



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DISEÑO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL
MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*) - FORRAJE
(*Pennisetum clandestinum*) - RUMIANTE (*ovino*) EN
ZITACUARO, MICHOACAN".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA
P R E S E N T A :
MARIA DE LOURDES MARTINEZ ROMERO

ASESOR: M.C. LUCAS G. MELGAREJO VELAZQUEZ
COASESOR: ING. EDGAR ORNELAS DIAZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño de un Sistema Silvopastoril Macadamia (*Macadamia integrifolia*) -
Forraje (*Pennisetum clandestinum*) - Rumiante (ovino), en Zitácuaro,
Michoacán".

que presenta la pasante: María de Lourdes Martínez Romero
con número de cuenta: 9955355-1 para obtener el título de
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Mayo de 2004

PRESIDENTE	<u>M.C. Lucas Gelacio Melgarejo Velázquez</u>	
VOCAL	<u>M.C. Jesús Gamboa González</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Vicente Silva Carrillo</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Minerva Chávez Germán</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Juan Carlos Colorado Yáñez</u>	

A mis padres Adelina y Sergio, gracias.

A Cris, te quiero.

A Héctor, por todo.

A todos los compañeros universitarios
que le dieron vida al Movimiento Estudiantil de la
UNAM 1999-2000, el cual me permitió dar un salto
cualitativo hacia la conciencia
y la lucha.

INDICE

Resumen	11
I. Introducción	12
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo general	14
1.1.2 Objetivos particulares	14
II. Marco de referencia	15
2.1 Características generales de Zitácuaro, Michoacán	15
2.1.1 Medio físico	15
2.1.1.1 Localización	15
2.1.1.2 Extensión	15
2.1.1.3 Orografía	16
2.1.1.4 Hidrografía	17
2.1.1.5 Clima	18
2.1.1.6 Principales ecosistemas	18
2.1.1.7 Características y uso del suelo	18
2.1.2 Gobierno	21
2.1.2.1 Cabecera municipal	21
2.1.2.2 Principales localidades	22
2.1.3 Actividad Económica	24
2.1.3.1 Agricultura	24
2.1.3.2 Ganadería	24
2.1.3.3 Industria	24
2.1.3.4 Turismo	25
2.1.3.5 Comercio	25
2.1.3.6 Explotación forestal	25
2.1.4 Infraestructura Social y de Comunicaciones	25
2.1.4.1 Educación	25
2.1.4.2 Salud	26
2.1.4.3 Abasto	26
2.1.4.4 Deporte	26
2.1.4.5 Vivienda	26
2.1.4.6 Servicios públicos	26
2.1.4.7 Medios de comunicación	27
2.1.4.8 Vías de comunicación	27
2.1.5 Perfil Sociodemográfico	27

2.1.5.1	Grupos étnicos.	.27
2.1.5.2	Evolución demográfica.	.27
2.1.5.3	Religión.	.29
2.1.6	Atractivos Culturales y Turísticos.	.29
2.1.6.1	Monumentos históricos.	.29
2.1.6.2	Fiestas y tradiciones.	.29
2.1.6.3	Artesanías.	.29
2.1.6.4	Gastronomía.	.30
2.1.6.5	Centros turísticos.	.30
2.2	Estudio agroclimático de Zitácuaro, Michoacán.	.30
2.2.1	Temperatura.	.31
2.2.2	Precipitación.	.32
2.2.3	Evaporación.	.32
2.2.4	Evapotranspiración potencial.	.33
2.2.5	Días con heladas.	.33
2.2.6	Estación de crecimiento	.34
2.3	Características generales del predio “La Cabaña”.	.35
III.	Marco Teórico.	.32
3.1	Sistema silvopastoril.	.36
3.1.1	Definición y fundamentos de agroforestería.	.36
3.1.2	Definición de sistema silvopastoril.	.38
3.1.3	Componentes.	.39
3.1.4	Interacciones entre los componentes.	.42
3.1.5	Ventajas y desventajas.	.46
3.2	El cultivo de la nuez de macadamia (<i>Macadamia integrifolia</i>).	.48
3.2.1	Origen.	.48
3.2.2	Inicios del cultivo en México.	.48
3.2.3	Importancia.	.49
3.2.4	Clasificación taxonómica.	.50
3.2.5	Descripción botánica.	.51
3.2.6	Variedades de macadamia.	.52
3.2.7	Factores climáticos y edáficos.	.54
3.2.7.1	Clima.	.54
3.2.7.2	Temperatura.	.55
3.2.7.3	Precipitación.	.55
3.2.7.4	Vientos.	.56
3.2.7.5	Luminosidad.	.56
3.2.7.6	Suelo.	.56
3.2.7.7	Altitud.	.57
3.2.7.8	Latitud.	.57

3.2.8	Propagación.	.57
3.2.8.1	Origen y preparación del material de siembra.	.58
3.2.8.2	Germinación.	.58
3.2.8.3	Vivero.	.59
3.2.8.4	Propagación por injerto.	.59
3.2.9	Establecimiento de la plantación.	.60
3.2.9.1	Trazo.	.60
3.2.9.2	Ahoyado.	.61
3.2.9.3	Siembra.	.61
3.2.10	Mantenimiento de la plantación.	.62
3.2.10.1	Fertilización.	.62
3.2.10.2	Poda.	.65
3.2.10.3	Control de malezas.	.66
3.2.10.4	Plagas y enfermedades.	.67
3.2.10.5	Riego.	.68
3.2.11	Cosecha.	.69
3.3	Pasto Kikuyu (<i>Pennisetum clandestinum</i>).	.70
3.3.1	Características generales.	.70
3.3.2	Centro de origen e introducción.	.71
3.3.3	Requerimientos edafoclimáticos.	.72
3.3.4	Establecimiento.	.73
3.3.5	Asociación con leguminosas.	.74
3.3.6	Manejo y fertilización.	.75
3.3.7	Enfermedades y plagas.	.76
3.3.8	Composición química y digestibilidad.	.77
3.3.9	Conservación.	.78
3.3.10	Productividad.	.78
3.3.11	Producción animal.	.79
3.4	Ganado ovino para carne.	.80
3.4.1	Características generales.	.80
3.4.2	Requerimientos alimenticios.	.82
3.4.3	Comportamiento productivo en pastoreo.	.85
3.4.4	Manejo.	.88
3.4.5	Problemas sanitarios.	.90
3.4.6	Alojamiento e instalaciones.	.92
3.5	Sistema de Pastoreo Rotacional.	.96
3.5.1	Concepto y principios generales.	.97
3.5.2	Ventajas y desventajas.	.99

3.5.3	Pastoreo Intensivo Tecnificado (PIT).	100
IV.	Metodología.	102
V.	Formulación y Evaluación del Proyecto.	104
5.1	Estudio de Mercado.	104
5.1.1	Nuez de macadamia.	104
5.1.1.1	Análisis del producto.	104
5.1.1.2	Segmentación del mercado.	107
5.1.1.3	Análisis de la demanda.	107
5.1.1.4	Análisis de la oferta.	108
5.1.1.5	Análisis de la comercialización.	111
5.1.1.6	Conclusiones.	114
5.1.2	Carne de ovino.	115
5.1.2.1	Análisis del producto.	115
5.1.2.2	Segmentación del mercado.	115
5.1.2.3	Análisis de la demanda.	115
5.1.2.4	Análisis de la oferta.	117
5.1.2.5	Análisis de la comercialización.	119
5.1.2.6	Conclusiones.	119
5.2	Estudio Técnico.	120
5.2.1	Localización del proyecto.	120
5.2.2	Necesidades específicas.	123
5.2.3	Tamaño de la unidad productiva.	123
5.2.4	Capacidad de producción.	124
5.2.5	Ingeniería del proyecto.	125
5.2.5.1	Cultivo de la nuez de macadamia.	125
5.2.5.2	Producción de carne ovina.	128
5.2.6	Programación de actividades.	130
5.2.7	Conclusiones.	131
5.3	Estudio Financiero.	132
5.3.1	Fuentes de financiamiento.	132
5.3.2	Presupuesto de inversión.	132
5.3.3	Presupuesto de ingresos.	141
5.3.4	Estado de resultados.	143
5.3.5	Indicadores financieros.	145
5.3.6	Conclusiones.	148
VI.	Conclusiones.	149
VII.	Recomendaciones.	151
VIII.	Fuentes de información.	152

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones meteorológicas del municipio de Zitácuaro.	31
Tabla 2. Efectos de las relaciones entre componentes en los sistemas silvopastoriles.	45
Tabla 3. Características botánicas de <i>m. tetraphylla</i> y <i>m. integrifolia</i> .	51
Tabla 4. Variedades de macadamia, su origen y características.	53
Tabla 5. Plan anual de fertilización de macadamia.	63
Tabla 6. Programa de fertilización en macadamia durante 10 años.	64
Tabla 7. Necesidades de macro y microminerales.	84
Tabla 8. Requerimientos y niveles tóxicos de microminerales.	84
Tabla 9. Ganancia diaria de peso promedio en corderos a tres cargas animales pastoreando zacate ovillo.	86
Tabla 10. Resultados nacionales de producción de carne ovina con forrajes en zonas templadas.	87
Tabla 11. Composición nutricional de 100 g de almendra cruda de macadamia.	105
Tabla 12. Comparación del aceite de macadamia con otros aceites.	105
Tabla 13. Consumo per cápita de nuez de macadamia (1990-1998).	108
Tabla 14. Producción de macadamia en los principales estados productores periodo 90-98.	110
Tabla 15. Principales consumidores de macadamia.	113
Tbla 16. Precios de macadamia seca entera procesada (USD).	113
Tabla 17. Consumo nacional aparente de carne de ovino (1988-2001).	116
Tabla 18. Producción, precio y valor de la producción de ganado en pie nacional.	117
Tabla 19. Comercio exterior pecuario (1993-2001).	117
Tabla 20. Volumen histórico de la producción de carne de ovino en pie Michoacán.	118
Tabla 21. Producción, precio y valor de la producción de ganado en pie Michoacán.	119
Tabla 22. Producción de nuez de macadamia.	124
Tabla 23. Calendario de actividades (Año 1).	130
Tabla 24. Costos de producción de nuez de macadamia (Año 1).	132
Tabla 25. Costos de producción de nuez de macadamia (Año 2-5).	133
Tabla 26. Costo de producción de nuez de macadamia (Año 6-10).	134
Tabla 27. Costo de producción de carne ovina (Año 1).	134
Tabla 28. Costo de producción de carne ovina (Año 2).	135
Tabla 29. Costo de producción de carne ovina (Años 3-10).	136
Tabla 30. Costo anual de producción del sistema.	136
Tabla 31. Capital de inversión del sistema.	137
Tabla 32. Capital de operación del sistema (Año 1).	137
Tabla 33. Capital de operación del sistema (Año 2).	138
Tabla 34. Capital de operación del sistema (Anual, Año 3-5).	139
Tabla 35. Capital de operación del sistema (Anual, Año 6-10).	140
Tabla 36. Resumen de costo por Kg. de nuez de macadamia.	141
Tabla 37. Resumen de costo por Kg. de carne ovina.	141
Tabla 38. Ingresos.	141
Tabla 39. Resumen de ingresos y egresos del sistema.	142
Tabla 40. Utilidad Marginal del sistema.	143

Tabla 41. Utilidad Bruta del sistema.	143
Tabla 42. Utilidad Neta del sistema.	144
Tabla 43. Flujo Neto de Efectivo del sistema.	144
Tabla 44. Punto de equilibrio para nuez macadamia.	146
Tabla 45. Punto de equilibrio para carne ovina.	147

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. División geoestadística municipal del estado de Michoacán.	15
Figura 2. Orografía del municipio de Zitácuaro.	16
Figura 3. Hidrografía del municipio de Zitácuaro.	17
Figura 4. Climas del municipio de Zitácuaro.	19
Figura 5. Agricultura y Vegetación del municipio de Zitácuaro.	20
Figura 6. División política del municipio de Zitácuaro.	21
Figura 7. Ejidos y comunidades del municipio de Zitácuaro.	23
Figura 8. Infraestructura para el transporte del municipio de Zitácuaro.	28
Figura 9. Marcha de la temperatura en Zitácuaro.	31
Figura 10. Precipitación media en Zitácuaro.	32
Figura 11. Comportamiento de la evaporación en Zitácuaro.	32
Figura 12. Evapotranspiración potencial en Zitácuaro.	33
Figura 13. Días con heladas en Zitácuaro.	34
Figura 14. Probabilidad de ocurrencia de una helada en Zitácuaro.	34
Figura 15. Estación de crecimiento en Zitácuaro.	35
Figura 16. Diagrama de un sistema silvopastoril.	42
Figura 17. Diagrama simplificado de un sistema silvopastoril.	46
Figura 18. Oferta y demanda de nuez de macadamia en México (1990-1998).	111
Figura 19. Oferta y demanda de carne de ovino en México (1989-2001).	118
Figura 20. Mapa de localización del predio "La Cabaña".	121
Figura 21. Plano del predio "La Cabaña".	122
Figura 22. Croquis y marco de plantación en el predio "La Cabaña".	126
Figura 23. Punto de equilibrio de la producción de nuez de macadamia.	146
Figura 24. Punto de equilibrio de la producción de carne de ovino.	147

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño de un sistema silvopastoril como una alternativa de aprovechamiento sostenible para la zona del Zitácuaro, Michoacán.

Los elementos principales son nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia*), pasto Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) y ganado ovino. Los productos finales son nuez de macadamia y carne ovina.

Simultáneamente al diseño del proyecto, se llevaron a cabo las primeras etapas de su implementación, sin embargo, no ha concluido esta fase, por lo tanto, no será posible evaluar el sistema.

El proyecto fue elaborado para el predio conocido como “La Cabaña”, ubicado en el km 103 de la carretera Toluca-Morelia, en la tenencia de San Felipe los Alzati, municipio de Zitácuaro, Michoacán, en una superficie de 1 ha. El predio y la zona en la que se ubica, reúnen las condiciones climáticas, geográficas, topográficas, económicas, sociales y comerciales necesarias.

Se utilizó el sistema silvopastoril de producción para dar un manejo eficiente a los recursos (ecológicos, materiales, humanos y financieros) con que se cuentan, diversificar las fuentes de ingresos al productor y darle sostenibilidad al agroecosistema.

El proyecto será formulado y desarrollado para y por un solo productor, sin embargo, pretende ser implementado posteriormente por otros productores de la región en función de los resultados que arroje la experiencia de este sistema.

Su implementación se realizará con financiamiento particular, previo diseño y estudio de prefactibilidad.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de producción capitalista vigente en la mayor parte del mundo, por sus mismas características y contradicciones, ha generado en el sector rural dos problemas básicos.

- La creciente desigualdad entre los productores del campo, la explotación y proletarianización de campesinos y trabajadores rurales.

- La alteración del equilibrio ecológico-productivo, es decir, problemas de productividad y estabilidad en los agroecosistemas.

Es urgente e indispensable el cambio del régimen capitalista imperante para eliminar los problemas mencionados. Sin embargo, debido a la imposibilidad objetiva de que se genere actualmente un cambio de sistema económico, además de trabajar para preparar ese cambio, es relativamente posible y muy necesario utilizar nuevas técnicas y esquemas de producción que coadyuven a mejorar las condiciones de vida de algunos productores del campo y a conservar el equilibrio ecológico.

Actualmente, las alternativas más avanzadas de producción agropecuaria son las que buscan la sostenibilidad del ecosistema mediante el uso y manejo racional e integral de los recursos, la conservación del equilibrio ecológico y el uso de esquemas naturales de producción.

Los sistemas silvopastoriles, en este contexto, se presentan como una opción promisoría que por sus resultados y proyección constituyen un importante paso para incrementar la productividad, el beneficio neto del sistema y la sostenibilidad de los recursos.

Son innumerables las ventajas ecológicas que ofrece este sistema, sin embargo son de trascendental importancia las ventajas económicas que ofrece a los productores debido a la diversificación de los ingresos, a la reducción de costos de producción a largo plazo, la conservación y eficiente aprovechamiento de los recursos y la sostenibilidad de la producción.

Este tipo de sistemas han existido desde tiempos inmemoriales, sin embargo actualmente son, principalmente en los países de tercer mundo, una importante alternativa de producción para los campesinos y una forma de detener el deterioro gradual e irreversible de los ecosistemas naturales de éstos países.

El sistema silvopastoril que se plantea en este proyecto comprende la interacción de la planta leñosa perenne llamada macadamia (*Macadamia integrifolia*), la vegetación perenne herbácea (*Pennisetum clandestinum*) y ovinos criollos de la zona.

La integración de sistemas genera interacciones ecológicas favorables para la eficiencia y sostenibilidad del sistema, así como de la conservación de los recursos.

El principio fundamental es el aprovechamiento de los callejones de la plantación de macadamia en los primeros años de establecida, a través de un sistema de pastoreo rotacional con cercos eléctricos móviles y la consiguiente generación de ingresos mediante la venta de carne ovina durante los primeros años en que todavía no hay producción de nuez de macadamia.

Esta propuesta elimina la necesidad de controlar malezas en la plantación de nuez, protege el suelo de la erosión, aporta nutrientes al suelo mediante excretas del ganado, se eficientiza el espacio, luz, suelo y agua al incorporarlos a dos sistemas productivos y genera ingresos al productor permanentemente desde el segundo año.

Se contempla la utilización de nuez de macadamia en el proyecto debido a su adaptación a la zona, como medio para restaurar el ecosistema de bosque, por su rusticidad y facilidad de manejo, por los relativos bajos costos de producción y por la creciente producción y correspondiente generación de ingresos.

La utilización del pasto kikuyu se plantea debido a la adaptación a la zona, a su resistencia al pastoreo, a su tolerancia a la sombra, a su vigor y rapidez para establecerse, a su buen contenido nutricional y al gusto que ejerce en el ganado ovino.

El ganado ovino será integrado al sistema debido a que sus características específicas (tamaño, hábitos, etc.) lo colocan como la mejor alternativa entre el resto de las especies ganaderas, además, el mercado para su carne es bastante seguro y en la zona se encuentran tanto los potenciales compradores, como los proveedores de crías.

El trabajo está integrado en general por tres partes: un marco de referencia, en el que se describe la zona en la que se desarrollará el proyecto, un marco teórico que reúne la información básica y necesaria del sistema y sus componentes, y la formulación y evaluación del proyecto, la cual consta a su vez de tres estudios básicos: el estudio de mercado, el estudio técnico y el estudio financiero.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Diseñar una alternativa de aprovechamiento sostenible en una zona de Zitácuaro, Michoacán, para la producción de nuez de macadamia y carne ovina en un sistema silvopastoril.

1.1.2 Objetivos particulares

- Diseñar una alternativa de aprovechamiento sostenible para la producción de macadamia en un sistema silvopastoril.
- Diseñar una alternativa de aprovechamiento sostenible para la producción de carne ovina en un sistema silvopastoril.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Características generales de Zitácuaro, Michoacán

2.1.1 Medio físico

2.1.1.1 Localización

Se localiza al este del estado ⁽¹⁾, sus coordenadas geográficas extremas son: al norte 19°33' y al sur 19°19' de Latitud Norte; al este 100°10' y al oeste 100°29' de Longitud Oeste. Se encuentra a una altura promedio de 1,940 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Zitácuaro colinda al norte con Tuxpan y Ocampo y el estado de México; al este con el estado de México; al sur con el estado de México y los municipios de Susupuato, Juárez y Jungapeo; al oeste con los municipios de Jungapeo y Tuxpan (INEGI,2000). Su distancia a la capital del estado es de 150 kms.⁽¹⁾ (Fig. 1)

Figura 1. División geoadministrativa municipal del estado de Michoacán.



2.1.1.2 Extensión

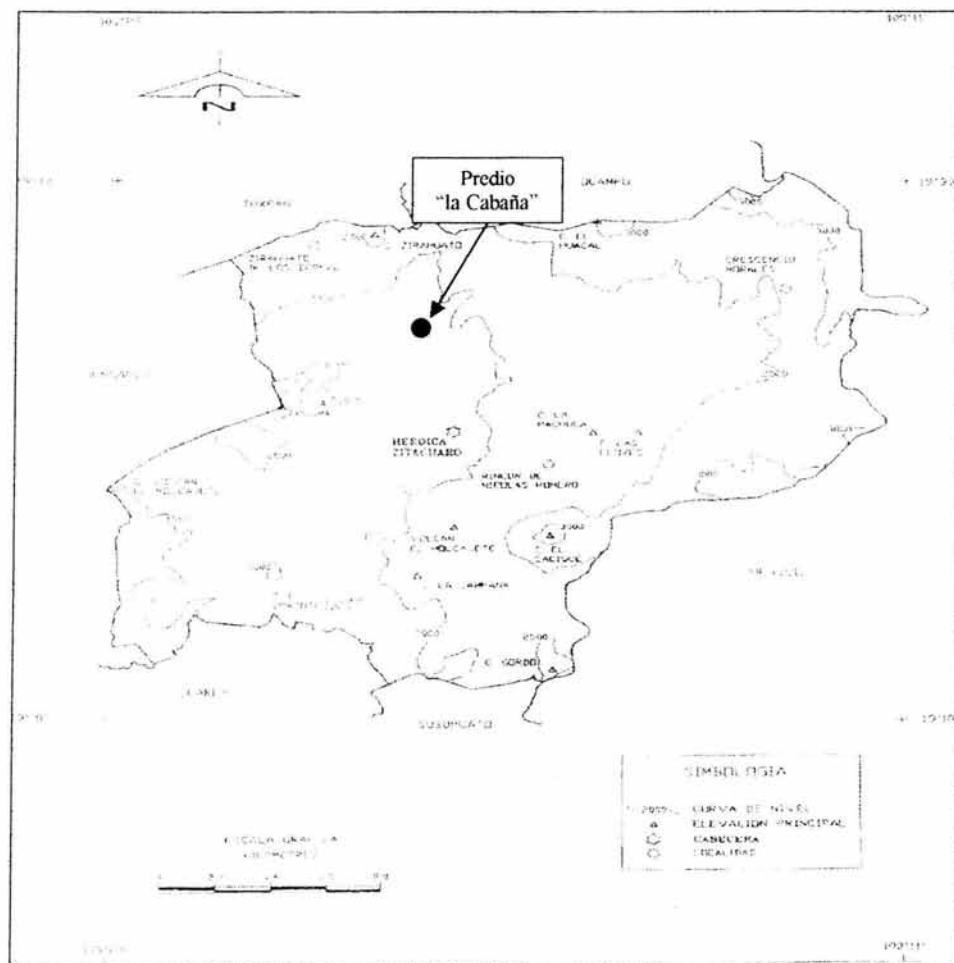
Su superficie es de 49,800 hectáreas (INEGI, 1996) y representa el 0.86 por ciento del total del estado (INEGI, 2000).

⁽¹⁾ Enciclopedia de los municipios de Michoacán, 2000. Gobierno del Estado de Michoacán.

2.1.1.3 Orografía

Su relieve lo constituyen el Sistema Volcánico Transversal y la Sierra de Zitácuaro, así como los valles de Zitácuaro, San Felipe, Ocurio y el Polvorín ⁽¹⁾ y los cerros El Cacique, El Huacal, Ziráhuato, Gordo, Las Flores, La Campana, La Pachuca, El Epazote, La Pluma y el volcán El Molcajete (INEGI, 2000). (Fig. 2)

Figura 2. Orografía del municipio de Zitácuaro

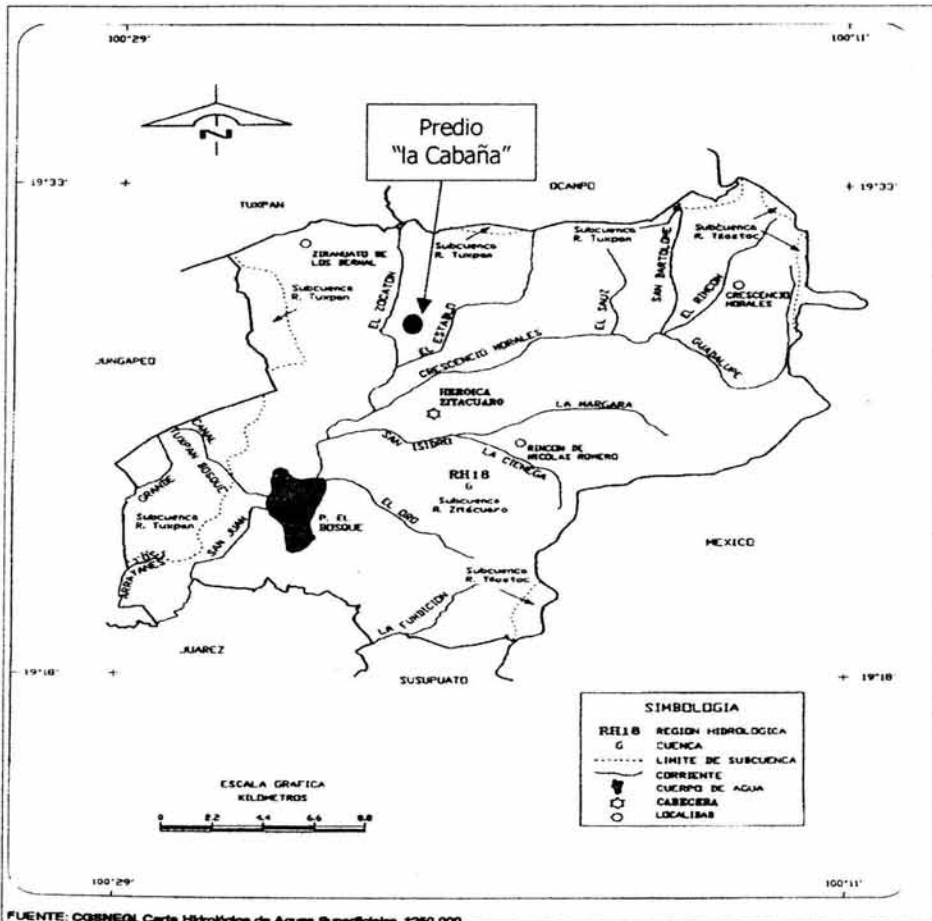


FUENTE: INEGI. Carta Topográfica, $\pm 250\ 000$. (segunda edición).
 CGSINEGI. Carta Topográfica, $\pm 50,000$.

2.1.1.4 Hidrografía

El municipio pertenece a la región hidrológica del Balsas y a la cuenca Río Cutzamala. Las principales corrientes de agua son Crescencio Morales, San Isidro-La Margara, Guadalupe, San Juan, El Establo, El Zocatón, San Bartolomé, El Oro, El Rincón, La Ciénega, El Sauz, La Fundición, Grande, Los Arrayanes y el canal Tuxpan- Bosque. La presa El Bosque se encuentra como único cuerpo de agua dentro del municipio (INEGI, 2000). (Fig. 3)

Figura 3. Hidrografía del municipio de Zitácuaro



2.1.1.5 Clima

El principal clima del municipio es el templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C(w₂) cubriendo casi la mitad del territorio (49.39%).

Así mismo, también se presenta el semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media ACw1 (27.22%) y el templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media C(W₁) (16.19%). En mínima proporción (7.2%) se presenta el semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad C(E) (W₂) (INEGI, 2000).

Tiene una precipitación pluvial anual media de 880 mm y temperaturas que oscilan entre 11.50°C (temperatura mínima) y 23.6°C (temperatura máxima), con una media de 17.5°C. El periodo de heladas comprende los meses de Octubre a Marzo, con un promedio de 10.5 días con heladas (INEGI, 1996). (Fig.4)

2.1.1.6 Principales ecosistemas

En el municipio domina el bosque mixto, con especies maderables como pino (*Pinus sp.*), encino (*Quercus sp.*), oyamel (*Abies religiosa*) y encino quebracho (*Quercus rugosa*).

En menor proporción se encuentra el pastizal con especies como zacatón (*Muhlenbergia macroura*), navajita (*Bouteloua sp.*) y zacate tres barbas (*Aristida sp.*), la selva con las especies subin (*Acacia sp.*), tepehuaje (*Lysiloma sp.*) y copal (*Bursera sp.*) y el matorral con las especies chupandía (*Cyrtocarpa procera*), colorín (*Erythrina sp.*) y cazahuate (*Ipomoea sp.*) (INEGI, 2000).(Fig. 5)

2.1.1.7 Características y uso del suelo

La mayoría de los suelos del municipio datan de la era cenozoica, de los periodos cuaternario y terciario. Son de origen ígneo extrusivo, las principales unidades litológicas son andesita, basalto y toba básica (INEGI,2000). Corresponden principalmente a los del tipo andosol, vertisol y gleysol ⁽¹⁾, el más generalizado es el andosol ócrico húmico, de textura media, con profundidad mayor de 100 cm. (INEGI, 1996).

Su uso es primordialmente forestal (47.59%) y en menor proporción agrícola (37.54%) y ganadero (4.96%) (INEGI, 2000). (Fig. 5)

Figura 4. Climas del municipio de Zitácuaro

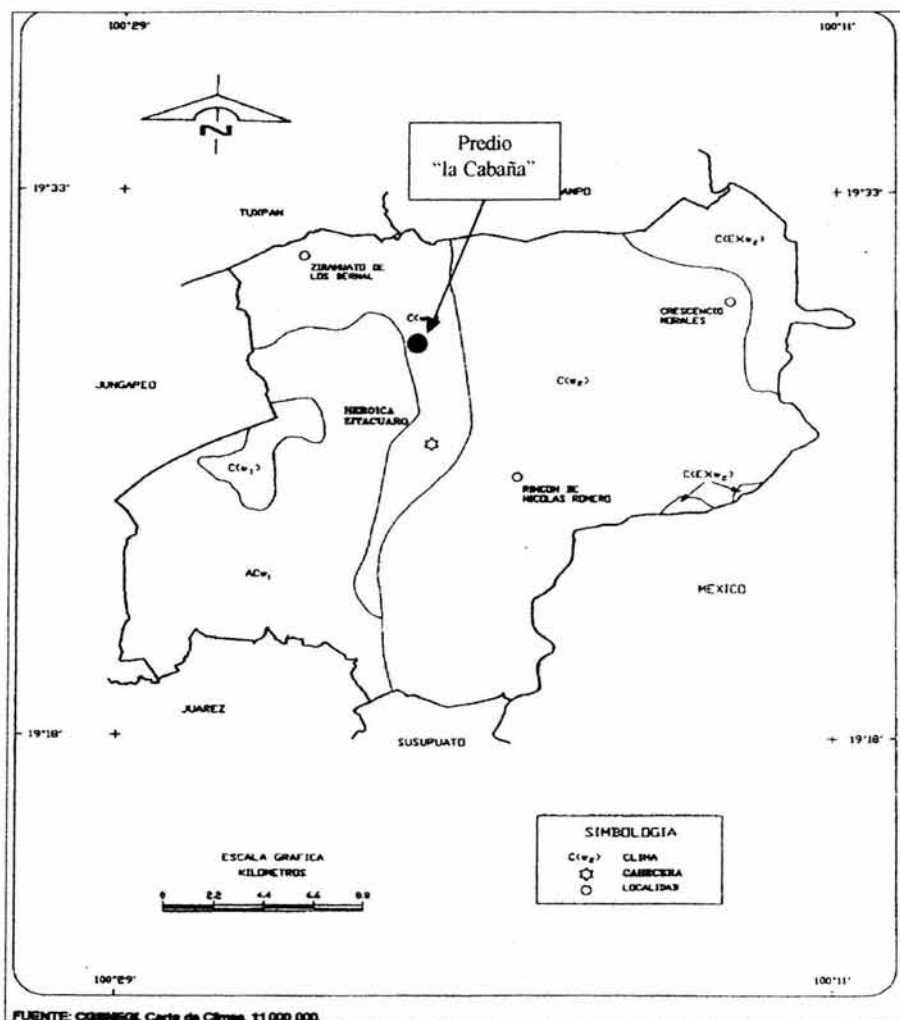
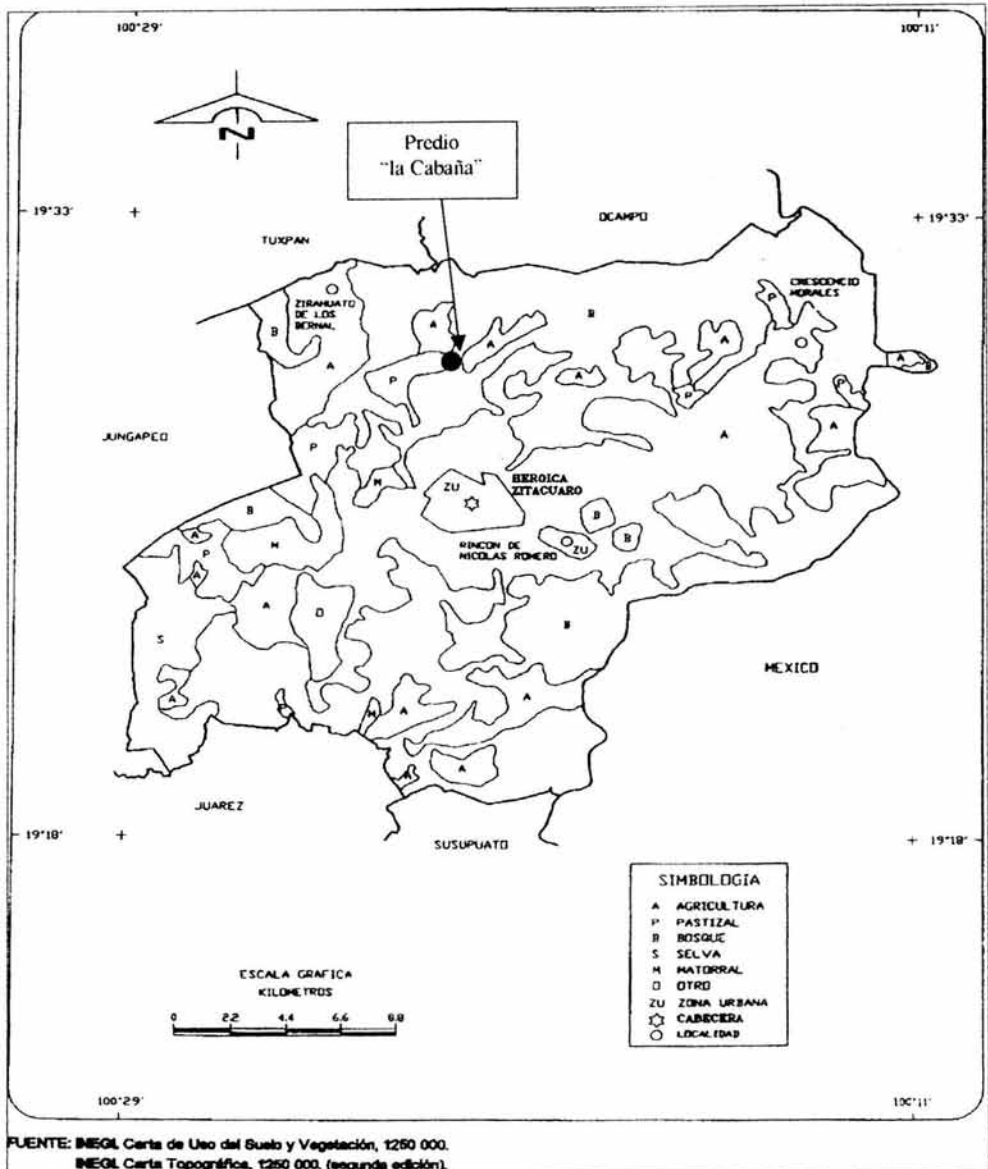


Figura 5. Agricultura y Vegetación del municipio de Zitácuaro

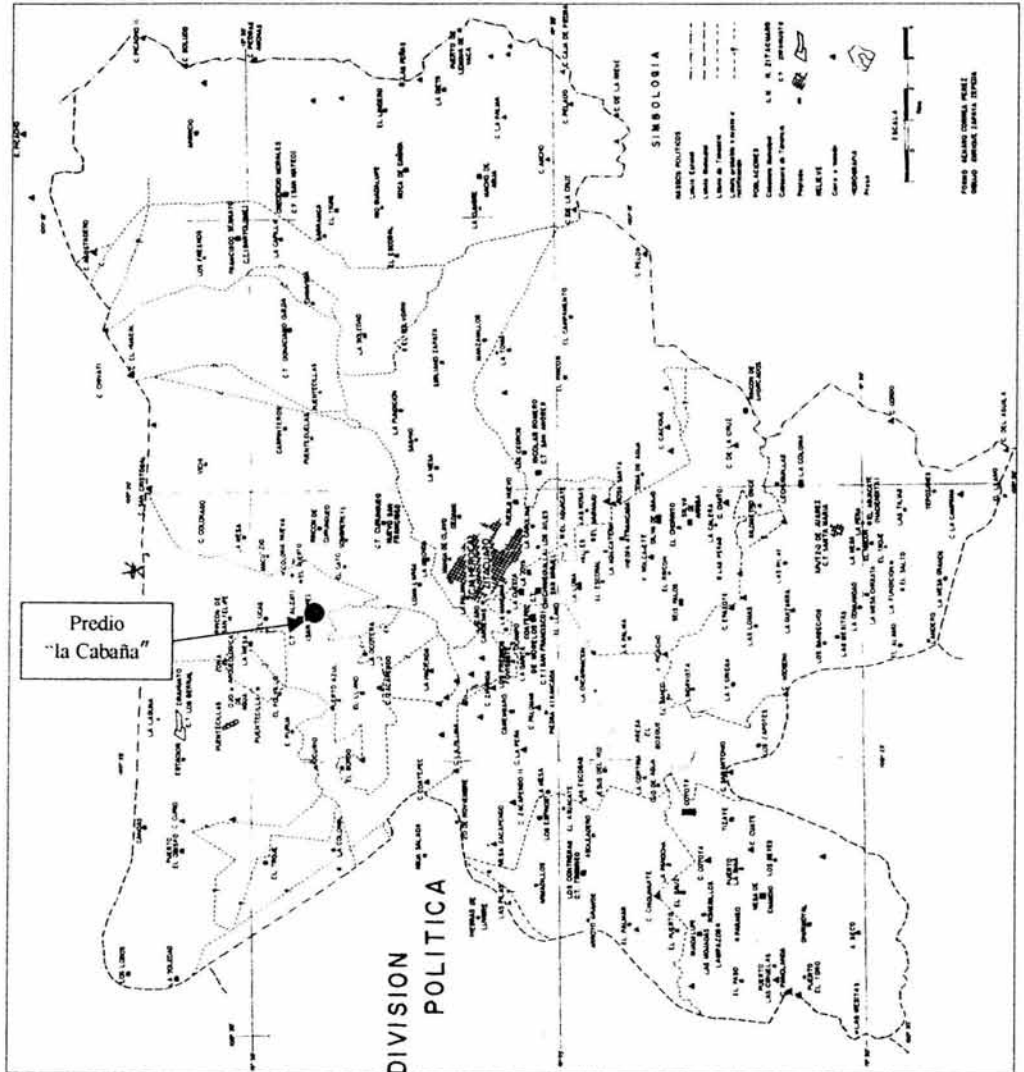


2.1.2 Gobierno

2.1.2.1 Cabecera municipal

Heroica Zitácuaro. Sus principales actividades económicas son el comercio y la agricultura ⁽¹⁾. Cuenta con 74,824 habitantes (INEGI, 2000). (Fig. 6)

Figura 6. División política del municipio de Zitácuaro



2.1.2.2 Principales localidades (Fig. 7)

*Tenencia de Aputzio de Juárez

Sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería. Se encuentra a 10.3 kms. de la cabecera municipal. Cuenta con 1,232 habitantes ⁽¹⁾

*Tenencia de San Felipe de los Alzati

Sus principales actividades económicas son el comercio y la agricultura. Se encuentra a 7.7 kms. de la cabecera municipal (1). Cuenta con 2,081 habitantes (INEGI, 2000).

*Tenencia de Zirahuato

Sus principales actividades económicas son la agricultura y la fruticultura. Se encuentra a 15 kms. de la cabecera municipal (1). Cuenta con 2,298 habitantes (INEGI, 2000).

*Tenencia de Curungueo

Sus principales actividades económicas son la agricultura y la fruticultura. Se encuentra a 2.5 kms. de la cabecera municipal (1). Cuenta con 2,027 habitantes (INEGI, 2000).

*Tenencia de San Nicolás Romero

Sus principales actividades económica es la agricultura y la fruticultura. Se encuentra a 2 kms. de la cabecera municipal (1). Cuenta con 3,200 habitantes (INEGI, 2000).

*Tenencia de Donaciano Ojeda

Sus principales actividades económicas son la agricultura y explotación forestal. Se encuentra a 12 kms. de la cabecera municipal. Cuenta con 1,059 habitantes (1)

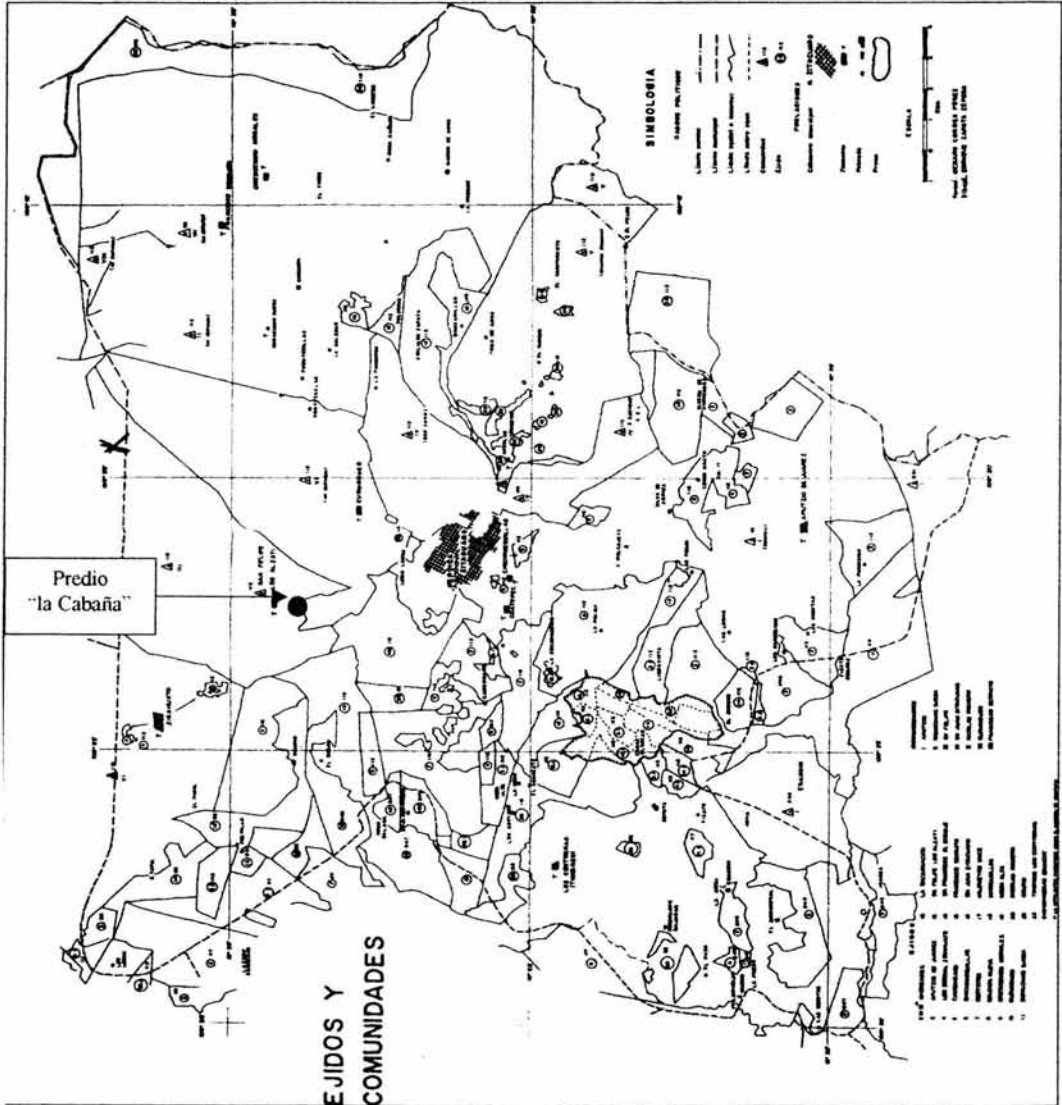
*Tenencia de Francisco Serrato

Sus principales actividades económicas son la agricultura y el aprovechamiento de recursos forestales. Se encuentra a 16 kms. de la cabecera municipal (1). Cuenta con 1,958 habitantes (INEGI, 2000).

* Tenencia Crescencio Morales

Sus principales actividades económicas son la agricultura y la elaboración de artesanías. Se encuentra a 20 kms. de la cabecera municipal(1). Cuenta con 2,310 habitantes (INEGI, 2000).

Figura 7. Ejidos y comunidades del municipio de Zitácuaro



* Comunidad de Enandio

Sus principales actividades económicas son la agricultura y fruticultura. Se encuentra a 16.5 kms. de la cabecera municipal. Cuenta con 477 habitantes⁽¹⁾.

Otras localidades importantes según el INEGI (2000) son: La Encarnación con 1,536 habitantes, Macho de Agua con 1,423 habitantes, Rincón de Curungueo con 1,351 habitantes y el Rincón de San Felipe con 1,755 habitantes. El resto de las localidades suman 35, 830 habitantes.

2.1.3 Actividad Económica

2.1.3.1 Agricultura

Representa el 11% de la actividad económica, cultivándose maíz, trigo, frijol, alfalfa, jitomate y hortalizas (1), además de tomate y avena (INEGI, 2000). La fruticultura representa el 9% y es ocupada por el aguacate, guayaba, manzana, pera, plátano, mamey, chabacano, ciruela, capulín, higo, lima, limón, membrillo, naranja, tamarindo, tejocote, toronja y tuna (1), además de durazno y granada (INEGI, 2000).

2.1.3.2 Ganadería

Representa el 6% de la actividad económica (1). Se cría ganado bovino, porcino, ovino, caprino, aves y abejas (INEGI, 2000).

2.1.3.3 Industria

Representa el 14% de la actividad económica⁽¹⁾. Se fabrican productos alimenticios, bebidas y tabaco; hay industria textil, de cuero y de vestido, fábricas de artículos y muebles de madera y de corcho, se fabrican productos minerales no metálicos (excluyendo derivados del petróleo y el carbón), y productos metálicos (maquinaria y equipo). (INEGI,2000)

2.1.3.4 Turismo

Representa el 2% de la actividad económica del municipio ⁽¹⁾. Zitácuaro cuenta con 20 establecimientos de hospedaje. El número total de turistas hospedados en dichos establecimientos durante el periodo de 1993 a 1999 fue de 137,150. (INEGI, 2000). Además, se cuenta con restaurantes, moteles, central de autobuses, entre otros servicios ⁽¹⁾.

2.1.3.5 Comercio

Esta actividad representa el 16% de la actividad económica del municipio ⁽¹⁾. Se cuenta con 89 establecimientos al por mayor y 2,271 al por menor. Zitácuaro cuenta con el 4.5% de establecimientos al por menor del estado de Michoacán (INEGI,2000).

2.1.3.6 Explotación forestal

Representa el 3% de la actividad económica, se explota madera, resina y carbón encino ⁽¹⁾. Las principales especies de coníferas aprovechadas son el pino y el oyamel, entre las latifoliadas principales están el encino y la hojarasca. El cedro blanco es la única especie preciosa que se aprovecha en el municipio (INEGI, 2000)

2.1.4 Infraestructura Social y de Comunicaciones

2.1.4.1 Educación

El municipio cuenta con los niveles preescolar, primaria, secundaria, además de telesecundaria, preparatoria, además de CONALEP y CET, educación superior; asimismo escuelas de educación indígena y educación especial, y escuelas particulares de preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y educación superior ⁽¹⁾. El porcentaje de analfabetismo en población mayor de 15 años en el municipio es de 16.7%. Así mismo, el 38.4% tiene instrucción postprimaria, el 16.5% tiene la primaria completa, el 22.3% tiene la primaria incompleta y el 15.3% no tiene instrucción (INEGI, 2000).

2.1.4.2 Salud

Cuenta con 5 Unidades Médicas de consulta externa del IMSS, 2 Hospitales Generales del IMSS, 8 Unidades Médicas de Consulta Externa y un Hospital del ISSSTE; 4 Unidades de Consulta Externa y un hospital de la Secretaría de Salud; 10 Clínicas privadas, 1 Delegación de la Cruz Roja y 4 unidades de transporte y 139 consultorios médicos ⁽¹⁾.

2.1.4.3 Abasto

Cuenta con 3 mercados municipales, un centro comercial, una central de abastos, 2 tiendas del ISSSTE, 1 tianguis, 26 bodegas y silos rurales, 105 comercios de varios giros comerciales y un rastro ⁽¹⁾.

2.1.4.4 Deporte

Cuenta con 2 unidades deportivas: La Joya y El Polvorin, 2 parques deportivos: DIF y Vikingo; un parque ecológico: Cerrito de la Independencia; 2 campos de fútbol: Rafael Baeza y El Salesiano; una Plaza de Toros y un Lienzo Charro ⁽¹⁾.

2.1.4.5 Vivienda

Cuenta con 25,177 viviendas con un promedio de 4.9 ocupantes por vivienda. Del total de viviendas, 21,169 disponen de agua entubada; 17,283 disponen de drenaje y 23,629 disponen de energía eléctrica (INEGI, 2000). Predomina la construcción de tabique, piedra y losa de concreto (50%), seguida de la de adobe y techumbre con teja (24%); las construcciones de madera y techumbre con teja y/o lámina representa el 22% ⁽¹⁾.

2.1.4.6 Servicios públicos

El municipio de Zitácuaro cuenta con los siguientes servicios públicos: agua potable (80%), electrificación (90%), pavimentación (70%), alumbrado público (90%), recolección de basura (80%), mercado (70%), rastro (70%), panteón (100%), cloración de agua (70%), seguridad pública (60%), parques y jardines (70%), edificios públicos (90%) ⁽¹⁾.

2.1.4.7 Medios de comunicación

Cuenta con 2 radiodifusoras locales, repetidoras de televisión, radiocomunicación y periódicos ⁽¹⁾.

2.1.4.8 Vías de comunicación

El municipio es atravesado por la Carretera Federal No.15 Toluca - Morelia. Cuenta con carreteras estatales Zitácuaro-Huetamo, San Felipe-Angangueo, Zitácuaro-Aputzio de Juárez, Zitácuaro-Nicolás Romero y Zitácuaro-Manzanillos ⁽¹⁾. Por longitud, el 38.8% de las carreteras del municipio son troncales federales, el 31.9% son caminos rurales y el 29.3% son alimentadoras estatales. (Fig. 8)

Asimismo, cuenta con 13,451 automóviles, 336 camiones para pasajeros, 7,863 camiones de carga y 162 motocicletas (INEGI, 2000). Cuenta con servicio ferroviario, aeropista, central de autobuses, taxis, transporte en combis. Así como teléfono, telégrafo y correos ⁽¹⁾.

2.1.5 Perfil Sociodemográfico

2.1.5.1 Grupos étnicos

En el municipio habitan 3,895 personas que hablan alguna lengua indígena, de las cuales 3,844 hablan español y 35 no lo hablan. Dentro de las principales lenguas indígenas podemos mencionar el mazahua y el otomí; en menor proporción se habla purepecha, mazateco mixteco, nahuatl y zapoteco (INEGI, 2000).

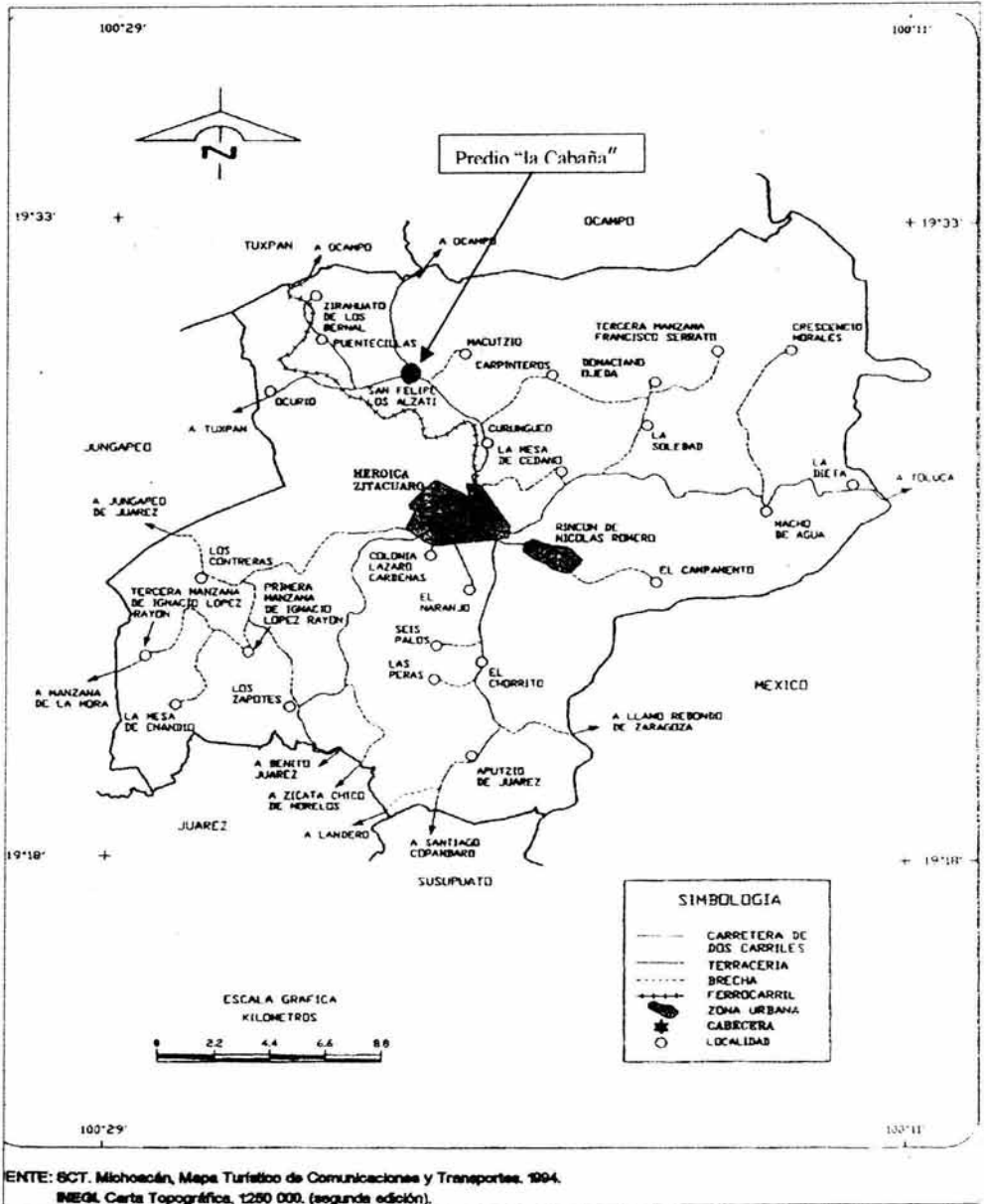
2.1.5.2 Evolución demográfica

El municipio de Zitácuaro tiene una población de 137,970 habitantes, de los cuales el 52.2% son mujeres. La tasa de crecimiento media anual es de 1.3%.

El 55.1% de la población está entre los 15 y los 64 años de edad y el 40.3% se encuentra entre los 0 y los 14 años. En 1999 hubo 4,581 nacimientos y 659 defunciones. (INEGI, 2000).

La densidad de población es de 262.04 habitantes por kilómetro cuadrado ⁽¹⁾.

Figura 8. Infraestructura para el transporte del municipio de Zitácuaro



2.1.5.3 Religión

La religión católica ocupa el 92%, la protestante el 3.9%, personas que no profesan ningún tipo de religiones corresponden al 1.3% y otras religiones como Séptimo Día, Mormones, Presbiteriana, Testigos de Jehová y Luz del Mundo corresponden al 1.0% (INEGI, 2000).

2.1.6 Atractivos Culturales y Turísticos

2.1.6.1 Monumentos históricos

Se encuentran el Monumento a la Suprema Junta Americana; monumentos a Emilio García, Melchor Ocampo, Benito Juárez, Manuel Buen Día, a la Bandera, Jardín Mora del Cañonazo, Palacio Municipal ⁽¹⁾.

2.1.6.2 Fiestas y tradiciones

- 5 de febrero. Fiesta y feria agrícola, comercial y artesana (Constitución Mexicana)
- Festividades de Semana Santa.
- 19 de agosto. Fiesta cívica (Suprema Junta Nacional Americana).
- 31 de agosto. Fiesta religiosa Virgen de los Remedios.
- 15 y 16 de septiembre. Fiestas patrias (Independencia de México).
- 12 de diciembre. Fiesta religiosa Virgen de Guadalupe ^{(1), (2)}.

2.1.6.3 Artesanías

Cuenta con orfebrería en filigrana, elaboración de huaraches, juguetes de madera, elaboración de gabanes y rebozos ⁽¹⁾. Además, se distingue por las siguientes actividades artesanales y productos: alfarería, cestería, vajillas y loza utilitaria de barro de alta y baja temperatura, alhajeros, charolas, bateas de laca y maque, herrería, piezas de cantera en arquitectura y escultura, mantelería deshilada y a gancho y blusas bordadas ⁽²⁾.

⁽²⁾ www.turismomichoacan.gob.mx/regiones/zitacuaro.htm

2.1.6.4 Gastronomía

Entre los principales platillos se encuentra el menudo de carnero, pozole de maíz, barbacoa de borrego ⁽¹⁾. Además de ates, laminilla, cocadas, jaleas y chocolate hechas de azúcar y frutas naturales, enchiladas y capirotada ⁽²⁾.

2.1.6.5 Importancia turística

El municipio de Zitácuaro se caracteriza por los paisajes naturales que posee, compuestos de bosques de pino, encino y oyamel, lagunas y manantiales de aguas termales, aptos para la práctica del turismo de aventura y el ecoturismo; ofrece también artesanías elaboradas por grupos indígenas mazahuas y otomíes, cuenta también con zonas arqueológicas y una típica y exquisita gastronomía, además de ser un sitio estratégico alrededor del cual se encuentran diversos destinos turísticos. Entre los sitios de interés que se encuentran en la región turística de Zitácuaro están: Centro Ceremonial de Ziráhuato, ruinas de Zacapendo, pinturas rupestres de Camébaro, Presa del Bosque, San Matías, Corredor turístico presas Pacuato, Sabaneta y Mata de Pinos, grutas de Tziranda, San Felipe de los Alzati, Anganguero, Aporo, Senguio, Los Azufres, Laguna Larga, Santuario de la Mariposa Monarca y Tlalpujahuá, entre otros ⁽²⁾.

2.2 Estudio agroclimático de Zitácuaro, Michoacán

Dentro del municipio del Zitácuaro se localizan tres estaciones meteorológicas, dos de las cuales pertenecen a la Comisión Federal de Electricidad y ya no están en funcionamiento, y una perteneciente a la Comisión Nacional del Agua.

Para la realización del estudio agroclimático de Zitácuaro en este trabajo, se recopiló toda la información disponible en las tres estaciones, tratando de presentar los datos más recientes y acordes con las características climáticas del predio en que se desarrolla este proyecto.

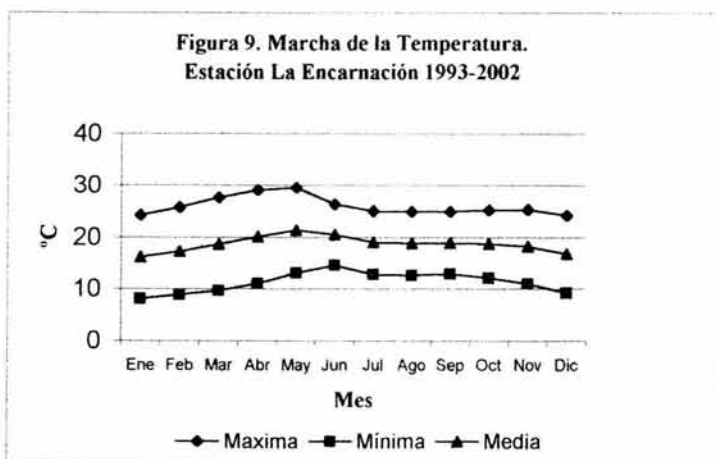
TABLA 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN ZITÁCUARO

ESTACION	SÍMBOLO DE CLIMA	LATITUD NORTE		LONGITUD OESTE		ALTITUD (msnm)	PERIODO
		GRADOS	MINUTOS	GRADOS	MINUTOS		
El Bosque	ACw1	19	24	100	25	1700	1980-1989
Zitácuaro	C(w1)	19	26	100	21	1980	1940-1971
La Encarnación	ACw1	19	24	100	21	1700	1993-2002

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Comisión Nacional del Agua (CNA).
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

2.2.1 Temperatura

En el periodo de calentamiento que comprende del 21 de marzo al 21 de junio la temperatura incrementa gradualmente, es en éste periodo en el que se presenta el mes más caliente del año, mayo, con un promedio de 21.3 °C ; posteriormente decrece a partir de junio. Durante el periodo julio-octubre la temperatura media se comporta relativamente constante, y es a partir de noviembre y hasta febrero en donde se registra un descenso, siendo enero el mes más frío del año con una media de 16.1°C . Los valores anuales son: máxima promedio de 25.96 °C , media de 18.66 °C y mínima promedio de 11.32 °C.

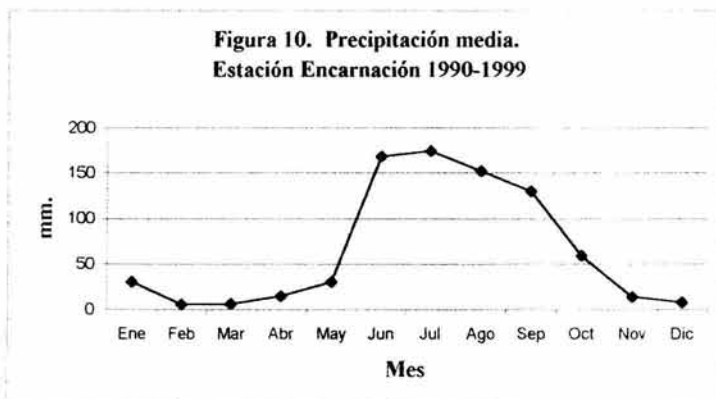


Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA).
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

2.2.2 Precipitación

El valor promedio de precipitación anual es de 792.16 mm.

El mes más lluvioso es julio con 174.19 mm y el mes más seco es febrero con 5.43 mm.

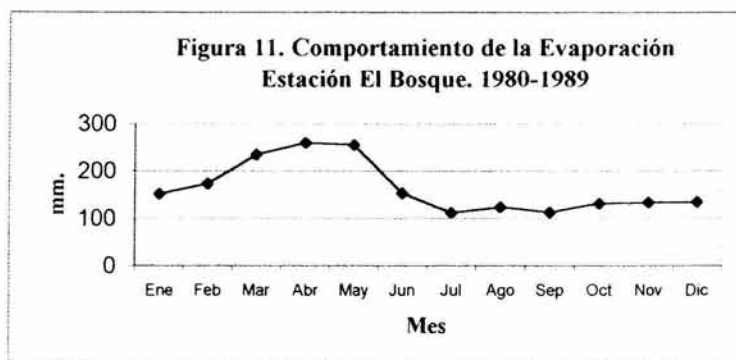


Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA).

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

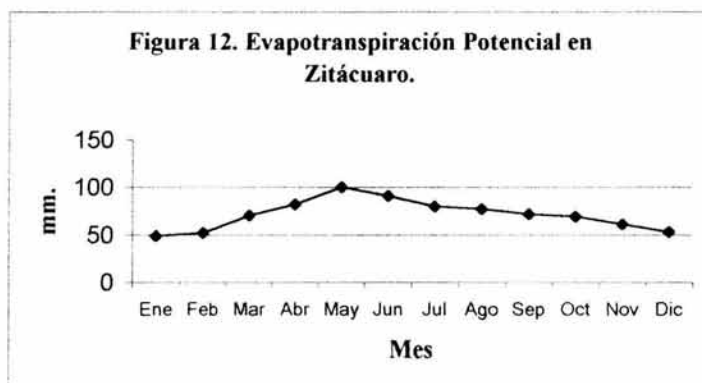
2.2.3 Evaporación

La evaporación media registrada en la zona de la estación es de 1962.5 mm anuales, el valor más elevado se presenta en el mes de abril con 259.2 mm y el menor valor es de 111.6 mm en julio, el cual es al mismo tiempo el mes más lluvioso y con un alto grado de nubosidad.



2.2.4 Evapotranspiración potencial

El cálculo de la evapotranspiración potencial se realizó en base a los datos de temperatura y utilizando el método de Thornthwaite. El valor total de ETP obtenido es de 856 mm. Los valores extremos se presentan en mayo con 100 mm y en enero con 49 mm. Utilizando estos valores en la determinación de la estación de crecimiento se podrá establecer los meses con necesidades de riego.



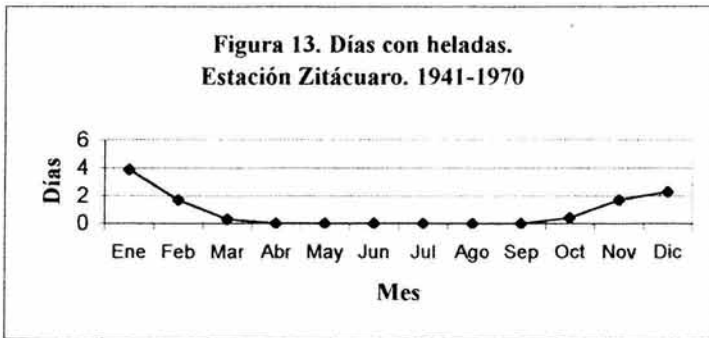
*Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE).
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.*

2.2.5 Días con heladas

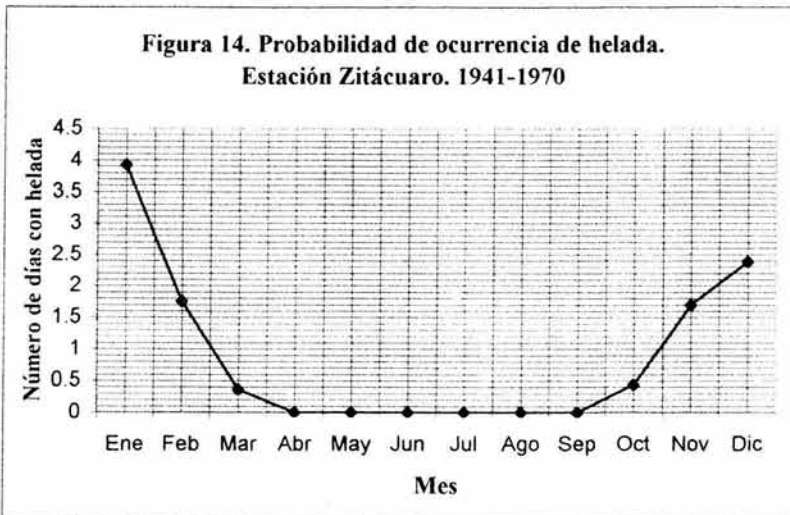
Para ésta zona las temperaturas iguales o menores a 0 °C son más frecuentes en la época de invierno, debido al descenso de la temperatura media, nubosidad y humedad.

Las primeras heladas se presentan durante octubre y la última helada se presenta en el mes de febrero. Enero presenta el más alto valor de días con heladas, en promedio 3.2 días. Durante los meses de abril a septiembre no hay presencia de temperaturas iguales o menores a 0 °C.

La zona presenta un promedio anual de 10.5 heladas, por lo que para el establecimiento de frutales será necesario implementar métodos de prevención que contrarresten los daños posibles por helada.



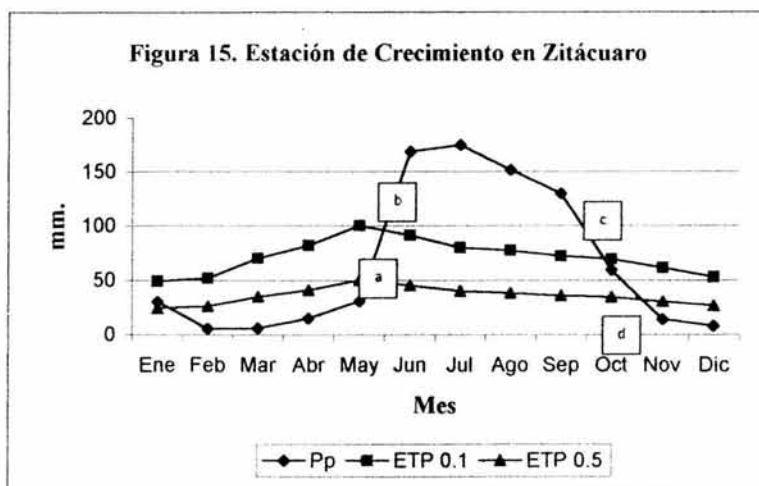
*Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE).
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.*



*Fuente: Comisión Federal de Electricidad (CFE).
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.*

2.2.6 Estación de crecimiento

La gráfica (Fig.15) muestra una estación de crecimiento de tipo normal por disponibilidad de agua. Inicia a mitad del mes de mayo, finalizando en la primera semana de noviembre. El periodo húmedo cuenta con cinco meses, iniciando al final de mayo y terminando en el mes de octubre. En la zona será necesario contar con riego para cubrir los requerimientos hídricos de especies frutales, sobre todo en primavera, ya que en ésta época aún no se ha iniciado la estación de crecimiento.



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA).

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

a = Inicio de la estación de crecimiento

b = Inicio del periodo húmedo

c = Fin del periodo húmedo

d = Fin de la estación de crecimiento

2.3 Características generales del predio “La Cabaña”

El predio “La Cabaña” en el que se desarrolla el proyecto se encuentra a una altura de 1,875 msnm. Se ubica a 10 km de la cabecera municipal de Zitácuaro y a menos de 300mts de la carretera Toluca-Morelia, a altura del kilómetro 103.

El terreno en el que se realiza el proyecto se localiza en medio de una zona boscosa, sin embargo tiene buena penetración de rayos solares debido a que fué desmontada hace años para ser utilizada como milpa. Tiene ligeras pendientes y está limitado por una barranca en cuyo fondo corre un arroyo permanente. Hay probabilidad de heladas, pero existen barreras naturales rompevientos que protegen la plantación.

Los suelos son ligeramente arcillosos, presentan buen drenaje y tienen bajos contenidos de los principales elementos nutritivos. Tienen un pH de 5.3 y poseen una conductividad eléctrica de 0.06 mmhos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Sistema silvopastoril

3.1.1 Definición y fundamentos de agroforestería.

La agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas y tecnologías del uso de la tierra donde los perennes leñosos (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.) son usados deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra junto con cultivos agrícolas y/o animales, en alguna forma de arreglo espacial ó secuencia temporal. En los sistemas agroforestales hay interrelaciones ecológicas y económicas entre los diferentes componentes (Lundgren y Raintree 1982, citados por Nair 1997).

Esta definición implica, según Nair (1997) que:

- La agroforestería normalmente incluye dos ó más especies de plantas (o plantas y animales) donde por lo menos una es perenne leñosa.
- Un sistema agroforestal siempre tiene dos ó más productos.
- El ciclo de un sistema agroforestal es siempre más de 1 año.
- Aún el sistema agroforestal más simple, es más complejo ecológica (estructural y funcionalmente) y económicamente que un sistema de monocultivo.

Otra característica esencial de los sistemas agroforestales es que los componentes interactúan biológica y / o económicamente (Jiménez y Vargas, 1998).

Los sistemas agroforestales tienen como objetivos para el productor el incremento del rendimiento total de la tierra, la ampliación del rango de producción y la preservación de su modo de vida y supervivencia a través de la conservación de los recursos (Nair, 1991 citado por Jiménez y Vargas, 1998). Como objetivos socioeconómicos del productor con el uso del sistema están la productividad, la estabilidad y la sostenibilidad (Jiménez y Vargas, 1998).

Nair (1997) considera que hay tres atributos que todos los sistemas agroforestales poseen:

1. **Productividad.** La mayoría de los sistemas agroforestales pretenden mantener ó aumentar la producción (de mercancías preferidas) así como la productividad (de la tierra). La agroforestería puede mejorar la productividad de muchas y diferentes maneras. Estas incluyen un aumento en los diversos productos del árbol, rendimientos mejorados de cultivos asociados, reducción de insumos y aumento en la eficiencia de mano de obra.
2. **Sostenibilidad.** A través de la conservación del potencial de producción de la base de los recursos, principalmente mediante los efectos benéficos de las perennes leñosas sobre los suelos. La agroforestería puede lograr y mantener indefinidamente las metas de conservación y fertilidad.
3. **Adoptabilidad.** La agroforestería es una palabra relativamente nueva para un antiguo conjunto de prácticas significa que, en algunos casos, la agroforestería ya ha sido aceptada por la comunidad agrícola. Sin embargo, aquí la implicación es que las tecnologías mejoradas ó nuevas que se introducen en nuevas áreas deberían también adecuarse a las prácticas agrícolas locales.

En muchos países los sistemas agroforestales se han desarrollado como modelo alternativo para mitigar la pobreza campesina, propiciando la conservación del medio a través de una producción económica y sostenible.

La agroforestería, en su esquema tradicional, ha sido practicada en varios países desde hace muchas décadas. Es conocida como una asociación de cultivos y, básicamente, ha respondido a patrones de agricultura de subsistencia, así como al establecimiento de plantaciones que requieren de sombra y a las delimitaciones de propiedades y potreros ⁽³⁾.

Montagnini (1992) clasificó los sistemas agroforestales de acuerdo al tipo de componentes y la asociación existente entre ellos de la siguiente forma:

⁽³⁾ www.produccion.com.or/1999/99may14.htm

- secuenciales
- simultáneos
- de cercas vivas y cortinas rompevientos

Los sistemas agroforestales simultáneos conllevan la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos, y sistemas silvopastoriles.

3.1.2 Definición de sistema silvopastoril

La estrategia de asociar árboles con pastos en un sistema de producción se denomina sistema silvopastoril, y constituye una modalidad de los sistemas agroforestales (Jiménez y Vargas, 1998). Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles ó arbustos), interactuando con las forrajeras herbáceas y animales bajo un sistema de manejo integral tendiente a incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema en el largo plazo (Somarriba 1992, citado por Jiménez y Vargas, 1998).

Torres (1996) considera sistemas silvopastoriles a la combinación de especies forestales o frutales y animales.

A fin de optimizar la máxima capacidad productiva con los recursos naturales, a través de los sistemas silvopastoriles, se propone incorporar la actividad ganadera en el esquema productivo forestal y/o agrícola, ó viceversa. Este sistema consiste en un manejo sostenible de los recursos, suelo, planta, agua y animales logrando con ello el mejoramiento de la calidad de vida del campesino de agricultura marginal ⁽³⁾.

En los sistemas - plantaciones manejados bajo pastoreo, el producto derivado de la leñosa es generalmente la fuente principal de ingresos o al menos el objetivo primario del sistema, mientras que la producción animal es complementaria, ya sea porque los animales funcionan como reguladores de la competencia ejercida por las "malezas" o por los cultivos de cobertura, o porque

ellos constituyen una fuente de ingresos adicionales en el sistema, antes de que las leñosas entren en su etapa productiva.

A su vez, también la actividad forestal puede ser complementaria a la ganadería (Pezo e Ibrahim, 1999).

Las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales son muchas y muy diversas. Algunos tipos de sistemas silvopastoriles son:

- Cercas vivas, setos.
- Bancos de proteína o energía.
- Leñosas perennes como barreras vivas en áreas de pendiente, como parte de un sistema de “corte y acarreo” para la suplementación de ganado estabulado.
- Sistemas de cultivo en callejones con leguminosas arbóreas o arbustivas intercaladas con forrajeras herbáceas.
- Pastoreo en plantaciones de árboles maderables ó frutales (a veces con forrajeras herbáceas como cobertura).
- Cortinas rompevientos en fincas ganaderas.
- Pastoreo en matorrales y bosques naturales.
- Árboles maderables o frutales dispersos en potreros (Jiménez y Vargas, 1998).

3.1.3 Componentes

Los sistemas silvopastoriles son integrados por tres elementos básicos: planta perenne leñosa, cultivo herbáceo ó pasto y el animal.

Algunas funciones de las leñosas en éstos sistemas son:

1. Producción de frutos o madera.
2. Proveer de sombra creando un microclima bajo su copa favorable a la fauna (micro y macro).

3. Acumulación de CO₂ y fuente renovable de energía.
4. Mejora la infiltración de agua y favorece la reducción de escurrimiento y evaporación a través de la hojarasca en el suelo (Swift 1987 citado por Jiménez y Vargas, 1998).
5. A través de sus sistemas radicales profundos, absorben nutrientes que las plantas herbáceas no pueden absorber (Jiménez y Vargas, 1998).
6. Reducen la pérdida de suelo y nutrientes.
7. Mejoramiento de la materia orgánica y retención de los nutrimentos que se pueden perder por infiltración.
8. Mejoramiento de las propiedades del suelo.
9. Fijación de nitrógeno.
10. Efecto moderado sobre la acidez, salinidad y alcalinidad (Nair, 1997).

Los pastos desempeñan algunas funciones dentro del sistema tales como:

- a) Conservación de la humedad en el suelo por reducción de la evaporación (Penman, 1948; Calder, 1997; Easthen y Rose, 1988; Grewal y Abrol, 1989; Calder *et al.*, 1991 citados por Jiménez y Vargas, 1998).
- b) Mejora las características físicas del suelo (Chen 1993 citado por Pezo e Ibrahim, 1999).
- c) Mejora el reciclaje de nutrientes al enriquecer el suelo con materia orgánica de mejor calidad (Stur y Shelton 1991, Reynolds 1995, citados por Pezo e Ibrahim, 1999).
- d) Previenen la invasión de malezas y su interferencia con el desarrollo de la leñosa.

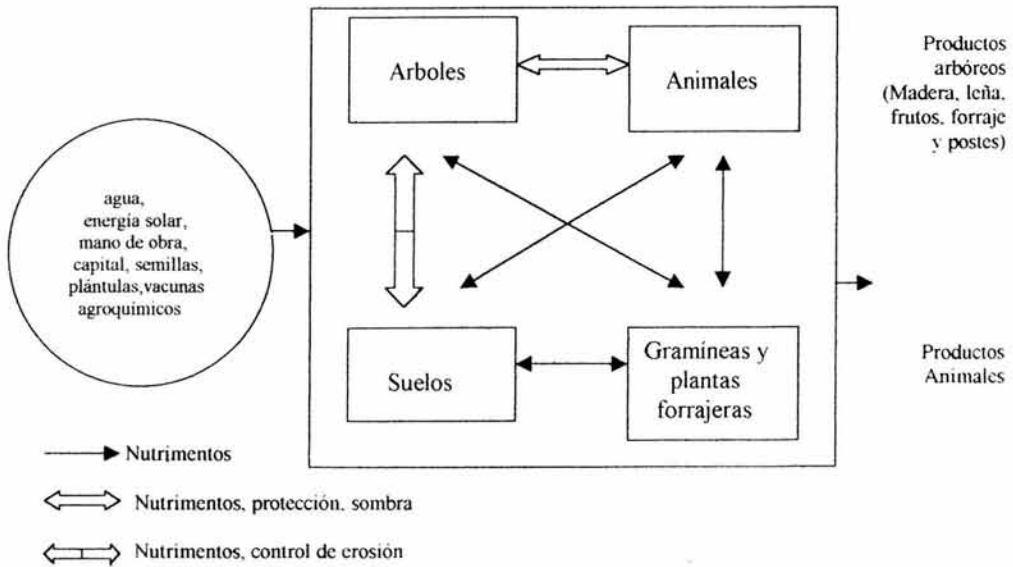
- e) Controlan la erosión (Stur y Shelton, 1991; Chen, 1993; Reynolds, 1995 citados por Pezo e Ibrahim, 1999).
- f) Fijación de nitrógeno (si son leguminosas) ó mayor producción de biomasa (si son gramíneas tropicales). (Ng, 1991 citado por Pezo e Ibrahim, 1999).

El ganado tiene como principales funciones las siguientes:

- Contribuir al reciclaje de nutrientes (Pezo e Ibrahim, 1999).
- Proveer de nutrientes a través de excretas depositadas en el suelo.
- Reducción de la competencia del pasto con las leñosas (Stur y shelton, 1991; Carlson *et al.*, 1994 citados por Pezo e Ibrahim, 1999; Jiménez y Vargas, 1998).
- Reducción de material potencialmente inflamable en incendios accidentales (Couto *et al.*, 1994 citado por Pezo e Ibrahim, 1999)
- Disminuir los costos asociados al control de malezas (Chee y Faiz, 1991; Tajuddin *et al.*, 1991; Couto *et al.*, 1994 citados por Pezo e Ibrahim, 1999).
- Genera un ingreso adicional y contribuye a la diversificación del sistema mediante la venta de productos animales (Clason, 1995 citado por Jiménez y Vargas, 1998).
- En el caso de plantaciones frutales, facilita la ubicación de los frutos caídos a través de la cosecha del follaje caído ejercida por los animales. (Reynolds, 1995 citado por Jiménez y Vargas, 1998).

A continuación se representa un sistema silvopastoril con sus principales elementos.

Figura 16. Diagrama de un sistema silvopastoril (Montagnini, 1992)



3.1.4 Interacciones entre los componentes

Torres (1996) menciona como principales interacciones que pueden generarse en un sistema silvopastoril, y es necesario tener en cuenta para el manejo, las siguientes:

- Los animales pueden dañar o defoliar los árboles si ésta no se maneja con cuidado, así mismo, se debe cuidar la cosecha en caso de ser árboles frutales.
- Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles y demás plantas asociadas
- Algunos árboles presentan efectos de alelopatía o cambios en el pH del suelo que afectan el crecimiento de las pasturas
- Ciertas especies de pastos pueden afectar el crecimiento de los árboles
- Las preferencias alimenticias de los animales pueden afectar la composición del bosque (con el tiempo predominan las especies no apetecidas por el ganado)

- f) Los animales pueden participar de la diseminación de las semillas, o escarificarlas, lo cual favorece la germinación.
- g) Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales (sombra, ambiente más fresco, etc.), pero la sombra puede reducir la tasa de crecimiento de los pastos.
- h) La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclaje de nutrientes.

Harper (1977), citado por Jiménez y Vargas (1998), resume las interacciones por las cuales la presencia de una especie vegetal puede afectar el crecimiento de la otra:

- Reduciendo la cantidad de luz.
- Cambiando la calidad de la luz.
- Transpirando el agua limitada.
- Cambiando el perfil de humedad.
- Absorbiendo nutrientes limitantes.
- Proveyendo limitado nitrógeno.
- Protegiendo o excluyendo predadores.
- Favoreciendo o reduciendo la actividad patogénica.
- Estimulando la defecación o la orina en su entorno.
- Proveyendo postes de sombra y estimulando el pisoteo local.
- Incrementando el nivel del suelo (acumulación de materia orgánica).
- Liberando toxinas selectivas.
- Cambiando las reacciones del suelo.

Jiménez y Vargas (1998) resumen las interacciones del sistema en general como sigue:

1. Competencia

- Por luz sobre la superficie del suelo.
- De las raíces por agua y nutrimentos.
- Con una tercera especie (malezas).
- Reducción por diferenciación de nichos.

1. Predación

- Disminución de pestes y predación.

2. Mutualismo

- Micorrizas.
- Fijación de nitrógeno.

3. Comensalismo

- Protección por los árboles.
- Reciclaje de nutrimentos (hojarasca del árbol, defecaciones del ganado, reemplazo de raíces de la herbácea).

Pezo e Ibrahim (1999) consideran que las principales interacciones que se presentan en un sistema silvopastoril son:

- A) Sombreamiento del estrato herbáceo.
- B) Economía del agua.
- C) Competencia y/o complementariedad en la nutrición mineral.
- D) Caída de hojas y ramas.

- E) Daños de animales sobre las leñosas.
- F) Control de la erosión del suelo.
- G) Control de malezas.
- H) Control de la competencia del forraje sobre la planta perenne con el componente animal.

Nair (1997) menciona que los tipos comunes de interacciones biológicas y económicas que se presentan en los sistemas se pueden resumir en: complementariedad, suplementariedad y competitividad.

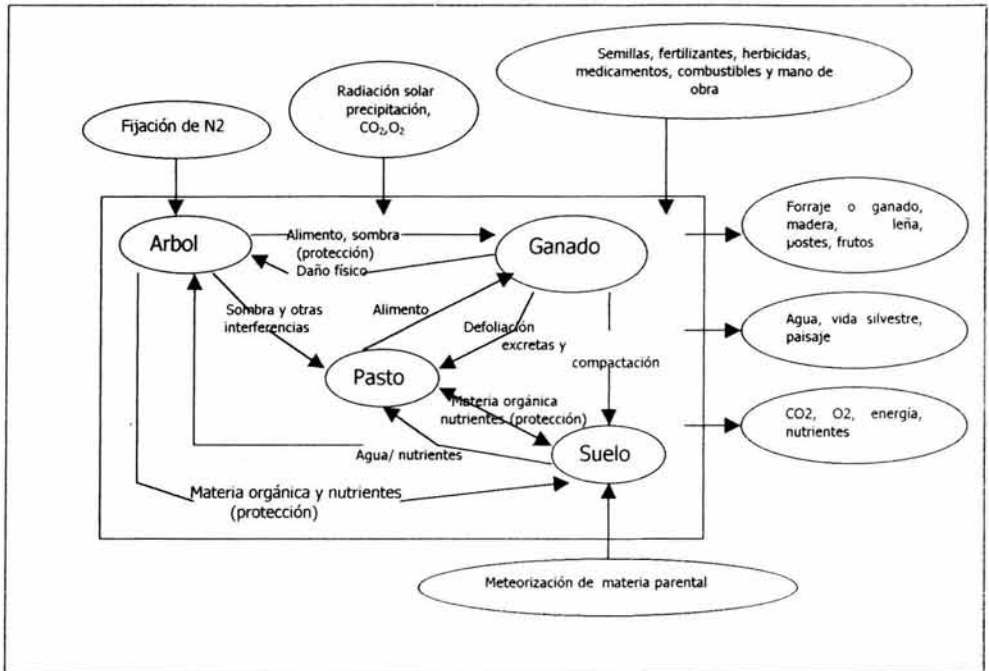
Así mismo, resume los efectos positivos y negativos de las relaciones cultivo-árbol y animal- árbol como sigue.

TABLA 2. EFECTOS DE LAS RELACIONES ENTRE COMPONENTES EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

	Cultivo - árbol	Animal - árbol
Positivo	<ul style="list-style-type: none"> -sombra (reduce estrés) - producción de la biomasa - conservación de agua -conservación del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> - sombra (reduce estrés) - deposición de excreta
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - competencia por luz -competencia por nutrientes - competencia por agua - alelopatía 	<ul style="list-style-type: none"> - fitotoxinas - daño por pastoreo - pisoteo - hospedero de plagas y/o enfermedades

La siguiente figura, tomada de Jiménez y Vargas (1998), muestra algunas de las principales interrelaciones que existen en éste tipo de sistemas.

Figura 17. Diagrama simplificado de un sistema silvopastoril (Bronstein, 1984)



3.1.5 Ventajas y desventajas del sistema silvopastoril

Ventajas

- Incremento en los ingresos.
- Diversificación de la empresa (Cook *et al.* 1984; Shelton 1993; Reynolds 1995 citados por Pezo e Ibrahim, 1999) y por lo tanto el sistema adquiere mayor resistencia a fluctuaciones e inseguridad en el mercado (Torres, 1996).
- Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra a lo largo del año.
- Mejor uso de los recursos.

- Mayor estabilización del suelo.
- Más alto rendimiento en las plantaciones, como consecuencia de un mejor control de las malezas, de un reciclaje de nutrientes más eficiente y un incremento en el nivel de nitrógeno en el suelo.
- Uso eficiente del tiempo y el espacio (Cook *et al.* 1984; Shelton 1993; Reynolds 1995 citados por Pezo e Ibrahim, 1999).
- Se reducen los costos de establecimiento de la plantación con la introducción del ganado.
- La calidad de los productos es a veces mejor (Torres, 1996).

Desventajas

- No cualquier especie forrajera puede ser incorporada al sistema, pues algunas son sensibles a la competencia por luz, agua o nutrientes que puede presentarse bajo la copa de los árboles.
- Las forrajeras pueden ser vectores de enfermedades o atraer plagas que atacan a la leñosa.
- La presencia de animales puede provocar daños a la leñosa, ya sea por pisoteo, defoliación, raspado de corteza, etc.
- La competencia ejercida por las pasturas y el consumo por los animales puede afectar la reposición natural de las leñosas.
- La caída de ramas o árboles puede destruir las cercas, y ello representará mayores gastos.
- El control de las malezas por medios químicos puede verse limitado, pues los herbicidas pueden afectar también a las forrajeras (Cook *et al.* 1984 y Reynolds 1995 citados por Pezo e Ibrahim 1999).

- Hay interacciones negativas biológicamente como la competencia por espacio, luz, agua, nutrientes entre las plantas ó incompatibilidad de especies debido a sustancias producidas por alguna de éstas (Nair, 1997).
- El pisoteo de los animales puede generar compactación (Jiménez y Vargas, 1998).
- Pérdida de nutrientes y materia orgánica del sistema en la cosecha de las leñosas (Nair, 1997).

3.2 El cultivo de la nuez de Macadamia (*Macadamia integrifolia*)

3.2.1 Origen

La macadamia es originaria de la zona subtropical de Australia en la región costera, al sur de Queensland y al norte de Nueva Gales del Sur, cuyo clima es caliente y lluvioso (CONITTA, 1991). Se le descubrió en forma silvestre en 1843 y en 1882 se introdujo a Hawaii (Jiménez, 1992). El nombre del género *Macadamia* fue dado por el botánico inglés Ferdinando Von Meuller, en honor al médico John MacAdam, presidente de la Sociedad Filosófica de Victoria – Australia- (Rincón, 1995).

Su distribución se localiza principalmente en el hemisferio sur: Africa, Asia, Malasia y América del Sur. Los principales países productores del mundo son: Estados Unidos (Hawaii) con el 90% del volumen total, Australia, Africa del sur, Kenia, México, Guatemala y Costa Rica (Jiménez, 1992).

3.2.2 Inicios del cultivo en México

La nuez de macadamia fue introducida a Hawaii como árbol de reforestación; posteriormente se explotó como ornamental y luego, cuando se comprobó el valor de la nuez en 1930, se inició su cultivo a escala comercial (Aguirre, 1984).

En 1955, un italiano llevó a Huauchinango, Puebla, cerca de 100 árboles de diferentes variedades de macadamia, entre las que figuraban *Keaau*, *Kakea* y *Cate*. Los árboles que introdujo no estaban destinados a la producción comercial, sino que se le consideraba una fruta exótica y se destinaba al consumo personal (ASERCA, 2000).

A finales de los años sesenta, el Instituto Mexicano del Café -INMECAFE- mediante un programa de diversificación de cultivos en zonas cafetaleras, importó cerca de 1,000 árboles procedentes de semillas de San Diego, California, EEUU. Y los distribuyó en estados cafetaleros como Guerrero, Jalisco, Nayarit y Veracruz.

Para 1971 se establecen las primeras huertas en Michoacán, en la región de Uruapan, y se inicia la producción comercial de esta especie (Bautista, 1986 citado por Robledo, 2003). A final de la década de los setentas INMECAFE hizo otra introducción de variedades comerciales provenientes de California y Hawai, en los estados de Chiapas y Michoacán (Mosqueda, 1994 citado por Robledo, 2003).

Actualmente la macadamia se encuentra distribuida en varios estados de la República Mexicana: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Guerrero, Nayarit, Jalisco, Chiapas, Colima y Michoacán (Robledo, 2003).

Martínez y Cooper (1995) registran que en México hay alrededor de 218,000 árboles establecidos de macadamia.

3.2.3 Importancia

La macadamia es uno de los cultivos exóticos con gran futuro en nuestro país.

Establecida en las zonas cafetaleras de México hace poco más de 30 años como un cultivo alternativo, en la actualidad tiene una buena distribución y un crecimiento constante (ASERCA, 2000). En nuestro país, particularmente en el estado de Michoacán, se ha despertado un gran interés por explotar comercialmente esta especie, principalmente por lo elevados precios que adquiere la almendra en el mercado tanto nacional como internacional (Hernández, 1994)

Se considera que la nuez de macadamia es de calidad muy fina, de buen sabor y alto poder alimenticio. Tiene una creciente demanda y buenos precios en el mercado de EEUU y podría destinarse a la sustitución de importaciones de nueces (Aguirre, 1984).

La calidad de esta semilla le permite ser uno de los cultivos con mayor precio en un mercado nacional creciente, amén de las posibilidades de destinar su producción a la exportación dada la gran demanda en el extranjero. Los mercados potenciales para la venta de macadamia son: E.U., Canadá, Japón, Suiza, Reino Unido y Alemania (ASERCA, 2000).

3.2.4 Clasificación taxonómica

La macadamia pertenece a la familia Proteacea, la cual se ha dividido en dos subfamilias: Grevilleoideae y Persoonioideae. La primera tiene géneros distribuidos en América del Sur, Asia, Sudáfrica y Australia, mientras que la segunda solo se haya en Sudáfrica y Australia (Ramsay, 1963, citado por Mosqueda, 1980). La macadamia pertenece a la primera subfamilia.

Vidal (1988) citado por Hernández (1994) reporta la siguiente clasificación taxonómica para macadamia:

Reino: Vegetal

Phylum: Pteridophytas

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledóneas

Orden: Portéales

Familia: Proteacea

Subfamilia: Grevilleoideas

Género: Macadamia

Especie: whelani, hildebrandii, ternifolia, integrifolia, tetraphylla, rousselii, francii, viellardii, prealta y heyana

Actualmente se acepta la existencia de dos especies como las únicas que producen frutos comestibles, y ambas son nativas de Australia, son *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla* (Mosqueda, 1980).

3.2.5 Descripción botánica

Bowe (1991) citado por Hernández (1994) describe que la nuez de macadamia es un folículo contenido en un pericarpio que se abre por una sutura. La semilla es simple, pero a veces puede ser compuesta. Está cubierta por una cáscara muy dura. La parte comestible es el embrión, de color blanco cremoso, que mide de 2.0 a 2.8 cm de diámetro.

En el siguiente cuadro, Aguirre (1984) describe algunas características botánicas de contraste entre las dos especies comerciales de macadamia.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE *M. tetraphylla* y *M. integrifolia*

Partes	<i>M. tetraphylla</i>	<i>M. integrifolia</i>
Concha	Rugosa, grande	Lisa, pequeña
Nueces	Forma ligeramente elíptica o fusiforme. Superficie granulada.	Forma esférica o casi esférica. Superficie casi completamente lisa.
Hojas jóvenes	De color púrpura o rojizo, generalmente dos por nudo, pero puede haber cuatro.	De color verde pálido o ligeramente bronceado, dos hojas por nudo o pueden haber tres.
Hojas adultas	Generalmente cuatro hojas por nudo; raramente tres o cinco. Más grandes y largas que <i>M. integrifolia</i> . Sésiles y con peciolo muy cortos, bordes aserrados. Muy espinosos. Alcanzan hasta 50 cm de longitud.	Tres hojas por nudo. Generalmente más cortas que <i>M. tetraphylla</i> . Peciolo largo, hasta de 1.5 cm. Bordes menos espinosos y a menudo sin espinas. Alcanzan de 10 a 30 cm de longitud.
Flores	Color rosado	Color blanco cremoso

Aguirre (1994)

El árbol es una planta siempre verde, ornamental, de 12 a 15 m de altura por 6 a 12 m de copa, ramas densamente revestidas de follaje. Bajo condiciones ideales vegeta todo el año, el crecimiento tiene lugar en épocas diversas, tiene periodo de reposo que coincide con el mes más

frío. Es una planta longeva y productiva de 45 a 60 años, algunos ejemplares pueden llegar a vivir 100 años.

Las flores de un racimo se abren en orden, iniciándose por las de la base. Hay distintos grados de incompatibilidad, solo se desarrollan unos 20 frutos de los centenares de flores formadas en el racimo. Se puede aumentar la producción favoreciendo la polinización cruzada con abejas y plantando diferentes clones, no parcelas de un solo cultivar.

La raíz es vigorosa y se extiende en la superficie del terreno, alcanza una profundidad de 75 cm.

Un árbol ideal debe presentar precocidad, buena productividad y calidad de las nueces, vigor, adecuada distribución de las ramas, copa redondeada o cónica, fuerte y resistente al viento, ni muy abierta ni muy densa y resistencia a plagas y enfermedades (Rincón, 1995).

3.2.6 Variedades de macadamia

El mejoramiento y selección de la macadamia fue iniciado en 1934 por la Estación Agrícola Experimental de Horticultura de Hawai (HAES), 13 cultivares fueron seleccionados y nombrados más de 120,000 plantas examinadas. Las características de campo evaluadas en estas plantas consideraron datos sobre árbol, nuez y semilla (Robledo, 2003).

Las trece selecciones obtenidas en Hawaii desde 1934 son *Keauhou*, *Nunamu*, *Kohala*, *Pahau*, y *Kakea* (Storey 1948 citado por ASERCA, 2000), *Ikaika* y *Wailua* (Hamilton *et al.* 1952 citado por ASERCA, 2000), *Keaau* (Hamilton y Ooka, 1966 citados por ASERCA, 2000), *Kau* (Hamilton y Nakamura 1971 citados por ASERCA, 2000), *Mauka* y *Makaj* (Hamilton e Ito 1977 citados por ASERCA, 2000), *Purvis* (Hamilton *et al.* 1981 citado por ASERCA, 2000) y *Pahala* (Hamilton *et al.* 1981 citado por ASERCA, 2000). Las tres variedades de *M. Integrifolia* que más se han cultivado en Hawai con resultados satisfactorios son *Kakea*, *Ikaika* y *Keauhou*. Sin embargo, *Keaau* ha sido recomendada más recientemente para plantaciones comerciales en Hawaii, por su alta resistencia a vientos y producciones 5-10% superiores a las de otras variedades.

En general se ha obtenido una gran cantidad de variedades de macadamia. Las principales han surgido de Hawái, aunque también existen de Australia, California, Israel, Nueva Zelanda y México (ASERCA, 2000).

En México se han seleccionado los cultivares denominados *A-527*, *A-490* y *A-447* (Uruapan, Michoacán) y *Huatusco I* (Huatusco, Veracruz) (Robledo, 2003).

Vidal, 1988 citado por Hernández, 1994 menciona que en México, las principales variedades cultivadas son:

a) de *M. integrifolia*: Keauhou, Ika Ika, Kakea y Kaaau.

b) de *M. tetraphylla*: Cate, L-1 y L-4.

Algunas características de las variedades de macadamia más utilizadas son:

TABLA 4. VARIEDADES DE MACADAMIA, SU ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS

NOMBRE	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS
Leonard	Australia	Alto contenido de grasas
L-1	Australia	Arbol grande, buen productor
L-4	Australia	Nuez grande, rica en grasas
W-Wallace	Australia	Nuez con cáscara rasposa y gruesa
Kakea-508 (Haes 508)	Hawái	Variedad resistente, confiable, de producción abundante, buena calidad de la almendra, crecimiento ortotrópico.
Ika-Ika -333 (Haes 333)	Hawái	Nuez pequeña, resistente, vigorosa, precoz, adaptada a altas elevaciones, buena productora en condiciones poco favorables, crecimiento ortotrópico
Keauhou-246 (Haes 246)	Hawái	Mejor adaptación a lugares bajos, crecimiento ortotrópico, resistente a vientos y enfermedades, de buen desarrollo
Kau- 344 (Haes 344)	Hawái	Productiva y vigorosa, copa vertical, producción fluctuante.
294 Purvis	Hawái	Se adapta a diferentes altitudes, dimensiones grandes nuez de buena calidad, crecimiento ortotrópico

... Continuación Tabla 4.

Keeau- 660 (Haes 660)	Hawái	Promisoria, copa vertical, productiva y vigorosa, poco precoz, baja producción los primeros años, buen tamaño y presentación de la nuez.
Nuvahu- 336 (Haes 336)	Hawái	Adaptada a zonas secas, resistente a enfermedades
670	Hawái	Nueva variedad, nueces de buena calidad
Kohala- 386 (Haes 386)	Hawái	Producción moderada y precoz
Kihala	Hawái	Buena producción, resistente a enfermedades, cáscara delgada
Pahu-425 (Haes 425)	Hawái	Precoz, cáscara delgada, copa abierta.
Mauka- 741 (Haes 741)	Hawái	Adecuada para lugares fríos (altos), copa vertical
Cate	Hawái	Buen crecimiento, cáscara delgada, variedad que se forma sola
UCLA	Hawái	Productiva y vigorosa
Pahala 788	Hawái	Se adapta bien a altitudes diferentes y a suelos pesados, copa vertical
Beaumont	Hawái	Fruto indehiscente
Lewis	Hawái	Precoz, produce todo el año
A-447	México	De alta producción
A-527	México	Frutos grandes, se adapta a zonas semicálidas
Huatusco	México	Precoz, nueces de buena calidad, se adapta a zonas cálidas y semicálidas

Fuentes: Hamilton y Fukunaga (1959). Brenes (1990). Robledo y Escamilla (1991) citados por Hernández (1994); Bautista (1986). Reyna y Rebollo (1987) citados por Robledo y Escamilla (1994). ASERCA. 2000. Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

3.2.7 Factores climáticos y edáficos

3.2.7.1 Clima

La macadamia se establece en climas cálidos, semicálidos y templados (Robledo, 2003). También se menciona que prospera en sectores comprendidos desde el trópico húmedo hasta el

tropical seco, especialmente con un clima cálido húmedo. Se puede considerar toda la zona subtropical para el desarrollo del cultivo ⁽⁴⁾.

3.2.7.2 Temperatura

La macadamia no es muy exigente en lo referente a las temperaturas, pero el crecimiento satisfactorio de los árboles puede encontrarse en un rango de temperaturas de 18 a 29°C (Kunchit, 1961 citado por Jiménez, 1992), con una máxima de 32°C y una mínima de 17°C, el rango óptimo está entre los 20 y los 26°C (Jiménez, 1992).

Por su parte, Robledo (2003) considera que la macadamia soporta temperaturas máximas de hasta 46°C por períodos cortos y de -3.5°C, con una media anual que varía de 15 a 28°C.

3.2.7.3 Precipitación

La zona para el cultivo comercial de esta nuez debe tener una buena distribución de las lluvias durante todo el año.

Con un máximo de dos meses de estación seca, aunque en zonas con una época seca más larga, se puede cultivar con suministro de riego. Una vez que los árboles estén establecidos pueden soportar largos períodos de sequía, sin garantizar su buena producción. El promedio anual de precipitación adecuado para la macadamia, está comprendido entre los 1,500 y los 3,000 mm ⁽⁴⁾.

Robledo (2003) considera que la precipitación se hace importante en el sentido de que rangos inferiores a 1000 mm anuales totales requieren de riego, y menciona que la macadamia tiene su mejor desarrollo entre los 1,250 y los 3,000 mm totales anuales bien distribuidos.

En México, se encuentran plantaciones en zonas con precipitación de 500 mm a más de 1500 mm anuales (Robledo y Escamilla, 1990).

⁽⁴⁾ <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/macadamia/cpfinacad.pdf>

3.2.7.4 Vientos

Esta planta no debe estar expuesta a vientos fuertes (de más de 4 m/seg), pues ocasiona la caída de flores, desarrollo anormal, disminución de la producción e inclusive la rotura de ramas (Robledo y Escamilla, 1990).

Aguirre (1984) y Jiménez (1992) mencionan que los vientos ocasionan incluso daños al árbol directamente como inclinamiento y volcamiento (dado que su sistema radical es muy superficial).

Si la zona en que se establece la plantación es ventosa, se debe sembrar en aquellos sitios que tengan protección natural o plantar barreras rompe viento antes del establecimiento de la plantación para evitar problemas de volcamiento, quebradura de ramas, caída de flores y de frutos inmaduros. Se recomienda formar la barrera con varias especies propias de la zona, de porte bajo, medio y alto ⁽⁴⁾.

3.2.7.5 Luminosidad

La macadamia requiere de 3 a 8 horas luz por día. En zonas con alta nubosidad se reduce notablemente su desarrollo (Jiménez, 1992).

Robledo y Escamilla (1990) mencionan que la nubosidad causa disminución en el tamaño de las nueces pues hay deficiencia de fotosíntesis.

Los árboles requieren de 4 a 6 horas luz día. La excesiva nubosidad favorece el desarrollo de hongos y líquenes en la parte aérea del árbol, propicia los problemas fitosanitarios y hay un crecimiento más lento de las plantas ⁽⁴⁾.

3.2.7.6 Suelo

Aguirre (1984) considera que el factor suelo es el de mayor importancia. El suelo más adecuado para la macadamia es fértil, de por lo menos 75 cm de profundidad y adecuado contenido de materia orgánica (Mosqueda, 1980; Aguirre, 1984; Robledo y Escamilla, 1990), sin capas impermeables, suelto y bien drenado ⁽⁴⁾. La textura debe ser franco- limosa o arcillo- arenosa (Robledo y Escamilla, 1990). Aguirre (1984) y González y Chacón (1986) citados por Jiménez (1992) mencionan que el pH óptimo se encuentra dentro del rango de 5.5 a 6.5.

En México, la macadamia se encuentra sobre todo en suelos andosoles, luvisoles y cambisoles según la clasificación de la FAO-UNESCO (Robledo y Escamilla, 1990)

La pendiente del terreno debe ser inferior a 30% (González y Chacón, 1986 citados por Jiménez, 1992) ⁽⁴⁾. Si la finca tiene problemas de pendientes, se recomienda sembrar en terrazas individuales y hacer drenajes a contorno o alguna otra práctica que permite evitar, tanto el lavado del suelo como la pérdida de nueces ⁽⁴⁾.

3.2.7.7 Altitud

Aguirre (1984) y Jiménez (1992) consideran adecuado alturas desde los 200 hasta los 1200 msnm, sin embargo, es posible obtener buenos resultados a alturas menores si se cuenta con riego y buen drenaje en el suelo, y a alturas mayores si no hay vientos o nubosidad permanente.

Robledo (2003) menciona que la macadamia se establece en rangos de altura desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. En Uruapan, Michoacán se localizan buenas plantaciones de 1300-1800 msnm (Robledo y Escamilla, 1990).

3.2.7.8 Latitud

Se ha observado que la macadamia tiene un mayor desarrollo de los 25° a los 32° de latitud sur y entre los 19° y 22° de latitud norte (Robledo y Escamilla, 1990) ⁽⁴⁾.

3.2.8 Propagación

La macadamia se puede propagar por el método sexual (semilla), el que no es muy recomendado para la producción comercial por la variación genética que presentan por la polinización cruzada que se da entre ellos, sin embargo, los árboles que se utilizan para portainjertos son propagados por semilla. En la propagación de las variedades comerciales se debe utilizar en método asexual (injerto) ya que se obtiene mayor precocidad, uniformidad de los árboles en desarrollo en la producción y calidad del fruto (Jiménez, 1992).

La experiencia en el mundo ha demostrado que los árboles injertados producen entre 3 y 5 veces más que los no injertados y que son más precoces (Aguirre, 1994).

Hernández (1991) citado por Hernández (1994) menciona que el sistema de propagación asexual incluye la selección de la semilla, confección del semillero, transplante a vivero e injertación.

3.2.8.1 Origen y preparación del material de siembra

Los portainjertos o patrones se obtienen de la semilla (Mosqueda, 1980). Las semillas deben ser provenientes de árboles vigorosos, sanos y de la variedad deseada, según la zona; deben ser frescas, de máximo dos semanas de cosechada y debe estar libre de enfermedades y picaduras de insectos⁽⁴⁾.

3.2.8.2 Germinación

Para obtener una buena germinación de las semillas éstas deben estar recién cosechadas. Se exponen a la luz solar hasta lograr el resquebrajamiento de la concha, lo que ocurre aproximadamente después de 12 horas. Luego se sumergen en agua durante 2 horas y después en una solución de Benlate (Benomyl) en dosis de 2 g por litro de agua durante 10 minutos (González, 1986 citado por Jiménez, 1992).

Los semilleros se hacen en camas de 30 centímetros de altura, con 1 metro y medio de ancho y el largo puede variar de acuerdo a la disposición del terreno. El sustrato debe estar compuesto por 3 partes de tierra y 1 parte de cascarilla de arroz, previamente desinfectados. Se colocan las semillas una a continuación de otra, a unos 15 centímetros entre filas, teniendo cuidado en enterrar la semilla hasta tres cuartas partes de su diámetro; es decir, la parte superior de la semilla queda expuesta. La semilla se debe enterrar con la sutura hacia arriba y el micrópilo (punto blanco) ligeramente inclinado hacia abajo en ángulo 45°.

Las camas germinadoras deben tener cubierta de cualquier material de la zona para evitar la exposición directa al sol y deben ser regadas por la mañana y la tarde para mantener una humedad permanente que favorezca la germinación.

El tiempo de germinación depende de las condiciones ambientales (especialmente la temperatura), comenzando de la tercera semana y prolongándose hasta las seis semanas. La radícula empieza a emerger entre los treinta a cuarenta días, a los tres meses las plántulas se sacan

del suelo y se pasan a bolsas de polietileno negro, en el vivero. Se debe tener mucho cuidado con el transporte para que no se rompa la raíz ⁽⁴⁾.

3.2.8.3 Vivero

Después que las semillas han germinado y las plántulas tengan de 10 a 15 cm de altura y con las primeras 4 ó 5 hojas bien formadas se procede a transplantar al vivero ⁽⁴⁾. Jiménez (1992) menciona dos métodos: en bolsas o directamente en el suelo. En los viveros comerciales se utiliza la bolsa de polietileno negro. Las bolsas se colocan en hileras de dos en dos, y se les coloca tierra a los lados para que no se vuelquen. Los pares de hileras van separadas por 1 m.

La tierra con la que se llenan las bolsas debe ser fertilizada y previamente esterilizada (Aguirre, 1984).

Las plántulas deben trasplantarse de forma que su sistema radical quede en posición vertical, sin torceduras, para evitar la mala formación de la raíz conocida como cola de marrano. Si la raíz pivotante es muy larga, debe cortarse a 10 cm del suelo ⁽⁴⁾.

Las plantas requerirán de un manejo especial en cuanto a abonamiento foliar, fumigación preventiva de enfermedades, control de plagas, etc. Todas las prácticas de vivero están dirigidas a preparar las plantas para su injertación. El programa de prácticas a desarrollar logrará de las plantas un buen crecimiento, alto vigor y sanidad en un tiempo aproximado de 12 meses, al cabo de los cuales, las plantas estarán listas para su injertación (Aguirre, 1984).

3.2.8.4 Propagación por injerto

La injertación se la realiza cuando el tallo del patrón tenga una altura de unos 40 a 50 cm o alcance un diámetro de 0.75 a 1 cm aproximadamente (CATIE, 1982 citado por Hernández, 1994). Las varetas seleccionadas para la injertación deben proceder de árboles sanos, vigorosos y fuertes, alcanzar un diámetro similar al del patrón y una longitud de entre 8 y 10 cm de largo (González y Chacón, 1986 citados por Hernández, 1994).

El injerto de púa parece ser el que mejores resultados proporciona, y el que más se emplea comercialmente, ya que se obtienen un alto porcentaje de prendimiento, la brotación de las yemas del injerto es más rápida y uniforme (Jiménez, 1992).

3.2.9 Establecimiento de la plantación

Jiménez (1992) menciona que antes de iniciar el establecimiento de la plantación es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El terreno debe estar protegido de fuertes vientos.
- En zonas con periodo seco se establecerá la plantación al inicio de las lluvias.
- El suelo debe ser fértil, drenado y sin capas impermeables a menos de 1 m.
- Si el terreno tiene fuertes pendientes, deben realizarse prácticas de conservación de suelos (curvas a nivel, terrazas, barreras vivas, cultivos de cubierta, plantación a tres bolillo.)
- La plantación debe tener facilidad de acceso que permita la construcción de caminos y otra clase de infraestructura necesaria.
- Factores de temperatura y precipitación acordes con las necesidades del cultivo.

Antes de iniciar el establecimiento de la plantación se debe tener el terreno limpio, libre de árboles, arbustos y malezas para facilitar las labores de trazado, hoyado y siembra ⁽⁴⁾.

3.2.9.1 Trazo

La decisión a tomar debe considerar numerosos factores entre los cuales se pueden enumerar los siguientes: topografía, exposición, luminosidad, uso de maquinarias y combinación temporal con otros cultivos, entre otros (Aguirre, 1984).

Deben contemplarse, además, las variedades a sembrar, la fertilidad del suelo, la pluviosidad, los vientos dominantes y las labores culturales a realizar.

Para elegir la densidad de siembra hay que tener en cuenta también el comportamiento del árbol, ya que en lugares más cálidos y cerca del nivel del mar el árbol se vuelve más frondoso, mientras que a mayor altura y menor temperatura tenemos un árbol menos exuberante.

Dentro de los métodos más utilizados para el trazado en el cultivo de macadamia está el marco real, marco rectangular y el tres bolillo ⁽⁴⁾.

El árbol adulto de la macadamia puede alcanzar de entre 15 y 18 m de altura y un diámetro de 10 a 12m de follaje. Cuando la plantación sea adulta, se podrán tener de 100 a 130 árboles por hectárea (novenio ó décimo año). Las distancias de plantación son variadas, ya que dependen del aprovechamiento del terreno, pero, en general, se acepta que los árboles adultos deben estar a

10x10 (en marco real). Sin embargo, los primeros años el espaciamiento puede ser menor. El sistema más común es el cuadro con distancias de 7x7m entre árboles y entre hileras. Es el más flexible porque permite raleos en línea diagonal y para la maquinaria se cuenta con dos direcciones.

El sistema rectangular (marco rectangular) se recomienda principalmente donde se requiere utilizar el terreno con cultivos intermedios localizados en bandas entre hileras (Aguirre, 1984; Jiménez, 1992).

El sistema de tres bolillo es utilizado para terrenos con pendiente, los árboles se colocan en los vértices de un triángulo equilátero cuyos lados son iguales. Con este sistema se pueden elaborar terrazas individuales para facilitar las labores de fertilización y control de malezas, además permite la utilización máxima del espacio ⁽⁴⁾.

El sistema de quinto al centro ó quintillo se utiliza para duplicar el número de árboles durante los primeros años y obtener cosechas iniciales mayores plantando un árbol temporal en el centro del cuadrado (Jiménez, 1992).

3.2.9.2 Ahoyado

En suelos fértiles y sueltos, con buen contenido de materia orgánica, se hacen hoyos de 40 x 40 x 40 cms. En suelos un poco arcillosos, de 60 x 60 x 60 cm. Al hacer los hoyos, es conveniente separar el suelo superficial del subsuelo (Rincón, 1995), de tal manera que al plantar el árbol se coloque en el fondo del hueco el suelo de la parte superficial para aprovechar la materia orgánica que tiene esa primera capa del suelo (Jiménez, 1992).

Se debe asegurar que en el fondo del hoyo no quede alguna piedra grande o capas impermeables de cascajo o arcilla, con el fin de evitar malas formaciones en el sistema radical ⁽⁴⁾.

3.2.9.3 Siembra

El contar con buenos arbolitos para establecer la plantación es otro factor de éxito; deben tener brotes de por lo menos 25 cm de alto, con un sistema radical bien desarrollado, que no estén amarillentos y que provengan de un vivero responsable.

Se debe regar inmediatamente ya que son muy sensibles al desecamiento de los cogollos; la época recomendada para la siembra en la que se corre menos riesgo de pérdida de árboles es al inicio de la época lluviosa ⁽⁴⁾.

Una vez eliminada la bolsa plástica, se coloca el árbol en el centro del hoyo en posición vertical de tal manera que el cuello de la raíz quede a ras del suelo.

El hoyo debe llenarse con suelo superficial, mezclándole 150 gramos de abono 10-30-10 ó 12-24-12 (Rincón, 1995).

Conforme se va llenando el hueco debe tenerse cuidado de no dañar el sistema radical; debe asentarse el suelo para evitar las bolsas de aire y así lograr que las raíces queden en contacto con el suelo. Las raíces que salen de las bolsas deben cortarse para lograr que el nuevo sistema radical se forme bien (Jiménez, 1995).

Es importante tener cuidado a la hora de la siembra, de cortar las raíces que hayan salido de la bolsa por los orificios de drenaje, ya que generalmente salen en una posición torcida y deben eliminarse antes de la siembra.

Una vez sembrados los árboles, si se mantiene la cinta de injertación se recomienda cortarla, para evitar estrangulamiento del tallo, al aumentar de grosor ⁽⁴⁾.

3.2.10 Mantenimiento de la plantación

3.2.10.1 Fertilización

La fertilización es la base para que una planta desarrolle todo su potencial tanto de crecimiento como de producción, por tal motivo se debe establecer un programa de fertilización de acuerdo con la interpretación del análisis de suelo y foliar, también hay que tomar en cuenta el requerimiento de nutrientes del cultivo ⁽⁴⁾.

El análisis foliar en ésta especie es muy importante, ya que se observan marcadamente las deficiencias cuando el árbol está en plena producción; éstas deficiencias son difíciles de corregir (Jiménez, 1992). Para realizar el análisis foliar, las ramas no deben estar en crecimiento y las hojas deben provenir del segundo nudo, debajo del ápice de crecimiento. La muestra final deberá estar formada por cien hojas tomadas de distintos árboles seleccionados al azar. Se toma por aparte las muestras de cada variedad.

Para el análisis de suelo se puede dividir a la finca en lotes, el tamaño del lote puede estar conformado hasta por dos hectáreas en caso de guardar condiciones de relativa homogeneidad (CONITTA, 1991).

La macadamia por ser un árbol exigente en nutrientes, se recomienda aplicar fertilizante al momento de la siembra, alrededor de 150 gramos de 10-30-10 ó 12-24-12 mezclados con tierra y se repite la dosis un mes después y al cuarto mes de la siembra.

Si el suelo es pobre en materia orgánica, la segunda y tercera fertilizaciones deben reforzarse con 150 gramos de urea cada una (Rincón, 1995).

Como regla general se puede decir que el requerimiento anual de una planta de macadamia equivale a 0.5 kg de fertilizante compuesto por año (en tres aplicaciones), es decir, un árbol recién sembrado requerirá de 0.5 kg de fertilizante, al segundo año requerirá de 1 kg de fertilizante y así sucesivamente hasta alcanzar los 12 años donde se estabiliza la cantidad de fertilizante (Rincón, 1995) ⁽⁴⁾.

TABLA 5. PLAN ANUAL DE FERTILIZACIÓN DE MACADAMIA

Año	Arboles /Ha. ¹	Gramos /Arbol	Gramos Aplicación ²	/ Kg/Ha.
1	200	450	150	90
2	200	900	300	180
3	200	1,350	450	270
4	200	1,800	600	360
5	200	2,250	750	450
6	200	2,700	900	540
7	200	3,150	1,050	630
8	170	3,600	1,200	612
9	150	4,050	1,350	608
10	130	4,500	1,500	585
11	110	4,950	1,650	545
12-50	100	5,400	1,800	540

(Rincón, 1995)

¹ En caso de sembrarse a 8x6 ó 10x5m para efectuarse raleo a partir del 8º año.

² Tres aplicaciones por año, cada 4 meses.

El programa de fertilización debe ser balanceado e incluir los nutrientes potasio, fósforo y magnesio casi en una relación de 1 a 1 con el nitrógeno. Se fertiliza al voleo alrededor de las coronas de los árboles en la zona de goteo. El fósforo por ser un elemento de lenta disolución, para que tenga un efecto inmediato puede ser enterrado ⁽⁴⁾.

A pesar de que la fertilización se basa principalmente en los análisis foliares y de suelo, se han establecido programas basados en la información básica de fertilización, así, González y Chacón (1986) citados por Jiménez (1992) proponen el siguiente programa.

TABLA 6 . PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN EN MACADAMIA DURANTE 10 AÑOS

Edad (año)	Cantidad del fertilizante (g/árbol)	Fórmula del fertilizante	Epoca de aplicación
1	160	10-30-10	A la siembra
	160	Nitrato de amonio	1 mes después
	160	Nitrato de amonio	Salida de las lluvias
2	320	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	320	Nitrato de amonio	1 mes después
	320	Nitrato de amonio	Salida de lluvias
3	480	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	480	Nitrato de amonio	1 mes después
	480	Nitrato de amonio	Salida de lluvias
4	640	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	640	Nitrato de amonio	1 mes después
	640	Nitrato de amonio	Salida de lluvias
5	800	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	800	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	800	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias
6	960	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	960	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	960	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias
7	1,120	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	1,120	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	1,120	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias
8	1,280	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	1,280	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	1,280	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias
9	1,440	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	1,440	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	1,440	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias
10	1,600	18-5-15-6-1,2	Inicio de lluvias
	1,600	18-5-15-6-1,2	2 meses después
	800	18-5-15-6-1,2	Salida de las lluvias

González y Chacón (1986) citados por Jiménez (1992)

La aplicación de nitrógeno y potasio en prefloración ó floración favorece el desarrollo ó amarre de las nueces e influye positivamente en la calidad de las mismas.

Se recomienda suministrar foliarmente microelementos tales como boro, manganeso, zinc, calcio, magnesio y hierro (Rincón, 1995). Durante el primer año se recomiendan aplicaciones

foliares cada dos meses. Después del primer año, la fertilización foliar se hace cada 3 o 4 meses y el fertilizante al suelo se aplica aprovechando las épocas de mayor actividad fisiológica, las que coinciden con las épocas de mayor intensidad de lluvias (Jiménez, 1992).

Robledo y Escamilla (1990) mencionan que en Uruapan, Michoacán, se utiliza Urea, 17-17-17, 18-46-00 y superfosfato de calcio simple como fuentes de fertilizante, y recomiendan la aplicación de materia orgánica; para árboles recién plantados medio bulto y para árboles en producción de 2 a 3 bultos.

3.2.10.2 Poda

Para obtener un árbol bien conformado, es necesario realizar la poda a su debido tiempo, así se podrá garantizar buen desarrollo, vigorosidad y distribución adecuada de ramas y ramillas (Jiménez, 1992). Se realiza la poda de formación para darle al árbol una estructura fuerte y bien balanceada. Esta poda debe empezar desde los primeros años de vida y así poder evitar ramas débiles que se quiebren por efecto del follaje y el viento, ramas mal colocadas a intervalos irregulares o muy juntas, horquetas en forma de “V” que no permiten al árbol crecer hacia los costados sino hacia arriba ⁽⁴⁾.

Se eliminan con tijeras de podar las ramillas que compiten con el crecimiento del eje principal, cuando éste alcanza 1 m de alto debe forzarse a emitir ramas laterales. Si no las hay, se realiza un corte transversal del eje a 1.5 cm arriba del nacimiento del último verticilo de tres hojas, periódicamente deben realizarse deshijes debajo del injerto (Jiménez, 1992). De las yemas brotadas se seleccionan cuatro, una que se constituye en el eje central, y las otras tres cortadas y brotadas en ramas laterales, distribuidas equitativamente alrededor del tallo. Aquí se inicia el armazón del árbol (CATIE, 1982 citado por Hernández, 1994). Una vez formado el primer juego de ramas a 1 m deben obtenerse los siguientes juegos con una separación de 60 cm uno del otro, procurando que las ramas estén en ángulo abierto (Jiménez, 1992)

La macadamia tiene un hábito de crecimiento donde generalmente hay tres yemas encima de la axila de cada hoja, acomodadas una arriba de la otra. Los brotes originados por cualquiera de ellas son vigorosos y forman ángulos cerrados tipo “V”, los cuales se desgajan fácilmente al crecer los árboles. Existe, sin embargo, un cierto grupo de yemas en algunos nudos sin hojas ó en las

axilas de las hojas espinosas rudimentarias que tienen la tendencia a formar naturalmente ángulos abiertos del tipo "L", éste es el tipo de rama deseable, solamente la variedad *Kakea* presenta éste hábito. Otras variedades deben ser inducidas a formar éste tipo de ángulos, para lo cual, al momento de transplantar se debe eliminar el crecimiento apical mediante un corte de arriba de un nudo con hojas; si emergen tres brotes se deja crecer solamente uno de ellos y los otros dos se eliminan. Se aconseja hacer ésta operación 3 o 4 veces a medida que la planta crece, haciendo una poda cada 30 o 45 centímetros por ocasión (Mosqueda, 1980).

La formación básica del árbol se inicia a partir de los seis meses de plantado el árbol hasta los primeros años, con podas cada tres meses. En el segundo año se da una poda más ligera cada 4 meses.

En el momento de la poda se debe saberse cuáles son las ramas que darán frutos para evitar ser cortadas, éstas se caracterizan por ser delgadas, cortas, poco desarrolladas, localizadas hacia el centro del árbol en la parte media (Jiménez, 1992).

En el tercer año, no se realiza poda, solo se deben eliminar las ramas que salgan juntas, por competencia de ramas. Después de este tiempo solo se eliminan las ramas que muestren agotamiento, características indeseables y enfermedades ⁽⁴⁾.

A partir del décimo año, se recomienda hacer un raleo de ramas después de la cosecha para evitar entrecruzamiento de éstas, poca aireación y sombreado (Jiménez, 1992).

3.2.10.3 Control de malezas

El control de malas hierbas es un grave problema, sobre todo en plantaciones jóvenes. La competencia con malas hierbas hace bajar sencillamente el crecimiento de los arbolitos e incluso puede llegar a eliminarlos. Por ello se impone la necesidad de mantener limpia el área de la planta con un diámetro aproximado de 1 a 1.5 m (Aguirre, 1984); cuando se comienza a cosechar se debe ampliar a 1 m más, afuera de la gotera.

El mejor control de malezas debajo de las copas es la colocación de una capa gruesa de restos vegetales (10 a 15 cm). Hay que evitar el contacto directo con los troncos para evitar podredumbres. La cobertura orgánica se pone mejor al final de la cosecha para que el material se descomponga y se asiente antes de que caigan las próximas nueces ⁽⁴⁾.

Mosqueda (1980) considera como único método de control de malezas el químico, y menciona la Atrazina, Dalapon y Paracuat como los herbicidas recomendados para controlar malas hierbas en Hawai, según los informes de Lewis en 1967 y de Nishimoto y Yee en 1971.

Actualmente se le está dando al cultivo de la macadamia un manejo más natural, procurando que éste se desarrolle en condiciones similares al ambiente de bosque del cual proviene. La razón fundamental es que el sistema radical de absorción de la macadamia se encuentra localizado en los primeros 30 cm superficiales del suelo, el cual está compuesto por una masa de raicillas suculentas y frágiles que pueden ser afectadas por los herbicidas en caso de ser aplicados con mucha frecuencia, además de que al quedar el suelo limpio de malezas, los rayos solares calientan el suelo y queman gran parte de esas raicillas; además, al mantener el suelo limpio el efecto de la erosión arrasa con la capa fértil del suelo dejando expuestas las raíces absorbentes. Se recomienda el control de malezas mediante chapeos y acordonar los residuos en la rodaja de los árboles como mulch, lo cual favorecerá la incorporación de materia orgánica al suelo, mejorará la estructura del suelo y la actividad microbiana, todo esto contribuye a desarrollar un mejor sistema radical de absorción y además, ayudará a disminuir el lavado de los suelos (CONITTA, 1991).

También se pueden implementar cultivos de cobertera, obteniendo una cubierta vegetal entre los surcos que nos serviría como protección de las raíces, fijación de nitrógeno, conservación del suelo, evitar la evaporación y el posible uso de ésta como forraje. Esta vegetación puede, sin embargo, competir con el árbol en agua y nutrientes e interferir en la cosecha mecánica o manual. Deben tomarse en cuenta estos aspectos cuando se vayan a elegir las plantas que se vayan a sembrar para cubrir el suelo, es conveniente usar plantas que tengan raíces profundas ya que la macadamia tiene raíces superficiales⁽⁴⁾.

3.2.10.4 Plagas y enfermedades

Debido a que el cultivo de la macadamia es un cultivo nuevo en el país, las plagas que se presentan son mínimas y se controlan muy poco en virtud de que los daños que ocasionan no son considerables. En general son defoliadoras de distintos ordenes de la clase *Insecta*: periquitos de color negro y amarillo (*Metcalfiella monograma*), mosquita verde (*Aethalion quadratum*),

mosquita blanca (*Aleyrodidae sp.*), chinche de encaje (*Asista perseae*), gusano perro (*Papilio sp.*), escamas y enrollador de la hoja (*Amorbia essigana*).

Otra plaga de menor consideración, que ocasiona daños en el sistema radicular favoreciendo en ocasiones la caída de árboles es la tuza (*Geomys sp.*), sus daños se estiman en 3% (Robledo y Escamilla, 1992). Otro agente causal que se puede presentar es la ardilla, que se alimenta de las nueces del piso o tira las frutas tiernas. Ambos casos se pueden controlar con trampas (ASERCA, 2000).

Mosquedá (1994) citado por ASERCA (2000), menciona que en Veracruz las plagas que se presentan son defoliadores, ardillas, barrenadores del fruto, hormigas, tuzas y ratones y en Michoacán el periquito mexicano (*Membracis mexicana*).

En cuanto a enfermedades, los hongos se pueden presentar en aquellas zonas que son más húmedas, pero se han controlado fácilmente con la aplicación de cobre mediante funguicidas de contacto y foliares. En Veracruz se presenta la antracnosis, pudrición de raíz (*Rosellinia sp.*) y sarna del fruto; en Michoacán antracnosis (*Phytophthora sp.*) y en Puebla no se encuentra alguna que cause daño económico (ASERCA, 2000).

Robledo y Escamilla (1992) mencionan que al igual que las plagas, las enfermedades no son muy importantes y se presentan en plantaciones de aguacate-macadamia en el estado de Michoacán. Enlistan las enfermedades como sigue:

- Antracnosis (*Colletotricum gloesporoides*)
- Tristeza o marchitez rápida (*Phytophthora cinnamomi*)
- Mancha de la hoja y fruto (*Cercospora purpurea*)
- Mancha de la hoja (*Helminthosporium sp.*)
- Fumagina o negrilla (*Capnodium citri*)

En el caso de *Phytophthora cinnamomi*, los daños han sido del 6-7%.

3.2.10.5 Riego

Robledo y Escamilla (1992) mencionan que si las lluvias no están bien distribuidas durante el año, el riego de auxilio se hace necesario ya que la falta de agua reduce la producción y la calidad de la nuez.

Los árboles jóvenes de macadamia son más susceptibles al “estrés” hídrico que los cítricos y el aguacate. Si a los árboles recién plantados no se les suministra riego, pueden marchitarse y morir a causa del déficit de agua. En los primeros cinco años el crecimiento puede verse afectado atrasándose la obtención de la primera cosecha.

La planta tiene un alto requerimiento de agua, especialmente en suelos muy drenados. El tipo de riego recomendado es por medio de microaspersores colocados bajo el árbol con ángulo de 180° en los meses más secos, cuyo requerimiento puede ser de 20 a 30 lt/árbol por semana. La frecuencia de riego varía de acuerdo al tipo de suelo y época del año. La frecuencia de riego puede chequearse a los dos días de la aplicación de agua en la zona radical del árbol.

Los periodos críticos de requerimiento de agua en el ciclo anual del árbol son durante el cuaje, el desarrollo del fruto y el máximo crecimiento vegetativo (Jiménez, 1992).

3.2.11 Cosecha

Por lo general la producción empieza a los 4 o 6 años y va en aumento hasta los 12 años, cuando empieza a estabilizarse. Se dice que tiene una vida útil de 50 años, sin embargo en Hawaii hay árboles de más de 80 años que se mantienen en producción (ASERCA, 2000).

La cosecha consiste básicamente en juntar los frutos caídos que al madurar se desprenden del árbol quedando únicamente el pedúnculo adherido al racimo. El periodo de cosecha más intenso va de julio a diciembre en la mayoría de las huertas, sin embargo, existen algunas variedades que producen todo el año, notándose una reducción en la producción en el primer semestre del año - febrero a junio - (Robledo y Escamilla, 2000).

La recolección se realiza por lo menos una vez por semana, recogiendo los frutos maduros caídos del suelo, antes de que las nueces pierdan su poder germinativo y su calidad por el ataque de hongos y otros microorganismos. El suelo debe estar libre de malezas y hojarasca, ya que éstas dificultan la recolección de frutos, los que deben descascararse y ponerse a secar inmediatamente en lugares ventilados. En lugares con pendiente, se deben construir zanjas de 15 a 20 cm de profundidad, para recoger luego las nueces que caen ahí (Jiménez, 1992).

El rendimiento se mide en base a la relación concha-humedad-almendra, por lo que antes de enviar las nueces a la procesadora es preferible eliminar la cáscara y exponerla al sol para que pierda humedad (CONITTA, 19991)

Las condiciones en que se realiza la cosecha determinan en gran medida la calidad de la macadamia, con el mal manejo se deteriora provocando que se vea afectado todo el trabajo hecho durante al año. La macadamia bien tratada y seleccionada obtiene un mejor precio por su calidad.

Cuando se recolecta, la macadamia tiene un contenido de humedad que fluctúa entre 10 y 25%. La nuez se va colocando en contenedores que garanticen una buena ventilación, ya sea en arpillas o en costales de yute, para que pueda transpirar. Se debe eliminar el pericarpio (descascarado) a más tardar dos días después de la recolección (Bautista, 2002).

En Uruapan la cosecha es muy extensa, se realiza en los meses de mayo a noviembre. Sobre el particular la *M. tetraphylla* produce de mayo a agosto y la *M. integrifolia* de julio a noviembre.

En forma paralela a la cosecha se debe practicar la selección de la nuez, que en el caso de Uruapan se hace por especie y por procedencia (de árboles injertados o de pie franco). La selección por especie es importante, por ejemplo en el proceso del tostado: la nuez de *M. integrifolia*, al contener mayor cantidad de aceite tarda más en tostarse que la *M. tetraphylla*, que tiene mayor contenido de azúcar y se tuesta más rápido.

Así mismo, es importante la selección por procedencia, la nuez proveniente de árboles injertados va a tener mayor uniformidad en sus características, su tamaño, rendimiento y forma (ASERCA, 2000).

3.3 Pasto Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)

3.3.1 Características generales

El pasto kikuyu *Pennisetum clandestinum* Hochst es una gramínea originaria de África (Langer, 1980), cuyo nombre común se deriva de la tribu Kikuyu en Kenia (Bogdan, 1997). Fue introducido en las regiones templadas de México, donde es utilizado principalmente para pastoreo de ovinos (Hernández *et al.*, 2000).

Es un pasto perenne, rastrero, que presenta estolones superficiales y puede alcanzar 4.50 m en suelo fértil, con 4 a 8 mm de diámetro; se enraiza en cada nudo. Los entrenudos son cortos (de 0.3 a 0.4 m) y cada uno está envuelto en una vaina foliar. Estos estolones dan frondosas ramificaciones que pueden llegar a los 0.60 m y que forman un espeso césped que cubre rápidamente el terreno (Havard-Duclos, 1979).

Su porte es bajo, tiene raíces profundas, forma macizos densos y se disemina a través de dos formas: estolones en la superficie del suelo y rizomas en la parte subterránea (Langer, 1980).

Los brotes erectos estériles tienen tallos relativamente cortos y hojas largas que miden más de 20 cm de largo (Bogdan, 1997), de color verde pálido y suavemente pubescentes, al igual que las vainas. No tiene aurícula y la ligula está representada por un anillo de pelos (Langer, 1980).

Los brotes fértiles que terminan en inflorescencia, no sobrepasan en altura a los brotes estériles (como sucede en la mayoría de los pastos) pero por lo general se encuentran ocultos debajo de los brotes estériles en la base del prado. Florece cuando es pastoreado o segado continuamente. La única evidencia visible de que hay floración en el pasto de poca altura es por la abundancia de anteras excertadas que se encuentran sostenidas en filamentos erectos que miden más de 5 cm de largo; los cuales emergen en la noche y en la mañana formando un matiz blanco azulado en el prado.

Las espiguillas están ocultas en las vainas de las hojas en los brotes fértiles, excepto en las partes superiores que sobresalen de las vainas. Las espiguillas miden de 10 - 20 mm de largo y están sostenidas por algunas o hasta 15 cerdas delgadas más cortas que la espiguilla. Tiene dos flósculos similares en apariencia, el inferior está vacío y el superior encierra un pistilo con un estigma plumoso y largo y tres estambres largos. Algunos tipos de pasto kikuyu carecen de estambres ó los tienen muy rudimentarios. El grano (cariópside) mide alrededor de 2 mm de largo y es de color café oscuro cuando madura (Bogdan, 1997).

3.3.2 Centro de origen e introducción

El pasto Kikuyu se distribuye naturalmente en la zona este y central de Africa (Langer, 1980). Bodgan (1997) menciona que es nativo de las tierras altas y las montañas del este de Africa tropical: Etiopia, Eritrea, Kenia, Uganda, Rwanda, Zaire y Tanzania. Havard-Duclos (1979) lo ubican como originario del territorio de Kenya, región de los lagos salados de Elmeinteita y de Naivasha, provincia de Kikuyu.

El pasto fue introducido posteriormente en Sud Africa, Brasil, Sudeste de Queensland, partes de New South Wales y en regiones norteñas de Nueva Zelandia. (Langer, 1980).

Las primeras introducciones reportadas fueron en Sudáfrica en 1910 y en Australia en 1919 (Mears, 1970 citado por Bogdan, 1997). Actualmente este pasto se cultiva en forma experimental o a baja escala en muchos países africanos, Australia, el sur de EUA, Centroamérica, América del Sur, sur de Asia y un gran número de islas con clima cálido. En la mayoría de estos países, el pasto Kikuyu aún se encuentra bajo experimentación, pero en Hawái, Sri Lanka, Australia y otros, se ha convertido en uno de los más importantes para pastura, principalmente en lugares con altitudes relativamente altas – de 1500 a casi 3000 msnm-. Crece en las orillas de los bosques, en tierras boscosas recientemente aclareadas, en las orillas de caminos y como maleza en tierras cultivables. Las características del pasto Kikuyu que le dan gran valor son su resistencia al pastoreo, su volumen y buena calidad de pasto (Bogdan, 1997).

En México, el pasto kikuyu se localiza en la región montañosa, que corresponde al área más importante para la ganadería. Se puede encontrar en praderas asociadas al tipo de vegetación dominada por *Liquidambar styraciflua*, comprendiendo zonas de la Sierra Madre oriental de Puebla, Chiapas y Veracruz (Gallo *et al.*, 1977; Torres, 1988 citados por Jiménez, 1989).

3.3.3 Requerimientos edafoclimáticos

Havard – Duclos (1979) mencionan que éste pasto se adapta a cualquier tipo de suelo, incluso a los ligeramente salados, pero prefiere una ligera alcalinidad.

Bogdan (1997) afirma que el pasto Kikuyu requiere de suelos fértiles y es tolerante a la acidez. La tierra que ha sido aclareada ó quemada es colonizada muy rápido por el pasto Kikuyu, inmediatamente ó después de un periodo corto en el que dominaron las malezas.

El pasto Kikuyu no puede crecer ni desarrollarse en suelos inundados, pero prospera en las orillas de los lagos, como es el caso del Lago Naivasha en Kenia.

Los requerimientos hídricos del pasto Kikuyu pueden evaluarse a partir de la precipitación pluvial en las áreas de donde es originario, la cual varía de un poco menos de 1 000 mm. hasta 1 600 mm. En Muguga, región de Kenia la precipitación es marginalmente baja, la evapotranspiración registrada en un prado de pasto Kikuyu fluctúa de 3.8 a 5.1 mm por día (Glover y Forsgate, 1964, citado por Bogdan, 1997); el pasto fue capaz de extraer la humedad del suelo desde una profundidad de 120 cm; aunque la penetración de la raíz puede ser más profunda.

El pasto Kikuyu puede extraer agua del suelo hasta que el contenido de éste sea cercano al punto de marchitamiento. (Bogdan, 1997)

Havard-Duclos (1979) mencionan que el kikuyu es un pasto que resiste especialmente la sequía (mínimo de lluvia 750 mm). Langer (1980) dice que éste pasto tiene un comportamiento satisfactorio en las zonas subtropicales de humedad moderada.

Un desarrollo deficiente en las bajas altitudes de los trópicos indica que este pasto no está del todo adaptado a las altas temperaturas; sin embargo, algunos tipos decrecen aun más, bajo temperaturas de 27° a 10°C interrumpiendo de este modo la excreción de los estambres. El promedio de temperaturas mínimas y máximas en las regiones de donde el pasto kikuyu es originario fluctúan desde 2° hasta 8°C y de 16° a 20°C respectivamente. En estas regiones algunas veces ocurren heladas, pero en los subtropicos donde las heladas son más frecuentes, aunque ligeras, el pasto puede verse afectado, sin embargo, las plantas no necesariamente mueren. En el sureste de Queensland donde la temperatura alcanza los 27°C se registró una temperatura mínima de -9°C durante el invierno, la cual no mató a las plantas y se observó una sobrevivencia del 100% (R.M. Jones, 1969 citado por Bogdan, 1997).

Havard- Duclos (1979) mencionan que en clima cálido y húmedo y en terreno fértil, la planta crece profusamente y puede llegar a medir de 0.70 a 0.80 m (Colombia) e incluso 1.20 m (Africa del Sur). En terrenos más secos apenas sobrepasa los 0.30 – 0.40 m.

Jiménez (1989) menciona que el pasto kikuyu en México se localiza en zonas templadas, en bosques nubosos con precipitaciones mayores a 1000 mm y altitudes de 2000 m.

3.3.4 Establecimiento

El kikuyu se reproduce muy difícilmente por semillas, pues éstas solo se forman mucho tiempo después de la floración. La forma más práctica de propagación es utilizar estolones cortados en trozos de 15 a 20 cm. La plantación se realiza al iniciarse las lluvias, a 2x1 m, ó de forma más compacta (0.5 x 0.5 m) para cubrir el terreno más rápidamente. (Havard- Duclos, 1979).

Bogdan (1997) menciona que debido a que por lo regular no se consigue semilla comercial el pasto Kikuyu se establece vegetativamente por medio de divisiones de estolones, el tamaño depende principalmente del material disponible. Se ha reportado que las ramitas que contienen de

dos a tres nudos se establecen satisfactoriamente y llegan a formar prados uniformes, pero por lo regular, estas ramitas son largas y se cortan para tener más entrenudos. Cuando el trabajo no representa problemas, el establecimiento se realiza de forma manual en surcos o en hoyos; también las ramitas pueden diseminarse desde un vehículo y luego pasar una rastra o grada de disco. También puede utilizarse la maquinaria empleada en EUA para plantar el pasto Bermuda. Se recomienda plantar a una distancia de 45 X 45 cm pero se puede obtener un establecimiento más rápido si se planta a una distancia menor aunque esto represente una mano de obra mayor. Las lluvias después de la plantación ayudan a que el pasto prenda mejor.

Por lo general las semillas son consumidas por el ganado junto con el pasto y es posible establecer nuevas plantas por medio de semilla cuando éstas pasan a través del aparato digestivo del animal sin recibir daño alguno y logran establecerse en el estiércol.

La posición de la semilla cerca del suelo permite que sea consumida junto con el pasto y tal vez de esta forma se facilita la diseminación.

El pasto Kikuyu logra persistir en el suelo siempre y cuando la fertilidad de éste sea satisfactoria para mantener prados permanentes; no es aconsejable cultivar este pasto de forma rotativa ya que se convierte en una maleza difícil y costosa de erradicar. En pruebas realizadas en Kenia, Nueva Zelanda, EUA y la India, la erradicación mecánica por medio de arado durante la época de secas resultó ser una labor muy costosa aunque exitosa, al igual que la erradicación química con Dalapon y otros herbicidas (Bogdan, 1997).

3.3.5 Asociación con leguminosas

Havard- Duclos (1979) mencionan que el pasto kikuyu elimina todas las demás gramíneas, pero puede asociarse con leguminosas como varias especies de *Trifolium* (*angustifolium*, *campestre*, *arvense*, *semipilosum*, *subterraneum*) y con *Medicago arbicularis*.

El pasto Kikuyu es muy agresivo y dominante en suelos fértiles, en regiones con climas favorables y bajo pastoreos constantes, normalmente no permite que se establezca otro pasto en el prado. Bajo pastoreos continuos o cortes frecuentes, la penetración de tréboles es más probable y en las tierras altas de Kenia, la asociación con *Trifolium semipilosum* silvestre, que con frecuencia se encuentra en prados de pasto Kikuyu, constituye alrededor del 15% del pasto corto para pastoreo, pero desaparece cuando al pasto se le permite crecer más alto. En Australia se cultivó

con cierto éxito la mezcla con *Glycine wightii*, pero su reacción a los cortes fue opuesta en comparación con el trébol que resultó ser más abundante en pastizales con una altura mayor cortados cada 8 ó 12 semanas, que en los pastizales más cortos y segados cada 4 semanas, los mismos resultados se observaron en una prueba realizada con *Desmodium intortum*. En Hawaii, la aplicación de 410 kg de N/ha/año a un pastizal de pasto Kikuyu/ *D. intortum* redujo la frecuencia de la leguminosa hasta casi 50%, en un pastizal sin fertilizar hasta 10% cuando se cortó cada 10 semanas y a menos de 1 % cuando se cortó cada 5 semanas; aparentemente las leguminosas son incapaces de soportar cortes frecuentes que son recomendables para el pasto Kikuyu. También se reportó que al cultivar trébol blanco ladino junto con pasto Kikuyu se obtuvieron resultados satisfactorios al igual que en Australia la asociación con *Desmodium uncinatum* y *Vicia sativa*. En general, la asociación de pasto Kikuyu/leguminosa cultivada en escala comercial es tal vez materia de próximas investigaciones.

En Australia se ha reportado que el pasto Kikuyu cultivado junto con *Paspalum dilatatum* y *Axonopus compressus* incrementan la fertilidad del suelo y la posterior aplicación de N favorece el vigor competitivo de este pasto y suprime a los otros dos pastos. (Bogdan, 1997)

3.3.6 Manejo y fertilización

Bogdan (1997) menciona que siendo una planta que se desarrolla bien sobre suelos fértiles, el pasto Kikuyu responde bien a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, incrementando así la producción de pasto y el contenido de proteína. En el sur de Queensland, el pasto Kikuyu es el único ampliamente utilizado debido a que responde de forma satisfactoria a la aplicación de N, ya sea durante el pastoreo en verano o invierno. El sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, aplicados en cantidades iguales de N, produjeron incrementos lineales iguales en el pasto Kikuyu, produciendo más de 100 kg de N/ha, pero con la aplicación de cantidades mayores, el nitrato de amonio produjo más que la urea. En varias pruebas de fertilización, el pasto Kikuyu respondió favorablemente a la aplicación de N, incrementando la producción de MS hasta 12-27 kg/ha por cada kg de nitrógeno aplicado. Los efectos de la aplicación fosforada han sido poco estudiados (Morrison 1966 citado por Bogdan, 1997). La aplicación de P fue particularmente útil cuando se aplicó junto con el N ya que se observó una considerable interacción entre los dos fertilizantes. En general, la respuesta a P y K aplicados en forma individual fue inconsistente y aparentemente

depende más bien de las condiciones del suelo que de la planta misma. La deficiencia de potasio raramente ocurre, pero cuando se presenta se manifiesta en una sequedad en la punta de la hoja. En Australia se observó que el pasto Kikuyu es muy sensible a la deficiencia de S, Mg, Cu y Mn y menos sensible a la deficiencia de B, Mo, Ca y Zn (Cassidy 1972 citado por Bogdan, 1997). Una prueba preliminar demostró que responde bien a la aplicación de giberelina (Lester y Carter 1970 citados por Bogdan, 1997).

El pasto Kikuyu es improductivo en suelos secos y especialmente en regiones secas y calientes, pero bajo riego, se pueden obtener altos rendimientos, como se ha demostrado en California, EUA, también se han reportado buenos resultados en Rhodesia y Sudán.

Los céspedes limítrofes y los pastizales de pasto Kikuyu pueden ser restablecidos por medio de un arado pesado durante la temporada de lluvias (Whyte *et al.* 1959 citado por Bogdan, 1997), especialmente cuando la sobresiembra con leguminosas es anticipada. Bajo condiciones desfavorables, ya sea durante un año seco o temporada de sequía, la renovación del pasto Kikuyu viejo puede reducir la producción de pasto durante el año de renovación, aunque el rendimiento de pasto en algunas pruebas en el siguiente año excedió a aquellas donde el pastizal quedó intacto (Morrison 1966 citado por Bogdan, 1997).

Havard- Duclos (1979) mencionan que la abundancia de estolones obliga a regenerar los pastos cada 3 ó 4 años, y que el pasto kikuyu rinde al máximo en tierras fértiles, a condición de mantener un frecuente abonado con estiércol.

3.3.7 Enfermedades y plagas

Bogdan (1997) menciona que el "Kikuyu amarillo" es la única enfermedad de importancia, reportada en Nueva Gales del Sur, Australia. Se caracteriza por presentar manchas color amarillo en las hojas de la planta. El patógeno aparentemente es un hongo del suelo, pero no se conocen más detalles (Mears 1970 citado por Bogdan, 1997). En la zona templada de EUA, el pasto Kikuyu sembrado en macetas y cajas fue atacado por *Prosopis distanti*, donde de 10-40 parásitos por caja, acabaron con las plantas (Fagan y Vargas 1971 citados por Bogdan, 1997).

3.3.8 Composición química y digestibilidad

El pasto Kikuyu es por lo general rico en proteínas, el contenido raras veces disminuye por debajo del 12% en la MS y alcanza hasta 23-25% en plantas jóvenes, aunque en condiciones desfavorables y en plantas viejas, el contenido de PC puede decrecer hasta 5 ó 7%. El contenido de PC normalmente sube conforme la fertilidad del suelo aumenta por la aplicación de N y P. En los subtrópicos de Australia, el contenido de PC en el pasto sin fertilizar fue de 11.7% y se incrementó a 16.9% cuando se aplicó N. Al igual que en otros pastos, el contenido de PC decrece de acuerdo al incremento de la edad de la planta. El contenido de FC en el pasto Kikuyu es moderado, por lo general del 39%, esto se debe a que las hojas no son fibrosas y este bajo contenido, similarmente con un alto contenido de PC se mantiene en el pasto Kikuyu por un largo periodo mucho más que en otros pastos tropicales posiblemente debido a que el pasto consiste principalmente de hojas con tallos pequeños, a menos que se force al ganado vacuno a pastorear a una altura muy baja y de ésta forma consumir los tallos fibrosos que se encuentran por debajo de los brotes florales (Bogdan, 1997).

Jiménez (1989) menciona que el contenido de proteína cruda en el pasto kikuyu va desde 11.7% hasta 27.6% MS, y la digestibilidad es de 48.69 % MS.

Los nutrientes minerales en el pasto varían. El contenido de P puede ser razonablemente alto, alrededor de 0.20% e incluso alcanzar hasta más de 0.40% pero también puede llegar a ser tan bajo como 0.11%. El contenido de Ca es por lo regular bajo (Bogdan, 1997).

La digestibilidad de la PC depende principalmente del contenido de ésta en el pasto. Jeffery (1971) citado por Bogdan (1997) menciona que la digestibilidad de PC en el pasto Kikuyu se incrementó de 58.5% sin fertilizar hasta 65.8% cuando se aplicó N. En la India, Katiyar y Ranjhan (1969) citados por Bogdan (1997), reportaron que el promedio de digestibilidad de la PC es tan alto como 81.3%, la digestibilidad de la FC, ELN y EE (grasas) fue de 69.2, 72.5 y 67.1% respectivamente, y Butterworth (1967) citado por Bogdan (1997) menciona unos contenidos de 52.5, 58.2 y 57 en pastos de 20-30 cm de alto consumidos por ovejas (Bogdan, 1997).

3.3.9 Conservación

El pasto Kikuyu es utilizado invariablemente para pastoreo y se intentado preparar ensilados a partir de los sobrantes, pero dió como resultado una considerable pérdida de MS, no obstante el ensilado resultó ser palatable para el ganado vacuno. El ensilaje del pasto redujo su digestibilidad hasta un 46% en comparación con un 64% en el pasto fresco (Catchpoole y Henzell 1971 citados por Bodgan, 1997).

3.3.10 Productividad

La productividad del pasto Kikuyu varía notablemente y puede ser baja en suelos pobres sin fertilizar o bajo condiciones climáticas desfavorables. En condiciones adecuadas, el rendimiento puede alcanzar hasta 15 ton de MS/ha. En Queensland la producción máxima promedio fluctúa entre 10 y 12 ton de MS/ha. En Hawaii, el pasto Kikuyu mezclado con trébol ladino y trébol rojo produjo 17 ton de MS/ha y 1 350 kg de PC cuando se fertilizó con cantidades altas de N y P y cantidades moderadas de K (Bodgan, 1997).

Havard – Duclos (1979) mencionan que en Colombia se ha cuantificado un rendimiento global anual de 37 ton/ha, y en Marruecos, con cinco riegos en tierras sueltas bien estercoladas, ha dado 90 ton/ha.

Langer (1980) comenta que el pasto kikuyu tiene una producción estival y otoñal sobresaliente, pero el crecimiento de primavera y en especial el de invierno, es bajo.

Además, menciona que probablemente éste pasto sea más productivo bajo pastoreo rotativo y dotaciones altas, así como su asociación con leguminosas.

Jiménez (1989) menciona que el rendimiento del pasto kikuyu en México está en un rango de 10 a 24 ton/ha/año de materia seca (MS), y de 90 a 120 ton/ha/año de materia verde (MV).

Hernández *et al.* (2000) considera que el pasto Kikuyu es un pasto tolerante al pastoreo y que no propicia ganancias altas de peso por animal, pero si por unidad de superficie, al soportar una carga animal alta. Este pasto tiene una producción de forraje estacional corta, regularmente de junio a octubre o noviembre y es un recurso forrajero de alto valor, en comparación con las especies de clima templado semejantes a las que existen en el Valle de México.

3.3.11 Producción animal

En Hawaii, el pasto Kikuyu es de los más importantes y se han reportado ganancias de peso vivo de 182 kg/ha/año en pastos sin fertilizar y 437 kg pastos fertilizados con N - P- K; en otra prueba, se obtuvo una ganancia de 102 y 257 kg. respectivamente. Este pasto por lo regular es usado para pastorear vacas lecheras y va de engorda y en un pastizal de pasto Kikuyu/trébol blanco con una carga animal de 0.84 vacas/ha se obtuvo un rendimiento de 2,900 a 3,403 kg de leche/vaca/año ó 2,400- 2,700 kg/leche/ha. Colman y Holder citados por Bogdan (1997) obtuvieron 99-118 de materia grasa de leche mantequilla/vaca/lactante bajo una carga animal de 3.29- 1.64 vaca/ha, la cual corresponde a 327 y 183 kg de materia grasa de leche/ha respectivamente. Con una carga animal de 4.94 vacas/ha, la producción total de materia grasa de leche se incrementó a 447 kg/ha en la siguiente lactancia, pero disminuyó a 261 kg/ha en lactancias subsecuentes. Esto demuestra que es necesaria una alta carga animal y pastoreo intensivo para obtener un completo aprovechamiento de los pastizales de pasto Kikuyu; con una carga animal menor este pasto no tiene ventaja sobre los otros pastos (Mears 1970 citado por Bogdan, 1997) pero una carga animal muy alta puede debilitarlo. Los pastizales pasto Kikuyu sin pastorear son invadidos por malezas, como *Digitaria scalarum* en Kenia (Edwards 1940 citado por Bogdan, 1997). Para obtener una alta producción de carne y leche en regiones con marcadas temporadas de sequía, se recomienda dar a los animales un suplemento de concentrados durante este periodo.

Cuando hay un crecimiento rápido de la planta después de un periodo de sequía o cuando el ganado ha estado previamente sometido a una dieta pobre, pastorear el succulento pasto Kikuyu puede causar desórdenes en los animales, como inflamaciones abdominales, falta de coordinación en las patas y otros síntomas, que en casos agudos, pueden provocar la muerte. Estos desórdenes han sido registrados en las regiones subtropicales de Australia y Nueva Zelanda (Bogdan, 1997).

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

3.3 Ganado ovino para carne

3.4.1 Características generales

En la actualidad, la producción de carne ovina representa el principal objetivo de la ovinocultura comercial nacional (Echegaray, 1998).

El ovino es un animal eminentemente de pastoreo, se puede considerar un ganado adaptado a los climas extremos, que con largos y calurosos veranos, pluviometría escasa y mal distribuida, pone a prueba la rusticidad de éstos animales. No se debe confundir la rusticidad y capacidad de adaptación del ganado ovino a condiciones adversas, con que sea un animal de pocas necesidades ó que no necesita ser alimentado. El ovino tiene la habilidad por la selectividad de su pastoreo, de conseguir una dieta más equilibrada en pastos marginales en donde otros animales como el vacuno tienen más dificultades de alimentación (Muslera y Ratera, 1991).

Las ovejas son animales domésticos que comparten su condición de rumiantes con vacas, cabras, ciervos y otras especies. En los rumiantes, la hierba y otros forrajes, parcialmente masticados, se almacenan en el rumen y se regurgitan a intervalos de 6-8 horas, permitiendo su mezcla con saliva y una segunda y más completa masticación.

La rumia, como se denomina este proceso, tiene lugar durante los periodos de reposo.

A través de las acciones de las bacterias simbióticas del rumen, los rumiantes pueden liberar y utilizar la energía que contienen los hidratos de carbono en sus más complejas formas, además transformar compuestos nitrogenados sencillos en proteína bacteriana que es digerida y metabolizada por el huésped. Esta característica que diferencia a los rumiantes, explica la importancia que tienen en la producción animal.

Tanto las ovejas como las cabras tienen una hendidura que divide el labio superior, lo cual capacita a éstas especies para pastar hierba más corta y apurar más el pasto, además, mastican eficientemente el alimento por lo que no es necesario moler o aplastar los granos (Fraser y Stamp, 1989).

Ensminger (1973) citado por Trenado (2000) considera que la conformación anatómica de la boca del ovino ya mencionada, le permite consumir casi la totalidad de la planta, llegando a utilizarlas hasta cerca de la raíz si se les obliga a ello. En sitios con cierta diversidad botánica,

éstos pueden pastorear gramíneas y leguminosas, y ramonear plantas leñosas, pero se mantienen mejor con pastos cortos y finos que con altos y toscos.

Hafez *et al* (1973) citado por Trenado (2000) menciona que el tubo digestivo de los ovinos como el de los otros rumiantes posee adaptaciones para resistir fluctuaciones en el abastecimiento de alimento y agua. El ovino es un herbívoro adaptado para alimentarse de vegetación rala y áspera; su tubo digestivo le permite recoger hierbas durante las horas más favorables del día para luego descansar y rumiar a placer.

Es importante tomar en cuenta que tanto el ganado caprino como el ovino aportan una estercoladura significativa al permanecer en un pasto. Las deyecciones depositadas en el terreno durante una jornada de 8 horas de pastoreo son aproximadamente de 1kg/animal. (Portolano, 1990).

Como animal de granja, la oveja tiene una buena adaptabilidad. Actualmente hay cientos de granjas y ranchos con áreas pequeñas donde los rebaños de ovejas efectúan una excelente labor al evitar que se desarrollen excesivamente los matorrales y la maleza, y al fertilizar el suelo, mientras que al mismo tiempo producen lana o carne de alta calidad. Si cuentan con buenos pastos, resguardos adecuados y un mínimo de cuidado, la ovejas proporcionarán a sus dueños una recuperación de la inversión equivalente a la que proporciona el ganado bovino. Su temperamento y su tamaño relativamente pequeño facilita el manejo de estos animales por parte de mujeres o niños de cierta edad, sin temor a que puedan hacerse daño. Trabajar con ellas no es pesado ni requiere mucho tiempo. Las ovejas pastan en tierras no aptas o inaccesibles para cultivos y en pastos que no son propicios para otros animales. Al pastar, convierten el pasto, que de otra manera sería inutilizable, en proteínas en forma de carne. Son muy cuidadosas al comer, seleccionan una variedad de plantas, hierbas y pastos, evitando las que les hacen daño. En su condición de rumiantes, requieren pocos granos y solo necesitan éste tipo de alimentación en época de partos en zonas donde el invierno es muy frío, y a fines de primavera cuando en que se alimenta a los corderos con granos para engordarlos un poco antes de llevarlos al mercado. Las ovejas proporcionan un atractivo ingreso proveniente de la venta de su carne o como ganado en pie.

Algunos inconvenientes que se pueden encontrar con las ovejas son que éstas son animales indefensos y su tendencia a dispersarse en momentos de pánico las hace fácil presa de coyotes y perros. También los parásitos constituyen un problema, ya sean internos o externos, por lo que

debe prepararse un programa regular de rotación de pasturas y de control de lombrices y parásitos externos para que el rebaño se mantenga productivo y saludable (Bradbury, 1980).

3.4.2 Requerimientos alimenticios

Las necesidades de los ovinos son variables; la raza, el estado fisiológico las condiciones climáticas, así como el ambiente de producción dan origen a estas variaciones. En la actualidad se han diseñado tablas de requerimientos en diversos países, así como tablas de composición de los alimentos que constantemente se actualizan (Cantón *et al*, 1992 citado por Trenado, 2000).

* Agua.

Ensminger (1973) citado por Trenado (2000) señala que los ovinos adultos consumen alrededor de 3 a 4 lts de agua por día, mientras que los corderos en engorda necesitan más o menos la mitad, según la naturaleza de la ración, la época del año y el estado fisiológico del animal. Debe procurarse dar agua limpia a los animales al menos dos veces al día y cuando sea posible debe darse a libertad.

Hindmarch (1939) citado por Fraser y Stamp (1989) estimó en 4.5 lts las necesidades diarias de agua por oveja.

* Energía.

En pastoreo, el forraje es la fuente de energía y éste es el nutriente limitante más común que puede variar con la especie animal y la composición de la pradera ó agostadero. Los requerimientos varían en función de la actividad que desarrolle el animal, la cual está determinada principalmente por la topografía y las características de la región. Su deficiencia se presenta por consumos bajos ó escasez absoluta del forraje (Orcasberro, 1983).

Los alimentos que consumen normalmente los ruminantes están en su mayor parte compuestos por hidratos de carbono, los cuales constituyen la principal fuente de energía de la ración. Sin embargo, tanto la proteína como la grasa pueden también suministrar energía siguiendo diferentes rutas metabólicas. Para alimentar racionalmente a los animales, es preciso conocer sus necesidades energéticas y el valor de los alimentos como fuentes de energía (Fraser y Stamp, 1989).

Orcasberro y Fernández (1982), estimaron que las necesidades de energía en pastoreo son de 44 a 51%, mayores que bajo las condiciones de corral.

El contenido de energía en los forrajes se cuantifica en energía metabolizable (EM) y se mide en Mcal /kg MS. Huerta (1997) considera un promedio de 2.3 Mcal EM/ kg MS en los forrajes.

* Proteínas.

Las necesidades de proteína digerible representan entre 0.10 y 0.30 del peso del animal (Torres, 1993 citado por Trenado, 2000).

Los requerimientos de proteína se basan en que la relación óptima entre proteína digerible (PD) y energía digerible (ED) es de 20g de PD/Mcal de energía para mantenimiento, esta relación aumenta para lactancia, crecimiento y finalización. Un inadecuado consumo de proteína trae como resultado la pérdida de apetito, pérdida de peso, baja eficiencia productiva, disminución de la producción de leche y lana y baja resistencia a enfermedades (Orcasberro, 1983). El consumo de proteína y EM son las principales determinantes del cambio de peso en los animales y la acción anabólica (Saginés, 1990 citado por Trenado, 2000).

Las necesidades de proteína para el consumo para los procesos vitales se estiman en 2g de N/1000 kcal Em (energía para el mantenimiento), por lo tanto un borrego adulto que necesita 1000 kcal EM/día debe ingerir 2g de N/día ó 12.5g de proteína total (Trenado, 2000).

* Minerales.

Dado que los elementos minerales forman parte esencial del cuerpo, ningún animal puede mantenerse y menos producir a no ser que aquellos se encuentren presentes en cantidades adecuadas. Sin embargo, en muchas explotaciones que son convenientemente cultivadas y fertilizadas no se producen deficiencias minerales. Por lo tanto, no se justifica el uso indiscriminado de suplementos minerales o piedras de lamer en la alimentación de ganado ovino (Fraser y Stamp, 1989).

Trenado (2000) considera que los forrajes rara vez satisfacen las necesidades del animal para todos los minerales y menciona que los elementos esenciales para los ovinos son los siguientes:

- macroelementos = Cl, Na, K, Mg, S, Ca, P
- microelementos = Fe, Mn, Mo, Cu, Co, I, Zn, Se

Las principales fuentes de minerales son el alimento mismo, el suelo, los suplementos minerales y el agua (Trenado, 2000).

Las deficiencias minerales se evidencian en pérdidas de peso, pobre fertilidad, pérdida de apetito ó apetito excesivo, pérdida de pelo ó lana y diarreas; pero es difícil el diagnóstico de deficiencias minerales por observación clínica ya que los signos no son específicos (Gatenby, 1986 citado por Trenado, 2000).

TABLA 7 . NECESIDADES DE MACRO Y MICROMINERALES

Macrominerales	% de la M.S.	Microminerales	PPM	Nivel tóxico (ppm)
Na	0.4	I	0.10-0.80	+ 8
Cl		Fe	30-50	
Ca	0.21-0.52	Cu	5.0	>25
P	0.16-0.37	Mb	>0.5	5-20
Mg	0.04-0.08	Co	0.1	100-200
K	0.52	Mn	20-40	
S	0.14-0.26	Zn	35-50	
		Se	0.1	5-20
		F		30-200

Church (1976) citado por Trenado (2000).

TABLA 8 . REQUERIMIENTOS Y NIVELES TÓXICOS DE MICROMINERALES

Microminerales	Concentración en suero (ppm)	Requerimientos estimados (ppm)	Niveles tóxicos (ppm)	Rango en forraje (ppm)
Co	0.005	0.05-1.0	+ 50	0.03-0.3
Cu	1.000	5.00-10.0	100	5.00-8.00
I		0.20	50-100	0.00-10
Fe	1.500	35.00	500	60.00-300
Mn	0.02-0.10	20.00	50-900	500-900
Mb	0.06-0.6	0.01-1.0	5-10	0.20-10
Ni	0.00-0.30		+ 100	0.90-1.0
Se	0.60-1.1	0.08-0.15	8-10	0.00-50
Zn	0.80	25.00-40.00	1000	15-40

Gatenby (1986) citado por Trenado (2000).

Los minerales pueden mezclarse en la ración de granos, o bien, se colocan en recipientes junto a la sal. Estos minerales facilitarán un rápido desarrollo de los corderos (Bradbury, 1980).

Cuando se inicia el suministro de sales minerales deben darse en mínima cantidad (3 a 5 gramos /animal adulto) durante 5 días como acostumbramiento, posteriormente ya se puede dar a libertad (Gutiérrez *et al.*, 2000)

*** Vitaminas.**

Las vitaminas son activas en pequeñas dosis y juegan un papel esencial en las actividades bioquímicas básicas del cuerpo del animal, sin embargo, su importancia es menor en las condiciones prácticas de la alimentación de las ovejas (Fraser y Stamp, 1989).

Las más importantes en la nutrición animal son la A, D, E, C, y complejo B (Wilson *et al.*, 1987 citado por Trenado, 2000). Algunas vitaminas son sintetizadas por el animal ó proporcionadas por la exposición al sol, solamente deben ser suministradas las vitaminas A, E y K1 (Trenado, 2000).

*** Sal.**

La sal es necesaria para todos los animales que pastan. Se deben colocar recipientes para que ellos consuman a voluntad de diferentes formas. Una oveja consume hasta 6 kg de sal por año. Cuando carecen de sal, las ovejas desarrollan una especial voracidad por ella, si no están acostumbradas a consumirla y tienen acceso a un recipiente con abundante cantidad de ella, pueden consumir demasiada y envenenarse.

Es conveniente que la sal se proporcione molida para que no se desgasten los dientes triturando bloques de sal.

Las deficiencias de sodio provocan disminución del apetito y reducción de la secreción de orina y lactancia. Si el animal consume cantidades elevadas se observa una ingestión en exceso originando diarreas, temblores musculares y muerte (Bradbury, 1980).

3.4.3 Comportamiento productivo en pastoreo

La cantidad seca de forraje disponible que efectivamente se consume por ovinos, generalmente es del orden del 60-70%, puede ser muy variable, desde valores tan bajos como 20% hasta una utilización casi completa (95%) en algunos casos. La utilización depende de muchos factores incluyendo el tipo de cultivo, cantidad de hojas o estado de madurez, rendimiento, carga animal, método de pastoreo, condiciones climáticas y de suelo, etc.

La cantidad de forraje disponible/animal/día afectará el consumo y, como consecuencia, el comportamiento productivo de los corderos y la utilización del cultivo.

El comportamiento productivo de los corderos medido principalmente en ganancia diaria de peso (GDP) puede ser bastante variable para los distintos cultivos de forraje verde, a pesar de su semejanza en términos de composición y valor nutritivo.

La producción de carne de cordero/hectárea a partir de cultivos forrajeros es una función del comportamiento productivo de cada cordero y de la capacidad de alimentación (Haresign, 1989).

Echegaray (1998) considera que las ganancias de peso logradas en la engorda de corderos en pastoreo oscilan entre los 150 y los 200 g/día, lo cual parece bajo considerando los reportes de animales en estabulación con dietas concentradas. Un adecuado manejo de las praderas podría permitir alcanzar los niveles superiores del rango, pero la ventaja principal del esquema de pastoreo son los bajos costos de alimentación en que incurre el productor.

Huerta (1997) menciona que considerando un promedio de 2.3 Mcal EM/kg MS, la ganancia esperada de peso es de 138 o 158 g/día, independientemente del sexo y el genotipo de los animales. Cuando el animal ingiere un forraje con 2.6 Mcal EM/kg MS bajo sistemas intensivos de pastoreo generalmente el consumo de alimento se limita a un 70-80% del máximo, que provoca ganancias de peso de alrededor de 130 a 150 g/día en lugar de ganancias superiores a 200 g/día que sería lo esperado. Bajo sistemas de pastoreo intensivo es más conveniente engordar machos enteros y de genotipos grandes.

Flores y Medina (1997) citados por Trenado (2000) encontraron una ascendente ganancia diaria de peso por animal a medida que disminuía la carga animal, con corderos criollos, pastoreando una pradera de zacate ovilla (*Dactylis glomerata*) durante el invierno en el Estado de México.

TABLA 9. GANANCIA DIARIA DE PESO PROMEDIO EN CORDEROS A 3 CARGAS ANIMALES PASTOREANDO UNA PRADERA DE ZACATE OVILLO

Carga animal (corderos/ha)	Ganancia diaria de peso (g)
20	143
30	134
40	120

Tomado de Trenado (2000), elaborado por Flores y Medina (1996)

Huerta (1997) elaboró un cuadro que comprende 20 experimentos con tres tratamientos por experimento, lo que genera alrededor de 60 promedios. Los forrajes estudiados incluyen ballico anual, ballico perenne, trébol blanco, alfalfa y pasto Orchard. Los animales estudiados tenían un peso de inicial promedio de 26.6 kg que pastoreaban 96 días y significa que terminaron con un peso de alrededor de 39 kg La producción de carne por unidad de superficie es buena y equivale a 2,150 kg/ha/año.

TABLA 10. RESULTADOS NACIONALES DE PRODUCCIÓN DE CARNE OVINA CON FORRAJES DE ZONA TEMPLADA

	Promedio	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	Número de promedios
Peso inicial (kg)	26.6	8.7	16	49	64
Duración (días)	96	26	50	148	64
Carga animal cab/ha	49.6	20.3	12.6	117	50
kg/ha	1,265	499	468	2,256	45
Ganancia de peso g/día	129	45	27	227	68
kg/ha	5.9	2.9	10	13.8	65

(Huerta, 1997)

Los resultados coinciden, en general, con la predicción en función del contenido promedio de EM de los forrajes templados o con lo que se esperaría obtener con forrajes de mejor calidad que el promedio pero con consumo limitado por el manejo (Huerta, 1997).

La producción animal por unidad de superficie es función de la ganancia diaria por animal y de la carga animal, que a su vez depende del rendimiento y de la calidad del forraje ofrecido a los animales, por lo que la producción por hectárea se favorece, y se incrementa conforme se disminuye la asignación de forraje a los animales en pastoreo (Hernández *et al.*, 2000).

Los factores que afectan la ganancia de peso de los ovinos en pastoreo son discutidos por Rattray *et al* (1987) citados por Huerta (1997):

- Forraje disponible al inicio y final del pastoreo.

- Asignación de forraje.
- Altura del forraje.
- Material muerto.
- Proporción de leguminosas.
- Relación hoja-tallo.

Trenado (2000) considera que el comportamiento de la ganancia de peso varia en función de efecto del sexo, la raza, la dieta y el ambiente.

3.4.4 Manejo

Algunas medidas de manejo adecuado del rebaño tanto para una adecuada alimentación, protección del rebaño, eficiencia del sistema de pastoreo y prevención de enfermedades y parasitosis son:

- Programar el manejo de los animales respetando los periodos que siguen al de la alimentación o pastoreo, ya que el proceso de rumia se da en los periodos de descanso. Se evitan así, alteraciones digestivas.
- Es necesario tener en cuenta que el principal factor de importancia práctica en el engorde del ovino es el tiempo, hay un tiempo mínimo necesario para que se alcance el objetivo previsto.
- La alimentación debe tener un carácter gradual, cualquier cambio brusco de alimento afecta los procesos digestivos de los corderos.
- División cuidadosa del rebaño en relación a la edad, peso y comportamiento de los animales para evitar diferencias en el consumo (Fraser y Stamp, 1989).
- Alimentar a las ovejas en un horario regular, fijar una rutina ordenada.
- Dejar pastar a los animales tanto como sea posible.
- Suplementar con sal y minerales.
- Incluir una cabra en el rebaño puede coadyuvar a la protección del rebaño de perros o coyotes, ya que se agrupan en torno a ella y no se dispersan.
- Prevenir cualquier tipo de parasitosis (interna o externa), es mejor que curar

- Es necesario el uso de alambradas altas y fuertes, por lo menos en el área donde las ovejas se retiran a descansar en la noche, para evitar ataques de perros y coyotes.
- Se debe acostumbrar a las ovejas a respetar las alambradas eléctricas
- Limpiar y utilizar el estiércol de los corrales frecuentemente (no más de 1 vez por semana).
- Suministrar agua limpia a través de bebederos fijos (en el cobertizo) ó móviles (en el área de pastoreo).
- Proporcionar un pastoreo limpio, por medio de la rotación de campos y animales.
- Aplicar un tratamiento vermífugo para matar las lombrices y un baño parasiticida por lo menos una vez al año.
- Mantener los establos limpios y ventilados.
- Incinerar o enterrar con cal las ovejas muertas.
- Revisar al rebaño al menos una vez al día para detectar signos de enfermedad o anomalías.
- Cuidar que las instalaciones, equipo , materiales y herramientas estén siempre en buenas condiciones, en su lugar y que no puedan ocasionar accidentes al rebaño (Bradbury, 1980).
- Checar constantemente las heces para controlar cualquier tipo de diarrea (Fraser y Stamp, 1989).
- Se recomienda el uso del sistema rotacional de pastoreo, a través de cercos eléctricos móviles con periodos de pastoreo de 1 a 2 días máximo por potrero, y de 25 a 30 días de descanso durante la temporada de verano, y de 30 a 35 días durante la temporada de otoño- invierno.
- Siempre debe tenerse cuidado de no dejar que el pasto alcance más del 10% de espigamiento, ya que cuando el pasto empieza a madurar, se reduce la calidad del forraje y la pradera pierde tiempo en crecer.
- Es importante evitar que el ganado regrese a pastorear antes de lo 20 días después del pastoreo anterior (Gutiérrez *et al.*, 2000)

3.4.5 Problemas sanitarios

Bradbury (1980) considera como las enfermedades más comunes en la producción ovina las siguientes: anemia, timpanismo, pseudotuberculosis ovina, coccidiosis, conjuntivitis, indigestión aguda, tos, diarrea, podredumbre de las patas, tetania de los pastos, septicemia hemorrágica, constipación, dermatosis ulcerosa, ectima contagioso, tétanos, cálculos urinarios y tricobezoarios.

Entre las principales enfermedades relacionadas con la nutrición de ovinos en engorda están la polioencefalomacia, urolitiasis, intoxicación por cobre, timpanismo y acidosis ruminal, paresia omasal, enterotoxemia y listeriosis ⁽⁵⁾.

Espinosa (1984) citado por Trenado (2000) resume las enfermedades de ovinos más frecuentes en nuestro país, en orden de importancia: parasitosis, urogenitales, respiratorias, digestivas, locomotoras, órganos de los sentidos y tegumentarias. Considera que la mortalidad es de entre 15 y 30% en corderos menores de 6 meses de edad, y es bastante menor en adultos.

Orcasberro *et al* (1977) citado por Trenado (2000) menciona que en base a algunos estudios, se extrae que las principales enfermedades que los ovinocultores reconocen en su ganado como de mayor importancia son: parasitosis, septicemia y neumonía.

En cuanto a los parásitos internos, Bradbury (1980) hace la siguiente clasificación: gusanos redondos que chupan la sangre, tenias, parásitos del pulmón y conchuela (*Fasciola hepática*). Entre los parásitos externos, considera los siguientes: falsa garrapata ó mosca piojo, piojos verdaderos, gusaneras, mosca de la nariz y sarna.

Los tipos de parásitos que se presentan en borregos y cabras son nemátodos, tremátodos, céstodos, protozoarios y artrópodos, alojados en distintas partes anatómicas del animal ⁽⁶⁾.

Gutiérrez *et al*. (2000) mencionan que el control de parásitos y algunos agentes infecciosos que afectan a los ovinos se puede hacer mediante las siguiente prácticas:

- Todo animal que se incorpora al rebaño deberá ser desinfectado y bacterinizado, repitiendo el tratamiento de 10 a 12 días después.

⁽⁵⁾ Revista Acontecer Ovino-Caprino. Volumen III No.12 México,2001

- Aplicar el manejo a animales sanos, posteriormente se aplicará a animales enfermos, que de preferencia se deberán separar. Si no se pueden tener animales separados, entonces se les hace el manejo a todos juntos, considerando para los enfermos también su tratamiento, marcados con pintura.
- Después de cada manejo, principalmente vacunas o bacterinizaciones, es importante observar que no haya animales tristes, principalmente corderos o animales jóvenes, en caso de que existan dar tratamientos para problemas respiratorios (neumónicos).
- En caso de tener alta incidencia de *Fasciola hepática* se deberán utilizar desparasitantes específicos en el ganado y controlar el huésped intermediario (caracol) en las paraderas evitando se inunden los potreros, usar cercos o aplicar molusquicidas.
- Todo cordero que se somete a engorda con granos ó concentrados deberá ser vacunado 15 días antes de ser destetado y al momento de iniciar la engorda, contra *Clostridium perfringens* tipo C y D, igualmente para el caso de corderos que se engorden en praderas con un suplemento a base de grano.
- Cuando se hace el pastoreo rotacional con cercos eléctricos o potreros y con grupos de animales de distintas edades, siempre se deben de enviar los animales jóvenes adelante para evitar se infesten de algún parásito arrojado por los animales adultos.
- Se puede realizar el pastoreo rotacional alternando con diferentes especies animales o alternado con cortes
- En caso de heridas siempre se debe utilizar cicatrizantes para evitar las gusaneras
- En caso de sospechar de alguna enfermedad infecciosa en el rebaño, se requiere tomar muestras de sangre para enviar al laboratorio.

⁽⁶⁾ Revista Acontecer Ovino-Caprino. Volumen III No. 11 México, 2001

Así mismo, dividen las enfermedades más importantes de los ovinos en:

* Enfermedades de la piel y órganos externos: Queratoconjuntivitis, Ectima contagioso, Ectoparásitos y Pododermatitis infecciosa.

* Enfermedades respiratorias: Neumonía o pulmonía de los tipos: bacteriana o enzootica, parasitaria y mecánica o por cuerpos extraños.

* Enfermedades digestivas: Diarrea de los corderos o colibacilosis, coccidiosis o elmeriasis, tismpanismos, impactación del rumen o impactación de granos.

* Enfermedades parasitarias: pediculosis, falsa garrapata y sarna.

3.4.5 Alojamiento e instalaciones

El objetivo primordial que se persigue al diseñar instalaciones es ofrecer a la especie animal un ambiente en el que se le otorguen las condiciones óptimas de confort, para que de esta forma la producción se realice eficientemente. Las construcciones deben cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Proporcionar protección y confort a la especie de interés para conseguir máximos resultados.
 - b) Facilitar la administración de los recursos forrajeros y de manejo de la especie animal.
 - c) Permitir la aplicación de normas de higiene y salud de los animales.
 - d) Facilite la aplicación de tecnología encaminada a mejorar la producción animal
- (Sánchez, 1989 citado por Trenado, 2000)

El diseño de las instalaciones depende del tipo de ganado que hospedará y las condiciones climáticas de la región, para lograr un microclima apropiado a la especie. Deben considerarse aspectos tales como la altura media de la especie, los requerimientos de ventilación, la cantidad de

excretas que se van a generar y la forma de eliminación, las características de los comederos y bebederos, la capacidad de homeostasis térmica de los animales, sus hábitos de comportamiento y sus necesidades mínimas de espacio (Tórtora, 1999 citado por Trenado, 2000).

Condiciones ambientales

Las corraletas y corrales no deben ser utilizadas solamente para confinar al animal, si no que también deben asegurar su comodidad y seguridad al permitirles que realicen ajustes de postura y comportamiento normales. Son de suma importancia una ventilación adecuada, libre acceso al alimento y al agua, y una observación adecuada del animal confinado. Sin importar el sistema de manejo los animales deben tener la libertad de echarse, levantarse, acicalarse de manera normal, darse la vuelta y de estirar sus patas ⁽⁷⁾.

Como factores más importantes habrá que tener en cuenta la temperatura y la humedad, calidad del aire e iluminación:

- **Temperatura:** Las temperaturas entre los 10 y los 20°C son adecuadas para un buen equilibrio térmico en la mayoría de los mamíferos. Temperaturas más altas reducen el consumo de alimento y en consecuencia la eficiencia productiva en carne y las más bajas obligan al animal a incrementar el gasto energético para producir calor. Los descenso bruscos en la temperatura, de más de 10°C en pocas horas, o cuando los animales están expuestos a corrientes de aire, especialmente cuando se han mojado, son predisponentes a la presencia de neumonías (Tórtora, 1999 citado por Trenado, 2000). La zona de confort de los ovinos se ha reportado como: para ovejas y carneros de 7- 24°C, para corderos de engorda de 5-21°C y para corderos recién nacidos de 24-27°C hasta que estén secos. Se les debe proporcionar alimento adicional y protección del viento si los animales están en peligro de sufrir hipotermia, especialmente si han sido trasquilados recientemente ⁽⁷⁾.

⁽⁷⁾ <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/rumiantes.doc>

- **Humedad:** De acuerdo con Tórtora (1999) citado por Trenado (2000), la alta humedad en las instalaciones es siempre un factor negativo: enfría a los animales, incrementa notablemente la sobrevivencia de los microorganismos en el ambiente y en algunos casos es factor predisponente directo de enfermedades como las neumonías, coccidiosis y pododermatitis. Una buena inclinación de los pisos y el evitar encharcamientos son parte crítica del buen manejo de las instalaciones y debe acompañarse del control de los bebederos y sistemas de limpieza que eventualmente se desbordan o presentan fugas (Ramírez, 1995 citado por Trenado, 2000). La humedad relativa preferida se considera alrededor de 60%, sin embargo, un rango de 50 a 75% es aceptable ⁽⁷⁾.
- **Ventilación:** Tórtora (1999) citado por Trenado (2000) considera que una buena ventilación se logra con la instalación de ventanas altas o chimeneas que permitan la salida de los aerosoles generados por la tos o estornudo de los animales enfermos, reduciendo significativamente la transmisión de los patógenos involucrados en las neumonías. Un indicador práctico de la mala ventilación en una instalación es el olor a amoníaco, producto de la fermentación de la urea por los microorganismos del ambiente.

Los sistemas abiertos deben construirse de tal manera que permitan el movimiento extra de aire durante el verano y el mínimo de corrientes durante el invierno. Los olores que provienen de la rumia en, heces y orina, del ensilado y alimento en descomposición, muchas veces indican la presencia de gases que pueden afectar al hombre y los animales ⁽⁷⁾.

- **Luminosidad:** Ramírez (1995) citado por Trenado (2000) menciona que el uso de techos debe ser cuidadosamente analizado, no solo por su costo sino por sus posibles efectos negativos en la ventilación, la humedad, la temperatura y la restricción al paso de los rayos solares. La radiación solar no solo seca el ambiente sino que es el desinfectante más barato y efectivo que se puede aplicar en una instalación.

Aunque la luz natural suele ser suficiente para los ovinos, se debe proveer luz adicional durante la época de partos. Puede que se tenga que manipular el fotoperíodo para controlar la aparición de estros ⁽⁷⁾.

Dimensionamiento de instalaciones

Los requerimientos de espacio varían de acuerdo al tamaño y tipo de animal, tipo de alojamiento, número de animales en un grupo y nivel de manejo. El manejo debe mejorar a medida que se intensifique el sistema ⁽⁷⁾.

Tórtora (1999) citado por Trenado (2000) considera que en pequeños rumiantes la superficie por animal es de uno y medio a dos metros cuadrados. El exceso de animales por superficie facilita la transmisión de patógenos entre enfermos y sanos, incrementa las deposiciones, la humedad y consecuentemente la mala higiene.

Bradbury (1980) menciona que debe calcularse un poco más de metro cuadrado por animal y una altura libre de por lo menos tres metros.

Cobertizos

Las ovejas requieren lugares cálidos y secos. Si se les proporciona una buena alimentación, mantendrán una buena temperatura; con una ventilación adecuada y el suelo limpio, se mantendrán secos. Nunca debe construirse un cobertizo cerrado y es preferible una sola puerta ancha abierta que una serie de pequeñas puertas y ventanas abiertas, porque se producen menos corrientes de aire.

Dentro de las instalaciones deben incluirse comederos y recipientes que podrán estar divididos en dos compartimentos, uno para sal y otro para minerales (Bradbury, 1980).

En cuanto a los bebederos, el acceso de los animales suele ser libre y el agua no se restringe en ningún caso. Se deberán instalar bebederos en razón de uno por cada 30 – 40 cabezas.

Cercas y alambradas

Se requiere construir un alambrado fuerte con una malla relativamente pequeña para que no escapen las ovejas ni puedan entrar predadores; deberá tener una altura de por lo menos 1.10m.

Para que no puedan entrar los perros es suficiente con colocar una vuelta de alambre de púas cerca del piso y dos vueltas en la parte superior, a 15 y 30cm del borde más alto de la alambrada. Debe al menos alambrarse el área donde se retiran las ovejas durante la noche, que es cuando aumenta el riesgo de que sean atacadas por sus predadores. Los postes pueden ser metálicos o de madera dependiendo del costo y la posibilidad de conseguirlos en su área. Con el uso de cercos eléctricos es necesario condicionar inmediatamente a los animales introducidos a la zona de pastoreo a fin de que relacionen la cerca con un posible daño y de esta manera facilitar el control del pastoreo. Se coloca la vuelta de alambre inferior a unos 30cm del piso y el superior a otros 30cm del primero. Cada siete metros se colocan postes con aisladores; todo el mecanismo es activado por un cargador especial (Bradbury, 1980).

Portolano (1990) considera que las cercas eléctricas son nuevas técnicas que impone la ovinocultura con bases características de una verdadera "empresa zootécnica". La experiencia adquirida sobre estas cercas a lo largo del tiempo que vienen empleándose parecen indicar la conveniencia de emplear tres hilos, situando el más bajo a 15cm del suelo y uniéndolo a las tomas de tierra, electrificando los dos superiores mediante el empleo de baterías. La oveja que contacte con la ceca electrificada rozaría simultáneamente el inferior y al menos uno de los hilos superiores, cerrando así el circuito para producir la descarga correspondiente.

3.5 Sistema de Pastoreo Rotacional

El sistema de pastoreo se define como la manipulación del pastoreo para obtener un resultado determinado, es una herramienta para incrementar la eficiencia de utilización del recurso forraje y la producción animal. Sin embargo, no existe ningún sistema capaz de lograr lo anterior si la carga animal utilizada excede la capacidad de carga de la pradera.

En general solo existen dos sistemas de pastoreo bien diferenciados, el pastoreo continuo y el pastoreo rotacional, éstos últimos han recibido en los últimos años diferentes nombres. El sistema de pastoreo rotacional ofrece ventajas sobre el pastoreo continuo y los incrementos en capacidad de carga de la pradera y producción de carne esperados son del orden de 10 a 30% en la temporada lluviosa y más del 50% en la sequía (Ortega y González, 1992).

3.5.1 Concepto y principios generales

El sistema rotacional consiste en la subdivisión del pastizal en dos o mas unidades que serán pastoreadas en sucesión regular y en el cambio de los animales de un potrero a otro según la disponibilidad del forraje, siendo la permanencia del ganado en cada parcela variable de uno a varios días según el número de parcelas y la época del año. El cambio de parcela está determinado por la cantidad de forraje presente. La cantidad de forraje consumido en el pastoreo de una parcela debe ser la máxima posible sin agotarla, de tal manera que no ocasione daños a la pradera en el futuro o que el ganado pueda aparecer perjudicado al no conseguir suficiente alimentación (Muslera y Ratera, 1991).

Para la mejor comprensión del sistema se incluyen algunos conceptos básicos dados por Voisin en 1994:

- Carga de pasto. Número de unidades ganado mayor (o kilogramos de carne) que soporta, por término medio, una hectárea del total de pastos considerados.
- Carga instantánea. Es el número de kilogramos de carne (o de unidades de ganado mayor) que soporta una hectárea del total de las la superficie de las parcelas pastoreadas simultáneamente.
- Tiempo de estancia de un grupo sobre una parcela. Es el tiempo (en horas o días) durante el cual un grupo pastorea una parcela en cada rotación de pastoreo.
- Tiempo de ocupación de una parcela. Es el tiempo (días u horas) durante el cual una parcela es pastoreada por el conjunto de los grupos en cada pastoreo (es decir, en cada rotación).
- Tiempo de reposo. Es el tiempo durante el cual, entre dos pases de pastoreo, se deja reposar la hierba sin ser pastoreada.

- Intensidad de pastoreo. Es el producto de la carga instantánea por hectárea por el tiempo de ocupación de las parcelas.

González, Ortega y Avila (1992) consideran, además, otro fundamental concepto y definen carga animal como el número de unidades animal (UA) - una unidad animal equivale a 450 kg de peso vivo- pastoreando una superficie conocida a través del año. Normalmente se expresa como UA/ha/año. La carga animal adecuada, es decir, la capacidad de carga ó coeficiente de agostadero corresponde al número de animales que, de acuerdo a sus requerimientos de materia seca, consuman el 50-60% del forraje producido durante al año (ésta dependerá, entonces, del potencial de producción de forraje de cada lugar).

Muslera y Ratera (1991) consideran el término ciclo de pastoreo como el espacio de tiempo entre el comienzo de un período de pastoreo y el siguiente, es decir, el tiempo de ocupación más el tiempo de reposo. La duración de los ciclos de pastoreo es variable según la estación del año.

Voisin (1994) considera que la determinación del número de parcelas constituye la base del plan de pastoreo, debe realizarse antes que la determinación de su superficie y no debe reducirse demasiado el número de parcelas con el fin de realizar una ágil conducción del pastoreo (condición indispensable para el éxito). Así mismo, menciona que son necesarios tiempos de estancia y de ocupación relativamente cortos, para evitar fluctuaciones en la alimentación traducidos en importantes rendimientos del animal y evitar el riesgo de que la hierba sea cortada dos veces en la misma rotación. Savory (1996) también recomienda un pastoreo de corta duración. Ambos autores coinciden también en que el primer objetivo debe ser el periodo de reposo óptimo, es decir, que el plan general se apoye en los tiempos de recuperación.

Los periodos de pastoreo son calculados a partir del número de divisiones y de los periodos de recuperación (tiempos de reposo) deseados para las plantas, durante los cuales los animales deberán permanecer fuera de las divisiones de pastoreo para que las plantas puedan “descansar”. (Savory, 1996).

Todas las variantes del sistema rotacional son una combinación de sistemas. Muchas de las combinaciones de estos términos han sido aplicadas a sistemas específicos de pastoreo en los cuales los autores enfatizan algo ó alguna diferencia de los sistemas tradicionales, así mismo cada

autor describe su sistema incluyendo número de hatos, número de animales en cada hato, número de potreros, tamaño de los mismos y especialmente las fechas de los estados fenológicos cuando los animales serían movidos. Estas variantes son: Sistema rotacional diferido (de dos, tres y cuatro potreros), Sistema de Alta Intensidad- Baja Frecuencia, Sistema Savory ó de corta duración, Sistema rotacional con descanso (de cinco, cuatro y tres potreros), Sistema Rotacional con descanso “Santa Rita”, Sistema del siguiente mejor potrero, Sistema de Pastoreo Intensivo Tecnificado (PIT), entre otros (Cantú, 1990).

3.5.2 Ventajas y desventajas

Muslera y Ratera (1991) consideran algunas de las ventajas de éste sistema de pastoreo:

1. Facilita un buen aprovechamiento de la pradera sin que haya excesiva cantidad de rechazos.
2. Genera una distribución regular de las heces.
3. Permite realizar al mismo tiempo actividades culturales como fertilización, riego, etc. entre los periodos de pastoreo.
4. Permite que en un época de excedentes como la primavera, se reserven parcelas para la conservación (henificado o ensilaje) y se realicen rotaciones más rápidas en el resto de las parcelas.

Torrent (1986) menciona que el sistema rotacional evita el pastoreo selectivo, proporcionando una alimentación más equilibrada, además de maximizar la relación pasto consumido – pasto producido.

Savory (1991) menciona como principales desventajas de éste sistema:

- El objetivo de éstos sistemas es la producción y las decisiones de planeación suelen apoyarse en un solo factor: el animal, el pasto ó el aspecto financiero.
- La fauna silvestre, los cultivos y otros usos de la tierra generalmente no son considerados en la planeación del pastoreo.
- En ambientes con distribución de humedad deficiente a lo largo del año se presentan serios problemas con éstas formas de pastoreo.

3.5.3 Sistema de Pastoreo Intensivo Tecnificado (PIT)

Este sistema, nombrado así por los Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), se incluye dentro de las variantes del sistema rotacional y se basa en los siguientes puntos:

- * La tecnología consiste en hacer un consumo rápido del forraje ofrecido, lo cual se logra con periodos cortos de ocupación, áreas pequeñas y altas presiones de pastoreo. Así mismo, se otorga un periodo adecuado para la recuperación de la planta, de tal forma que alcance a generar el follaje suficiente que le garantice la producción de reservas radiculares, a fin de lograr un rebrote vigoroso y la mayor disponibilidad de forraje.

- * Con este sistema de manejo se favorece el reciclaje de nutrientes con el depósito de estiércol, al manejar altas densidades de ganado en áreas relativamente pequeñas. Así mismo, al reducir el tamaño de las áreas, se evita el gasto innecesario de energía corporal del ganado en la actividad del pastoreo, aumentando la ganancia de peso vivo y producción diaria de leche.

- * Para abaratar costos y lograr mayor eficiencia en la ejecución del sistema, se vienen utilizando herramientas útiles como, cercos eléctricos, bebederos y saladeros móviles, que se caracterizan sobre todo por su bajo costo, versatilidad y fácil manejo, además del efecto inmediato en la productividad de las empresas.

- * Para la aplicación de este sistema de pastoreo en campo, es necesario realizar una serie de cálculos que permitan mantener un equilibrio entre las praderas y los animales. Mediante ecuaciones sencillas, se debe calcular el grado de defoliación (GD), asignación de forraje (AF), presión de pastoreo (PP), potencial de carga ó peso vivo total (PVT), densidad de carga ó carga animal instantánea (CAI), carga animal real (CAR), capacidad de carga total del rancho (CCT), área de pastoreo requerida (APR), número de divisiones ó potreros (NP), etc.

- * El diseño del pastoreo debe reunir las siguientes características: debe haber un periodo variable de recuperación de la pradera, los periodos de ocupación son cortos, una relación constante entre pradera y animal y la carga animal instantánea debe ser variable.

* Con el propósito de lograr mayor eficiencia en el aprovechamiento del recurso, y de mejorar las condiciones del ganado, se han ideado diversas formas de diseño en la distribución de las divisiones ó franjas. Existen básicamente dos maneras de arreglar los potreros: cuadrática y circular.

* La decisión sobre la elección de cualesquiera de ellos obedece a tres aspectos fundamentales: topografía, forma del potrero o del rancho y ubicación o acceso del agua de abrevadero.

* El diseño circular presenta la ventaja de una mayor facilidad de manejo del ganado que significa ahorro en gastos de mano de obra y la desventaja de pérdida del área de pasturas conforme se acerca al área de agua. El diseño rectangular tiene mayor exactitud en la determinación y es más fácil trazar el área de las franjas, así como que se tiene menor locomoción del ganado y un consumo más uniforme del pasto.

* En los callejones, los núcleos de manejo presentan la gran desventaja de destinar una superficie ex profeso para ello, lo que implica no utilizarse como lugar de pastoreo o fuente de forraje, ya que por el excesivo pisoteo desaparecerá el pasto; por otro lado, se provoca una fuerte acumulación de estiércol y orina alrededor del aguaje y a lo largo del callejón, en lugar de depositarse en la pradera. Para evitar este problema, se han diseñado los pasillos figurados que solamente existen cuando los animales están en un área específica. Lo mejor es rotar el sitio del aguaje y los saladeros al momento de mover el ganado de una franja o potrero a otra.

* Muchos ganaderos han establecido un tinaco central, de donde se conduce el agua con manguera agrícola a barriles petroleros de 200 lts., trozados en mitad y auxiliados por un flotador automático.

* Con el fin de aprovechar mejor el pasto y lograr un pastoreo más uniforme de todo el potrero o franjas, se vienen empleando los cercos móviles (hilo plástico ligero y liviano al cual se le adhiere un alambre metálico de cobre también flexible). Este cordón se conecta a los alambres del cerco principal, seccionando cada división. Con el mismo cable móvil se delimitan los callejones auxiliares hasta los abrevaderos (FIRA, 1996).

IV. METODOLOGÍA

1. *Diagnóstico de la zona.*

Recopilación de la mayor cantidad de información posible sobre las características físicas y sociales de la región Zitácuaro, así como del predio disponible para la implementación del proyecto ("La Cabaña").

2. *Formulación de alternativas de producción para la zona.*

Una vez realizado el diagnóstico de la zona fueron propuestas varias alternativas de producción para el predio "La Cabaña", entre las que destacaron la producción de flor de nochebuena en microtúneles, la siembra de frutales de la zona tales como guayaba ó durazno, el incremento de la superficie sembrada de aguacate que tiene el productor, instalación de invernaderos para la producción de flores u hortalizas, la implementación de un sistema silvopastoril macadamia-forraje-rumiante.

3. *Elección de la mejor alternativa de producción.*

De acuerdo con las características, objetivos y posibilidades económicas del productor, el interés ecológico, la alta posibilidad de aplicación del sistema al resto de los huertos de aguacate de la zona, el interés por diversificar la producción y los ingresos, así como la factibilidad de encontrar un mercado seguro, se elige como mejor opción, la implementación de un sistema silvopastoril macadamia- forraje- rumiante.

4. *Búsqueda, recopilación y análisis de información.*

Una vez electa la alternativa de producción es necesario elaborar la base teórica correspondiente al sistema y sus componentes, esto es, consultar las fuentes de información

disponibles sobre el tipo de sistema que se plantea y sus características, así como los procesos productivos y elementos necesarios para la obtención de los productos finales.

5. *Formulación, diseño y planeación del proyecto.*

En base a la revisión bibliográfica y a las características particulares de la zona y el predio, se elabora un planteamiento general del sistema y se va detallando al desarrollar el diseño y la planeación de éste.

6. *Evaluación del proyecto.*

Se realizan tres tipos de evaluación al proyecto: de mercado, técnica y financiera. Estos determinan la factibilidad del mismo y definen la viabilidad de implementarlo.

V. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Estudio de Mercado

5.1.1 Nuez de macadamia

5.1.1.1 Análisis del producto

a) Descripción del producto y sus derivados

La macadamia es una nuez de forma esférica; la parte comestible o almendra es de color blanco cremoso de exquisito sabor, con un diámetro que oscila entre 12 y 20 mm⁽⁸⁾. El peso medio de la almendra está entre los 2.5 y 3.5 gramos, lo cual representa el 33% ó más respecto al peso de la nuez con cáscara (Mosqueda, 1980).

La almendra contiene un 68 a 76% de aceite, 9% de proteínas, 9% de carbohidratos, 2% de fibras dietéticas y un 4% de azúcar; cuando estas están secas. La semilla está encerrada en una testa ó concha dura y gruesa de color café brillante por fuera (Robledo, 2003), esta concha a su vez está rodeada por una cáscara lisa y suave, de color verde claro brillante⁽⁸⁾.

Es un alimento de excelente calidad y valor nutritivo por su alto contenido de aceite monoinsaturado (ASERCA, 2000) y, según estudios realizados en Japón, al contener éste tipo de grasas puede ayudar a bajar los niveles de colesterol de la sangre y reducir la incidencia de enfermedades del corazón.

Es buena fuente de proteína, de vitaminas tales como A1, B1, B2, de calcio, de potasio y de fibra dietética, además tiene un bajo contenido de sodio (Tabla 11).

Los médicos recomiendan el consumo de nuez de macadamia, ya que es ideal para tener un buen estado de salud⁽⁸⁾.

⁽⁸⁾ <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueccs/macadamia/epfmacad.pdf>

TABLA 11. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE 100 g DE ALMENDRA CRUDA DE MACADAMIA

COMPONENTES	UNIDADES
Energía	3040 kj
Proteína	9.27 g
Grasa (aceites totales)	76.40 g
Mono insaturadas	59.6 g
Poli insaturadas	3.1 g
Saturadas	13.6 g
Carbohidratos Total	10.0 g
Azúcares	10.0 g
Fibra dietética	1.4 g
Colesterol	0
Fósforo	241 mg
Calcio	53 mg
Sodio	3 mg
Potasio	409 mg
Tiamina (B1)	0.22 mg
Riboflavina (B2)	0.12 mg
Niacina	1.60 mg
Hierro	2.00 mg

Fuente: Goldmac Australia. Elaboración: Marcos Jiménez.

TABLA 12. COMPARACIÓN DEL ACEITE DE MACADAMIA CON OTROS ACEITES

TIPO DE ACEITE	% DE GRASAS INSATURADAS		% DE GRASAS SATURADAS
	Poli insaturadas	Mono insaturadas	
Aceite de Macadamia	4	84	12
Aceite de Almendra	25	65	10
Aceites animales	5	45	50
Manteca	7	36	57
Aceite de Canola	30	63	7
Aceite de Oliva	10	76	14
Aceite de Palma	10	39	51
Aceite de Maní	36	45	19
Aceite de Pecan	34	55	11
Aceite Safflower	77	14	9
Aceite de Soya	62	23	15
Aceite de Girasol	66	23	11

Fuente: MacNut Farms. Elaboración: Marcos Jiménez

b) Productos sustitutos y/o complementarios

Entre los productos sustitutos de la macadamia están: la almendra, la avellana, el marañón, el pistacho y el cacahuete, entre las principales; es decir las demás nueces comestibles que se encuentran en el mercado.

El aceite de oliva sería el principal sustituto del aceite de macadamia, por su similitud en las características nutritivas, aunque también puede ser sustituido por una gran variedad de aceites.

Los productos complementarios son aquellos que al comprar la nuez de macadamia aumentan su demanda, por ser los acompañantes en el consumo, y estos pueden ser: los chocolates, los helados, los pasteles, etc. ⁽⁸⁾

c) Usos

La nuez de macadamia, debido a su buen sabor, alto poder alimenticio y ser considerada como la nuez más fina del mundo, es utilizada por el mercado gourmet, como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y cocteles.

La industria de la confitura la utiliza en la elaboración de chocolates, galletas, pasteles, panecillos, helados y postres.

Las nueces pueden consumirse ya sea en forma natural (crudas), asadas, saladas o sazonadas, según el gusto de las personas.

Además, puede ser utilizada por la medicina como un suplemento en el tratamiento de personas con altos niveles de colesterol en la sangre.

El aceite de macadamia tiene un alto porcentaje de grasas mono insaturadas, beneficiosas para la salud, sobrepasando el contenido del aceite de oliva, por estas cualidades es considerado como uno de los mejores aceites del mundo (Tabla 12).

Las nueces que no calificaran para ser exportadas pueden ser empleadas para la extracción de aceite. El aceite de macadamia es uno de los más saludables, y apropiados para usarse como aceite de ensalada y de cocina; con la ventaja de tener un punto inferior para flamear que otros aceites vegetales, incluso sobrepasando las cualidades del aceite de oliva.

Los residuos de almendra (torta), obtenidos luego de la extracción del aceite, pueden ser usados como alimento para ganado.

Por el alto contenido de ácido palmitoleico, la cosmética se interesa en el aceite de macadamia para la elaboración de sus productos, entre ellos las cremas hidratantes para la piel, jabones y aceites para masaje.

La cáscara verde puede usarse como mulch, previa descomposición, para fertilizar la propia plantación; de otro lado las conchas se usan como material combustible o como sustrato.

La madera por ser fuerte y de buena apariencia puede ser utilizada en la carpintería, en el diseño de artesanías decorativas ⁽⁸⁾.

d) Aspectos legales

No existe ningún impedimento legal sobre la instalación del proyecto en el país.

5.1.1.2 Segmentación del mercado

Aguilar *et al* (1991) citado por ASERCA (2000), concluyen en su estudio que el consumo de la nuez está influenciado por el nivel económico familiar relacionado con los mayores ingresos, por lo que es un producto reservado para los estratos sociales altos.

Se considera que su consumo potencial se encuentra en las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, además de los centros turísticos como Cancún, Acapulco, Mazatlán, Puerto Vallarta, Zihuatanejo, entre otros.

Bautista (2002) considera que es necesaria una buena promoción de la macadamia en los segmentos del mercado con poder adquisitivo que puedan interesarse en éste producto (restaurantes de lujo, tiendas naturistas, gimnasios, tiendas de dulces finos y nueces, etc.)

5.1.1.3 Análisis de la demanda

Consumo nacional aparente y per cápita

Dado que la macadamia solamente se exportó dos años y no hay conocimiento de que en la actualidad se realicen exportaciones o importaciones, se puede considerar que cada año el consumo aparente en México ha sido de la dimensión de la producción, lo que indica que al inicio

de la década, el consumo per cápita fue de un gramo, situación que se mantuvo por dos años, en 1992 subió a dos gramos y en 1994 llegó a tres gramos.

Posteriormente, en 1995, a raíz de una mayor producción subió a 36 gramos con un consumo máximo de 46 gramos en 1996, que implica un incremento de 27.8%, cayendo después a 40 y terminando en 1998 con 28 gramos, que representa una disminución de 39.1%.

Al comparar el consumo de 1990 con el de 1998, la tasa de incremento resulta muy alta, pero en números reales el consumo es todavía muy bajo (ASERCA, 2000).

TABLA 13. CONSUMO PER CÁPITA DE NUEZ DE MACADAMIA (1990-1998)

AÑO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Kg/hab/año	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.036	0.046	0.040	0.028

Fuente: Estimación elaborada por ASERCA.

5.1.1.4 Análisis de la oferta

Superficie sembrada

La superficie total sembrada con macadamia en nuestro país se ha incrementado sustancialmente en los últimos veinte años. A partir de 1990 se había mantenido un crecimiento constante, sin embargo en 1996 se presentó una reducción. En 1997 se alcanzó un total de 1,327 hectáreas y en 1998 de 1,390 hectáreas.

No obstante que Michoacán es el estado con más experiencia en el cultivo, la superficie sembrada en los estados de Chiapas, Puebla y Veracruz es superior, en ellos se ha presentado un incremento notable en los últimos seis años.

En cuanto al contexto nacional, la superficie sembrada en Chiapas corresponde a 44.82% del total y en Puebla a 47.12% del total nacional. Cabe mencionar que en ambos estados la superficie sembrada tuvo repentinos incrementos.

Por otra parte, en Michoacán se tenían sembradas 50 hectáreas hasta 1998, lo que corresponde a 3.60% del total nacional (ASERCA, 2000).

Superficie cosechada

La superficie cosechada tiene una relación muy baja con respecto a la sem-brada, lo que se debe principalmente a que la gran mayoría de las huertas son de plantación reciente. Para 1997, una buena parte se encontraba apenas en etapa de ensayo o de producción incipiente, por ello los registros no reflejan la situación actual, pues únicamente se cuenta con huertas de edad avanzada y con producción sostenida en Michoacán y algunas partes de Puebla, Chiapas y Veracruz.

Puebla ha cosechado los tres últimos años el total de la superficie sembrada, al igual que Michoacán; Chiapas por su parte cosechó el 17.8% de la superficie sembrada y Veracruz el 96.49% del total.

Durante el periodo 1990-1997, la superficie cosechada por estado ha tenido diferentes comportamientos, mientras Puebla y Veracruz han mantenido una cosecha constante, en Chiapas los registros indican incrementos importantes. Por su parte Michoacán ha observado variaciones, con una caída en 1996 y una alza en 1997, para establecerse en 50 hectáreas en 1998 (ASERCA, 2000).

Rendimiento

El rendimiento de macadamia en nuestro país ha registrado variaciones importantes en los últimos 10 años; para 1990 el rendimiento promedio fue de 4 toneladas por hectárea, con variaciones a la baja durante los cuatro años siguientes. Posteriormente se observó un repunte y volvió a caer en 1997 a 5.680 toneladas por hectárea. En 1998 hubo una caída drástica al llegar a 1.997 toneladas por hectárea.

Los máximos rendimientos registrados en el histórico se han logrado en Puebla, con 8 toneladas por hectárea en 1995, 10 en 1996 y 8.898 en 1997, presentando una fuerte caída en 1998, cuando se obtuvieron 2.720 toneladas por hectárea. En Michoacán se ha reflejado una situación de altibajos, obteniendo en 1998 un rendimiento de 2.700 toneladas por hectárea, cantidad menor a la conseguida en 1990, que fue de 4 toneladas, y que no se ha alcanzado nuevamente durante la década en curso (ASERCA, 2000).

Producción

TABLA 14. PRODUCCIÓN DE MACADAMIA EN LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES PERÍODO 1990-1998 (TON.)

ESTADO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Puebla	0	0	0	0	0	2,600	3,250	2,892	1,784
Veracruz	0	0	0	0	0	0	330	193	66
Chiapas	0	0	0	0	151	165	144	144	370
Michoacán	92	104	169	184	124	222	116	105	135
Morelos	0	6	13	1	3	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total nacional	92	110	182	185	278	2,987	3,840	3,334	2,355

Fuente: SARH-SAGAR. 1991-1999. *Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1990-1998. México.*

La producción histórica de macadamia refleja en buena medida el crecimiento del cultivo en México y su futuro, pues es notable la tendencia a la alza que ha tenido su producción durante la presente década. Sin embargo, en 1997 disminuyó 506 toneladas respecto al año anterior, que representaron 13.18%, en 1998 se tuvo la misma tendencia con 979 toneladas menos, que significaron 29.36%. No obstante, el incremento total durante el periodo 1990-1998, arroja una cantidad de 2,263 toneladas, al pasar de 92 a 2,355 toneladas totales.

El estado más importante en este aspecto durante los últimos cuatro años ha sido Puebla, cuyas aportaciones a la producción nacional han sido superiores a 75%.

Por su parte Michoacán ha tenido oscilaciones marcadas. En 1998, su producción fué de 135 toneladas, que representa una aportación a la producción nacional de 5.73%.

El caso de Chiapas es importante por su crecimiento en la producción. Para 1998 produjo 370 toneladas, lo que representó un incremento de 145% con relación al primer año de su producción, y una aportación de 15.71% al total nacional.

Veracruz es el caso contrario, en 1998 produjo solamente el 20% de la cantidad producida en un inicio, lo que corresponde al 2.80% de la producción nacional (ASERCA, 2000).

Bautista (2002) considera que la producción nacional está dispersa, es baja y de mala calidad, por lo que su comercialización presenta problemas, sin embargo, hay un gran potencial para su cultivo en nuestro país, donde ya existen diversas plantaciones en producción.

Resumiendo la oferta y la demanda de nuez de macadamia en México, se presenta la siguiente gráfica:



Fuente: SARH-SAGAR. 1991-1999. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1990-1998 y ASERCA.

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

5.1.1.5 Análisis de la comercialización

La venta de macadamia se da de tres formas: cáscara verde, cáscara dura y almendra (Robledo y Escamilla, 1990).

La venta al natural se hace de la nuez en concha que cumple con un estándar de calidad, aunque se entrega con pericarpio. Esto le da al comprador, que por lo general es el industrial, la seguridad de que la nuez es fresca. Regularmente se pasa a la mesa de selección, donde se elimina la que está dañada mecánicamente y la tierna.

De ahí se pasa a flotación; la que flota se paga a un precio y la que se hunde a otro; la que está dañada o aún está tierna se devuelve al productor.

La venta de macadamia también se hace al público o al detalle por kilogramo, ya sea al natural o con valor agregado.

La comercialización de productos con valor agregado inician con la nuez entera en almendra, que se puede vender natural o sazónada para botana. Otra forma es la venta de la nuez quebrada, que de acuerdo con el tamaño se utiliza para ciertos platillos, postres o golosinas.

Hay industrias que producen salsas, crema comestible de macadamia, o cubren las nueces con chocolate, lo que conlleva un mayor valor agregado. Además, se produce aceite, el cual se vende para uso comestible o para la industria de cosméticos.

También se desplaza almendra cruda a las ciudades de México y Guadalajara, donde es empleada para la elaboración de helados, repostería fina y en varios restaurantes de lujo para la preparación de platillos.

Invariablemente, una gran parte de la producción se destina como semilla para la producción de planta en vivero (ASERCA, 2000)

Canales de comercialización

Por lo nuevo del producto en el mercado, aún no se han establecido vínculos entre la mayoría de los productores y los agentes intermediarios, por lo que los canales de comercialización establecidos parten del productor que comercializa su nuez en forma directa. Ésta puede ser al público o la industria. Sin embargo hay mucha nuez de pequeñas producciones que se va directamente a las centrales de abasto.

En el caso del estado de Michoacán (Uruapan), se entrega en México y Guadalajara. Algunos productores comercializan la nuez de macadamia en fábricas de helados o de galletas y pastelerías, así como en restaurantes (ASERCA, 2000).

Precios de venta

Lo más importante para que la nuez tenga un valor comercial es el manejo que se le dio desde la cosecha, pues si no se siguieron los pasos en el periodo de recolección, secado, descascarado y selección, pudo haberse dañado y con ello perder calidad y precio.

En Uruapan, el precio de la nuez en concha se encuentra entre \$11.00 y \$14.00 por kilogramo. Este precio dependerá de la procedencia de la nuez, si es de pie franco o de injerto. La nuez que presenta algún tipo de daño tiene un precio menor que se establece entre \$5.00 y \$10.00. En cuanto a la nuez llamada en almendra, ya sin concha, el precio por kilogramo de nuez quebrada puede alcanzar \$80.00 y el de la entera oscilar entre \$140.00 y \$170.00.

En Huauchinango la nuez en almendra cruda se vende a \$135.00 y la procesada cuesta \$200.00/kg en la industria. El precio al público es de \$250.00/kg en el caso de las cubiertas con

chocolate y las aderezadas para botana, en presentaciones de 200 y 100g respectivamente (ASERCA, 2000).

Mercado internacional

El objetivo principal es la exportación, pero el cliente que hace el pedido más pequeño, requiere un vagón al mes, para lo que es necesario cosechar 120 toneladas en forma mensual, cantidad que no se cubre dado que la mayoría de las plantaciones son jóvenes aún (ASERCA, 2000).

En la siguiente tabla se observan los principales países consumidores de macadamia ⁽⁹⁾:

TABLA 15. PRINCIPALES CONSUMIDORES DE MACADAMIA

PAÍS	PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO
Estados Unidos	52%
Unión Europea	15%
Japón	16%
Australia (autoabastecimiento)	10%
Otros	7%

Fuente: ITMA-T. Quito – Ecuador

Los precios de venta vía internet ⁽⁹⁾ de presentaciones dirigidas a consumidor final de dos empresas ubicadas en Estados Unidos son los siguientes:

TABLA 16. PRECIOS DE MACADAMIA SECA ENTERA PROCESADA (\$ USD)

PRESENTACIÓN	3 oz. (85.05g)	8 oz. (226.8g)	16 oz. (453.6g)
Nuez natural, salada, con sal de ajo, picante	3.00	6.50	12.00

Presentaciones más grandes, de 5 lbs (2.27kg), se ofrecen a \$ USD 5/lb (nuez al natural), esto es \$121.25/kg y a \$ USD 5.35/lb (nuez tostada con o sin sal), es decir, \$129.7/kg. ⁽⁹⁾

⁽⁹⁾ http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/macadamia/macadam_mag.pdf

5.1.1.6 Conclusiones

La nuez de macadamia tiene demanda tanto nacional como internacional. La demanda nacional se encuentra concentrada en un sector de la población específico y pequeño: son los sectores de altos ingresos y que tengan conocimiento y gusto por el producto. La macadamia no está difundida en general en el país, solamente en algunas ciudades se tiene conocimiento y se consume el producto.

En éste proyecto se plantea para los primeros años la comercialización de la nuez de macadamia en concha, esto es, el proceso conlleva solamente el descascarado, selección y empaque en redes de 1 kg de producto. Así como su transporte a las ciudades más cercanas donde se consume: México, Toluca y Morelia. Su venta se realizará en comercios detallistas de las ciudades citadas, llevando el producto regularmente durante los meses de cosecha. En el caso de que la producción ya no pueda ser acopiada por comercios detallistas, se podrá colocar en alguna de las centrales de abasto de las ciudades más cercanas. Se tiene también la posibilidad de vender a los comerciantes que se enfocan al mercado integrado por turistas nacionales y extranjeros, ya que en la zona hay varios sitios de interés turístico y eventos que aglutinan grandes cantidades de compradores potenciales.

Posteriormente se industrializará la nuez de macadamia. Esto implica el secado, quebrado, selección, tratamiento (tostado, endulzado, condimentado, etc.) y envasado para vender en pequeños empaques de plástico algunos gramos de almendra. Este producto tiene un alto valor agregado, lo que hace que el precio sea solo accesible para un menor segmento de la población. Se puede colocar en las grandes cadenas de tiendas departamentales y en algunos comercios detallistas de la zona ó de las ciudades cercanas que tengan un mercado selecto. Es posible la instalación de algún local en alguna zona estratégica de turismo, en asociación con otros productores de dulces de la región.

Cuando ya se tenga una producción considerable, es posible buscar algún acuerdo con productores de la principal zona productora del estado de Michoacán (Uruapan) ó incluso conformar alguna organización para la comercialización y así exportar la producción a los principales países consumidores, donde el precio es alto. La exportación del producto puede ser en concha ó industrializada.

5.1.2 Carne de ovino

5.1.2.1 Análisis del producto

La carne de ovino es una de las principales carnes que se consumen en México.

Se considera carne roja. Principalmente se consume en forma de barbacoa, lo que no constituye un alimento diario de la población, sin embargo, también se vende en canal para otro tipo de guisados (Trenado, 2000).

5.1.2.2 Segmentación del mercado

En México, la carne de ovino se consume principalmente en los estados del centro del país (Gutiérrez *et al*, 2000).

Los consumidores de ésta carne en la región pertenecen a todos los distintos niveles socioeconómicos, sin embargo, el consumo solamente en fechas especiales. El consumo para la dieta diaria solamente se lleva a cabo por lo sectores de mayores ingresos de la zona y en las ciudades.

5.1.2.3 Análisis de la demanda

1. Consumo Nacional Aparente

El Consumo Nacional Aparente (CNA) de carnes ha crecido a un ritmo anual de 6.4%, entre 1990 y 1999, para ubicarse en 5 millones de toneladas. El crecimiento más acelerado del CNA con respecto a la expansión demográfica, ha significado una mayor disponibilidad de carne por habitante. Hay una amplia participación de las importaciones en el CNA, lo cual obedece a una falta de respuesta de la planta productiva nacional ante un mercado en crecimiento, el cual al ofrecer atractivos precios por el ganado nacional, ha limitado recria y consolidación de un pie de cría que amplíe la oferta interna y disminuya la dependencia del exterior.

Es esto, también han jugado un papel importante los bajos precios de la carne de ésta especie en el mercado mundial (CEA-SAGARPA,2000).

TABLA 17. CONSUMO NACIONAL APARENTE DE CARNE DE OVINO (1988-2001)
(MILES DE TONELADAS)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Consumo	67	71	71	79	62.9	65.6	69.4	50	48.7	57.7	63.8	71.6	85.3	92.9
Producción (volumen de la ganancia en peso vivo)	62	62	61	66	27.9	28.7	30.3	29.9	29.4	30.2	30.4	30.8	33	36
Consumo per capita (kg)	0.9	0.9	0.9	1	0.7	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9
% de imp/ consumo	7.5	12.7	14.1	16.5	55.7	56.3	56.4	40.2	39.6	47.7	52.4	57	61.3	61.2

Fuente: CNG. Dirección de Estudios Económicos con datos de SECOFI, BANXICO, SARH y CONASUPO.
Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

El mayor consumo de éste producto se registra en el DF y en los estados de México, Tlaxcala, Morelos y Puebla. Es tan grande la demanda de éste producto en ésta región que anualmente se matan, tan solo en el estado de México, más de 1.5 millones de cabezas, las cuales se comercializan en el estado de México y en el D.F.

Por ésta razón, la producción regional de carne de ovino es insuficiente para cubrir la demanda, lo que determina la necesidad de introducir carne de borrego desde otros estados y aún desde otros países como E.U.U.U., Australia y Nueva Zelanda.

Debido a la gran demanda de carne de ovino y a la producción nacional, los precios de éste producto en el mercado han mantenido una tendencia ascendente en los últimos años. Desde los \$6/ kg en 1990, los \$12.5 a \$14/kg en pie durante los primeros ocho meses de 1996, llegando a cotizarse el cordero gordo con un peso de 45 kg entre \$17 y \$21 / kg durante el último trimestre de 1998 y el primero de 1999, rebasando los \$22 /kg en los meses de noviembre y diciembre de 1999. Esto indica que el mercado de la carne de ovino es bastante seguro y para cubrir la demanda de corderos gordos utilizados en la elaboración de barbacoa de los estados del centro del país, se necesita incrementar la población en los rebaños de cría en más de 6 millones de cabezas (Gutiérrez *et al.*, 2000)

5.1.2.4 Análisis de la oferta

1. Producción nacional

TABLA 18. PRODUCCIÓN, PRECIO Y VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE GANADO EN PIE NACIONAL (2000-2001)

Especie	Producción (toneladas)		Precio (peso por kg)		Valor (miles de pesos)	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Bovino	2,705,893	2,746,917	12.22	12.76	33,052,855	35,041,264
Porcino	1,359,352	1,409,723	12.02	13.01	16,337,998	18,338,103
Ovino	65,385	71,816	17.51	18.39	1,145,079	1,320,376
Caprino	76,551	76,407	15.32	15.63	1,172,854	1,194,531
Total	4,207,181	4,304,863			51,708,786	55,894,274

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) con información de la delegación de la SAGARPA. Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

La producción de ganado en pie de ovino es la menor de las cuatro principales especies de ganado en México, sin embargo, es la que tiene mejor precio por kilogramo en el mercado.

2. Exportaciones e importaciones

**TABLA 19. COMERCIO EXTERIOR PECUARIO (1993-2001)
(MILES DE DOLARES)**

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Importaciones									
Bovino	391,615	551,100	170,910	317,365	601,964	706,123	781,979	1,019,655	1,174,278
Porcino	191,288	236,667	102,202	132,335	165,440	183,229	203,933	339,187	430,881
Ovino-caprino	63,776	71,418	40,229	36,736	60,589	56,878	57,905	84,094	100,926
Total de importación pecuaria	1,574,636	1,756,086	982,298	1,368,951	1,788,418	1,851,124	1,946,129	2,602,011	3,099,785
Exportaciones									
Bovino	417,070	346,206	538,996	133,099	201,096	215,390	328,234	420,253	433,185
Porcino	18,944	21,131	32,868	59,528	94,878	77,755	93,394	128,674	147,497
Ovino-caprino	96	303	962	660	575	296	202	129	102
Total de exportación pecuaria	483,424	414,172	625,296	269,921	357,293	351,049	462,456	599,229	623,259
Saldo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,091,211	1,341,915	357,002	1,099,030	1,431,125	1,500,075	1,483,673	2,002,782	2,476,526

Fuente: CNG elaborado con el Sistema de Información Comercial de México, BANCOMEXT.

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

Las estadísticas de la balanza comercial del sector pecuario en general es negativa, es decir, el volumen de importaciones es mayor al de las exportaciones, lo cual significa que la demanda nacional no es cubierta por la producción nacional, y es necesaria la importación para satisfacer las necesidades alimenticias de la población. La carne de ovino entra en esta situación, lo que significa que tiene un mercado potencial asegurado.

Para observar más claramente el comportamiento de la oferta y la demanda de carne de ovino se elaboró la siguiente gráfica.



Fuente: CNG. Dirección de Estudios Económicos con datos de SECOFI, BANXICO, SARH y CONASUPO y la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

3. Producción en el estado de Michoacán

TABLA 20. VOLUMEN HISTÓRICO DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE OVINO EN PIE (TONELADAS)

Estado	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Michoacán	1,476	1,482	1,872	1,976	2,367	2,087	2,120	2,082	2,022	2,037	2,165	2,221	2,321
Total nacional	58,174	53,386	64,164	68,395	62,421	64,759	61,018	58,969	58,255	59,738	59,202	64,212	69,252

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

TABLA 21. PRODUCCIÓN, PRECIO Y VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE GANADO EN PIE

Estado	Producción (ton.)		Precio(\$/ kg)		Valor (miles de \$)	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Michoacán	2,266	2,380	19.46	19.91	44,096	47,386
Total nacional	65,385	71,816	17.51	18.39	1,145,079	1,320,376

Fuente: Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) con información de la SAGARPA. Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

El volumen de producción en el estado de Michoacán ha aumentado constantemente a lo largo de los años. La producción de carne en pie de ovino en el estado de Michoacán representa el 3.4 % del total nacional, y el 3.6% del valor nacional de la producción.

5.1.2.5 Análisis de la comercialización

El producto obtenido principalmente son animales vivos de 20 a 45 kg, cuyo precio está asociado a su tamaño y estado de carnes. En muchos casos los animales son un producto más de la unidad familiar de producción, generalmente los animales son vendidos para solventar necesidades económicas y constituyen un producto de autoconsumo en las festividades religiosas y familiares (Chavarría, 1992 citado por Trenado, 2000).

Sánchez (1983) citado por Trenado (2000) considera que México es el único país donde se da el caso de que la carne ovina es más cara que la de bovino ó porcino, de aquí la importancia de este tipo de producción (Tabla 18).

El precio que alcanza el producto en el estado de Michoacán es mayor que la media nacional (Tabla 21).

5.1.2.6 Conclusiones

La carne de ovino tiene menor demanda nacional que otras especies, y es muy bajo el Consumo Nacional Aparente (CNA) y el consumo per cápita a nivel nacional, sin embargo, en el estado de Michoacán es altamente demandada por la tradición de ser consumida en barbacoa.

Aunque es baja la demanda nacional, no es cubierta por la producción nacional y es necesario importar de otros países (Australia, Nueva Zelanda, EU, Uruguay y Argentina). Esto significa que si hay mercado potencial para esta carne.

La población, en general, consume esta carne y en la zona existen numerosos potenciales compradores de la carne en pie para industrializarla, ya sea para venderla en canal ó en barbacoa. El precio que alcanza la carne de ovino es alto comparado con el de otras carnes, y el estado de Michoacán tiene un precio mayor al de la media nacional.

La producción se comercializará directamente en las carnicerías y con las personas que elaboran y/o venden barbacoa (desde pequeños locales hasta restaurantes fijos). Este proceso se llevará a cabo en la zona de Zitácuaro y sus alrededores. La venta del ganado en pie será en el terreno del productor; el precio que se maneja actualmente en la zona es de \$22/kg de carne en pie.

5.2 Estudio Técnico

5.2.1 Localización del proyecto

a) Macrolocalización. (Figs. 20 y 21)

El proyecto se desarrollará en el estado de Michoacán, en el municipio de Zitácuaro, dentro de la tenencia de San Felipe los Alzati.

Se localiza exactamente en el km 103 de la carretera Toluca-Morelia, dentro del predio conocido como "La Cabaña". La altura es de 1,875 m.s.n.m.

b) Microlocalización.

El lugar en el que se desarrollará el proyecto cuenta con las siguientes condiciones que hacen posible su implementación:

- Disponibilidad de agua.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Cercanía con centros de aprovisionamiento de insumos.
- Rápido y fácil acceso.
- Cercanía con las vías de comunicación.

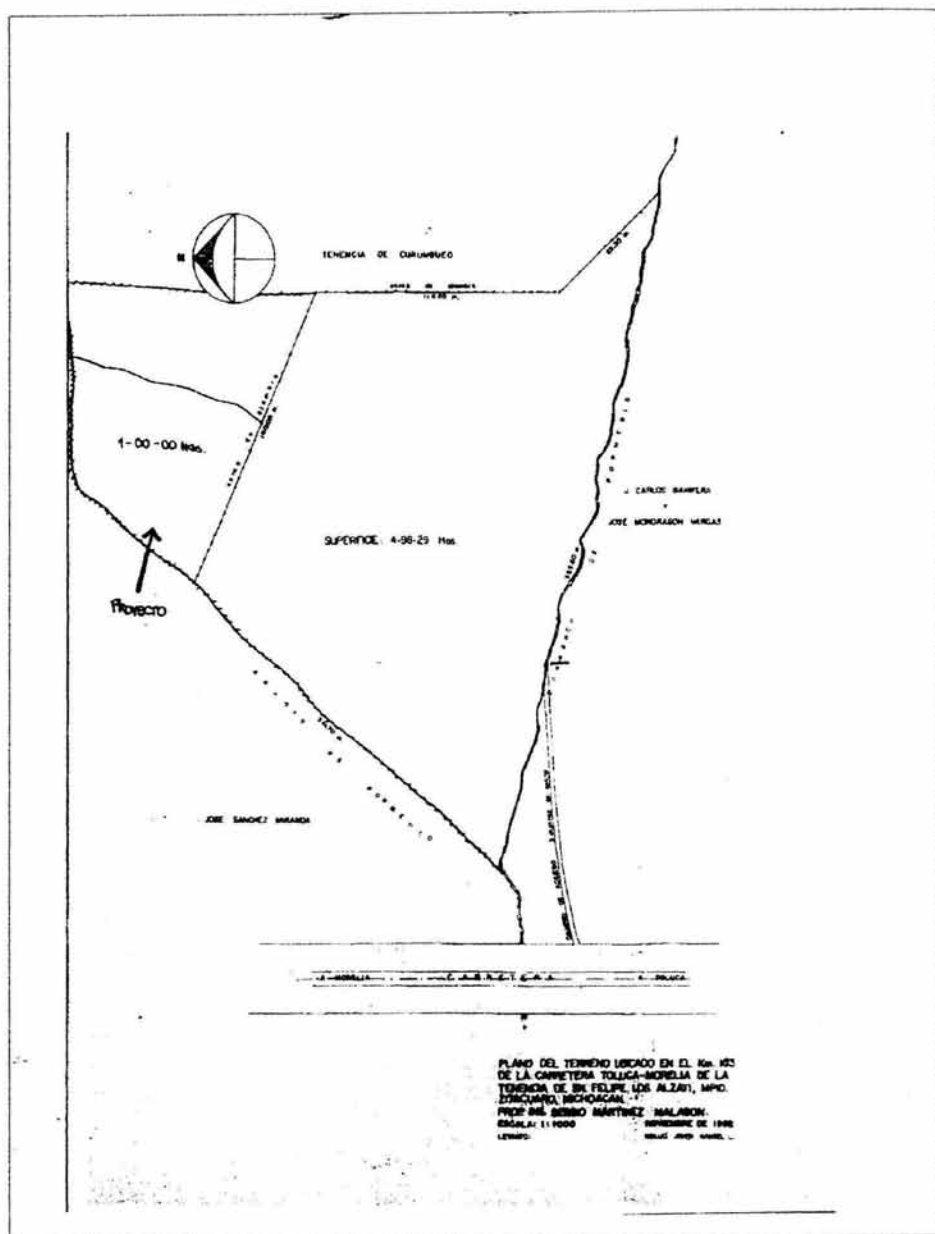
- Clima favorable para el desarrollo de las especies vegetales de que se compone el sistema
- Protección natural del arbolado contra las heladas.
- Consumo habitual en la zona de la carne de ovino, uno de los productos del sistema.
- Cercanía con grandes centros de distribución de la macadamia (Cd. de México, Morelia y Uruapan).
- Cercanía con centros turísticos que son importantes mercados potenciales de macadamia.

Figura 20. Mapa de Localización del predio "La Cabaña"



Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

Figura 21. Plano del predio "La Cabaña"



Elaboró: Javier Rangel L.

5.2.2 Necesidades específicas

Factores vitales

1. Capital inicial
2. Mercado con capacidad de compra e interesado en los productos
3. Insumos iniciales (plantas de macadamia y corderos de 10-14 kg)

Factores importantes

1. Insumos para la producción
2. Mano de obra
3. Infraestructura necesaria
4. Asesoría técnica

Factores deseables

1. Condiciones climáticas favorables
2. Ausencia problemas sanitarios
3. Aumento del precio en el mercado de los productos

5.2.3 Tamaño de la unidad productiva

La unidad productiva es de 1 hectárea, con el 74% de la superficie utilizable para el sistema que se plantea (7,400 m²). El resto es zona de barrancas y zonas no desmontadas.

Con las dimensiones y condiciones del terreno se podrá tener una plantación de macadamia con 130 árboles aproximadamente sembrados en marco real a 7x7. Así mismo, se pueden tener 32 potreros de 200m² en las calles de la plantación con pasto Kikuyo. También se contará con un corral de 45 m² y un estanque de almacenamiento de agua de 63m³.

5.2.4 Capacidad de producción

a) Producción de nuez de macadamia

TABLA 22. PRODUCCIÓN DE NUEZ DE MACADAMIA (kg/árbol)

Años después de la siembra	6	7	8	9	10	11	12	15	20	35
Rendimiento kg/árbol	1-2	8-10	14-16	20-22	26-28	30-32	35-40	44-46	50-60	190-200

Fuente: ASERCA. SAGAR. Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

Así, el sistema que se plantea en éste proyecto tendrá la capacidad de producir:

Años después de la siembra	tons/año
6	0.195
7	1.170
8	1.950
9	2.730
10	3.510
11	4.030
12	4.875
15	5.850
20	7.150
35	25.350

c) Producción de carne de ovino (en pie):

Número de animales engordados en un ciclo: 30

Número de ciclos al año: 2

Número de animales engordados al año: 60

Peso de los animales a su venta (kg): 40

Producción de carne (kgs) al año: 2,400

Producción de carne (kgs) por ciclo: 1,200

5.2.5 Ingeniería del proyecto

5.2.5.1 Cultivo de la nuez de macadamia

La plantación se llevará a cabo en una superficie de 1 ha., la cual es accidentada y tiene varios árboles de edad que serán respetados (duraznos, aguacates y sabinos). Lo anterior lleva a una utilización aproximada del 75% de la superficie para el cultivo de la macadamia.

Se limpiará el terreno de la vegetación secundaria que se presenta, se quemará el material cortado y posteriormente se utilizarán las cenizas. Una vez limpio el terreno, se trazará la plantación con una distribución de marco real de 7x7 m. (Fig. 22)

Las cepas tendrán las siguientes dimensiones: 30x30 (cm) y 50 cm de profundidad. Permanecerán de 2 a 3 semanas expuestas al sol antes de sembrar.

La planta de macadamia se comprará en el vivero “La Macadamia” en Uruapan, Michoacán. Se transportarán 130 plantas de la variedad *Kakea (Haes 508)*. La edad de las plantas a la compra será de 2 años.

Antes de la siembra se aplicará una mezcla de fertilizante al fondo de las cepas. La mezcla está integrada por gallinaza, aserrín, cenizas, tierra de monte y fertilizante químico (10-30-10), en la proporción correspondiente para que cada planta tenga 150 gm del fertilizante químico, 500 gm de gallinaza, de 350 gm de tierra de monte, 200 gm de aserrín y 100 gm de cenizas.

El transplante se realiza con cepellón, cuidando que quede perfectamente vertical y el cuello de la raíz al ras del suelo; se tapa introduciendo primero la tierra del superficial y después la del subsuelo. Se colocarán tutores de 1.2 m en todos los árboles.

Se dará un riego inmediatamente después de sembrar, en una dosis de 20 lt por árbol. Se dará un riego similar cada semana, hasta que se establezca bien el temporal.

Se realizarán cajetes de 1.5 m de diámetro alrededor de los árboles; en las zonas de pendientes, éstos cajetes se realizarán en forma de terrazas individuales a nivel.

Se utilizarán cubiertas vegetales, con materiales del predio, de 10 a 15 cm de grosor sobre los cajetes para conservar la humedad del suelo y controlar malezas.

A los 4 meses después de haber plantado los árboles, se realizará la poda de formación de la primera mesa, seleccionando tres ramas laterales que se encuentren entre los 60 cm y 100 cm del suelo, y manteniendo el tallo líder central.

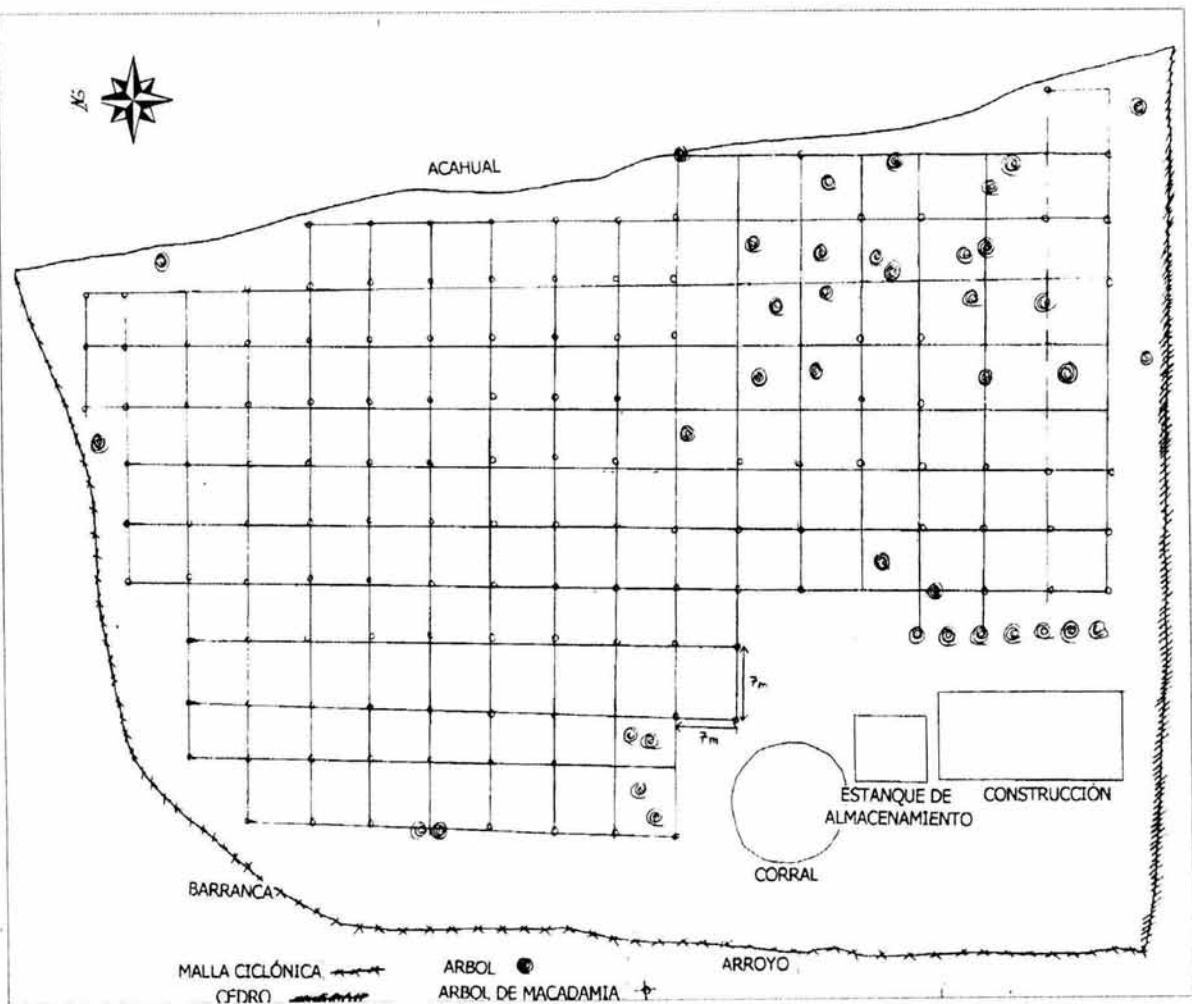


Figura 22. Croquis y marco de plantación del predio "La Cabaña"

La yema brotada a seleccionar por cada axila será la que forme el ángulo más abierto respecto al tallo principal.

Después de haber formado la primera mesa se deja una distancia de 60 cm a 100 cm para formar la segunda mesa siguiendo el mismo procedimiento.

Posteriormente, solo se efectuarán podas de limpieza de las ramas secas o agotadas.

El riego se realizará individualmente el primer año durante la época de estiaje, posteriormente se implementará un sistema de riego por aspersión.

El sistema consistirá en tubería enterrada de PVC de (½ pulgada) en 10 líneas de 120 m de largo con conexiones y salidas fijas para aspersor cada 9 m, los 14 aspersores de 10 m de diámetro y salida de ½ pulgada se moverán a cada línea conectándolos con las salidas fijas.

Se construirá un estanque de almacenamiento de agua, de 7x9 m y 1 m de profundidad (63m^2), con una base de polietileno.

A largo plazo se plantea un sistema de microaspersión para la plantación. En los primeros años, debido a la existencia y uso del pasto, será necesario un sistema de aspersión.

Un mes después de la siembra se fertilizará nuevamente con 150 g de 10-30-10 y se repetirá tres meses después. Esta última fertilización del primer año se complementará con aplicaciones foliares de micronutrientes.

En el segundo año se realizará un análisis de suelo y uno foliar para determinar exactamente las cantidades necesarias de cada elemento. La dosis anual resultado de los análisis, se dividirá en 5 aplicaciones al año de macronutrientes (aplicados al suelo) y 2 de micronutrientes (aplicados foliarmente).

La fertilización se realizará árbol por árbol dentro de una pequeña zanja que rodee al tronco en el perímetro del área de goteo y luego se cubrirá. Deberá realizarse un riego inmediatamente después. Las fuentes de fertilizantes no deberán ser de reacción alcalina (dado el pH del suelo) y se recomienda aplicar abonos orgánicos para satisfacer la demanda de nitrógeno y mejorar la fertilidad del suelo. Y así mismo, se mantendrán dentro del cajete las hojas caídas del árbol. Una vez que se establezca el sistema de microaspersión, la fertilización será aplicada a través del riego.

El control de plagas consiste básicamente en el control de ardillas mediante el trampeo una vez iniciada la producción, así como la recolección de la nuez cada tercer día en el cajete. Si se presentaran problemas de plagas durante los primeros años, se controlarán con aplicaciones de insecticida (ya que son los insectos los principales agentes de los pocos problemas fitosanitarios

que se presentan en la macadamia). En caso se presentarse enfermedades, serán de tipo fungoso y se controlarán a través de aplicaciones de cobre.

La cosecha se realizará a partir del sexto año después de la siembra, cada tercer día durante los meses correspondientes. La cosecha se realizará en el cajete, recogiendo las nueces.

Posteriormente se descascararan y se colocaran a la venta en concha. A largo plazo se plantea su industrialización.

Después de los primeros años, se comenzará a integrar el manejo convencional de la plantación con el orgánico para poder realizar una transición paulatina a éste último sin que incrementen considerablemente los costos de producción. La transición se llevará a cabo combinando las aplicaciones de fertilizantes químicos con compostas y pesticidas orgánicos fabricados en la misma huerta.

5.2.5.2 Producción de carne ovina

El sistema comprenderá únicamente la engorda de crias mediante el pastoreo de pasto Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*).

El establecimiento del pasto kikuyu se realizará en las calles de la plantación de macadamia, en una superficie aproximada de 6,300 m². Se eliminarán los tocones y tallos persistentes de malezas para facilitar el desarrollo del pasto y evitar posteriores daños al ganado.

Una vez sembrada la planta de macadamia, se comprarán estolones enraizados de pasto Kikuyu y se sembrarán durante la época de lluvias. Se sembrará un propágulo de pasto dentro del cajete de cada árbol (en la orilla) para facilitar su buen crecimiento inicial (el cajete contará con suficiente humedad y nutrientes), y cinco propágulos distribuidos dentro del área que forman cuatro árboles de macadamia.

Se implementará un sistema de riego por aspersión para la temporada de sequía que abarca los dos meses finales del año y los primeros 5 meses del siguiente año. Para el primer año, éste sistema se empleará a partir del final de la temporada lluviosa, y hasta el inicio del temporal del año siguiente. Antes del final de la época lluviosa del primer año, se realizará la primera aplicación nitrogenada (50 kg de N₂ en toda la superficie).

La forma de pastoreo será rotacional, del tipo Pastoreo Intensivo Tecnificado, esto es, se dividirán las calles en potreros rectangulares de 200m² (5m de ancho x 40m de largo) y se irán

recorriendo a través de cercos eléctricos móviles de tres hilos. Los animales se irán metiendo ó sacando de los potreros en un orden que permita al potrero que termina de ser pastoreado descansar durante el período que comprende el pastoreo de todos los demás potreros y, al finalizar de pastorear todos los potreros, iniciar nuevamente con el primero.

El número total de potreros es 32, cada uno será pastoreado 1 día, por lo que el periodo de descanso de cada potrero es de 32 días. El consumo de pasto en cada potrero será del 50%, así que la duración en cada potrero puede aumentar ó disminuir en las épocas de lluvias y en las más secas. Lo anterior está determinado en base a la producción teórica del pasto, sin embargo, será necesario calcular exactamente la carga animal en base a un muestreo que se deberá realizar cuando ya se haya establecido bien el pasto. La carga animal se calcula en base a un 3% de consumo de materia seca con respecto al peso vivo del animal.

Antes de la introducción del ganado se deberán hacer pruebas de palatabilidad en corderos con planta de macadamia y determinar si es necesario proteger las plantas con malla gallinero.

Se comprarán 30 corderos, criollos de la zona, de aproximadamente, 10-14 kg. de peso.

Se desparasitarán y vitaminarán los animales previamente a su introducción al pastoreo (y al inicio de las lluvias en los años siguientes). Se vacunarán dos veces, la primera a las 6 semanas, y la última a las 8 semanas, con Bacterina Triple que protege a los ovinos de *Pasterella sp.* y *Clostridium sp.*

Se suplementará la alimentación con sal y minerales granulados. Así mismo, se proveerá de agua al ganado directamente del estanque de almacenamiento del agua.

Diariamente los animales serán sacados a pastorear en el potrero correspondiente, durante un período promedio de 8 horas, posteriormente serán encerrados en un corral hasta el día siguiente. Se moverá el cerco eléctrico al siguiente potrero.

El corral se construirá de malla ciclónica, con postes de madera. Las dimensiones serán de 5 x 9, es decir, 45 m². Se ubicará cerca de una barrera de árboles, en las zonas no sembradas con macadamia.

Se limpiará el corral de 5 a 6 veces durante el ciclo, utilizando las excretas para la fertilización de la macadamia.

Una vez que los animales lleguen a un peso aproximado de 40 kg, serán sacados al mercado para su venta, y sustituidos por otros. Este proceso se repetirá dos veces al año. Esto es, la

producción anual de carne ovina se realizará en dos ciclos, de cuatro meses aproximadamente cada uno, durante las épocas menos frías del año.

El sistema de producción de carne ovina tendrá que ser modificado cuando la sombra de los árboles limite la producción de forraje, disminuyendo su producción. Esto se contempla aproximadamente para el año 10.

5.2.6 Programación de actividades

TABLA 23. CALENDARIO DE ACTIVIDADES (AÑO 1)

FASE I TRABAJO DE GABINETE	
ACTIVIDAD	FECHA
1. Diagnóstico de la zona	Oct- Nov 2002
2. Formulación de alternativas de producción para la zona	Dic 2002
3. Elección de la mejor alternativa de producción para la zona.	Ene 2003
4. Búsqueda, recopilación y análisis de la información.	Feb-Mar 2003
5. Formulación, diseño y planeación del proyecto.	Mar-Abr 2003
6. Evaluación del proyecto.	May 2003
7. Planeación y calendarización de actividades.	Jun 2003

FASE II TRABAJO EN CAMPO	
ACTIVIDAD	FECHA
1. Limpieza del terreno	Abr- May 2003
2. Trazo de la plantación	May 2003
3. Hoyado	May 2003
4. Destronque y eliminación de piedras de las calles	May 2003
5. Preparación de la mezcla de fertilizante para siembra de macadamia	May 2003
6. Compra y traslado de la planta al terreno	May 2003
7. Siembra de macadamia	May - Jun 2003
8. Riego	May - Jun 2003
9. Siembra de propágulos de pasto kikuyo	Jul 2003
10. Fertilización de la macadamia	Jun- Sept - Oct 2003
11. Poda de la macadamia	Oct- Dic 2003
12. Fertilización del pasto	Oct 2003

NOTA: Fué necesario realizar simultáneamente la Fase I y II debido a la necesidad de sembrar la macadamia durante el periodo húmedo y aprovechar al máximo el periodo libre de heladas para que la planta se establezca bien y comience a adaptarse a la zona.

5.2.7 Conclusiones

El apartado técnico del proyecto cumple con el objetivo de integrar dos sistemas productivos, eficientando los recursos humanos, naturales, materiales y financieros a través de la aplicación de los conocimientos tecnológicos que sobre la materia se han generado.

El diseño técnico responde a criterios de adaptabilidad, eficiencia y facilidad en la implementación y manejo del sistema.

Cada una de las decisiones técnicas tomadas para el diseño del proyecto tienen su base en la experiencia y estudios que sobre cada aspecto del sistema existen y en una visión integral del contexto en que se genera el proyecto (ubicación, mercado, capital, características ecológicas, etc.)

La forma propuesta de desarrollar el proyecto, permite cumplir con los objetivos que tiene éste. Se logra el manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos de forma sostenible y genera ingresos al productor.

El tamaño y capacidad del proyecto están en base a los recursos con que se cuenta y permiten la generación de utilidades y la posible ampliación del proyecto en un futuro.

5.3 Estudio Financiero

5.3.1 Fuentes de financiamiento

El proyecto será financiado totalmente por el productor que implementará el sistema que se propone.

5.3.2 Presupuesto de inversión

TABLA 24. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE NUEZ MACADAMIA (AÑO 1)

Concepto		Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
1. Terreno		hectárea /año	4,000	1	4,000
2. Limpieza del terreno	Mano de obra	jornal	83	18	1,500
	Material	lima	15	1	15
		machete	40	3	120
3. Trazo de la plantación	Mano de obra	jornal	83	8	664
	Material	hilo	18	1	18
		estacas	1.5	130	200
		metro	10	1	10
		mazo	40	1	40
4. Hoyado	Mano de obra	jornal	83	21	1,743
	Material	pala	30	2	60
		barra	45	2	90
5. Siembra	Mano de obra	jornal	83	10	830
	Material	planta (2 años)	40	130	5,200
	Transporte	flete	800	1	800
		viáticos	150	1	150
6. Fertilización	Mano de obra	jornal	83	7	581
	Materiales	aspersora	200	1	200
		kg de gallinaza	0.6	90	58
		Kg aserrín	0.4	80	30
		costal de fertilizante	217	3	650
		bolsa de microelementos	50	2	100
7. Control de malezas	Mano de obra	jornal	83	16	1,328
	Materiales	carretilla	100	1	100
		azadón	30	2	60

NOTA ACLARATORIA: Los costos que se manejan a lo largo de todo el análisis financiero son costos actuales, ya que no se contempla una devaluación que pueda modificarlos significativamente. Se considera constante la proporción que guardan los ingresos con los egresos a través de los años.

Continuación Tabla 24

8. Riego	Mano de obra	jornal	83	30	2,490	
	Materiales	bomba de 1 HP	400	1	400	
		accesorios				200
		estanque de almacenamiento			1	2,500
		equipo de aspersión			1	5,000
9. Control fitosanitario	Mano de obra	jornal	83	4	332	
	Materiales	lt de fungicida	150	1	150	
		lt insecticida	100	1	100	
10. Poda	Mano de obra	jornal	83	4	332	
	Materiales	tijeras de podar	100	2	200	
11. Asesoría técnica		días/asesoría	1,000	5	5,000	
TOTAL					35,251	

NOTA ¹. El costo del terreno es equivalente a una renta anual.

NOTA ². Se calculó el costo del mazo, pala, azadón, barra, aspersora, carretilla y bomba de 1 HP en base al uso que se les da en este proyecto. El productor ya cuenta con ese equipo y es utilizado para otras actividades productivas.

TABLA 25. COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE NUEZ MACADAMIA (AÑOS 2-5)

Concepto		Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
1. Terreno		hectárea /año	4,000	1	4,000
2. Fertilización	Mano de obra	jornal	83	6	498
	Materiales	ton/gallinaza	600	1	600
		costal de fertilizante	145	4.5	652.5
		bolsa de micronutrientes	50	2	100
	Análisis de suelo y foliar		400	2	800
3. Control de malezas	Mano de obra	jornal	83	24	1,992
4. Riego	Mano de obra	hora	10.37	210	2,177.7
5. Control fitosanitario	Mano de obra	jornal	83	4	332
	Materiales	lt de fungicida	150	2	300
		lt insecticida	100	2	200
6. Poda	Mano de obra	jornal	83	4	332
7. Asesoría técnica		días/asesoría	1,000	5	5,000
TOTAL					16,984

TABLA 26. COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE NUEZ MACADAMIA (AÑOS 6-10)

Concepto		Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
1. Terreno		hectárea /año	4,000	1	4,000
2. Fertilización	Mano de obra	jornal	83	6	498
	Materiales	ton/gallinaza	600	1	600
		costal de fertilizante	145	4.5	652.5
		bolsa de micronutriente	50	2	100
	Análisis de suelo y foliar		400	2	800
3. Control de malezas	Mano de obra	jornal	83	24	1,992
4. Riego	Mano de obra	hora	10.37	210	2,177.7
5. Control fitosanitario	Mano de obra	jornal	83	4	332
	Materiales	lt de fungicida	150	2	300
		lt insecticida	100	2	200
6. Poda	Mano de obra	jornal	83	4	332
7. Asesoría técnica		días/asesoría	1,000	5	5,000
8. Cosecha	Mano de obra	jornal	83	15	1,245
9. Comercialización	Transporte	flete	800	1	800
	Mano de obra	jornal y viáticos	200	1	200
TOTAL					19,229

NOTA: los costos anuales para los años 6 a 10 difieren de los primeros cinco años en que en éstos últimos es necesario contabilizar el costo de la cosecha y comercialización de la nuez de macadamia.

TABLA 27. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE OVINA (AÑO 1)

Concepto		Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
1. Siembra de pasto	Mano de obra	jornal	83	4	332
	Material	propágulos	0.5	1400	700
	Transporte	flete	600	1	600
		viáticos	150	1	150
2. Fertilización del pasto	Mano de obra	jornal	83	2	166
	Material	costal fertilizante	70	2	140
TOTAL					2,088

NOTA: Los costos del terreno, asesoría técnica y riego para la producción de carne ovina son incluidos en los costos de producción de la nuez de macadamia.

TABLA 28. COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE CARNE OVINA (AÑO 2)

Concepto		Unidad	Costo/unidad(\$)	No. Unidades	Total
1. Fertilización del pasto	Mano de obra	jornal	83	4	332
	Material	costal de fertilizante	70	4	280
2. Construcción del corral	Mano de obra	jornal	83	2	166
	Material	malla borreguera galvanizada	22	28	616
		postres de madera	20	10	200
		herramientas			50
3. Compra de crías	Material	corderos de 10-14 kg	264	60	15,840
	Transporte	flete	300	2	600
4. Sistema de pastoreo	Equipo de cercado eléctrico	elevador de voltaje	950	1	950
		cercos	250	3	750
		accesorios			800
	Mano de obra	jornal	83	54	4,482
5. Mantenimiento del ganado	Mano de obra	jornal	83	5	415
	Materiales	desparasitantes (dosis)	2.1	60	126
		vacunas (dosis)	6	120	720
		vitaminas (dosis)	4	60	240
		sal y minerales (bolsa)	120	1	120
TOTAL					26,787

TABLA 29. COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DE CARNE OVINA (AÑOS 3-10)

Concepto		Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
1. Fertilización del pasto	Mano de obra	jornal	83	4	332
	Material	costal de fertilizante	70	4	280
2. Compra de crias	Material	corderos de 10-14 kg	264	60	15,840
	Transporte	flete	300	2	600
3. Sistema de pastoreo	Mano de obra	jornal	83	54	4,482
4. Mantenimiento del ganado	Mano de obra	jornal	83	5	415
	Materiales	desparasitantes (dosis)	2.1	60	126
		vacunas (dosis)	6	120	720
		vitaminas (dosis)	4	60	240
		sal y minerales (bolsa)	120	1	120
TOTAL					23,155

TABLA 30. COSTO ANUAL DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA

Año	Producción nuez de macadamia	Producción de carne ovina	Total del Sistema
1	35,251	2,088	\$ 37,339
2	16,984	26,787	\$ 43,771
3	16,984	23,155	\$ 40,139
4	16,984	23,155	\$ 40,139
5	16,984	23,155	\$ 40,139
6	19,229	23,155	\$ 42,384
7	19,229	23,155	\$ 42,384
8	19,229	23,155	\$ 42,384
9	19,229	23,155	\$ 42,384
10	19,229	23,155	\$ 42,384

TABLA 31. CAPITAL DE INVERSIÓN DEL SISTEMA

Concepto	Monto (\$)
COSTOS FIJOS	
1. Sistema e instalaciones para el riego	8,100
2. Corral	866
3. Equipo del sistema de pastoreo	2,600
4. Herramientas de trabajo	1,113
SUBTOTAL	12,679
COSTOS DIFERIDOS	
1. Asesoría técnica	50,000
SUBTOTAL	50,000
TOTAL	62,679

TABLA 32. CAPITAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (AÑO 1)

Concepto	Monto (\$)
1. Materia prima e insumos	
- plantas	5,200
- fertilizante macadamia	838
- pesticidas	250
- propágulos del pasto	700
- fertilizante pasto	140
2. Mano de obra	
- limpieza del terreno	1,500
- trazo de la plantación	664
- hoyado de la plantación	1,743
- siembra macadamia	830
- fertilización macadamia	498
- control de malezas	1,328
- riego	2,490
- control fitosanitario	332
- poda	332
- fertilización pasto	166
3. Depreciación de equipo y herramientas	
- equipo	1,080
- herramientas	104.4
4. Renta del terreno	4,000
5. Transporte	
- plantas de macadamia	950
- propágulos de pasto	750
TOTAL	22,895.4

NOTA: La depreciación de la herramienta y equipo a 5 años.

TABLA 33. CAPITAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (AÑO 2)

Concepto	Monto (\$)
1. Materia prima e insumos	
- fertilización macadamia	2,152.5
- pesticidas	500
- fertilización pasto	280
- crias de ovinos	15,840
- desparasitantes	126
- vacunas	720
- vitaminas	240
- sal y minerales	120
2. Mano de obra	
- fertilización macadamia	498
- control de malezas	1,992
- riego	2,177.7
- control fitosanitario de macadamia	332
- poda en macadamia	332
- fertilización pasto	332
- construcción del corral	166
- sistema de pastoreo	4,482
- mantenimiento del ganado	415
3. Depreciación del equipo y herramientas	
- equipo	1,542
- herramientas	222.6
4. Renta del terreno	4,000
5. Transporte	
- crias de ovinos	600
TOTAL	37,069.8

TABLA 34. CAPITAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (ANUAL, DEL AÑO 3 AL 5)

Concepto	Monto (\$)
1. Materia prima e insumos	
- fertilización macadamia	2,152.5
- pesticidas	500
- fertilización pasto	280
- crías de ovinos	15,840
- desparasitantes	126
- vacunas	720
- vitaminas	240
- sal y minerales	120
2. Mano de obra	
- fertilización macadamia	498
- control de malezas	1,992
- riego	2,177.7
- control fitosanitario de macadamia	332
- poda en macadamia	332
- fertilización pasto	332
- sistema de pastoreo	4,482
- mantenimiento del ganado	415
3. Depreciación del equipo y herramientas	
- equipo	1,542
- herramientas	222.6
4. Renta del terreno	4,000
5. Transporte	
- crías de ovinos	600
TOTAL	36,903.8

TABLA 35. CAPITAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (ANUAL, AÑO 6 AL 10)

Concepto	Monto (\$)
1. Materia prima e insumos	
- fertilización macadamia	2,152.5
- pesticidas	500
- fertilización pasto	280
- crias de ovinos	15,840
- desparasitantes	126
- vacunas	720
- vitaminas	240
- sal y minerales	120
2. Mano de obra	
- fertilización macadamia	498
- control de malezas	1,992
- riego	2,177.7
- control fitosanitario de macadamia	332
- poda en macadamia	332
- fertilización pasto	332
- sistema de pastoreo	4,482
- mantenimiento del ganado	415
- cosecha	1,245
- comercialización	200
3. Depreciación de equipo y herramientas	
- equipo	1,542
- herramientas	222.6
4. Renta del terreno	4,000
5. Transporte	
- crias de ovinos	600
- comercialización de macadamia	800
TOTAL	39,148.8

NOTA: el capital de operación del sistema difiere del segundo al quinto año con respecto a los últimos cinco años en que en éstos últimos es necesario contabilizar el costo de la cosecha y comercialización de la nuez de macadamia.

TABLA 36. RESUMEN DE COSTO POR Kg. DE NUEZ DE MACADAMIA

Año	Costo (\$)
6	114.8
7	19.1
8	11.5
9	8.2
10	6.4
11	5.6
12	4.6
15	3.8

TABLA 37. RESUMEN DE COSTO POR Kg. DE CARNE OVINA

Año	Costo (\$)
2	12.2
3	12.2
4	12.2
5	12.2
6	12.2
7	12.2
8	12.2
9	12.2
10	12.2

5.3.3 Presupuesto de ingresos

TABLA 38. INGRESOS

Año	Concepto	Unidad	Costo/unidad (\$)	No. unidades	Total (\$)
2	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Total				52,800
3	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,4000	52,800
	Total				52,800
4	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Total				52,800
5	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Total				52,800
6	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Venta de nuez de macadamia	Kilogramos	14	195	2,730
	Total				55,530
7	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Venta de nuez de macadamia	Kilogramos	14	1,170	16,380
	Total				69,180

...Continuación Tabla 38

8	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Venta de nuez de macadamia	Kilogramos	14	1,950	27,300
	Total				80,100
9	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Venta de nuez de macadamia	Kilogramos	14	2,730	38,220
	Total				91,020
10	Venta de carne ovina	Kilogramos	22	2,400	52,800
	Venta de nuez de macadamia	Kilogramos	14	3,510	49,140
	Total				101,940

TABLA 39. RESUMEN DE INGRESOS Y EGRESOS

AÑO	INGRESOS (\$)	EGRESOS (\$)	DIFERENCIA
1	0	37,339	-37,339
2	52,800	43,771	9,029
3	52,800	40,139	12,661
4	52,800	40,139	12,661
5	52,800	40,139	12,661
6	55,530	42,384	13,146
7	69,180	42,384	26,796
8	80,100	42,384	37,716
9	91,020	42,384	48,636
10	101,940	42,384	59,556
TOTAL	608,970	413,447	195,523

NOTA: Los ingresos se incrementarán año con año proporcionalmente al incremento en el rendimiento de la nuez de macadamia, y los egresos permanecerán constantes.

5.3.4 Estado de resultados

a) UTILIDAD MARGINAL (UM)

utilidad marginal= ingresos – costos de producción

TABLA 40. UTILIDAD MARGINAL DEL SISTEMA

Año	Ingresos	Costos de producción	Utilidad marginal (UM)
1	0	37,339	-37,339
2	52,800	43,771	9,029
3	52,800	40,139	12,661
4	52,800	40,139	12,661
5	52,800	40,139	12,661
6	55,530	42,384	13,146
7	69,180	42,384	26,796
8	80,100	42,384	37,716
9	91,020	42,384	48,636
10	101,940	42,384	59,556
	608,970	413,447	195,523

b) UTILIDAD BRUTA (UB)

utilidad = utilidad - costos de - costos de - costos
bruta marginal ventas administración financieros

TABLA 41. UTILIDAD BRUTA DEL SISTEMA

Año	Utilidad marginal	Costos de ventas	Utilidad bruta (UB)
1	-37,339	0	-37,339
2	9,029	0	9,029
3	12,661	0	12,661
4	12,661	0	12,661
5	12,661	0	12,661
6	13,146	1,000	12,146
7	26,796	1,000	25,796
8	37,716	1,000	36,716
9	48,636	1,000	47,636
10	59,556	1,000	58,556
	195,523	5,000	190,523

NOTA¹. Este proyecto no contempla costos financieros ya que el capital de inversión y de operación fueron aportados por el productor. No incluye tampoco gastos de administración ya que esto lo maneja directamente el propio productor.

NOTA ². Los costos de venta incluyen el descascarado, selección, empaque y transporte de la nuez de macadamia. No hay gastos de venta para la carne ovina.

c) UTILIDAD NETA (UN)

$$\text{utilidad neta} = \text{utilidad bruta} - \text{ISR} - \text{reparto de utilidades}$$

TABLA 42. UTILIDAD NETA DEL SISTEMA

Año	Utilidad bruta	Utilidad neta (UN)
1	-37,339	-37,339
2	9,029	9,029
3	12,661	12,661
4	12,661	12,661
5	12,661	12,661
6	12,146	12,146
7	25,796	25,796
8	36,716	36,716
9	47,636	47,636
10	58,556	58,556
	190,523	190,523

NOTA: no se incluye el costo por el ISR ya que en la zona no se paga este impuesto. Tampoco se considera reparto de utilidades ya que no es una empresa.

d) FLUJO NETO DE EFECTIVO (FNE)

$$\text{flujo neto de efectivo} = \text{utilidad neta} + \text{depreciación y amortización} - \text{pago al principal}$$

TABLA 43. FLUJO NETO DE EFECTIVO DEL SISTEMA

Año	Utilidad neta	Depreciación y amortización	Flujo neto de efectivo (FNE)
1	-37,339	1,080	- 36,259
2	9,029	1,764.6	10,793.6
3	12,661	1,764.6	14,425.6
4	12,661	1,764.6	14,425.6
5	12,661	1,764.6	14,425.6
6	12,146	1,764.6	13,910.6
7	25,796	1,764.6	27,560.6
8	36,716	1,764.6	38,480.6
9	47,636	1,764.6	49,400.6
10	58,556	1,764.6	60,320.6
	190,523	16,961.4	207,484.4

NOTA: no se considera pago al principal pues no hay deudas

5.3.5 Indicadores financieros

1. Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

TMAR= tasa de interés anual (%) + premio al riesgo (%)

$$\text{TMAR} = 4\% + 30\%$$

NOTA: se considera un interés anual bancario de 4%.

NOTA: se considera un premio al riesgo del 30% por ser un proyecto agropecuario.

$$\text{TMAR} = 34\%$$

Esto significa que es necesaria una ganancia de \$0.34 por cada peso invertido para que sea rentable el proyecto y poder hacer frente al riesgo.

2. Valor presente neto (VPN)

$$\text{VPN} = -P + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FNE}_t}{(1+i)^t}$$

donde:

P= inversión inicial

FNE= flujo neto de efectivo

i= tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

n= años

La inversión inicial (P) se considera de la siguiente forma:

Capital de inversión del sistema = \$ 62,679

Capital de operación del sistema (Año 1) = \$22,895.4

Capital de operación del 1^{er} ciclo de producción de carne ovina (Año 2) = \$13,738.5

Total: \$ 99,312.9

$$\text{VPN} = -99,313 + \left(\frac{-36,259}{1.34} + \frac{(10,793.6)_2}{(1.34)^2} + \frac{(14,425.6)_3}{(1.34)^3} + \frac{(14,425.6)_4}{(1.34)^4} + \frac{(14,425.6)_5}{(1.34)^5} \right)$$

$$+ \left(\frac{(13,910.6)_6}{(1.34)^6} + \frac{(27,560.6)_7}{(1.34)^7} + \frac{(38,480.6)_8}{(1.34)^8} + \frac{(49,400.6)_9}{(1.34)^9} + \frac{(60,320.6)_{10}}{(1.34)^{10}} \right)$$

$$\text{VPN} = \$ 71,361.88$$

3. Tasa interna de retorno (TIR)

El cálculo de la TIR se realizó mediante aproximaciones hasta encontrar un valor de i (TMAR) cercano al que iguale a 0 la ecuación del Valor Presente Neto (VPN).

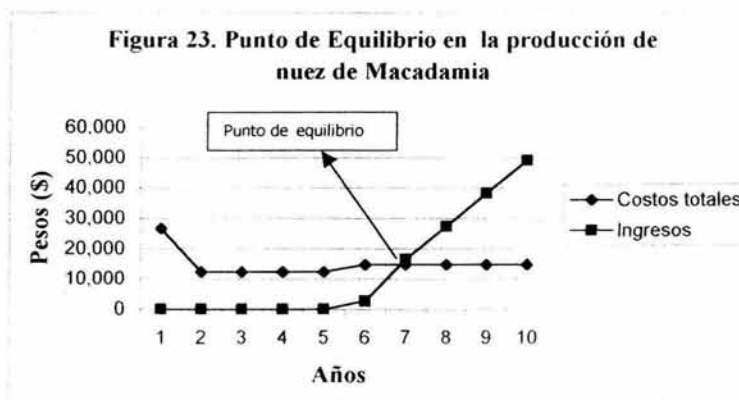
$$\text{TIR} = 49\%$$

4. Punto de equilibrio (PE)

$$\text{PE} = \frac{\text{costos fijos}}{\text{costos variables/ volumen de ventas}}$$

TABLA 44. PUNTO DE EQUILIBRIO PARA NUEZ MACADAMIA

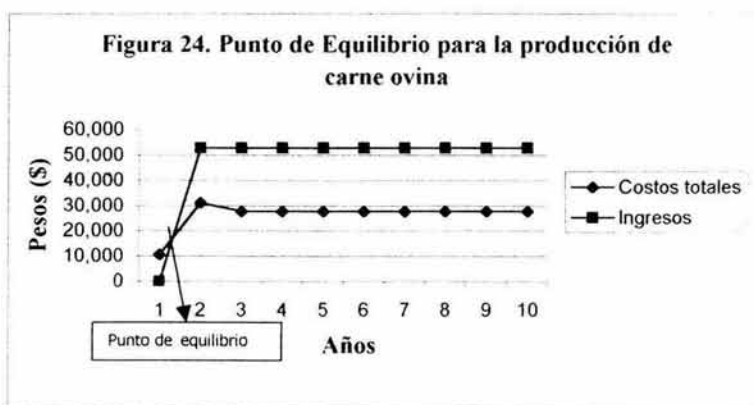
Año	Costos fijos (\$)	Costos variables (\$)	Ingresos (\$)	Punto de Equilibrio
1	7,663	19,038	0	
2	2,500	9,984	0	
3	2,500	9,984	0	
4	2,500	9,984	0	
5	2,500	9,984	0	
6	2,500	12,229	2,730	558 01
7	2,500	12,229	16,380	3,348 6
8	2,500	12,229	27,300	5,580 1
9	2,500	12,229	38,220	7,813 4
10	2,500	12,229	49,140	10,045 8



Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero

TABLA 45. PUNTO DE EQUILIBRIO PARA CARNE OVINA

Año	Costos fijos (\$)	Costos variables (\$)	Ingresos (\$)	Punto de Equilibrio
1	6,550	4,088		
2	5,966	25,155	52,800	12,522.5
3	2,500	25,155	52,800	5,247.5
4	2,500	25,155	52,800	5,247.5
5	2,500	25,155	52,800	5,247.5
6	2,500	25,155	52,800	5,247.5
7	2,500	25,155	52,800	5,247.5
8	2,500	25,155	52,800	5,247.5
9	2,500	25,155	52,800	5,247.5
10	2,500	25,155	52,800	5,247.5



Elaboró: María de Lourdes Martínez Romero.

El punto de equilibrio en el sistema productivo de nuez de macadamia se da en el año 7, lo cual coincide con el segundo año de producción de la nuez.

El punto de equilibrio en el sistema productivo de carne ovina se presenta al inicio del año 2, que es el primer año de producción de la carne.

Ambos puntos indican que a poco tiempo de iniciadas las producciones respectivas se alcanza el punto que permite al productor comenzar a obtener ganancias.

5.3.6 Conclusiones

El análisis financiero y sus indicadores muestran la viabilidad económica del proyecto.

- El flujo neto de efectivo (FNE) es negativo solamente en el primer año, en los siguientes el valor es positivo y se incrementa regularmente año tras año.
- El valor presente neto (VPN) es positivo.
- La tasa interna de retorno (TIR) es mayor a la tasa de mínima aceptable de rendimiento (TMAR).
- El valor de los ingresos de los diez primeros años es mayor al de los egresos del mismo periodo de tiempo y existe un margen de utilidad.
- El análisis se realizó para los diez primeros años, y reporta que es viable, sin embargo, las mayores ganancias se esperan para años posteriores, cuando la producción agrícola sea mayor y se mantengan ó disminuyan los egresos.
- La inversión inicial del proyecto se realiza en dos etapas, por lo tanto el productor tiene mayores posibilidades para realizar dicha inversión.
- Los puntos de equilibrio de los sistemas productivos de nuez de macadamia y carne de ovino corresponden al segundo y primer año respectivamente de inicio de la producción, lo que significa que en poco tiempo se alcanza el punto necesario para obtener ganancias.

VI. CONCLUSIONES

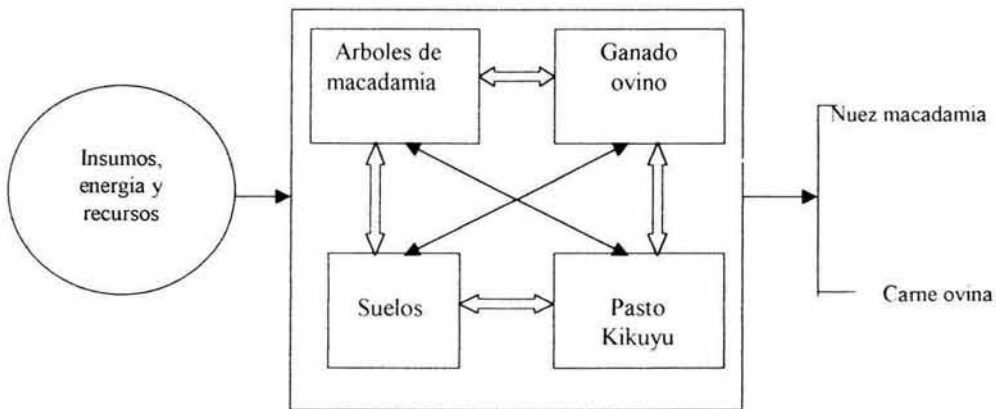
El diseño de éste proyecto se realizó en base a la necesidad de utilizar eficientemente los recursos que presentan la zona y el predio “La Cabaña” en particular y considerando los intereses y capacidades del productor.

Hasta el momento se llevó a cabo en su totalidad la Fase I (Trabajo de Gabinete), es decir, el diseño del proyecto, así como las primeras etapas de la Fase II (Trabajo en campo), esto es, la implementación del proyecto en sus etapas establecimiento de la plantación y del pasto.

Una vez finalizado el proceso de establecimiento del pasto, se llevará a cabo la introducción del ganado y se continuará con el manejo y mantenimiento del sistema.

Posteriormente, se podrá evaluar el sistema tomando en cuenta diversos parámetros.

El diseño del proyecto queda esquematizado como sigue:



Los resultados de los tres análisis que se realizaron – mercado, técnico y financiero – indican que es posible cumplir con los objetivos del proyecto y que éste es factible de realizarse y desarrollarse con éxito.

El sistema silvopastoril macadamia-forraje-rumiante diseñado en este proyecto es para el productor una alternativa de aprovechamiento viable y sostenible.

La viabilidad económica radica en varios puntos: la inversión es relativamente baja, lo cual favorece su pronta implementación; genera ganancias desde el segundo año y durante los primeros años en que no hay producción de la especie principal; diversifica los ingresos posteriormente y genera un amplio margen de ganancias a partir del año seis que se incrementará constantemente, coadyuvando a mejorar y mantener hacia el futuro la calidad de vida del productor.

Así mismo, el proyecto genera 1 empleo y provee al mercado local o regional de productos agropecuarios necesarios.

Las ventajas ecológicas que se pueden mencionar en esta fase del proyecto son el mínimo uso de agroquímicos, la reforestación del predio, la disminución considerable de la erosión y el aporte de nutrientes al suelo entre otros, de esta forma es posible conservar el ambiente y hacer sostenible el sistema.

Cabe agregar otro importante beneficio del sistema: la eficientización de los recursos tanto ecológicos (agua, suelo, luz, espacio), como humanos, materiales y financieros con que se cuenta.

La posibilidad de transferir el proyecto o su esquema básico a otros productores de la zona es otro importante beneficio que conlleva el diseño e implementación de este sistema, además de las aportaciones a la investigación que se puedan generar a partir de la experiencia y de la posterior evaluación del sistema.

VII. RECOMENDACIONES

Para darle seguimiento al esquema de sostenibilidad e integración de procesos que es la base y objetivo de éste proyecto, se plantea a largo plazo:

- El cambio del manejo convencional al orgánico de la plantación, sin embargo no es posible en los primeros años debido a los altos costos que éste manejo implica.
- La industrialización de la nuez de macadamia para darle el valor agregado a éste producto.
- La crianza de borregos como forma de reducir los costos de producción. Este esquema es mucho más complejo y requiere de una mayor inversión, por lo que no se plantea en los primeros años.
- Diversificar aún más los ingresos utilizando al máximo los recursos, por ejemplo, utilizar el estanque de agua para la cría de trucha.

Dado que éste sistema conlleva una integración de procesos, requerirá de una continua planeación y aplicación de la tecnología para eficientar los recursos y lograr efectivamente una producción sostenible.

Para darle continuidad a éste trabajo, con fines experimentales y de investigación, será necesario realizar estudios a largo plazo que nos permitan la evaluación de éste sistema desde el punto de vista de su efectividad, así como ecológicamente, utilizando variables a medir tales como compactación, mesofauna, biomasa, diversidad vegetal, fertilidad y propiedades del suelo (Torres, 2001), entre otras. De esta forma se podrá evaluar en la práctica y objetivamente el sistema silvopastoril propuesto y determinar el grado de sostenibilidad, estabilidad, equidad, autonomía y productividad que posea (Torres y Castro, 1999).

VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Aguirre Aeste Victor. Cultivo de la macadamia en Costa Rica. Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. Diversificación Agrícola. Imprenta Turrialba. Costa Rica, 1984
2. Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria de los Estados Unidos Mexicanos. SIAP, SAGARPA. México, 2001
3. Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. INEGI, 1996
4. Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. INEGI, 2000
5. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). Revista Claridades Agropecuarias Número 81. Macadamia y sorgo. Mayo, 2000
6. Bautista Villegas J. C. Manejo de la macadamia. México, 2002
7. Bogdan A.V. Pastos tropicales y plantas de forraje. AGT Editor S.A. Primera edición en español. México, 1997.
8. Bradbury M. Ovejas: Cría, cuidado y comercialización. Editorial Concepto. México. 1980
9. Cantú Brito Jesús Enrique. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma "Antonio Narro". Segunda edición, México, 1990.
10. CEA - SAGARPA. Situación actual y perspectiva de la producción de carnes en México 1999-2000. México, 2000.
11. Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (CONITTA). Macadamia integrifolia, Proteaceae. Serie ITTA No. 8. Primera edición. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica, 1991.
12. Cuademo Estadístico Municipal de Zitácuaro. INEGI, 2000

13. Echegaray Torres J.L. Engorda de corderos en pastoreo. Memorias de Bases de la Cría Ovina IV. AMTEO, Universidad Autónoma de Tlaxcala. México, 1998.
14. Enciclopedia de los municipios de Michoacán, 2000. Centro Estatal de Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Michoacán.
15. Enda-Caribe y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el Desarrollo Rural. República Dominicana, 1989
16. Escamilla Prado E., Robledo Martínez J.D., Cruz Castillo J.G., Rincón Hernández P. Selección de cultivares y criollos de macadamia en Huatusco, Veracruz (1989-1996). Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
17. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). Pastoreo intensivo en zonas tropicales. Boletín Informativo. Segunda edición, No.287, volumen XXIX. FIRA- Banco de México. México, 1996.
18. Fraser A. y Stamp J.T. Ganado ovino. Producción y enfermedades. Editorial Mundi-Prensa. España, 1989
19. Gutierrez C.J.M., Martínez M.G., Ortiz T.C. Producción de carne de ovino en praderas de humedad residual en la zona templada de México. Libro Técnico No.3 SAGAR e INIFAP México, 2000
20. Haresign W. Producción ovina. AGT Editor S.A. Primera edición en español. Mexico, 1989
21. Havard-Duclos B. Las plantas forrajeras tropicales. Editorial Blume. Primera edición. México, 1979
22. Hernández Osorio Delfina. Evaluación de afinidad y compatibilidad en 24 variedades de macadamia injertadas por el método de púa terminal embolsado. Tesis profesional. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. México, 1994

23. Hernández M.O., Pérez P.J., Martínez H.P.A., Herrera H.J.G., Mendoza M.G.D. y Hernández G.A. Pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochts.) por borregos en crecimiento a diferentes asignaciones de forraje. Artículo de Agrociencia. Volúmen 34, número 2 (Marzo-Abril). México, 2000.
24. Huerta Bravo M. Engorda de ovinos en pastoreo en la zona templada. Memoria del curso Estrategias de Alimentación en Ovinos. IX Congreso Nacional de Producción Ovina. Universidad Autónoma de Querétaro. México, 1997
25. Información Económica Pecuaria No. 11. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNG). México, 2002
26. Jiménez Herrera Sergio. Fruticultura II, Fascículo 5. Tema: Macadamia. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica, 1992.
27. Jiménez Merino A. La producción de forrajes en México. Primera edición en español. Universidad Autónoma Chapingo, Banco de México - FIRA. México, 1989
28. Jiménez O.F., Vargas F.A. (editores). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas agroforestales. Serie Técnica. Manual Técnico N°32. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Costa Rica, 1998
29. Langer R.H.M. Las pasturas y sus plantas. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay, 1980
30. Martínez J.M. y Cooper T.H. Macadamia Nuts México 1995. Agricultural Review prepared for Macadamia of México S.A. de C.V. Keiser Manufacturing Inc. Mexico, 1995
31. Montagnini F. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales (OTS)/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE), Costa Rica, 1992

32. Muslera Pardo E., Ratera García C. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2° edición. Editorial Mundi Prensa. España, 1991
33. Nair P.K.R. Agroforestería. Primera edición en español. México, 1997.
34. Orcasberro R. Apuntes sobre nutrición de ovinos. Universidad Autónoma Chapingo. México, 1983.
35. Orcasberro R. y Fernández R.S. Los forrajes en la alimentación de ovinos. Universidad Autónoma Chapingo. México, 1982.
36. Ortega S.J.A. y González V.E.A. Sistemas de pastoreo en Guinea y Estrella para producción de carne en el trópico subhúmedo. Artículo en la "Revista Facultad de Agronomía" LUZ. Maracaibo, Venezuela, 1992.
37. Ortega S.J.A., González V.E.A. y Avila C.J.M. Manejo de la Carga Animal y su importancia en la ganadería. Programa Forrajes Pastizales del Campo Experimental Aldama, Tamaulipas INIFAP-SAGAR, México. 1992
38. Pezo Danilo, Ibrahim Mahammad. Interacciones leñosa-perenne-animal. Sistemas silvopastoriles. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Módulo N°2.
39. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Costa Rica, 1999
40. Portolano Nicola. Explotación de ganado ovino y caprino. Edición Mundi-Prensa. España, 1990.
41. Revista Acontecer Ovino-Caprino. Volumen III No.11 (Enero-Marzo). Artículo Parásitos de borregos y cabras. México,2001
42. Revista Acontecer Ovino-Caprino Volumen III No.12 (Abril-Junio). Artículo Enfermedades relacionadas con la alimentación en ovinos. México,2001
43. Rincón Sepúlveda Ovidio. Manual del Departamento Técnico de la Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Colombia, 1995.

44. Robledo M. J. D. Macadamia en Veracruz, aspectos agronómicos e industriales. Proyecto de investigación presentado a la Dirección General de Investigación y Postgrado de la Universidad Autónoma Chapingo para Financiamiento 2003. Centro Regional Universitario de Oriente. México, 2003.
45. Robledo M. J. D. y Escamilla P. E. El cultivo de macadamia (*Macadamia spp*) en la región de Uruapan, Michoacán. Centro Regional Universitario de Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. México, 1992
46. Robledo M. J. D. y Escamilla P. E. Diagnóstico y evaluación de macadamia (*Macadamia spp*) en el centro de Veracruz. Revista de Geografía Agrícola - Estudios de la agricultura mexicana - N°20. Universidad Autónoma Chapingo. México, 1994.
47. Robledo M. J. D. y Escamilla P. E. Plantación de Macadamia y Candamomo en el predio del CRUO. Centro Regional Universitario de Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. México, 1990
48. Savory Allan. Formas de Pastoreo. Artículo traducido por Bancomer, S.A. (Desarrollo Tecnológico), 1996.
49. Torrent Mollerri Mateo. La oveja y sus producciones. Editorial Aedos. España, 1986
50. Torres Rivera José Antonio. Caracterización del agroecosistema naranjo-ovino en Tlapacoyan, Veracruz (Estudio de Caso). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Campus Veracruz. México, 1996.
51. Torres Rivera José Antonio y Castro Flores Ranulfo. Evaluación de sistemas agropastoriles en el centro de Veracruz. Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Ver., 1999
52. Torres Rivera José Antonio. Agroecosistemas café-ovino, una opción de diversificación de cafetales. Apuntes del curso especializado de cafeticultura. Producción, beneficiado y

comercialización. Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Ver., 2001

53. Trenado Cervantes Víctor. Situación y análisis de los sistemas de producción ovina en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México, 2000
54. Voisin André. Productividad de la hierba. Editorial Hemisferio Sur. Segunda edición. Argentina, 1994
55. www.turismomichoacan.gob.mx/regiones/zitacuaro.htm
56. www.produccion.com.or/1999/99may14.htm.
57. www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/macadamia/epfmacad.pdf
58. www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/macadamia/macadam_mag.pdf