.
- STOLLE M., E. 1993. Estudio comparativo del comportamiento nutrimental de tres familias de durazno (*Prunus persica* B.) bajo las condiciones climáticas de Chapingo a través del año. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 83p.
- VÁZQUEZ G., M. 1989. Los cultivos compuestos como alternativa para aumentar la eficiencia de producción agrícola. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 107 p.
- WESTWOOD M., N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 461 p.

APENDICE

CROQUIS DE LOCALIZACION DEL PREDIO

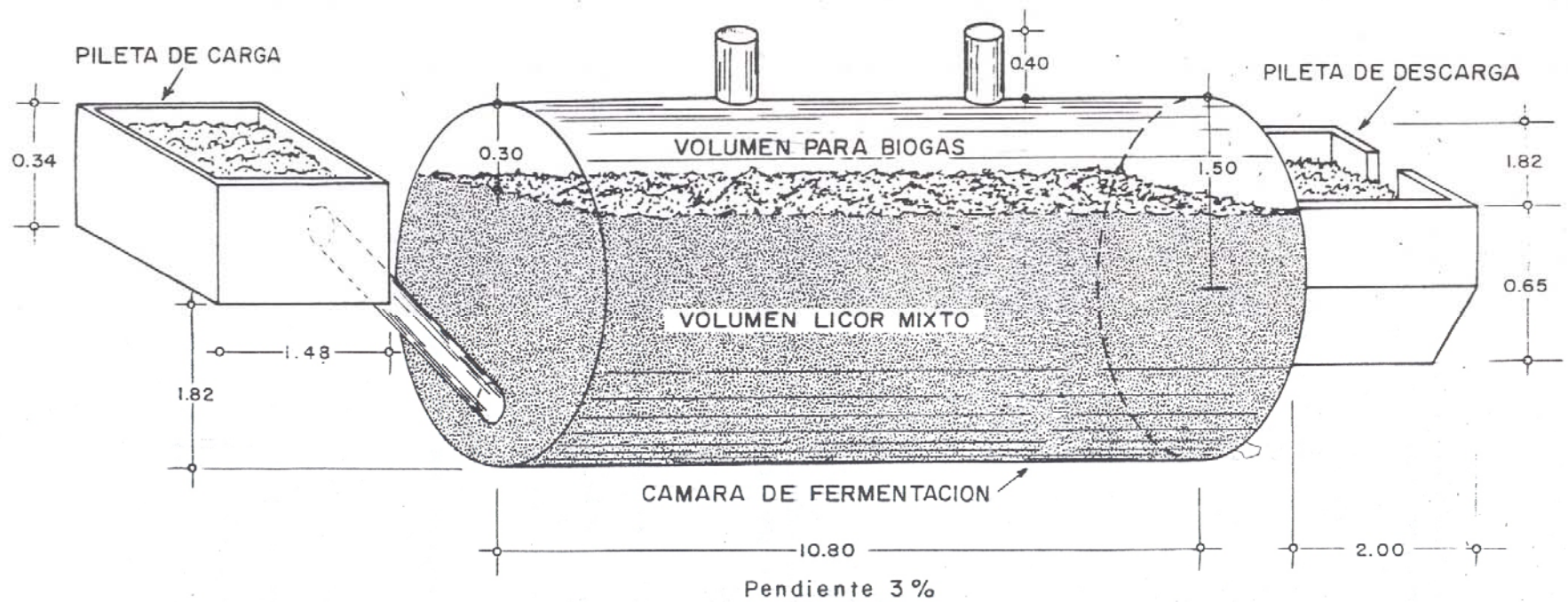


APENDICE 2

PRODUCCIÓN DE DIFERENTES PRODUCTOS A TRAVÉS DEL USO DE UN BIODIGESTOR ANAERÓBIO

Cuando ponemos a descomponer estiércol o bien biomasa diluida en agua, evitando que entre en contacto con el oxígeno del aire y se inocula con bacterias metanogénicas, generamos un proceso de descomposición anaeróbica (figura A1), donde se obtienen al final del proceso cuatro productos de utilidad que en el cuadro A1 se indican:

El tamaño del biodigestor debe ser de un tamaño tal que su largo sea de cuatro a siete veces su ancho. El volumen del biodigestor y la forma se calculará en función del tipo de materiales que se deseen utilizar (se recomienda el ferrocemento), de la cantidad y tipo de biomasa (estiércol principalmente) que se va a procesar; el tiempo de retención del material que se biodigesta (para zona fría de 2 a 4 meses, dependiendo de la estabilidad del ecosistema microbiológico dentro del biodigestor), de la eficiencia de los microorganismos que se inoculen y actúen dentro del biodigestor. Por ejemplo, el estiércol de cuatro cerdos al día, más el agua de lavado del chiquero, que servirá para diluir la mezcla que alimenta al biodigestor, sería aproximadamente 60 a 70 litros/día, en una zona fría se requiere de 90 días de retención, por lo cual se necesita un biodigestor con un volumen aproximado de 6.3 m³ más un 20% de ese volumen para la fase del G.E.D.A. teniendo así la necesidad de un biodigestor de 7.6 m³, si lo hacemos cilíndrico acostado (tipo Xochicalli de carga continua y abajo del chiquero) su diámetro sería de 1.2 m, y el largo de 6.8 m, con un costo aproximado de materiales de 6 000.00 (seis mil pesos, cotizado en junio del 2004). Si se aprovecha el calor del composteo se puede transferir este al biodigestor manteniendo una temperatura promedio de 36°C, con lo que el tiempo de retención se disminuiría a la mitad (45 días) y el volumen del biodigestor sería de 3.15 m³ y los costos disminuirían por la mitad.



Esquema general de un biodigestor tipo Xochicalli

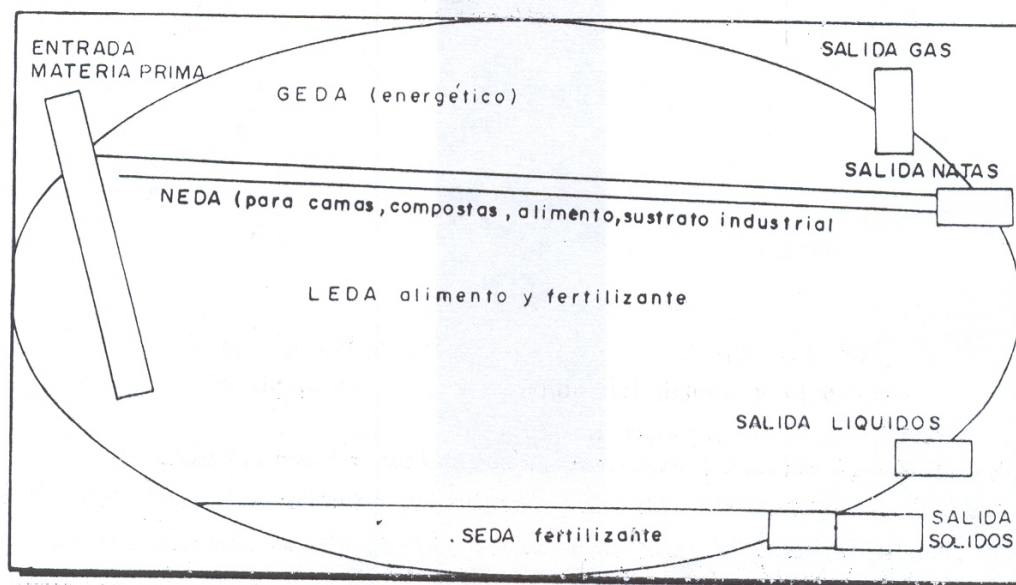


Figura A2. Esquema de un biodigestor y los productos que se obtienen de utilidad agropecuaria.

Cuadro A1. Productos que se obtienen de un biodigestor anaeróbico.

Producto	Significado	Utilidad
G.E.D.A.	Gas Efluente de Digestor Anaeróbico	Para estufas, refrigeradores de gas, calentadores, bombillas de gas, combustible para motores de combustión interna, etc.
N.E.D.A.	Sobre nadantes lignino-celulosicos E.D.A.	Seco puede servir como leña (y/o fresco) o para alimentación de ganado.
L.E.D.A.	Líquido Efluente de D.A.	Alimento para cerdos, aves y conejos como agua de uso al 75 o 100% en el bebedero; como fertilizante foliar o al suelo dependiendo del cultivo.
S.E.D.A.	Sólidos Efluentes D.A.	Como fertilizante y mejorador de suelos por la alta cantidad de humus que contiene

Modo de aplicación

Foliar de 50 a 100 litros de LEDA diluidos en 200 litros de agua para un mejor mojado y utilizando como adherente jabón de pasta (tipo zote) a razón de 1-1.5 lt/ha. Se recomienda empapar todo el follaje, las ramas y el tronco.

Cuadro 7. Análisis de varianza del contenido nutrimental de macro y micronutrientes con diferentes dosis de aplicación de LEDA.

Variable	Tratamientos		E.E		R ²	CV	X General
	GL	PR>Fc	GL	Cv			
N	5	0.6484 *	12	1.267E-5	0.2203	11.103	0.0321
P	5	0.2091 *	12	4.444E-7	0.9196	24.000	0.002778
K	5	0.6885	12	2.94 E-6	0.2050	10.194	0.01683
Ca	5	0.7359	12	1956E-5	0.1864	26.7111	0.016556
Mg	5	0.1247	11	6.8E-8	0.503019	13.86176	0.005959
S	5	0.0001	10	3333333E-9	0.9939	7.828478	0.000738
Fc	5	0.0084	7	404.87095	0.8499	9.629239	208.9615
Zn	5	0.0001	9	4.677315E-1	0.990018	490047	13.95600
Mn	5	0.0753	12	10.2411111	0.5273	7.8265	40.88889
Cu	5	0.0001	8	4963125E-3	0.986253	6.188476	3.599929
B	5	0.0001	12	9.017028	0.9590	10.4580	28.71333
Cl	5	0.0143	12	5.76833336-E8	656604	27.01952	0.000889

*Nivel de significación observada (Pr > Fc) el cual indica que mínimo un tratamiento de LEDA aporta al área foliar una cantidad significativa respecto a otros tratamientos, usando una $\alpha = 0.05$; si $Pr > Fc < \alpha = 0.05$ rechaza Ho