



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EMPLEO DE ECOTECNOLOGIAS EN EL
DISEÑO DE UNA GRANJA INTEGRAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

EMILIO OVANDO MATEO

ASESOR: BIOL. ARMANDO LUGO SOTELO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2005

m 344981



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

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 comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Empleo de ecotecnologías en el diseño de una granja integral

que presenta el pasante: Emilio Ovando Mateo
con número de cuenta: 9014702-5 para obtener el título de :
Ingeniero 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 25 de Noviembre de 2004.

PRESIDENTE Biol. Aurora Vázquez Mora

VOCAL Ing. Gustavo Ramírez Ballesteros

SECRETARIO Biol. Armando Lugo Sotelo

PRIMER SUPLENTE Ing. Vicente Silva Carrillo

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Raúl Espinoza Sánchez

Aurora Vázquez Mora
Gustavo Ramírez Ballesteros
Armando Lugo Sotelo
Vicente Silva Carrillo
Raúl Espinoza Sánchez

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera tan interesante, que me permitió prepararme, conocer otros puntos de vista y tener una visión diferente de la vida.

A mi tío el Sr. Alfonso Ovando del Ángel por las facilidades que me otorgo para la realización de una parte de este trabajo.

A Irving Ramírez Vargas por su asesoría y comentarios en el diseño y elaboración de la maqueta de este proyecto.

Dedicatorias

A mi Padre, el Sr. Emilio Ovando del Ángel.

Por el apoyo, los consejos y enseñanzas; y por mostrarme con el ejemplo que se pueden resolver los problemas, y llegar a cualquier meta que uno se proponga.

A mi Madre, la Sra. Tita Mateo Solís.

Por el cariño, esfuerzo y sacrificio de todos estos años. Y por haberme inculcado el amor al campo.

A mis hermanas: Isabel y Ana Laura.

Que este trabajo les sirva de motivación para seguir adelante

A mis prima(o)s: Lulu, Mari, Jose y Beto.

Quienes me ayudaron de manera incondicional a lo largo de todos mis estudios.

A mis Amigos: Rafael, Lucio, Rogelio, Sandra y Melina.

Por compartir su amistad y por los momentos inolvidables que pasamos juntos en la carrera.

A Laura.

Por haberme enseñado el camino adecuado, por ser una parte importante de mi vida. Y por el apoyo, amor, cariño y respeto que tienes para conmigo.

A Francisco Enrique Martínez Escamilla †

Que este trabajo refleje el esfuerzo, dedicación y compromiso que tuviste con la escuela. Este logro que ahora obtengo, es tuyo también amigo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Justificación.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivos generales.....	10
2.2. Objetivos particulares.....	10
3. MARCO TEÓRICO.....	11
3.1. Tecnología.....	11
3.1.1. Definición de tecnología.....	11
3.1.2. Definición de tecnología alternativa.....	12
3.1.3. Definición de ecotecnología.....	16
3.1. La granja.....	17
3.2.1. Definición de granja.....	17
3.2.1.1. Características.....	17
3.2.1.2. Tipos de granja.....	18
3.2.2. Definición de granja integral.....	19
3.2.2.1. Características.....	20
3.2.2.2. Principios.....	24
3.2.3. Granja integral vs granja convencional.....	25
3.2.3.1. Objetivos.....	26
3.2.3.2. Ventajas.....	27
3.2.3.3. Desventajas.....	27
3.3. Principios ecológicos para diseñar agroecosistemas.....	28
3.3.1. Funcionamiento del ecosistema.....	28
3.3.2. Eficiencia ecológica.....	30
3.3.3. Agroecosistemas.....	31
3.3.4. Diseño de agroecosistemas sustentables.....	39
3.4. Ubicación geográfica.....	48
3.4.1. Localización.....	48
3.4.2. Latitud y Longitud.....	48
3.4.3. Extensión.....	48
3.4.4. Clima.....	48
3.4.5. Principales ecosistemas y recursos naturales.....	49
3.4.6. Orografía e hidrografía.....	49
3.4.7. Características y uso del suelo.....	49
3.4.8. Características económicas.....	49
3.4.8.1. Población.....	49
3.4.8.2. Salud.....	49

3.4.8.3. Vivienda.....	49
3.4.8.4. Comunicaciones y transportes.....	50
3.4.9. Actividades económicas.....	50
3.4.9.1. Producción agrícola.....	50
3.4.9.2. Producción pecuaria.....	50
3.4.9.3. Pesca.....	50
3.4.9.4. Industria.....	50
3.4.9.5. Comercio.....	51
3.4.9.6. Turismo.....	51
3.4.9.7. Población económicamente activa.....	51
3.4.9.8. Servicios.....	51
3.4.10. Características generales del predio donde será establecida la granja integral.....	52

4. METODOLOGÍA.....54

4.1. Primera etapa del establecimiento de la granja.....	55
4.1.1. Módulo vivienda.....	56
4.1.1.1. Ecotecnologías que se pueden aplicar.....	56
4.1.1.1.1. Sistema de captación y almacenamiento de agua.....	56
4.1.1.1.2. Colector solar.....	71
4.1.1.1.3. Sistema fotovoltaico.....	83
4.1.1.1.4. Tratamiento de aguas de desecho.....	90
4.1.2. Módulos Productivos.....	111
4.1.2.1. Módulo agrícola.....	112
4.1.2.1.1. Ecotecnologías que se pueden aplicar.....	112
4.1.2.1.1.1 Ecotecnologías para la conservación y el manejo del suelo.....	112
4.1.2.1.1.1.1 Control de la erosión.....	114
4.1.2.1.1.1.2 Barreras de pasto Vetiver.....	115
4.1.2.1.1.1.3 Trampas de suelo.....	117
4.1.2.1.1.1.4 Plantación en contorno.....	119
4.1.2.1.1.1.5 Terrazas.....	120
4.1.2.1.1.1.6 Zanjas.....	120
4.1.2.1.1.1.7 Diques.....	121
4.1.2.1.1.1.8 Manejo y construcción del aparato "A".....	122
4.1.2.1.1.1.9 Cultivos de cobertura.....	126
4.1.2.1.1.1.10 Abonos verdes.....	128
4.1.2.1.1.2 Fertilización orgánica.....	132
4.1.2.1.1.3 Labranza.....	135
4.1.2.1.1.4 Policultivos.....	137
4.1.2.1.1.4.1 Tipos de sistemas de cultivos múltiples.....	138
4.1.2.1.1.4.2 Sistemas agroforestales.....	139
4.1.2.1.1.5 Rotación de cultivos.....	144

4.1.2.1.1.6	Huerto familiar.....	146
4.1.2.1.1.7	Huerto hortícola biodinámico intensivo.....	151
4.1.2.1.1.8	Control ecológico de plagas y enfermedades.....	159
4.1.2.1.1.9	Control de malezas.....	168
4.1.2.2.	Módulo Pecuario.....	169
4.1.2.2.1.	Importancia de la integración ganadería-agricultura.....	169
4.1.2.2.2.	Principios de producción animal con base ecológica.....	170
4.1.2.2.3.	Alimentación.....	171
4.1.2.2.4.	Pastoreo.....	172
4.1.2.2.5.	Selección de especies.....	176
4.1.2.2.6.	Aves.....	177
4.1.2.2.7.	Conejos.....	180
4.1.2.2.8.	Ovinos.....	182
4.1.2.2.9.	Caprinos.....	186
4.1.2.2.10.	Cerdos.....	187
4.1.2.2.11.	Manejo de excretas.....	193
4.1.2.2.12.	Salud animal.....	194
4.1.2.3.	Módulo Ciclaje.....	194
4.1.2.3.1.	Ciclaje dentro de la granja.....	194
4.1.2.3.2.	Compost.....	195
4.1.2.3.3.	Lombricompost.....	199
4.1.2.3.4.	Letrina abonera seca.....	209
4.1.3.	Catálogo de Conceptos de Ecotecnologías.....	212
4.	CONCLUSIONES.....	214
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	215
	ANEXOS.....	219

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Características de la tecnología tradicional y la tecnología alternativa.....	13
Cuadro 2. Actividad económica del municipio por sector.....	51
Cuadro 3. División de la superficie del terreno de la granja integral.....	52
Cuadro 4. Intervalos de separación de los anillos que refuerzan el tanque.....	64
Cuadro 5. Capacidades y dimensiones de los equipos solares.....	75
Cuadro 6. Tipos de células solares.....	85
Cuadro 7. Capacidades del tanque séptico que se pueden utilizar para su construcción.....	93
Cuadro 8. Determinación de las tasas de infiltración.....	101
Cuadro 9. Distancias entre las curvas a nivel según la pendiente.....	118
Cuadro 10. Principales especies utilizadas como abonos verdes/cobertura del suelo.....	131
Cuadro 11. Especies de árboles consideradas de uso múltiple.....	142
Cuadro 12. Unidades básicas de rotación.....	146
Cuadro 13. Distancia entre plantas de algunas especies que se pueden sembrar en el Huerto Biodinámico Intensivo.....	156
Cuadro 14. Asociaciones favorables y desfavorables de algunas especies.....	167
Cuadro 15. Parámetros reproductivos promedio de la raza pelibuey.....	182
Cuadro 16. Espacio requerido para los corrales.....	187
Cuadro 17. Metros cuadrados por animal de acuerdo al clima.....	192
Cuadro 18. Áreas estimadas para la construcción del alojamiento de acuerdo a la cantidad de desechos orgánicos generados.....	204
Cuadro 19. Composición del humus.....	208
Cuadro 20. Módulo vivienda.....	212
Cuadro 21. Módulo agrícola.....	213
Cuadro 22. módulo pecuario.....	213
Cuadro 23. Módulo ciclaje.....	213

Índice de Figuras.

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Tamiagua, Veracruz.....	48
Figura 2. Croquis del terreno donde será ubicada la granja integral.....	52
Figura 3. Sistema de captación de agua pluvial en techos.....	59
Figura 4. Materiales que se necesitan para la construcción del tanque.....	62
Figura 5. Preparación y trazado del terreno.....	62
Figura 6. Cimiento perimetral de piedra braza.....	63
Figura 7. Armado de la base.....	63
Figura 8. Armado de las paredes del tanque.....	64
Figura 9. Traslape y “cosido” de la mallas.....	65
Figura 10. Pasos a seguir para la aplicación del cemento.....	66
Figura 11. Tipos de radiación.....	72
Figura 12. Aprovechamiento de la energía solar.....	73
Figura 13. Orientación e inclinación de los paneles solares.....	74
Figura 14. Aislamientos que se pueden utilizar para cubrir las tuberías.....	76
Figura 15. Corte transversal de un colector solar mostrando las partes que lo Componen.....	77
Figura 16. Variantes en el diseño de un colector solar autocontenido.....	78
Figura 17. Construcción de un colector solar combinado.....	79
Figura 18. Efecto termosifón.....	80
Figura 19. Extracción de agua caliente.....	81
Figura 20. Beneficios de la energía solar térmica.....	82
Figura 21. Efecto fotovoltaico.....	84
Figura 22. Proceso de fabricación de las células solares.....	85
Figura 23. Elementos de un panel fotovoltaico.....	86
Figura 24. Elementos principales de una batería.....	87
Figura 25. Regulador.....	87
Figura 26. Esquema eléctrico de una instalación fotovoltaica.....	88
Figura 27. Modelo elemental de tanque séptico de un compartimiento, poco eficiente.....	94
Figura 28. Tanque séptico rectangular para 10 personas.....	94
Figura 29. Tanque séptico de doble compartimiento, modelo perfeccionado.....	95
Figura 30. Tanque séptico de 3 compartimientos de mayor eficiencia.....	95
Figura 31. Tanque diseñado por el Dr. Winnenberger.....	96
Figura 32. Trampas para grasa.....	97
Figura 33. Diseño de la caja de distribución.....	98
Figura 34. Corte longitudinal de la caja de distribución.....	98
Figura 35. Diferentes tipos de cajas de distribución.....	99
Figura 36. Pasos a seguir para realizar la prueba de infiltración.....	102
Figura 37. Disposición de las zanjas de absorción.....	103
Figura 38. Disposición en anillo de las zanjas y en peine del campo de oxidación.....	104
Figura 39. Colocación de varias cajas distribuidoras siguiendo la pendiente.....	104
Figura 40. Con una caja distribuidora donde derivan varios tubos.....	105
Figura 41. Esquema que representa la construcción de un pozo de absorción.....	106
Figura 42. Construcción del entramado de raíces.....	108
Figura 43. Siembra de cañas de junco.....	109
Figura 44. Colocación de tubos de PVC.....	109

Figura 45. Entramado de raíces terminado.....	110
Figura 46. Tipos de erosión.....	113
Figura 47. Ejemplos de tipos de barreras.....	114
Figura 48. Plantación correcta de las barreras de pasto Vetiver.....	115
Figura 49. Siembra correcta del pasto Vetiver.....	116
Figura 50. Estabilización de cárcavas con pasto Vetiver.....	117
Figura 51. Determinación del porcentaje de pendiente.....	118
Figura 52. Tamaño de las zanjas y distancia entre ellas.....	119
Figura 53. Trazado de zanjas.....	121
Figura 54. Construcción de diques.....	121
Figura 55. Construcción del aparato "A".....	122
Figura 56. Determinación de la pendiente utilizando el aparato "A".....	123
Figura 57. Trazo de línea madre.....	125
Figura 58. Trazado y construcción de las terrazas.....	125
Figura 59. Uso de coberturas: beneficios, efectos i vías de utilización.....	127
Figura 60. Uso de policultivos: beneficios, efectos y vías de utilización.....	137
Figura 61. Representación esquemática de los procesos por los cuales los árboles pueden mejorar los suelos.....	141
Figura 62. Diversificación de especies en los huertos familiares.....	147
Figura 63. Composición de especies y estructura vertical de los huertos familiares en zonas templadas.....	149
Figura 64. Composición de especies y estructura vertical de los huertos familiares en zonas tropicales.....	150
Figura 65. Pasos a seguir para la construcción del almácigo.....	152
Figura 66. Preparación de la cama biodinámica intensiva.....	153
Figura 67. Forma en la que se debe ir sacando e incorporando la tierra.....	154
Figura 68. Esquema de un patrón de rotación.....	173
Figura 69. Pastoreo de aves con gallinero "movil".....	179
Figura 70. Gallinero construido con malla, troncos y sacos de fertilizante.....	180
Figura 71. Dos tipos de conejeras que se pueden construir para el alojamiento de los conejos.....	180
Figura 72. Corral "suspendido" para borregos y cabras.....	185
Figura 73. Chiquero que se puede fabricar para el pastoreo rotacional de los cerdos.....	191
Figura 74. El establo de familia "enriquecido".....	193
Figura 75. Ilustración que describe los pasos que se deben realizar para preparar una abonera.....	198
Figura 76. Esquema general del procesamiento de la materia orgánica por la lombriz composteadora Eisenia andrei.....	202
Figura 77. Modelo de cama para volúmenes de sustrato de 7m ³	205
Figura 78. Construcción de las camas de lombricompostaje utilizando diversos materiales.....	206
Figura 79. Diseño de cámaras donde se composteará el excremento.....	210
Figura 80. Diseño y construcción de la cámara de 500 litros.....	211

1. Introducción

La presente crisis en el campo mexicano se debe entre otros factores, a la caída de la producción de granos básicos, el encarecimiento de los insumos empleados, la escasez de crédito, la descapitalización ante los bajos precios, los intercambios desfavorables con otros sectores y la disminución de la ingesta. Estos serios problemas tienden a incrementarse aún y con los supuestos beneficios que a más de diez años de ajuste estructural traerían las reformas al artículo 27 constitucional. Muy al contrario de lo que presumiblemente se pretendió, estas políticas han traído repercusiones las cuales son enormes y muy graves: pobreza estructural, dependencia alimentaria y una seria degradación del ambiente, por solo señalar las más serias.

Es evidente que bajo el esquema de producción que aún hoy se utiliza denominado revolución verde, no existen muchas expectativas de que el sector campesino pueda salir de la crisis en la que se encuentra. Este sistema que se basa en monocultivos, requiere el uso de semillas mejoradas, así como la aplicación de una gran cantidad de insumos agrícolas como son: herbicidas, insecticidas, funguicidas y fertilizantes inorgánicos, además necesita de maquinaria agrícola y de riego, siendo altamente demandante de capital.

Este tipo de agricultura que consume demasiada energía ha ocasionado graves impactos ambientales, problemas de productividad, de plagas, enfermedades y de rendimiento. Incluso se desarrollan nuevas tecnologías sin haber logrado solucionar los problemas de hambre y pobreza de la población rural. Además de que ha fomentado una alta disparidad en la distribución de la tierra, en los marcados niveles de pobreza que incrementan el desplazamiento de la población rural a los ya saturados espacios urbanos y en una degradada base de los recursos naturales. Esta agricultura intensiva-comercial ha demostrado no ser adecuada para la mayoría de los productores, debido a los altos costos de los insumos, los problemas tecnológicos, productivos, ambientales, sociales y culturales que ha ocasionado.

En el presente trabajo se pretende realizar todo lo contrario a las prácticas de la agricultura convencional intensiva inspirada en la revolución verde. Se trata de diseñar un sistema ecológicamente eficiente partiendo de un enfoque modular que sea aplicado al aprovechamiento de los recursos naturales y, fomentado en todo momento por la diversificación de todos sus componentes, desde el módulo vivienda hasta los módulos más complejos y diversificados.

Un sistema alternativo en el cual se dé preferencia a la agricultura tradicional, al bajo uso de insumos externos, los cuales se pueden complementar con insumos internos como semillas criollas, reciclaje de materiales de las diferentes actividades, prácticas agroecológicas y silvopastoriles, que reduzcan la aplicación de energéticos de origen fósil; así como también una gran diversidad tanto en cultivos como en especies animales con los cuales se asegure en gran medida la dieta familiar y excedentes para la comercialización. En suma un sistema de retroalimentación donde no haya desperdicios y en el que se fomente el reciclaje de energía.

1.1. Justificación

Aunque actualmente existe mucha información sobre el manejo y conservación de los recursos naturales, y la utilización de tecnologías alternativas ambientalmente adecuadas, éstas se encuentra de forma dispersa o aplicada a situaciones o condiciones diferentes a lo que es la producción agropecuaria del país, lo que ha originado el interés por reunir en este proyecto técnicas alternativas llamadas ecotecnologías las cuales pueden ayudar al productor a vivir y producir de una manera diferente acorde a sus posibilidades reales.

El presente trabajo esta orientado en gran medida para que se pueda implementar en comunidades o ejidos con escasas oportunidades de desarrollo; pero se intenta que el proyecto pueda ser flexible en la medida de lo posible para cualquier tipo de productor capitalizado o no interesado en el tema. La flexibilidad no solo debe de manifestarse en el tipo de productor, si no que estas técnicas y métodos deben y pueden manejarse para que el proyecto se pueda desarrollar en cualquier región del país, realizando claro esta, las adecuaciones necesarias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

- 2.1.2. Utilizar ecotecnologías (acondicionamiento de la vivienda, tecnología tradicional, ciclaje de materia y energía) en el diseño de una granja integral basada en unidades productivas para lograr una producción diversificada.

2.2. Objetivos particulares

- 2.2.1. Desarrollar un sistema ecológicamente eficiente y productivo, fundamentado en los principios de las ecotecnologías que permitan en el futuro alcanzar su autosuficiencia.
- 2.2.2. Integrar módulos productivos que permitan la obtención de diferentes productos, el autoabasto familiar y la generación de excedentes para su comercialización.
- 2.2.3. Elaborar un catalogo de conceptos sobre las ecotecnologías que sirva de referencia para la implementación de las mismas.

3. Marco teórico

3.1 Tecnología.

3.1.1. Definición de tecnología

Bronowski, 1978, citado por Dickson, 1984 en su monumental obra *The Ascent of Man*, nos recuerda que los seres humanos tienen lo que ningún otro animal posee (creatividad). Como resultado de ello, todo animal deja trazas de lo que fue, pero el ser humano deja trazas de lo que creó. El proceso evolutivo desarrollo especializaciones genéticas entre muchos animales, proporcionándoles la capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales. Las especies que no tuvieron la velocidad necesaria, el tamaño y el color requeridos para su protección, habilidades instintivas y rápida capacidad reproductiva, alcanzaron la extinción. Las que sobrevivieron a este proceso evolutivo demostraron su aptitud de supervivencia en ambientes severamente restringidos.

Como todas las otras criaturas vivientes, la especie humana fue vulnerable a las realidades del medio circundante y requirió de la extensión de sus capacidades para asegurar su supervivencia. A pesar de su aptitud para transformar los alimentos en vigor físico, para eliminar los desechos y para reconstruirse a sí mismo, sus limitaciones son una realidad. El cuerpo puede existir únicamente dentro de un intervalo específico de temperaturas, y puede modificar su ambiente natural sólo hasta el grado que se lo permitan sus músculos. Estas limitaciones y muchas otras condujeron al desarrollo de "prolongaciones" del cuerpo humano y es a esto a lo que se llama tecnología.

Cuando se emiten juicios sobre el avance o el atraso de una cultura, se citan como pruebas los desarrollos de estos mecanismos de supervivencia. Tal investigación ha revelado que la evolución del desarrollo de las herramientas fue un proceso lento. Durante varios millones de años el ser humano elaboró instrumentos de piedra sobre las cuales un simple golpe hacía un hueco en una piedra. Finalmente el ser humano desarrolló la invención fundamental que cambió radicalmente la aparición de las herramientas del desarrollo, tal invento fue el acto intencional que se denomina acumulación de conocimientos, el hombre aprendió a almacenar materiales para uso futuro, y comenzó a utilizar los conocimientos aprendidos en un invento para perfeccionar otro, proceso que lleva el nombre de síntesis de conocimientos. Fue en este paso cuando adquirió orientación al futuro y sobrepasó la capacidad de otras criaturas.

De esta manera se puede definir a la tecnología como un proceso emprendido en todas las culturas (un proceso universal), que comprende la aplicación sistemática del conocimiento organizado (síntesis) y de objetos tangibles (herramientas y materiales) a la extensión de las facultades humanas, que son restringidas como resultado del proceso evolutivo. (Elliot, 1980).

Con esta definición se pueden identificar las siguientes características de la tecnología:

- 1.- Es evidente en todas las culturas, cualquiera que sea su grado de desarrollo.

2.- Está basada en el conocimiento y comprende la aplicación del mismo para resolver problemas.

3.- Es acumulativa.

4.- Es fundamental para la humanidad.

5.- Es esencial para la supervivencia.

6.- Altera la cultura y la sociedad.

7.-Está orientada al futuro.

8.- Es observable.

9.- En algunos casos busca una relación armoniosa entre la vida humana y la Naturaleza.

10.- Es una prolongación de las facultades humanas.
(Dickson, 1984).

3.1.2. Definición de Tecnología Alternativa.

La tecnología alternativa es un término que representa una visión particular de la sociedad y de la tecnología. Sugiere que ésta última no es neutral ni evoluciona a lo largo de una senda única. Reconoce que los distintos grupos culturales y geográficos tienen tecnologías diversas que son apropiadas a sus circunstancias, y que la autodeterminación tecnológica es esencial para la identidad cultural (y la independencia política). Afirma que las únicas tecnologías sensatas son las que buscan acomodarse al entorno biológico dentro del cual se usan; se llama entre otros términos *tecnología ambientalmente adecuada*. Presupone que el objetivo de la actividad económicamente productiva es desarrollar lo que está determinado por la necesidad en un proceso creativo y placentero, y no lo que está determinado por una infinita voracidad en un enajenante proceso de producción repetitiva. Subraya que toda sociedad cuenta con una tradición tecnológica y que las nuevas tecnologías deben nacer de esta tradición, y supone que el único desarrollo que tiene sentido es el de las personas y de sus habilidades, por y para las personas.

La tecnología alternativa constituye un marco que trata de eliminar la alineación y la explotación del individuo, y la dominación del ambiente por las actividades del hombre. La tecnología alternativa podría ser caracterizada como una tecnología que hace satisfactorio el trabajo desarrollado dentro de ella, que puede ser controlada tanto por los productores como por la comunidad que utilizará sus productos, que conserva los recursos naturales y que produce nulos o ligeros daños al ambiente. También puede ser caracterizada como una tecnología de bajos beneficios y poco peligrosa, y aunque el nivel de vida general (medido en términos de cantidades de bienes materiales, etc.) será probablemente mucho menor que el proporcionado por las sociedades industriales contemporáneas, también serán menores los riesgos que la tecnología alternativa presenta con respecto a la estructura social y ambiental.

Todd, (1978), citado por Darrow y Pam, (1980), ha seleccionado cinco características de la tecnología alternativa. Según sugiere, éstas son:

1. Que funcione de un modo más efectivo en los niveles más bajos de la sociedad,
2. Que la gente más pobre pueda utilizarla;
3. Que esté basada principalmente en consideraciones de tipo ecológico y social, en vez de basarse en principios de rendimiento económico;
4. Que permita la posible evolución de pequeñas y descentralizadas comunidades;
5. Que necesite cantidades relativamente pequeñas de recursos.

De modo similar, se sugiere que la renovación de las comunidades rurales más pequeñas debería estar basada en una utilización y gerencia de los recursos bióticos locales, o de otro tipo, científica, especializada y conservadora, en vez de basarse en la utilización de maquinaria a gran escala e industrias con un consumo intensivo de energía.

Algunas características de la tecnología tradicional y la tecnología alternativa pueden observarse en el cuadro 1

Cuadro1. Características de la tecnología tradicional y la tecnología alternativa

Tecnología Tradicional	Tecnología Alternativa
1 Sociedad de tecnología "dura" ecológicamente defectuosa	Sociedad de tecnología "blanda" ecológicamente sólida
2 Amplio consumo energético	Reducido consumo energético
3 Utilización no reversible de materiales y fuentes de energía	Uso exclusivo de materiales y fuentes de energía reversibles
4 Funcional sólo durante un tiempo limitado	Funcional durante todo el tiempo
5 Producción masiva	Industria artesanal
6 Alta especialización	Baja especialización
7 Núcleos familiares	Unidades comunales
8 Predominantemente urbana	Predominantemente rural
9 Alineación de la naturaleza	Integración con la naturaleza
10 Política de consenso	Política democrática
11 Límites técnicos establecidos por la riqueza	Límites técnicos establecidos por la naturaleza
12 Comercio a escala mundial	Comercio local
13 Destructora de la cultura local	Compatible con la cultura local
14 Tecnología propensa al mal uso	Controlada contra el mal uso
15 Altamente destructora de otras especies	Dependiente del bienestar de otras especies

16 Innovación regulada por el beneficio y por la guerra	Innovación regulada por la necesidad
17 Economía orientada hacia el crecimiento	Economía de crecimiento cero
18 Predominio del capital	Predominio del trabajo
19 Alienadora de jóvenes y viejos	Integradora de jóvenes y viejos
20 Centralizadora	Descentralizadora
21 Su eficacia general aumenta con el tamaño	Su eficacia general aumenta con el tamaño reducido
22 Modos de funcionamiento demasiado complicados para su comprensión general	Modos de funcionamiento comprensibles para todo el mundo
23 Frecuente y serios accidentes tecnológicos	Pocos e insignificantes accidentes tecnológicos
24 Soluciones únicas para los problemas técnicos y sociales	Soluciones diversas para los problemas técnicos y sociales
25 Predominio del monocultivo en la agricultura	Cultivos agrícolas diversificados
26 Elevada valoración de los criterios cuantitativos	Elevada valoración de los criterios cualitativos
27 Industria especializada en la producción de alimentos	Producción de alimentos compartida por todos
28 Trabajo emprendido principalmente por dinero	Trabajo emprendido principalmente por satisfacción
29 Grandes unidades dependientes	Pequeñas unidades autosuficientes
30 Ciencia y tecnología alineadas de la cultura	Ciencia y tecnología integradas en la cultura
31 Ciencia y tecnología realizadas por élites especializadas	Ciencia y tecnología realizadas por todos
32 Amplia distinción entre trabajo-ocio	Pequeña o inexistente distinción entre trabajo-ocio
33 Elevado desempleo	Generación de autoempleos
34 Objetivos técnicos válidos sólo para una pequeña proporción de individuos durante un tiempo limitado	Objetivos técnicos válidos para todos los hombres durante todo el tiempo.

Fuente: Biotechnic Research and Development (BRAD). 1978, citado por Darrow 1980.

Acerca de los principios de la tecnología alternativa, existen tres grupos de relaciones implicadas en ellos. Estos son la relación de la tecnología con el individuo, su relación con la comunidad y su relación con el ambiente. Desde el punto de vista del individuo, la tecnología alternativa debe proporcionar idealmente los medios por los cuáles éste podría realizarse y experimentar, de modo completo, todas sus posibilidades humanas. La tecnología sería no-alienadora, en el sentido de que permanecería directamente bajo el

control del individuo, y le uniría, en vez de separarlo, a los otros miembros de la comunidad, y a su entorno natural.

El sistema de valores comunitarios incluidos en la tecnología alternativa engloba normalmente algún tipo de expresión acerca de la necesidad de mantener la libertad del individuo frente a la explotación y control por parte de otros. Al mismo tiempo, destaca la importancia de las comunidades que, estando unidas por sus ideales y su experiencia colectiva, pueden proveer a los deseos y necesidades de todos sus miembros. Las implicaciones que afectan a la tecnología consisten en que ésta debería ser accesible a un control ejercido por la comunidad, y no debería proporcionar ningún medio por el que pudiera existir la explotación o dominación de sus miembros. Los medios más eficaces y menos alineados de producir aquello que necesite la comunidad se encuentran dentro de la comunidad misma, el trabajo debe convertirse en parte de una cultura viva por medio de su propia organización, y recalcar que el trabajo no puede ser escindido de las otras actividades individuales y comunitarias, sino que debe estar integrado dentro de ellas.

De la relación entre tecnología y ambiente se poseen una serie de hechos, tales como los niveles potenciales de utilización de recursos y de interferencias ecológicas sobre los que hay que trabajar. También se posee una cierta cantidad de conocimientos acerca del funcionamiento del ambiente; partiendo de esta situación, se puede establecer un marco de tecnologías que, teóricamente, deberían minimizar los daños producidos en el ambiente y que pueden ayudar a utilizar los recursos de que se dispone de un modo que fuese, social y ecológicamente, el más deseable posible. Commoner, (1978), citado por Darrow, (1980), señala cuatro principios ecológicos básicos que se deben tomar en cuenta para realizar lo anteriormente señalado: a) Todo está conectado con todo lo demás, b) Todo ha de ir a alguna parte, c) La naturaleza conoce mejor las cosas (esto es, las interferencias con los sistemas ecológicos traen consigo problemas y desajuste dentro de los mismos sistemas) y d) No existen alimentos gratuitos.

Parte del razonamiento que sostiene al concepto de tecnología alternativa puede resumirse de la siguiente manera:

- 1) Permite satisfacer las necesidades locales con mayor efectividad, porque son las personas de la localidad quienes identifican estas necesidades y trabajan para superarlas
- 2) Se ocupa del desarrollo de herramientas que son una extensión de las habilidades humanas y de la mano de obra, en lugar de eliminar o ser una sustitución de estas habilidades; no se trata de adaptar el elemento humano, sino de hacerlo más productivo y creativo
- 3) Representa una escala de actividades, organización y errores que puede comprenderse y controlarse, y en la cual puedan trabajar las personas entendiendo lo que hacen y sin necesidad de una sofisticada capacitación administrativa
- 4) Permite una operación más económica puesto que reduce al mínimo la transportación de artículos en una época en la que la energía es sumamente costosa, con lo cual se permite más interacción de la industria regional y un mayor aprovechamiento de los recursos locales (tanto humanos como materiales)
- 5) Hace innecesarios los muchos servicios, que además de costosos son difíciles de obtener: financiamiento, transportación, educación, publicidad, administración y

energía; y con ello evita que se pierda el control local, cosa que ocurre cuando se emplean tales servicios foráneos

- 6) Ayuda a establecer un depósito autoabastecedor de las capacidades que tiene la comunidad, a partir de las ya existentes
- 7) Tiende hacia la descentralización de la producción, para permitir que todo el beneficio del trabajo se quede dentro de la comunidad; esto ayuda también a que el control se mantenga en la comunidad
- 8) Proporciona a una región un “colchón” que la protege contra los efectos de los cambios económicos externos
- 9) Ayuda a reducir la dependencia económica, social y política entre los individuos, las regiones y las naciones, cuando se reconoce que la gente puede realizar actividades por sí misma, si se quitan los obstáculos para que lo logre
- 10) Está en armonía con las tradiciones culturales del área, lo cual no significa que se estanca sino que evoluciona al mismo tiempo que la cultura y no contradice los valores que son importantes para la gente; la tecnología se adapta a la cultura más fácilmente que la cultura a la tecnología. (Darrow y Pam, 1980).

3.1.3. Definición de Ecotecnología.

Son tecnologías que promueven el mejoramiento y el cuidado del ambiente, hacen un uso mínimo de aquellos recursos no renovables que polucionen o que no supongan un peligro para la salud de la comunidad; utilizan de un modo racional y sustentable los materiales y la mano de obra de la región, causan las menores interferencias posibles en relación a los ciclos ecológicos naturales. Tratan de utilizar fuentes alternativas de energía, tales como la energía producida por el viento, la energía solar y la energía hidráulica, técnicas alternativas de construcción, de cultivos alimenticios y de técnicas al servicio de las necesidades generales de una comunidad de un modo compatible con su actitud respecto al medio para elevar la calidad de vida con un mínimo de costos financieros y ambientales.

Las técnicas y herramientas que son utilizadas en las ecotecnologías tienen en común las siguientes características:

- a) Tienen un bajo costo de capital
- b) Hacen uso de materiales locales siempre que sea posible
- c) Crean empleos que aprovechen las habilidades y la mano de obra local
- d) Son suficientemente pequeñas en escala para que las puedan costear grupos reducidos de campesinos
- e) Pueden ser comprendidas, controladas y mantenidas por las personas de la comunidad siempre que sea posible, sin necesidad de contar con un alto nivel de educación al estilo occidental
- f) Pueden ser producidas en un pequeño taller
- g) Parte de que las personas pueden trabajar juntas para lograr colectivamente mejoras en favor de sus comunidades, en el entendido que en casi todo el mundo las decisiones las toman los grupos más que los individuos
- h) Involucran fuentes descentralizadas de energía renovable, como son la energía del viento, la solar, la del agua, el gas metano, la energía animal y la de los pedales
- i) Hacen la tecnología comprensible a las personas que la utilizan y así sugerir ideas que podrían usarse en otras innovaciones

- j) Tienen que ser flexibles, de modo que puedan seguir siendo utilizadas o adaptadas para ajustarse a circunstancias cambiantes
- k) No necesita patentes, regalías, cuotas o asesores, impuestos de importación, cargas por envío o por riesgos financieros.

Esto implica que toda técnica supone una tecnología, y que su empleo impone un nexo lógico entre quien las usa y su entorno físico y social. Las técnicas que se emplearán en este trabajo intentan que su tecnología implícita sea convivial, es decir, que funcionen como herramientas bajo el control del que las emplea, que en lugar de inhabilitar haciendo inútiles y enejanentes las destrezas y capacidades, las fortalezcan y contribuyan así a hacer la vida más plena y creativa. (Kraemer, 1993).

3.2. La Granja

3.2.1 Definición de granja.

Una granja es una explotación agraria, una unidad económica de producción agropecuaria sometida a una gerencia única y conectada a redes comerciales muy diversas. Comprende toda la tierra dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria y donde se realizan las operaciones consistentes en la producción de cultivos o plantas, a la cría, el pastoreo, la alimentación de ganado, y las técnicas agroindustriales, para dedicarlos a producir bienes de origen vegetal, animal, y/o a la transformación de los mismos en bienes intermedios o de consumo final para un mercado determinado, y dentro de una operación rentable independientemente del tamaño, título o forma jurídica.

La gerencia única puede ser ejercida por una persona, por un hogar, por dos o más personas u hogares conjuntamente; por un clan o una tribu, por una persona jurídica, como una empresa o una colectividad agropecuaria; una cooperativa o un organismo oficial.

Las tierras de explotación pueden constar de una o más parcelas situadas en una o más áreas separadas, en una o más divisiones territoriales o administrativas. Forman parte de una misma explotación todas las parcelas que compartan los mismos medios de producción. (Guerra, 1997).

3.2.1.1 Características

Las principales características de las actuales granjas son su elevada producción y productividad; se han convertido en grandes explotaciones intensivas en un sentido mercantilista que sólo se ve como negocio en donde los animales se crían en instalaciones altamente tecnificadas, con métodos orientados a la producción masiva.

Es un modelo de producción basado en la maximización de la productividad del trabajo en grandes unidades de explotación. Esta forma de producción requiere de la utilización de paquetes tecnológicos altamente demandantes de insumos; estos paquetes han producido aumentos importantes en los rendimientos (a corto plazo) en algunas de las áreas productivas, aunque al costo de haber incrementado el uso de insumos con alto contenido

energético, o sea que, la producción se esta sosteniendo como consecuencia de un incremento cada vez más constante en los insumos que se utilizan en las granjas, indispensables para aumentar la productividad de la misma y mantenerse en situación de competir en el mercado.

Ahora, con los actuales sistemas de explotación, la producción ya no depende de la tierra y la Naturaleza, cada día se tratan de sustituir, quedan aisladas la producción agrícola de la pecuaria para eficientizar el manejo de la granja; con la utilización de maquinaria, fertilizantes, suplementos alimenticios y el resto del paquete tecnológico, se busca lograr la combinación de los procesos mecánicos con los procesos biológicos. Con esto la granja aumenta la escala de sus operaciones y, a medida que avanza el proceso la naturaleza misma de la producción agropecuaria está viendo transformaciones fundamentales que la hacen parecerse en algunos aspectos a un sistema de “fábricas en el campo”, debido a la similitud que está logrando con la producción secundaria, tipo cadena productiva. Porque ahora en la granja para llegar a semejantes escalas de producción se necesita de una crianza especial, de alimentación enriquecida intensiva, de la estimulación química (hormonal) y control químico de plagas, del hacinamiento de los animales en ambientes artificiales en donde sus funciones biológicas son atendidas en forma mecánica y continua en un proceso semejante al de una fábrica.

Algunas características que pueden ejemplificar mejor a una granja son las siguientes:

- * Requiere de altas inversiones de capital
- * Se tiene que realizar en instalaciones tecnificadas
- * Debe contar con obras de infraestructura (agua, luz, drenaje, carreteras, transporte, etc.
- * Requiere menor cantidad de terreno para el manejo de los animales
- * Tiene una mayor producción y reproducción de los animales
- * La producción es más eficiente
- * Se necesita mano de obra calificada
- * Menor dependencia de subsidios
- * Utiliza insumos altamente demandantes de energía
- * Se explotan aves, conejos, cerdos, bovinos, y más recientemente, avestruces
- * Tiene una mayor ganancia de capital
- * Produce alimentos de alta calidad
- * Alta especialización en la producción de especies animales
- * Maneja un mayor nivel de competitividad.

(Burbach y Flynn, 1983).

3.2.1.2 Tipos de granja.

En el sector agropecuario del país se utilizan tres tipos de sistemas de explotación que se diferencian entre sí por el nivel de tecnología aplicada, el grado de integración vertical y horizontal y los mercados que atienden, los cuales de acuerdo a sus principales características se agrupan en tres diferentes categorías: el tecnificado o integrado, el semi-tecnificado o semi-integrado y el de traspato o de autoabastecimiento.

Mientras los dos primeros tienen una distribución geográfica casi definida (no en todos los casos), el último se practica en todos los estados del país. Esta distribución se ve influida por las diferentes "mentalidades de los productores", así como la capacidad económica de inversión donde es superior en los estados del Centro y del Norte del país, aunque en los últimos años se observa un desarrollo sustantivo de granjas tecnificadas en la región sudeste del país.

Existen una gran variedad de tipos de granja en las cuales se maneja, en cada una de ellas, los tres tipos de sistemas de explotación que se mencionaron anteriormente. Dependiendo del objetivo de su producción se pueden encontrar granjas de:

- a) aves
 - b) conejos
 - c) bovinos
 - d) ovinos
 - e) acuícolas
 - f) porcinos
 - g) avestruces
 - h) caballos
- (Calva, 1997).

3.2.2 Definición de Granja Integral.

Se le define como la unidad de producción agropecuaria altamente diversificada, cuyos rubros (agrícolas, pecuarios y forestales) se integran y complementan entre sí, con el propósito de autoabastecerse y de reducir riesgos, vulnerabilidades y dependencias externas. Busca la máxima eficiencia en el uso de los recursos existentes en el predio, a través de la correcta introducción de tecnologías para mejorar la productividad de la mano de obra y de la tierra; incrementando los rendimientos de los animales y aumentando los ingresos. La granja integral tiene como características especiales ser altamente diversificada, integrada y autosuficiente.

Granja altamente diversificada

La primera condición para viabilizar técnica y económicamente una pequeña finca es que sea altamente diversificada. La diversificación es la esencia y la gran fortaleza de la granja integral, ya que a través de ella se podrá: 1) alimentar en forma balanceada y permanente a la familia y a los animales; b) producir algunos reemplazantes de insumos industriales (semillas, fertilizantes, raciones, etc.); c) producir excedentes diversificados para generar fuentes complementarias o alternativas de ingreso familiar, y lo más importante, podrá hacer todo lo anterior en forma permanente durante todo el año, respetadas apenas las restricciones climáticas. La diversificación es una eficiente estrategia para reducir dependencias externas y disminuir vulnerabilidades y riesgos climáticos, comerciales, de plagas y enfermedades.

En la granja integral deben convivir explotaciones agrícolas, pecuarias y forestales, porque ninguna de ellas, por sí sola, puede cumplir las múltiples funciones recién mencionadas.

Granja integrada.

En virtud de su gran diversificación en el espacio y en el tiempo, todos los miembros de la familia tienen oportunidades permanentes de ejecutar actividades productivas y generadoras de ingresos en el predio; con ello, también contribuyen a integrar los otros factores existentes en la finca, a las actividades productivas.

Es integrada porque todos los elementos y actividades están relacionados entre sí como un sistema, porque cada uno de ellos sirve para varios fines y cumple más de un oficio y porque todos los elementos del conjunto son complementarios uno del otro. (Lacki y Gaitán, 1993).

3.2.2.1. Características

Es un modelo complejo de fácil aplicación y apropiación, complejo en la medida en que se considera una red de relaciones que no son evidentes en las prácticas convencionales dominantes. La complejidad afecta directamente la canalización de recursos financieros por parte de organismos que difícilmente pueden percibir esta red de relaciones a partir de sus prácticas concretas. A pesar de lo anterior, el modelo se considera de fácil aplicación y apropiación, porque se instrumenta sobre la base de una débil composición orgánica de capital, utilizando al máximo los recursos locales y con un abanico de tecnologías factibles de apropiación, tanto en su diseño y construcción como en su operación.

La factibilidad en la apropiación del modelo se justifica porque resulta de la reactualización y sistematización de técnicas tradicionales de cultivo, mantenidas por grupos de productores, subvaloradas por el modelo dominante, expresión de la acumulación de conocimientos fundados en una práctica ancestral. Como ejemplos se pueden señalar, las variedades criollas de maíz, el manejo de los solares, la asociación de cultivos, el aprovechamiento de los esquilmos, el sistema chinampero, etc. De esta manera se pretende la contribución al desarrollo tecnológico autónomo e independiente.

Por otra parte, se quiere asegurar un desarrollo autocentrado, lo que implicaría el desarrollo de tecnologías adecuadas y factibles de apropiación por parte de las personas que las vayan a ejecutar, cuyas características principales son:

- Dar respuestas a la satisfacción de las necesidades básicas de la población
- Su manipulación y utilización debe ser factible de una socialización entre la comunidad que la utiliza
- Que su aplicación tenga en cuenta las características específicas del ecosistema
- Que la implementación requiera de una débil inversión de capital y absorba la mayor cantidad de mano de obra, donde sea necesario
- Que su desarrollo promueva la descentralización tanto a nivel de la producción como de la organización social.

El desarrollo de este tipo de tecnologías al interior del modelo permitiría establecer progresivamente una relación más simétrica y de menor dependencia entre el campesino y el técnico o extensionista.

De las características anteriores se desprende que la granja integrada pretende apoyar un proceso autogestivo, en donde los productores ejerzan un control efectivo sobre el proceso de producción y sobre las decisiones comunitarias que giran en torno a él. El manejo inicial de pequeñas unidades favorece esta perspectiva, en contraposición a otras propuestas que escapan al control de la base social. El modelo de la granja integral supone el uso intensivo del suelo y de la mano de obra, así como un proceso continuo de capacitación y la asignación de recursos, que en conjunto escapan a la posibilidad de apropiación individual.

Intenta apoyar las diferentes formas de asociación que se dan al interior de la comunidad; no se piensa en un prototipo de organización, sino de encontrar, en cada caso, la mejor forma de asociación de acuerdo a las características físicas y sobre todo sociales del lugar. El desarrollo de las granjas integrales apunta también a presentar un referente alternativo de producción al interior de la comunidad, que pueda reorientar las formas de producción dominantes en el ejido, la comunidad o en pequeñas explotaciones. La granja integral representaría un centro de educación no formal que capacite a los campesinos en el manejo de las diferentes unidades, al permanecer como responsables del mantenimiento durante algún tiempo.

La producción de las granjas integrales se destina y vincula prioritariamente a lograr el mayor grado de autosubsistencia alimentaria al interior de la comunidad, por otra parte, los volúmenes de producción se ajustan a la demanda real de la comunidad pudiéndose racionalizar la venta cuando la oferta es menor a la demanda. Sólo los excedentes van al mercado local, en una primera etapa la prioridad es la autosubsistencia, sin negar la posibilidad de que al alcanzar un cierto nivel de desarrollo y control en el proceso productivo, las granjas coloquen también su producción en el mercado local o regional.

La granja integral debe, en carácter prioritario, garantizar la seguridad alimentaria de la familia y de los animales. Con este enfoque la primera condición es que la parcela esté diversificada para proveer todos los nutrimentos en forma balanceada y en el momento que se requiera. La granja integral posibilita el uso productivo del recurso mano de obra durante todo el año, a través de la diversificación horizontal de la producción y de la verticalización del proceso agroeconómico; en esta última, es la familia rural (y no el circuito agroindustrial) la que se encarga de las actividades anteriores al proceso productivo propiamente (producción de insumos en la propia finca) y posteriores a la cosecha (procesamiento y comercialización). El desarrollo de estas actividades pre y posproducción puede crear nuevas fuentes de trabajo para todos los miembros de la familia. El monocultivo crea demanda de mano de obra en forma esporádica, pero en el resto del ciclo biológico suele existir sobre oferta y ociosidad del más valioso y abundante recurso existente en el predio. Ocurre idéntica estacionalidad y ociosidad con otros factores de producción (tierra, equipos, animales de trabajo, etc.); esta ociosidad es una paradoja, debido a que dichos factores, de por sí ya son escasos, y por tal motivo deberían de ser utilizados íntegramente y en forma permanente.

En el monocultivo, sólo una parte del recurso suelo se puede utilizar, aquélla que es apropiada para el rubro cultivado; como los pequeños productores generalmente poseen tierras con limitaciones productivas, se agrava la situación de escasez de tierra. Con la granja integral se integra al proceso productivo toda la finca, ya que en una explotación diversificada toda el área tiene oportunidad productiva y disminuyen las restricciones edafológicas y las adversidades climáticas, gracias a la gran diversificación será más fácil encontrar una especie que se adapte a dichas restricciones.

La agricultura de monocultivo tiene un grado mayor de afectación por riesgo de plagas, enfermedades y factores de clima; asimismo, tiene una alta y generalmente desfavorable dependencia de los mercados (de insumos y productos). Al ofrecer un solo producto depende totalmente de las cambiantes fuerzas de oferta y demanda; al ofrecer bajos volúmenes de excedentes, se ve aún más vulnerable a los mercados. En la granja integral, el principal consumidor es la familia rural y sus animales, sale al mercado con excedentes en una amplia gama de productos y con una oferta permanente, con lo cual generalmente obtiene, en promedio, una mejor remuneración y disminuye los riesgos, si un grano tiene un precio desfavorable, el agricultor podrá transformarlo en leche, huevos o carne; si el precio de un rubro es bajo, podrá ser compensado con el mejor precio del otro; si una plaga ataca a una especie vegetal, probablemente no afectará a las otras, etc.

La granja integral no está condicionada a la ocurrencia de circunstancias especiales como: decisiones políticas, aprobación de leyes, concesión de créditos o subsidios, construcción de complejas estructuras, o suministro de insumos. Esencialmente pudiera depender de que exista un organismo de investigación pragmático, que entregue tecnologías relevantes a un extensionista comprometido en encontrar soluciones para los problemas de los agricultores, y capacitarlos para que ellos sepan producir con eficiencia técnica y gerencial y puedan solucionar sus propios problemas, y con ello emanciparse del paternalismo (muchas veces apenas retórico) del Estado. A través de la adopción de la granja integral, desaparecen o pierden importancia relativa los factores externos (y generalmente inaccesibles) que tradicionalmente se ha considerado como condicionantes (aunque no necesariamente lo son) para que los productores puedan modernizarse, tecnificar adecuadamente sus explotaciones y progresar económicamente.

Se puede empezar con lo que tenga el agricultor y la granja; no requiere de bienes determinados o de un capital definido, en las circunstancias en las que se encuentre el predio, se inicia el proceso. En consecuencia de lo anterior, es esencialmente democrático porque todos los agricultores pueden adoptarlo por escasos que sean sus recursos productivos.

La granja integral se desarrolla en forma gradual partiendo de lo posible a lo deseable, y de lo simple a lo complejo, de esta manera la granja no se considera terminada; siempre se puede mejorar e integrar un elemento innovador al proceso productivo y mejorar la eficiencia. El proceso de modernización empieza con las innovaciones de cero costo (tecnologías de proceso que no requieren de insumos externos), las que al aumentar rendimientos y reducir costos generan los recursos para financiar los insumos necesarios para adoptar las innovaciones de costo intermedio (semillas, inoculantes, vacunas, etc.); éstas a su vez, generan los recursos que financiarán los factores necesarios para adoptar las tecnologías de alto costo (maquinaria, riego, etc.). Las tecnologías de proceso (el cómo

hacer) financian la adquisición de los insumos que se requieren para adoptar las tecnologías de producto (el con qué hacer).

Idéntica gradualidad ocurre con el uso de los recursos productivos, empezando por la plena utilización de los que están disponibles en el predio, para después de lograr alguna capitalización adquirir factores externos a la finca, si ellos son necesarios. La gradualidad sirve como importantísimo instrumento: a) de elevación de la autoconfianza del agricultor (él mismo descubre que es capaz de solucionar sus problemas); b) de autocapacitación de la familia rural; c) como estrategia para generar en forma endógena los recursos necesarios para financiar la adquisición de lo que llegará a necesitar la familia; y d) de universalización en las oportunidades de tecnificación

Se propone esta gradualidad como estrategia para permitir que, en el futuro, todos los agricultores puedan avanzar hacia tecnologías de alto rendimiento, obtener mayor cantidad y calidad de producto por unidad de mano de obra, de tierra, de animal, etc.; cosechar más con menos recursos y con menos esfuerzos y sacrificios innecesarios.

Insumos producidos en la granja. Los desechos de un módulo productivo se convierten en insumos para otro, pues en la granja integral todo es aprovechable, para la producción de abonos orgánicos, se utilizan los residuos vegetales, excrementos animales, cenizas, etc. Las raciones balanceadas y los suplementos proteicos (ambos generalmente de origen industrial) pueden en gran parte ser reemplazados por mejores praderas, pasto para corte, bancos de proteína y producción propia de los componentes de las raciones (maíz, sorgo, girasol, alfalfa, soya, etc.). Es posible obtener semillas en la granja mediante procesos de selección masal o multiplicación de pequeñas cantidades adquiridas en el mercado.

En síntesis, la granja integral produce la mayor parte de sus insumos, los industriales son apenas un complemento. La granja integral es una fábrica de los insumos requeridos en el proceso productivo; es esencialmente autodependiente y, por tal motivo, libera a la familia rural de vulnerabilidades, dependencias y paternalismos. Cuando hay necesidad de insumos externos, se otorga prioridad a aquellos que pueden automultiplicarse y a aquellos que pueden producir otros insumos.

Uso intensivo de los recursos productivos. La granja integral es una explotación intensiva en mano de obra con mínimos requerimientos de maquinaria, equipos e inversiones; en otras palabras, no requiere de grandes recursos de capital, se puede iniciar y ejecutar con los medios disponibles por la familia y la parcela. Para romper la limitante de la escasez de tierra, la granja integral, otorga especial prioridad a la recuperación de la capacidad productiva del suelo; además, busca que toda la finca se involucre en el procesos productivos y que lo haga en forma continuada, con eficiencia, altos rendimientos y bajos costos.

El suelo se usa a plenitud; si posee mucha pendiente se puede reforestar con especies forrajeras, productoras de leña o frutales permanentes para evitar la erosión por laboreo continuo. La pendiente se maneja con curvas de nivel, terrazas, o cordones vegetales sembrados con especies de múltiple propósito. El agua se almacena evitando su escurrimiento por medio de reservorios, pequeñas represas o estanques. El agua de lluvia se

puede recoger de los techos de las casa y se almacena por medio de tanques. Con sistemas sencillos de riego de bajo caudal, se hace viable la producción de alimentos en épocas de sequía, también se pueden usar pozos freáticos por medio de bombeo manual o molinos de viento. La energía (eólica, hídrica, solar, de biomasa) es aportada a bajo costo por la propia finca y por la Naturaleza; los animales de trabajo y de producción deben recibir especial cuidado en la alimentación, manejo y sanidad para que tengan un eficiente desempeño reproductivo, el que a su vez mejorará el rendimiento productivo de la granja. En la granja integral la eficiencia y la productividad contrarrestan la insuficiencia de tierra y de otros factores de producción.

Prioridad al autoabastecimiento. Los principales consumidores de la producción de la granja integral son la familia campesina y los animales. La granja debe garantizar prioritariamente el abastecimiento diversificado de ambos en forma permanente; por ello la granja integral debe producir los alimentos balanceados que son necesarios para el abastecimiento familiar y para la producción animal durante todo el año. Sin embargo, esta autosuficiencia no puede ser absoluta; las familias rurales requieren en forma permanente, de algunos insumos y bienes de consumo familiar que la granja no puede proporcionar, lo anterior las obliga a producir excedentes mercadeables que generen ingresos, también en forma permanente para poder adquirir estos elementos sin necesidad de recurrir al siempre escaso y engorroso crédito oficial o al caro crédito usurero. En virtud de las crecientes aspiraciones y necesidades de las familias rurales, estos excedentes negociables deben ser cada vez mayores, lo que indica que el autoabastecimiento tendrá que ser una prioridad (punto de partida) y no un objetivo final (punto de llegada). Según las circunstancias de cada agricultor, los productos comerciables pueden ser oriundos de los excedentes de los rubros de autoconsumo o provenir de uno o más rubros de renta; es decir, de aquellos que se producen exclusivamente con el propósito de ser comercializados y no para ser consumidos por la familia. (Lacki y Gaitán, 1993).

3.2.2.2. Principios

Los principios para el diseño de una granja integral van a estar basados en las características estructurales y funcionales del ecosistema natural o seminatural que permanezcan en la zona donde se desea implementar la granja. De esta manera, para asegurar un óptimo funcionamiento de la granja integral, se deben de considerar los siguientes principios ecológicos:

- a) Uso eficiente de la energía
- b) Ciclaje de nutrientes y materia orgánica de las diversas actividades
- c) Manejo de la diversidad
- d) Evitar hasta donde sea posible el uso de insumos externos
- e) La integración de cultivos, animales y otros recursos agrícolas en el tiempo y en el espacio
- f) Utilización de energías alternativas (como la solar y la eólica)
- g) Utilización de tecnologías sencillas y baratas
- h) Manejo adecuado y la conservación de los recursos naturales

- i) Manejar una relación óptima entre los procesos sucesionales y la producción para el aprovechamiento humano. (Altieri y Hecht, 1990).

3.2.3 La granja integral vs. la granja convencional.

Puede hacerse una caracterización de lo que estos dos sistemas de producción representan: explotaciones intensivas convencionales y la estructura minifundista de los pequeños productores.

El nuevo modelo para la agricultura mexicana supone que los problemas de la producción y de la productividad se deben a la predominancia del minifundio en la propiedad agraria, y que al modificarse jurídicamente el régimen agrario se favorecerá la concentración de la tierra y la inversión privada concurrirá hacia el campo, lo que hará que se eleven la producción y la productividad, y que se reduzca la población agrícola excesiva.

En la concepción neoliberal existe la idea de que es necesario alcanzar una economía de escala aumentando el tamaño de las fincas, primordialmente a través de la integración de sociedades mercantiles. Se piensa que si no se aumenta la escala en la producción rural no se tendrán ventajas comparativas ni se podrá competir en el mercado internacional, sin tomar en cuenta que en otros países las altas productividades se han debido a la aplicación de la tecnología intensiva que se describió en párrafos anteriores.

Se pueden mencionar las razones, desde el punto de vista de las condiciones técnicas de producción, para señalar la viabilidad de las pequeñas explotaciones campesinas:

- a) Los predios pequeños tienen un uso más eficiente de los recursos que los grandes. Se ha encontrado que se presenta una relación inversa entre el tamaño del predio y la productividad, a favor obviamente de la pequeña parcela.
- b) En la intensidad del uso de la tierra hay una relación inversa entre el tamaño del predio y los rendimientos, que se debe a la proporción del área de la finca en uso productivo, es decir, la productividad de la tierra declina como resultado de los incrementos del tamaño de la finca porque se está subutilizando el área total de la tierra disponible.
- c) En cuanto a la composición de la producción total, si se trabajara en grandes fincas dicha producción tendería más a orientarse hacia empresas extensivas en tierra (como pastoreo de ganado) o de bajos valores de cosechas que en fincas más pequeñas.
- d) En las fincas pequeñas se tienen mayores posibilidades de introducir cosechas múltiples que en los predios más grandes, lo que serviría para aumentar el valor total de la producción de un área de tierra dada.
- e) En cuanto a la fertilidad del suelo, las fincas grandes pueden tener en promedio menos suelos fértiles que las pequeñas, debido a que en el proceso de fragmentación de las áreas grandes, tienden a acontecer las asignaciones de la alta y natural fertilidad del suelo. Otra razón es que las fincas grandes técnicamente “mejoran” la tierra buena dentro de su área total e ignoran el potencial productivo de la tierra menos favorable.

- f) En cuanto a la intensidad del trabajo, las fincas pequeñas usan más trabajo por unidad de área que las grandes, lo que se explica por factores como la cantidad de casos más altos de doble cosecha. Por lo tanto, la eficiencia superior de las pequeñas granjas se apoya ampliamente en la intensidad de la utilización de la tierra como recurso, y no en las diferencias de los rendimientos por hectárea.

Por otro lado, desde el punto de vista del costo de oportunidad y de los precios sociales, en una situación de abundancia de trabajo y en donde la tierra y el capital escasean, la economía y el precio social de trabajo son bajos y los precios sociales de ambos, tierra y capital, son altos; los pequeños agricultores confrontan un costo de trabajo implícito, el cual es más bajo que el salario social mientras que para ellos los precios de la tierra y el capital son más altos que su valor social. Los grandes agricultores, en contraste, encaran costos de trabajo por debajo de sus niveles sociales. Esto induce a los grandes agricultores a sustituir capital por trabajo y de aquí a adoptar técnicas de producción socialmente ineficientes. (Calva, 1997).

3.2.3.1 Objetivos.

Uno de los objetivos que tiene la granja convencional consiste en ofertar alimentos y materias primas obtenidas por la producción de cultivos, la ganadería, las técnicas forestales y las técnicas agroindustriales, en rendimientos elevados, con un plan gestor del que forma parte a menudo la explotación del factor tierra y en la cual la producción está basada exclusivamente en la ganancia.

En términos más operativos, el propósito de los objetivos de la granja convencional es traducir el concepto amplio de la misión (visión de lo que la empresa pretende ser a largo plazo). Este tipo de empresas tiene tres propósitos fundamentales que se enmarcan en los sectores económico y social:

- a) Maximización de los beneficios y minimización del riesgo; o sea, que den riqueza a sus propietarios en un ambiente de seguridad
- b) Preservar su situación y, en lo posible, a través del uso de sus propios beneficios
- c) Servir a la sociedad en la que se desenvuelve; es decir, satisfacer las necesidades de sus clientes, hacer tratos con sus proveedores, pagar impuestos al estado etc.

En este tipo de explotaciones se manejan como objetivos permanentes: la rentabilidad, la competitividad, la eficiencia y la flexibilidad.

Los objetivos en los que se basa, la producción en la granja integral, no son sólo la producción, sino el buscar los enlaces adecuados entre la explotación de los recursos y la conservación del ambiente. En la granja integral se tienen:

- a) El abastecimiento permanente de productos básicos para el autoconsumo familiar
- b) La máxima optimización en la utilización de los recursos disponibles
- c) La recirculación de la materia y la energía, con el fin de evitar los desperdicios
- d) Aprovechar al máximo el espacio, tanto horizontal como verticalmente

- e) Hacer un uso intensivo del suelo sin deteriorar el medio
- f) Buscar un equilibrio constante entre la explotación y la conservación.
- g) Fomentar la seguridad alimentaria

3.2.3.2 Ventajas.

Se pueden señalar algunos puntos indicando las ventajas que muestra la producción de las granjas convencionales, estos son:

- a) Producción y productividad constantes que cubren las necesidades del mercado
- b) Niveles de productividad y rentabilidad elevados
- c) Distribución y comercialización eficientes de alimentos y productos pecuarios
- d) Manejo del mejoramiento genético del ganado
- e) Control de los parámetros de producción, nutrición, y reproducción
- f) En algunos casos se destina la producción de forrajes para la alimentación del ganado
- g) Se maneja una organización empresarial de los productores

Dentro del gran abanico de ventajas que se pueden obtener al implementar sistemas de producción de granjas integrales están:

- a) Son sistemas apropiados a las condiciones ambientales, culturales y productivas
- b) Resulta ser más eficiente en términos de la utilización de la energía
- c) Promueve la utilización de fuentes de energía alterna
- d) Es un sistema más eficiente en cuanto al uso y conservación de los recursos naturales
- e) Fomenta el aprovechamiento de los recursos disponibles
- f) Realiza un aprovechamiento integral de los recursos
- g) Es flexible en la aplicación de tecnologías adecuadas
- h) Permite llevar a cabo la autogestión
- i) Contribuye a la seguridad alimentaria
- j) Se pueden obtener ingresos sin deteriorar el ambiente
- k) Proporciona numerosos beneficios ambientales
- l) Puede generar oportunidades económicas más justas
- m) Maneja la diversidad de los seres vivos.
- n) Rescata la utilización de la tecnología tradicional de los pueblos

3.2.3.3 Desventajas.

Las granjas intensivas convencionales a lo largo de su desarrollo han generado toda una serie de problemáticas a su alrededor, por ejemplo:

- a) Costos altos en la alimentación de los animales
- b) La producción ganadera se ha convertido en un importante factor de degradación ambiental

- c) Se destinan tierras agrícolas aptas para la producción de cultivos básicos, y se deforestan selvas para la producción de forrajes para el ganado
- d) Es altamente dependiente de insumos externos
- e) Se realiza un enorme desperdicio de nutrimentos
- f) Deterioro del suelo y erosión por la utilización de maquinaria, irrigación inadecuada y aplicación de monocultivos
- g) Hacinamiento indiscriminado de los animales
- h) Se somete a factores estresantes a los animales
- i) Las granjas industriales se caracterizan por un modo de manejar a los animales en el que éstos son considerados no como seres sensibles, sino como unidades de producción en las que se exige rendir los máximos beneficios respecto a los aportes. Inevitablemente, la salud y el bienestar de los animales ocupan un lugar secundario ante el afán de maximizar los beneficios.
- j) Se difunden y propagan rápidamente las enfermedades
- k) Genera una contaminación importante por estiércol
- l) Genera contaminación química del agua, del aire y del suelo que contribuyen a la acidificación y al calentamiento global
- m) Ha fomentado la destrucción de hábitats y la pérdida de la biodiversidad. (Burbach y Flynn, 1983)

Se mencionan a continuación los principales problemas o desventajas que se pueden presentar al implementar una granja integral:

- a) La vinculación tan estrecha de los elementos que la integran, ya que al fallar uno de estos elementos separa todo el proceso funcional
- b) Que no genere el suficiente interés por parte de los productores como una alternativa de producción
- c) Que al alcanzar un cierto nivel de desarrollo y control en el proceso productivo, las granjas puedan colocar su producción en el mercado local o regional, lo que pudiera representar problemas, principalmente el de una posible y peligrosa especialización en función del mercado externo, que desarticule los niveles de equilibrio e integración que se pudieran alcanzar.
- d) Que al implementarse en una comunidad o ejido no exista en éstos la organización suficiente que faciliten la ejecución del proyecto. (Kraemer, 1993).

3.3 Principios ecológicos para diseñar agroecosistemas

3.3.1 Funcionamiento del ecosistema

Los organismos vivos y su ambiente inerte (abiótico) están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí, cualquier unidad que incluya la totalidad de los organismos (comunidad) de un área determinada que actúan en reciprocidad con el medio físico de modo que una corriente de energía conduzca a una estructura trófica, a una diversidad biótica y a ciclos materiales (intercambio de materiales entre las partes vivas y las inertes) claramente definidos dentro del sistema, es denominado un sistema ecológico o ecosistema.

Desde un punto de vista trófico, el ecosistema tiene dos componentes, que suelen estar parcialmente separados en el espacio y el tiempo. Uno de ellos es el componente autotrófico en el que predominan la fijación de energía de la luz, el empleo de sustancias inorgánicas simples, y la construcción de sustancias complejas, el segundo es el componente heterotrófico, en el que predominan el empleo, la readaptación y la descomposición de materiales complejos.

Estructuralmente un ecosistema esta compuesto por los siguientes elementos:

- a) Sustancias y gradientes abióticos. Incluyen elementos inorgánicos, sustancias orgánicas y factores físicos como son gradientes de humedad, vientos, radiación solar, etc
- b) Productores o autótrofos. En su mayoría son las plantas verdes, encargadas de fijar la energía luminosa, transformarla en energía química potencial acumulada en compuestos orgánicos (proteínas, lípidos y carbohidratos) elaborados a partir de materiales minerales como CO_2 , H_2O , NO_2 , SO_4 , NO_3 , etc; proporcionados por el medio exterior.
- c) Consumidores. Incluyen organismos herbívoros y carnívoros que utilizan y modifican materiales complejos.
- d) Desintegradores. Son organismos que modifican y descomponen materiales complejos

Cuando los organismos vivos se encuentran en un ambiente adecuado, con temperatura, niveles de luz, humedad, espacio, etc, dentro de sus límites de tolerancia, requerirán del ambiente únicamente dos cosas:

- a) las sustancias químicas para elaborar la materia viva
- b) la energía, que es la fuerza necesaria para llevar las sustancias a su destino final

En estos principios se sustentan las características principales del componente mayor del ecosistema, el cual consiste en la interacción que se da entre los autótrofos y los heterótrofos. Las características principales de la interacción son:

- a) la estructura trófica o el flujo de la energía a través de los ecosistemas
- b) los ciclos de la materia dentro y/o entre los ecosistemas
- c) la diversidad biótica

Según la segunda ley de la termodinámica la energía no puede ser utilizada una y otra vez, ya que cuando ingresa a un ecosistema y se utiliza no es restaurada a su forma original, pues la energía química usada por los herbívoros o consumidores nunca regresa a una forma de energía lumínica. Esto implica, entonces, que las transferencias de energía son ineficientes; así pues, la energía no se recicla totalmente, ya que en su mayor parte se transforma en calor. En cambio, las sustancias químicas son usadas una y otra vez dentro de los ecosistemas. Aun cuando en la mayoría de los ecosistemas naturales existe una cierta cantidad de exportación e importación de materia, ésta no necesita ser importada de un ecosistema externo para que continúe funcionando el sistema. Finalmente, el grado de diversidad de los organismos en las comunidades, junto con el reciclamiento de la materia y

el flujo de la energía, determinan el equilibrio de los ecosistemas y reflejan las condiciones de salud de los mismos.

Una de las características de los ecosistemas es su capacidad de autorregulación, llamada también homeostasis, estado definido como la tendencia de los sistemas biológicos a resistir el cambio y permanecer en estado de equilibrio.

La estructura y funcionamiento de los diferentes tipos de ecosistemas forman un continuum en el tiempo y en el espacio que refleja la adaptabilidad de las especies de las cuales ellos están compuestos. Los ecosistemas reflejan las tendencias evolutivas a lo largo del tiempo y las interacciones en el corto plazo, en las cuales el ambiente físico y los organismos influyen unos sobre otros a través de un sistema continuo de controles de retroalimentación.

El ecosistema, tiene una identidad geográfica, a pesar de cambios climáticos y geográficos, es continuo en el tiempo, posee una organización definida en su estructura trófica, la cual permanece constante a pesar de perturbaciones. (Granados y López, 1996).

3.3.2. Eficiencia ecológica

Se define como la capacidad óptima de adaptación y de utilización de los recursos en un ecosistema, para lograr un máximo aprovechamiento de la materia y la energía.

El concepto de eficiencia ecológica tiene, dos componentes; por un lado se encuentra la magnitud de la parte del flujo energético de los ecosistemas, que es canalizada hacia el consumo humano, lo que en términos de agronomía se denomina rendimiento, y que puede ser contabilizada, tanto en relación con la superficie utilizada como en la cantidad de trabajo humano que se emplea; por el otro lado, esta eficiencia también tiene que ver con la permanencia de la producción en el tiempo, esto es, la capacidad de sostener indefinidamente un cierto rendimiento, sin que las bases naturales sobre las que se apoya se erosionan o degraden, lo cual se encuentra íntimamente relacionado con la adecuada concatenación de los procesos productivos, y con los mecanismos naturales de regeneración y autorregulación de los ecosistemas.

La eficiencia ecológica de un sistema productivo tiene dos componentes: el simple balance entre la energía que se invierte y la que se obtiene, y la permanencia de la producción a lo largo del tiempo (capacidad de autosostenimiento). En sus acepción general se define la eficiencia como el cociente que resulta de los productos (o salidas) obtenidos y los insumos invertidos (o entradas) en un determinado proceso. ($E=P / I$, donde P es el producto e I el insumo).

Tal concepto general halla su aplicación en el campo de la ecología en la evaluación de los intercambios de energía y materia que los organismos realizan dentro del ecosistema, entre ellos mismos y con el ambiente fisicoquímico. Esta definición se extiende y aplica a los intercambios que la sociedad (o más bien a los hombres agrupados en unidades de

producción) realiza con la naturaleza o los ecosistemas. De esta forma toda práctica productiva (agrícola, pecuaria, forestal o pesquera) presenta, de acuerdo a las condiciones bajo las cuales se realiza, una cierta eficiencia ecológica.

El segundo componente del concepto de eficiencia ecológica queda revelado cuando el balance entre lo que se invierte y lo que se produce de un sistema productivo es evaluado a través del tiempo. Un sistema productivo puede presentar un índice alto de eficiencia que tiende a decrecer conforme pasa el tiempo, en este caso, se trata de un sistema productivo que tiende a depreciarse, es decir, que no es autosostenible. Los ecosistemas, la base material de toda la producción primaria, sin embargo, son los únicos medios de producción que no se deprecian, pues sus propias características intrínsecas les permiten ser una fuente en continua renovación. Por lo anterior cuando un sistema productivo no es capaz de mantener, de manera constante su balance de entrada-salida, no hace más que develar su propia ineficiencia. Puede afirmarse que, en términos generales, la mayor parte de los sistemas productivos modernos están orientados a la extracción de grandes cantidades de materiales y/o energía (es decir, presentan altos índices en su balance de entrada-salida) al inicio de su implantación, pero son incapaces de mantenerse al lo largo del tiempo, por ello se dice que son sistemas que realizan un forzamiento ecológico, que pueden aparecer en un principio como sistemas de alta productividad pero que terminan deteriorando y finalmente destruyendo los ecosistemas que se apropian, o sea, su propia base material. La paulatina pérdida de la eficiencia de un sistema productivo se manifiesta de dos formas: en el decremento de los rendimientos o en el incremento de los insumos, tal y como sucede con muchos sistemas agrícolas cuya ineficacia obliga a incrementar año con año la cantidad de fertilizante para mantener constante la producción. (Toledo y Carabias, 1993).

3.3.3. Agroecosistemas

El agroecosistema es una unidad compuesta por el complejo total de organismos de un área agrícola, junto a todo el ambiente físico externo condicionado por las actividades agrícolas, industriales y sociales del hombre, son sistemas abiertos que reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que pueden ingresar en sistemas externos. El agroecosistema es un sistema domesticado, intermedio entre ecosistemas naturales y ecosistemas fabricados.

Los agroecosistemas difieren de los ecosistemas naturales en que:

- 1) La energía que ayuda a la productividad proviene de la labor humana o animal más que de energía natural
- 2) Hay disminución en la diversidad por el manejo humano, encaminado a maximizar la producción de alimentos específicos y otros productos
- 3) Los animales y plantas dominantes están bajo selección artificial en lugar de natural
- 4) Los propósitos y objetivos están orientados por un control externo, el cual va siendo más remoto, ya que el control de agroecosistemas está en manos de corporaciones o del gobierno, a los cuales el interés económico les impide tener una visión más conservacionista, por otro lado, en el ecosistema natural hay una realimentación interna del subsistema, en cambio, los

agroecosistemas se asemejan a sistemas urbanos industriales por su gran dependencia y el impacto que tienen sobre otros sistemas; es decir ambos tienen numerosos ambientes de entrada y salida de energía. (Altieri, 1987).

Principios básicos de la estructura y función de los agroecosistemas:

- El agroecosistema es la unidad ecológica principal. Contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos, y por medio de los cuales se procesan los nutrientes y el flujo de energía.
- La función de los agroecosistemas se relaciona con el flujo de energía y con el ciclaje de los materiales a través de los componentes estructurales del ecosistema el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos: El flujo de energía se refiere a la fijación inicial de la misma en el agroecosistema por fotosíntesis, su transferencia a través del sistema a lo largo de una cadena trófica y su dispersión final por respiración. El ciclaje biológico se refiere a la circulación continua de elementos desde una forma inorgánica (geo) a una orgánica (bio) y viceversa.
- La cantidad total de energía que fluye a través de un ecosistema depende de la cantidad fijada por las plantas o productores y los insumos provistos mediante su administración. A medida que la energía se transfiere de un nivel trófico a otro se pierde una cantidad considerable para la futura transferencia. Esto limita el número y cantidad de organismos que pueden mantenerse en cada nivel trófico.
- El volumen total de materia viva puede ser expresado en términos de su biomasa. La cantidad, distribución y composición de biomasa varía con el tipo de organismo, el ambiente físico, el estado de desarrollo del ecosistema y de las actividades humanas. Una gran proporción del componente orgánico en el ecosistema está compuesto de materia orgánica muerta, en el cual la mayor proporción esta compuesta de material de las plantas.
- Los agroecosistemas tienden hacia la maduración. Estos pueden pasar de formas menos complejas a estados más complejos, este cambio direccional es sin embargo inhibido en la agricultura moderna al mantener monocultivos caracterizados por la baja diversidad y la baja maduración.
- La principal unidad funcional del agroecosistema es la población del cultivo. Esta ocupa un nicho en el sistema, el cual juega un rol particular en el flujo de la energía y en el ciclaje de nutrientes, aunque la biodiversidad asociada también juega un rol funcional clave en el agroecosistema.
- Un nicho dentro de un agroecosistema dado no puede ser ocupado simultánea e indefinidamente por una población autosuficiente de más de una especie.
- Cuando una población alcanza los límites impuestos por el ecosistema, su número debe de estabilizarse o, si esto no ocurre, debe declinar (a menudo bruscamente) debido a enfermedades, depredación, competencia, poca reproducción, etc.
- Los cambios y las fluctuaciones en el ambiente (explotación, alteración y competencia) representan presiones selectivas sobre la población
- La diversidad de las especies esta relacionada con el ambiente físico: Un ambiente con una estructura vertical más compleja alberga en general más especies que uno con una estructura más simple. Así, un sistema silvicultural contendrá más especies que un sistema basado en el cultivo de cereales. De manera similar, un ambiente

benigno y predecible, alberga más especies que en un ambiente más impredecible y severo.

Un agroecosistema es un sistema originado por la acción del hombre sobre el ecosistema natural y tiene como objetivos la utilización del medio en forma sostenida para obtener plantas o animales de consumo inmediato o transformable.

Las características básicas de todo agroecosistema son tres:

- a) Eficiencia del sistema fotosintético, o sea que se busquen plantas que capturen el máximo de energía solar y la transformen en energía aprovechable
- b) Que las plantas tengan un bajo nivel de pérdida de energía por respiración, ya que las plantas acumulan energía y a la vez ocupan esa energía en sus procesos vitales
- c) Se busca que la tasa de asimilación neta se reparta en diferentes partes del cultivo, especialmente hacia órganos que sean útiles al hombre, como granos en el caso de los cereales; tubérculos en el caso de las papas, etc. (Gliessman, 2001).

Clasificación de los agroecosistemas

Cada región tiene una configuración única de agroecosistemas que son el resultado de las variaciones locales en el clima, el suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia. De esta manera, un estudio acerca de los agroecosistemas de una región está destinado a producir tanto agriculturas comerciales como de subsistencia, utilizando niveles altos o bajos de tecnología, dependiendo de la disponibilidad de tierra, capital y mano de obra.

A pesar de que cada parcela o granja es distinta, muchas muestran una similitud familiar y de este modo se pueden agrupar como un tipo de agricultura o agroecosistemas. Una zona con tipos de agroecosistemas similares se puede denominar como una región agrícola. Whittlesay (1983) reconoció cinco criterios para clasificar a los agroecosistemas de una región: 1) la asociación de cultivos y ganado; 2) los métodos para producir los cultivos y el ganado; 3) la intensidad en el uso de la mano de obra, capital, organización y la producción resultante; 4) la distribución de los productos para el consumo (ya sea que se utilicen para la subsistencia o para la venta) y 5) el conjunto de estructuras usadas para la casa y facilitar las operaciones de la parcela. (Altieri, 1987)

Según Conway y McCracken, 1990, citados por De Grammont, 1996, para examinar los agroecosistemas, éstos deberían ser clasificados según su capacidad de renovación, teniendo en cuenta cuatro cualidades sistémicas de los mismos: productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad.

La productividad es el excedente total de la unidad de producción (incluyendo la parte de energía que se incorpora en el mejoramiento del siguiente ciclo), la estabilidad se refiere a la capacidad de permanencia del sistema, a pesar de las pequeñas fluctuaciones normales del clima y otras variables ambientales; por sustentabilidad se entiende la capacidad del sistema de mantener la productividad a largo plazo, aun habiendo disturbios mayores pero que logran reponerse, como podrían ser: endeudamiento del productor, plagas, sequías,

huracanes, etc. La pérdida de sustentabilidad se expresaría en la disminución permanente de la productividad del sistema a largo plazo o en el colapso del mismo. Por último, la equidad se refiere a aspectos de acceso democrático a los ecosistemas: un sistema es más equitativo cuando los miembros participantes tienen una distribución igualitaria del producto en una unidad de producción o en una comunidad.

Estas propiedades de los agroecosistemas estarán a cierto nivel en una escala de valores dada, es decir, existen aquellos agroecosistemas que tengan una alta productividad y que no presenten niveles aceptables de estabilidad, sustentabilidad y equidad, y así para cada una de las propiedades para poder alcanzar los mayores niveles de las propiedades mencionadas anteriormente, para así asegurar una producción de alimentos y otros satisfactores para las presentes y futuras generaciones, conservando la base de los recursos naturales. (De Grammont, 1996).

Procesos ecológicos en el agroecosistema

Cada agricultor debe manipular los recursos físicos y biológicos del predio para la producción. De acuerdo con el grado de modificación tecnológica, estas actividades influyen en los cinco procesos: energéticos, hidrológicos, biogeoquímicos, sucesionales y de regulación biótica. Cada uno puede evaluarse en términos de insumos, productos, almacenamiento y transformaciones.

Procesos energéticos. La energía entra en un agroecosistema como luz solar y sufre numerosas transformaciones físicas. La energía biológica se transfiere a las plantas mediante la fotosíntesis (producción primaria) y de un organismo a otro mediante la cadena trófica (consumismo). A pesar de que la luz solar es la única fuente de energía principal en la mayoría de los ecosistemas naturales, también son importantes el trabajo humano y animal, los insumos de energía mecanizados. La energía humana forma la estructura del agroecosistema, por consiguiente el flujo de energía a través de decisiones acerca de la producción primaria y la proporción de esa producción se canaliza a los productos para el uso humano.

Los diversos insumos de un sistema agrícola se pueden convertir en valores energéticos. Asimismo los productos del sistema: vegetales y animales, también pueden expresarse en términos de energía, debido a que el costo y la disponibilidad de la energía proviene de los combustibles fósiles son cuestionables, los insumos y los productos se han cuantificado para diferentes tipos de agriculturas con el objeto de comparar su intensidad, rendimiento y productividad laboral y los niveles de bienestar que éstos proporcionan. Se han reconocido tres etapas en el proceso de intensificación de la energía en la agricultura: a) preindustrial, sólo con insumos de mano de obra relativamente bajos; b) semindustrial, con altos insumos de fuerza animal y humana; y c) totalmente industrial, con insumos muy altos de combustibles fósiles y maquinaria. Esto ha llevado a que la eficiencia total de la utilización de la energía (relación de energía) disminuye a medida que la dependencia de los combustibles fósiles aumenta. De este modo, en una agricultura industrializada la ganancia neta de la energía proveniente de la agricultura es pequeña, debido a que se gasta mucho en su producción.

Procesos biogeoquímicos. Los principales insumos biogeoquímicos de un agroecosistema son los nutrientes liberados del suelo, de la fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas, de la fijación de nitrógeno no simbiótico de los nutrientes contenidos en la lluvia y en las aguas que fluyen constantemente, de los fertilizantes y nutrientes en los alimentos comprados por seres humanos, del forraje para el ganado o del abono animal.

Las salidas importantes incluyen nutrientes en cultivos y ganado consumidos o exportados desde el predio, otras pérdidas se asocian con la lixiviación más allá de la zona de raíces, desnitrificación y volatilización del nitrógeno, pérdidas de nitrógeno y azufre hacia la atmósfera cuando se quema la vegetación, los nutrientes perdidos en la erosión del suelo causado por el escurrimiento o el viento y los nutrientes en excrementos humanos o del ganado que el predio pierde. Además, existe un almacenamiento bioquímico, que incluye al fertilizante almacenado y el abono acumulado, junto a los nutrientes en la zona radicular del suelo, el cultivo establecido, la vegetación y el ganado.

Durante la producción y el consumo, los nutrientes minerales se trasladan cíclicamente a través de una agroecosistema. Los ciclos de algunos de los nutrientes más importantes (N,P,K), son bien conocidos en muchos ecosistemas naturales y agrícolas. Durante la producción, los elementos se transfieren del suelo a las plantas y animales y viceversa, cada vez que la cadena del carbono se rompe separándose por una diversidad de procesos biológicos, los nutrientes vuelven al suelo donde pueden mantener la producción de las plantas.

Los agricultores sacan e incorporan nutrientes del agroecosistema cuando añaden elementos químicos o fertilizantes orgánicos o remueven la cosecha o cualquier otro material vegetal del predio. En los agroecosistemas modernos, los nutrientes se reemplazan con fertilizantes comprados; los agricultores de bajos ingresos que no pueden adquirir los fertilizantes comerciales, mantienen la fertilidad del suelo recolectando materiales nutritivos fuera de los campos cultivados, este material orgánico se complementa con hojarasca y otros materiales vegetales de las zonas cercanas a los campos de cultivo. Otra estrategia para explotar la capacidad del sistema de cultivo es reutilizar sus propios nutrientes almacenados, en los agroecosistemas sembrados intercaladamente, la poca perturbación y los doseles cerrados promueven la conservación y el reciclaje de nutrientes. Por ejemplo en un sistema agroforestal los minerales perdidos por los cultivos anuales son rápidamente absorbidos por los cultivos perennes, además, la propensión de algunos cultivos a quitar nutrientes, es contrarrestada al agregar materia orgánica de otros cultivos. El nitrógeno del suelo puede aumentarse al incorporar leguminosas en la mezcla y la asimilación del fósforo se puede incrementar, de cierto modo, en cultivos con asociaciones de micorrizas. La diversidad incrementada en los sistemas de cultivo se asocia generalmente con las zonas radiculares más extensas, lo que aumenta la captura de nutrientes, la optimización del proceso biogeoquímico requiere del desarrollo de una estructura del suelo y de una fertilidad adecuada, dependiendo de:

- Adición regular de residuos orgánicos
- Nivel de actividad microbial suficiente como para asegurar el decaimiento de los materiales orgánicos

- Condiciones que aseguren la actividad continua de las lombrices de tierra y otros agentes estabilizadores del suelo
- Cobertura proteccional de la vegetación.

Procesos hidrológicos. El agua es una parte fundamental de todos los sistemas agrícolas, además de su papel fisiológico, el agua influye en los insumos y las pérdidas de nutrimentos a y desde el sistema por medio de la lixiviación y la erosión. El agua penetra en un agroecosistema en forma de precipitaciones, aguas que fluyen constantemente y por el riego; se pierde a través de la evaporación, la transpiración, del escurrimiento y del drenaje más allá de la zona de efectividad de las raíces de las plantas. El agua se almacena en el suelo, en donde es utilizada directamente por los cultivos y la vegetación, en forma de agua subterránea que puede extraerse para el uso humano, del ganado o de los cultivos y en almacenamientos construidos.

En términos generales, el equilibrio del agua dentro de un agroecosistema en particular, se puede expresar como: $S = R + Li - ET - P - Lo + So$, donde S es el contenido de la humedad del suelo al momento de estudiarlo, R es el agua de lluvia efectiva (agua de lluvia menos intercepción), Li es el flujo lateral de agua hacia el suelo, Et es la evapotranspiración, P es la percolación profunda, Lo es el flujo de salida (escurrimiento) y So es el contenido de humedad original del suelo Norman, Briggs y Courtney, (1985), citado por Altieri, (1987).

Todos estos factores son afectados por las condiciones del suelo, de la vegetación y por las prácticas agrícolas. El drenaje y la labranza agrícola, por ejemplo, aceleran las pérdidas por percolación profunda; la remoción de los cultivos aumenta la cantidad de lluvia que llega al suelo y reduce la evapotranspiración; los cambios en la estructura del suelo debido al control de residuos de labranza, la rotación de cultivos o el uso de abonos afecta la tasa de percolación y el flujo lateral. Uno de los controles principales de la acumulación de humedad en el suelo es ejercido por la cobertura de los cultivos, puesto que influye en los insumos y en las pérdidas ejercidas hacia y desde la humedad del suelo.

Procesos sucesionales. La sucesión, el proceso por el cual los organismos ocupan un sitio y modifican gradualmente las condiciones ambientales de manera que otras especies puedan reemplazar a los habitantes originales, se modifica radicalmente con la agricultura moderna. Los campos agrícolas generalmente presentan etapas sucesivas secundarias en las que una comunidad existente es perturbada por la deforestación y el arado para establecer en ese lugar una comunidad simple, hecha por el hombre. En la agricultura convencional, la tendencia natural hacia la complejidad se detiene utilizando productos agroquímicos. Al sembrar policultivos, la estrategia agrícola acompaña la tendencia natural hacia la complejidad; el incremento de la biodiversidad del cultivo tanto sobre como debajo del suelo imita la sucesión natural y así se requieren menos insumos externos para mantener la comunidad del cultivo.

Procesos de regulación biótica. El control de la sucesión (invasión de plantas y competencia) y la protección contra las plagas de insectos y enfermedades son los principales problemas en la manutención de la continuidad de la producción en los agroecosistemas. Los agricultores han usado diversos métodos en forma universal, estos

son: ninguna acción, acción preventiva (usos de variedades de cultivos resistentes, manipulación de fechas de siembra, espaciamiento en hileras, modificación del acceso de plagas a las plantas) o la acción sucesiva (pesticidas químicos, control biológico, técnicas culturales). Las estrategias ecológicas del control de plagas generalmente emplean una combinación de estos tres métodos, que apuntan a hacer del campo un lugar menos atractivo para las plagas, convirtiendo el ambiente en inadecuado para éstas pero favorable para los enemigos naturales, interfiriendo con el movimiento de las plagas de un cultivo a otro o alejándolas de los cultivos. (Tyler, 2002).

La inestabilidad de los agroecosistemas modernos

La explicación para esta inestabilidad debe buscarse según los cambios impuestos por la gente. Estos cambios han removido ecosistemas de cultivos desde el ecosistema natural hasta el punto en que ambos se han vuelto impresionantemente diferentes en estructura y función.

Con la agricultura convencional los seres humanos han simplificado la estructura del ambiente sobre vastas áreas, reemplazando la diversidad de la naturaleza con un número de plantas cultivadas y animales domésticos. Este proceso de simplificación alcanza una forma extrema en un monocultivo, el objetivo de esta simplificación es el de aumentar la proporción de energía solar, fijada por las comunidades de plantas que está directamente disponible para los seres humanos.

Los componentes predominantes son plantas y animales seleccionados, multiplicados, criados y cosechados por hombres con un propósito particular. En comparación con los ecosistemas no controlados, la composición y estructura de los agroecosistemas es simple. La biomasa vegetal está compuesta por stands de cultivos, generalmente con predominio de un cultivo principal dentro de límites bien definidos. Mientras que un cultivo puede ser sembrado debajo de otro, como en el caso de pastizales bajo cereales, cultivos o huertos frutales, en este último caso existe sólo una capa o estrato formado por el propio cultivo. El número de especies que ha sido seleccionado es notablemente pequeño dada la biodiversidad mundial de los recursos. Sólo unas once especies de plantas responden por alrededor del 80% del suministro alimenticio mundial, entre estas, los cereales han predominado en el desarrollo de la agricultura.

El resultado neto es un ecosistema artificial que requiere de la intervención humana constantemente. La preparación comercial de un semillero y la siembra mecanizada reemplazan los métodos naturales de esparcimiento de semillas; los plaguicidas químicos reemplazan los controles naturales sobre las poblaciones de malezas, plagas y agentes patógenos; además la manipulación genética reemplaza los procesos naturales de la evolución y selección de las plantas. Incluso la descomposición se altera toda vez que la planta se cosecha y la fertilidad del suelo se mantiene, no mediante el reciclaje de nutrientes, sino con fertilizantes. A pesar de que los agroecosistemas modernos han demostrado estar capacitados para mantener una población creciente, existe una prueba considerable de que el equilibrio ecológico en esos sistemas artificiales es más frágil (Altieri y Nicholls, 2000).

Los ecosistemas naturales reinvierten una proporción fundamental de su productividad para mantener su estructura física y biológica necesaria para sustentar la fertilidad del suelo y la estabilidad biótica. La exportación de alimentos y cosechas limita dicha reinversión en los agroecosistemas, haciéndolos sumamente dependientes de los insumos externos para lograr el ciclaje de nutrientes y la regulación de poblaciones.

Se ha establecido que la diversidad biótica y la complejidad estructural proporcionan un ecosistema maduro y natural con un grado de estabilidad en un ambiente fluctuante, es menos probable que en condiciones extremas ambiente físico externo, por ejemplo, (cambios de humedad, temperatura, o condiciones de luz), afecten adversamente el sistema entero porque, en presencia de una biocenosis sumamente diversificada, existen numerosas alternativas para la transferencia de energía y sustancias nutritivas a través del sistema. De aquí que el sistema sea capaz de ajustarse y continuar funcionando con poca, o ninguna, alteración detectable, de igual modo, los controles bióticos internos (como las relaciones depredador/presa) evitan las oscilaciones destructivas en poblaciones de plagas, promoviendo además la estabilidad total del ecosistema natural. La estrategia agrícola moderna puede considerarse como un retroceso de la secuencia sucesiva de la naturaleza, estos ecosistemas modernos, a pesar de su alto rendimiento, llevan consigo las desventajas de todos los ecosistemas inmaduros. Particularmente estos sistemas carecen de la capacidad para ciclar los nutrientes, conservar el suelo y regular las poblaciones de plagas. El funcionamiento del sistema depende, de este modo, de la continua intervención humana, incluso los cultivos seleccionados para una siembra frecuente no se pueden reproducir sin la ayuda de los hombres, mediante la siembra, y son incapaces de competir contra especies de malezas sin un constante control.

Los sistemas de cultivos con alto rendimiento y poca utilización de insumos de recursos no renovables, pueden y deben desarrollarse. Para el diseño y establecimiento de agroecosistemas de producción sostenible, es necesario considerar las características de diversidad, estructura y función de los ecosistemas naturales que existieron o existen en la localidad, la variabilidad de los ecosistemas naturales y sus procesos sucesionales pueden ser usados como modelos para el diseño de sistemas de producción múltiple y sostenida, también la estructura y función del ecosistema natural, sus ciclos de agua y nutrientes, pueden ser imitados en el diseño de agroecosistemas. Muchos de los sistemas agrícolas tradicionales pueden ser considerados como modelos para el diseño de sistemas opcionales. Además, prácticamente son los únicos sistemas de producción que conservan una alta diversidad biológica y hacen un uso sostenible de los recursos naturales en forma exitosa (Enkerlin, 1997).

Un punto clave es la comprensión de algunas funciones en el ecosistema que deben ser realizadas en un sistema de producción sostenible:

- Aumento de la eficiencia energética
- Aumento de la retención de nutrientes y su reciclamiento, con el fin de reducir la entrada de fertilizantes
- Aumento de la diversidad de microorganismos, plantas y animales
- Reducir la excesiva dependencia del espectro de pesticidas

- Reducir la labranza, evitando así la erosión del suelo a largo plazo (Altieri, 1987).

3.3.4. Diseño de agroecosistemas sustentables

Elementos de sustentabilidad. Los dogmas básicos de un agroecosistema sustentable son la conservación de los recursos renovables, la adaptación del cultivo al ambiente y el mantenimiento de un nivel alto, aunque sustentable, de productividad. Para poner énfasis en la sustentabilidad ecológica a largo plazo, más que en la productividad a corto plazo, el sistema debe:

- Reducir el uso de energía y recursos
- Emplear métodos de producción que restablezcan los mecanismos homeostáticos conducentes a la estabilidad de la comunidad, optimizar las tasas de intercambio, el reciclaje de materia y nutrientes, utilizar al máximo la capacidad multiuso del sistema y asegurar un flujo eficiente de energía
- Fomentar la producción local de productos alimenticios adaptados al establecimiento socioeconómico y natural
- Reducir los costos y aumentar la eficiencia y la viabilidad económica de los pequeños y medianos agricultores, fomentando así un sistema agrícola potencialmente resiliente y diverso. De esta manera, un punto clave en el diseño de agroecosistemas es el comprender que hay dos funciones en el ecosistema que deben ser realizadas en los campos agrícolas: la biodiversidad de los organismos, plantas y animales, y el reciclaje de nutrientes y de materia orgánica. (Altieri, 1987).

Desde el punto de vista del manejo, los componentes básicos de un agroecosistema sustentable que realizarán estas funciones incluyen:

- 1) Cubierta vegetal como una medida eficaz de conservación del agua y del suelo mediante prácticas del uso de cero labranza, uso de mulch, cultivos de cobertura, etc.
- 2) Suministro continuo de materia orgánica mediante la adición regular de compuestos orgánicos (abono, compost) y la promoción de la actividad biótica del suelo.
- 3) Mecanismos de reciclaje de nutrientes por medio del uso de rotaciones de cultivos, sistemas mixtos cultivo/ganado, agroforestería y cultivos intercalados basados en leguminosas, etc.
- 4) Regulación de plagas asegurada mediante un aumento de la actividad biológica de los agentes de control, logrado por el manejo de la biodiversidad e introduciendo y/o conservando los enemigos naturales.

Los conceptos básicos de un sistema agrícola autosuficiente, de bajos insumos, diversificado y eficaz, deben sintetizarse en sistemas alternativos prácticos que se ajusten a las necesidades específicas de las comunidades agrícolas. Una importante estrategia en la agricultura sustentable es la de regular la diversidad agrícola en tiempo y espacio mediante rotaciones de cultivos y cultivos de cobertura. Las distintas opciones para diversificar los sistemas de cultivos están disponibles dependiendo de si los sistemas actuales de monocultivos a modificarse se basan en cultivos anuales o perennes. La diversificación

puede también tomar lugar fuera del predio, por ejemplo, en los linderos de los cultivos del predio, utilizando barreras rompevientos, cinturones de protección y cercos vivos, lo que puede mejorar el hábitat para la fauna silvestre y los insectos benéficos, proporcionar fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y, además, modificar la velocidad del viento y el microclima (Altieri y Hecht, 1990).

Existen muchas estrategias alternativas de diversificación que muestran efectos benéficos en la fertilidad del suelo, la protección y los rendimientos de los cultivos. Si se utiliza una o más de estas tecnologías alternativas, las posibilidades de mejorar y complementar interacciones entre los componentes de los agroecosistemas puede dar como resultado uno o más de los siguientes efectos:

- 1) Cubierta vegetal continua para la protección del suelo
- 2) Producción constante de alimentos, asegurando una dieta variada y diversos productos comercializables
- 3) Cierre de ciclos de nutrientes y uso eficaz de los recursos locales
- 4) Conservación del suelo y del agua mediante el uso de mulch y de protección contra el viento
- 5) Control biológico de plagas mejorado mediante la diversificación
- 6) Aumento de la capacidad multiuso del paisaje
- 7) Producción sostenida de cultivos, sin usar insumos químicos degradantes del ambiente.

Para lograr la sustentabilidad es necesario comprender en detalle los cuatro sistemas de la agricultura. (Tyler, 1994):

- 1) Biológico: plantas y animales y los efectos de los factores físicos y químicos (clima, suelo) y de las actividades de manejo (riego, fertilización, labranza) sobre la actividad vegetal y animal
- 2) Trabajo: las tareas físicas de la agricultura y de qué manera pueden lograrse al combinar mano de obra, experiencia, maquinaria y energía
- 3) Economía agrícola: los costos de producción y los precios de los cultivos cada día más altos, las cantidades producidas y utilizadas, los riesgos y todos los otros determinantes del ingreso agrícola
- 4) Socioeconómico: mercados para productos agrícolas, derechos de uso de la tierra y mano de obra, maquinaria, combustible, insumos, crédito, impuestos, investigación, asistencia técnica, etc.

Modelos para el diseño del agroecosistema.

Los límites fisiológicos de los cultivos, la capacidad sustentadora del hábitat y los costos externos para mejorar la producción, ponen un techo al potencial productivo. Este punto es el "equilibrio del manejo" en el que el ecosistema, en equilibrio dinámico como factores ambientales y de manejo, produce un rendimiento sostenido. Las características de este equilibrio variarán con los distintos cultivos, las zonas geográficas y los objetivos del manejo, de manera que serán altamente específicas del sitio. Sin embargo, las pautas

generales para diseñar sistemas de producción equilibrados y bien adaptados pueden tomarse del estudio de las características estructurales y funcionales del ecosistema natural o seminatural que permanezcan en la zona donde se practica la agricultura. Se pueden explorar tres fuentes principales de información "natural":

- Producción primaria. Cada zona se caracteriza por un tipo de vegetación con una capacidad específica de producción, dependiendo de los factores climáticos y edáficos. Una zona natural de pastizales (con un valor de productividad de 6600 gr/m²) no es capaz de soportar un bosque de 26000 gr/m², a menos que se adicione los subsidios al sistema. De esta manera, si un pastizal natural necesita transformarse en un sistema agrícola, debería reemplazarse con cereales más que con huertos.
- Capacidad de uso de la tierra. Al determinar la adaptabilidad de una extensión de tierra para un uso agrícola dado, resulta importante considerar cualidades como: disponibilidad de agua, nutrientes y oxígeno, profundidad y textura del suelo, salinización y/o alcalinización, posibilidades para la mecanización y resistencia a la erosión.
- La vegetación de un ecosistema natural puede usarse como un modelo arquitectónico y botánico para diseñar y estructurar el agroecosistema que lo reemplazase. El estudio de la productividad, la composición de las especies, la eficacia en el uso de los recursos, la resistencia a las plagas y la distribución de la zona de hojas en comunidades vegetales naturales es importante para construir ecosistemas que imiten la estructura y función de los ecosistemas naturales. (Trujillo, 1996).

Este método análogo de sucesión requiere una descripción detallada de un ecosistema natural en un ambiente específico y la caracterización botánica de todos los cultivos componentes potenciales. Cuando esta información está disponible, el primer paso es encontrar las plantas para cultivo que sean similares estructural y funcionalmente a las plantas del ecosistema natural. La disposición espacial y cronológica de las plantas en el ecosistema natural se utilizan luego para diseñar un sistema análogo de cultivos.

Se podría hacer una lista con los beneficios potenciales de los policultivos perennes que resultarían de la combinación de estas características sustentables potenciales con amplias implicaciones para la sociedad y el ambiente: 1) reducción o eliminación de la erosión del suelo, 2) uso eficiente de las tierras y de los nutrientes del suelo, 3) aumento de la eficiencia del uso del agua, 4) reducción de la dependencia en los fertilizantes nitrogenados producidos industrialmente, 5) disminución de plagas y enfermedades, 6) manejo eficiente de las malezas sin sustancias químicas, 7) reducción de la energía utilizada en la labranza, 8) reducción de la contaminación química de suelo y agua y 9) seguros contra pérdidas de cultivos completos.

Conocimiento de las prácticas agrícolas locales.

En la mayoría de las zonas rurales, los agricultores han estado cultivando durante decenios. Algunos han tenido éxito en el desarrollo de sistemas de cultivos que se adaptan a

las condiciones locales y otros no. A pesar del avance vertiginoso de la modernización y los cambios económicos, solo sobreviven unos pocos sistemas de manejo agrícola tradicionales, estos sistemas están bien adaptados a su ambiente, dependen de recursos locales, se desarrollan a pequeña escala en forma descentralizada y conservan los recursos naturales. A nivel del campo, los policultivos tradicionales a menudo igualan a las comunidades de plantas naturales pues contienen:

- Diversidad genética en las especies de plantas
- Relaciones tróficas complejas entre cultivos, malezas, insectos y agentes patógenos
- Ciclos de nutrientes relativamente cerrados, con variadas necesidades nutricionales por parte de los cultivos, satisfechas mediante el uso de rotaciones, barbecho o abono.
- Cubierta vegetal del suelo todo el año
- Uso eficiente del agua, suelo y luz solar
- Bajos riesgos de pérdida de cultivos, debido a la diversidad
- Alto nivel de la estabilidad productiva, debido a la compensación de los diversos componentes, cuando uno falta. (Wenhua, 2000).

De esta manera, aunque los pequeños agricultores con poco capital o apoyo institucional han sido confinados a suelos agrícolas marginales y de baja calidad, sus sistemas entregan una valiosa información para el desarrollo de sistemas de rendimiento sostenido.

Elección de un sistema de cultivo.

Los sistemas de producción de cultivos incluyen tanto los cultivos como las prácticas asociadas de producción y las técnicas que estimulen su crecimiento. Los sistemas de cultivo pueden consistir de un monocultivo continuado, o secuencias formales de cultivos que se repiten en un patrón ordenado para formar una rotación. También pueden incluir disposiciones flexibles en tiempo y espacio de uno o más cultivos (cultivo intercalado, cultivo de relevo) y sucesiones intensivas de cultivos dentro del año o incluso dentro de las temporadas. Los sistemas de cultivo varían ampliamente por las diferencias en el suelo, el clima, la economía local y los sistemas sociales.

El crecimiento y el rendimiento del cultivo están sometidos a las condiciones ambientales (topografía, precipitaciones, textura y fertilidad del suelo) y a las condiciones de manejo (tiempo de plantación, deshierbe, etc.). En el desarrollo de un sistema de cultivo están involucradas varias consideraciones agrícolas. Los sistemas de cultivo deben idearse para brindar altas capacidades fotosintéticas todo el año. En cultivos intercalados o mezclados, la altura de las plantas, la forma y ángulo de las hojas, la tasa de crecimiento y el periodo de tiempo necesario para alcanzar la madurez, constituyen características importantes que determinan la eficiencia fotosintética. Existen muchas formas de combinar las plantas de un cultivo para maximizar la radiación solar, como combinar especies de diferente fenología que alcancen una máxima fotosíntesis con diferentes grados de radiación, o que tengan raíces que exploren diversas partes del suelo.

El objetivo principal debería ser maximizar la producción anual de cultivos o las ganancias económicas netas por cada unidad de tierra. Así, dos cultivos de corta temporada pueden proporcionar rendimientos totales superiores a un cultivo de larga temporada. Decisiones respecto a las intensidades de cultivos deben basarse en la mejor evidencia disponible para cada combinación de condiciones. Con el fin de promover rendimientos, y ganancias altas y sostenidas, se deben diseñar sistemas de cultivos que mantengan la materia orgánica del suelo y la capa labrada, que reduzcan la aparición de malezas, insectos y enfermedades, que ayuden a mantener el equilibrio de los nutrimentos de las plantas; que conserven el agua, y que reduzcan al máximo la erosión del suelo.

Las raíces deben formar una red activa y extensa en todo el suelo para utilizar eficientemente el agua y los nutrientes. Las buenas combinaciones de cultivos tienen sistemas de raíces compatibles que permeabilizan el suelo hasta unos 25 ó 30 cms. de profundidad, con algunas raíces que bajan a mayor profundidad.

Características y patrones de los cultivos.

Al seleccionar y determinar prácticas agrícolas apropiadas en la selección de cultivos, las características biológicas y agronómicas son muy importantes. Se pueden agrupar como sigue:

Periodo de crecimiento. La cantidad de días necesarios entre la fecha de plantación, emergencia y madurez es importante, con el fin de determinar la zona climática adecuada para un cultivo específico y la adaptación de un cultivar en particular a un sistema de cultivo múltiple

Fotoperiodicidad. Para muchas plantas es crucial la duración de la noche (oscuridad) en vez de la duración de la luz diurna para iniciar la floración, la maduración o la latencia. Las plantas de día corto necesitan una oscuridad diaria prolongada para inducir la floración, y las plantas de día largo la inician cuando las noches son relativamente cortas. Algunas plantas son de día neutral y se desarrollan sin que influya la duración del día. En algunas plantas, los cambios en la duración del día pueden resultar importantes para inducir cambios en su desarrollo. El aumento en la duración del día puede ayudar para el inicio de la floración, mientras que en el otoño, el comienzo de días más cortos puede promover la aparición de los frutos, la maduración o la latencia.

Hábitos de crecimiento. Los hábitos de crecimiento de las plantas de cultivo son importantes para determinar las prácticas de producción y manejo. Generalmente se prefieren las variedades enanas en vez de sus contrapartes más altas, debido a su hábito de crecimiento vertical, a su mayor facilidad para ser cosechadas con máquinas, a lo menor probabilidad de alojamiento de plagas o enfermedades, a la temprana aparición de sus frutos y a su alto índice de cosechas. Las variedades arbustivas son más preferidas que las enredaderas, puesto que tienen muchas ramas que producen frutos uniformemente.

Sistemas radiculares. En las plantas de cultivo son comunes dos tipos de sistemas radiculares: las raíces monorrizas o ramificadas y las raíces malorrizas o profundas. Las

raíces ramificadas penetran en el suelo haciéndolo permeable y manteniendo sus partículas unidas. Por ejemplo, los pastos estimulan una buena estructura del suelo y ayudan a protegerlo contra la erosión. En los cultivos con raíces profundas estas plantas aumentan al máximo el flujo ascendente de nutrimentos solubles y otros menos solubles. En la mayoría de las plantas de cultivo, el mayor volumen de raíces se encuentra en la zona de los 30 cm. del suelo. Sin embargo, la profundidad del enraizamiento se ve afectada por la humedad del suelo, la textura, la compactación, aireación y el abastecimiento de los nutrimentos disponibles para las plantas. (Altieri, 1987)

Pautas ecológicas para el manejo del agroecosistema.

De acuerdo con Reijntjes, et al. (1992), citado por Altieri y Nicholls, (2000), existen cinco principios ecológicos fundamentales para el diseño y el manejo de agroecosistemas sustentables:

- 1) Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, especialmente al manejar la materia orgánica y al mejorar la vida del suelo.
- 2) Optimizar y equilibrar la disponibilidad y el flujo de nutrimentos, especialmente mediante la fijación de nitrógeno, el bombeo de nutrimentos, el reciclaje y el uso complementario de fertilizantes externos.
- 3) Reducir al mínimo las pérdidas debido a los flujos de radiación solar, aire y agua, por medio de un manejo de microclimas, manejo de aguas y control de la erosión.
- 4) Reducir al mínimo las pérdidas debido a las plagas y a las enfermedades causadas a las plantas y animales, por medio de la prevención y tratamiento seguros.
- 5) Explotar la complementariedad y el sinergismo en el uso de recursos genéticos, lo que incluye su combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional.

Estos principios pueden aplicarse mediante diversas técnicas y estrategias. Cada uno de ellos tendrá diferentes efectos sobre la productividad, seguridad, continuidad e identidad dentro del sistema agrícola, dependiendo de las limitaciones y oportunidades locales (sobre todo, las restricciones en los recursos) y en la mayoría de los casos, sobre los mercados.

El grado en que los agroecosistemas aumenten su sustentabilidad ecológica, especialmente en un ambiente de suelo frágil, dependerá ampliamente de los seis elementos biológicos que siguen a continuación:

- 1) El grado en que los nutrimentos se reciclan: la productividad dentro de un sistema está directamente relacionada con la magnitud de flujo y movilización de nutrimentos. La sustentabilidad está relacionada directamente con la magnitud del uso de los nutrimentos y con la reducción de sus pérdidas.
- 2) Hasta que punto está suficientemente protegida la superficie del suelo: se debe reducir al mínimo la pérdida de suelo por el transporte de agua o la erosión eólica. Se debería proteger de la oxidación u otro deterioro químico, por medio de una cubierta protectora de plantas. El deterioro físico, la compactación y la pérdida de la estructura por las precipitaciones, pueden ser igualmente desastrosos al reducir el potencial productivo. El cultivo continuado o la cubierta de residuos del cultivo

provenientes de sistemas manejados apropiadamente, es crucial para mantener el potencial productivo.

- 3) La eficiencia y el grado de utilización de la luz solar, el suelo y los recursos de agua: los sistemas agrícolas seleccionados deben ser manejados para un uso óptimo, incluyendo el cultivo de cobertura continuo, el potencial genético animal y de los cultivos, el daño mínimo por las plagas y el óptimo abastecimiento de nutrimentos.
- 4) Una pequeña porción de nutrimentos cosechados en relación a la biomasa total (remoción de lo cosechado): cuando los suelos están erosionados, tienen un estado nutriente pobre o son frágiles química y físicamente, el mantener los sistemas de alta biomasa es crítica.
- 5) Mantener una biomasa residual alta en forma de madera, material herbáceo u otros materiales orgánicos del suelo: es de vital importancia, con el fin de sostener la biomasa en el suelo y asegurar la productividad de animales y cultivos, una fuente de carbono que aporte energía y facilite la retención de nutrimentos.
- 6) Estructura y preservación de la biodiversidad: la eficacia del reciclaje de nutrimentos y la estabilidad de plagas y enfermedades en el sistema, dependen de la cantidad y tipo de biodiversidad, como también de su organización espacial y temporal y (diversidad estructural). Los sistemas tradicionales, especialmente aquellos en ambientes de producción marginal, poseen a menudo una estabilidad y elasticidad significativa, como resultado de la diversidad estructural.

Existen varias estrategias para restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y el espacio incluyendo rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, policultivos, mezclas de cultivo y ganadería y otras estrategias similares, las que exhiben las siguientes características ecológicas:

Rotación de cultivos. Diversidad temporal incorporada en los sistemas de cultivo proveyendo nutrimentos para el cultivo e interrumpiendo el ciclo de vida de varios insectos plaga, de enfermedades y el ciclo de vida de las malezas.

Policultivos. Sistemas de cultivo complejos en los cuales dos o más especies son plantadas con una suficiente proximidad espacial que resulta en una competencia o complementación, aumentando, por lo tanto, los rendimientos.

Sistemas agroforestales. Un sistema agrícola donde los árboles proveen funciones protectoras y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes, incrementando el uso múltiple del agroecosistema.

Cultivos de cobertura. El uso, en forma pura o en mezcla, de plantas leguminosas u otras especies anuales, generalmente debajo de especies frutales perennes, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, aumentar el control biológico de plagas y modificar el microclima del huerto.

Integración animal. En el agroecosistema ayudando en alcanzar una alta producción de biomasa y un reciclaje óptimo.

Todas las formas diversificadas de agroecosistemas detalladas más arriba comparten las siguientes características:

- a) Mantienen la cubierta vegetativa como una medida efectiva de conservar al agua y el suelo, a través del uso de prácticas como labranza cero, cultivos con uso de mulch y el uso de cultivos de cobertura y otros métodos apropiados.
- b) Proveen un suministro regular de materia orgánica a través de la adición de estiércol, compost que promueven la actividad biológica del suelo.
- c) Aumenta los mecanismos de reciclaje de nutrientes a través del uso de sistemas de rotaciones basados en leguminosas, integración de ganado, etc.
- d) Promueven la regulación de las plagas a través de un aumento de la actividad biológica de los agentes de control, logrado por la introducción y/o la conservación de los enemigos naturales y antagonistas.

La diversificación de sistemas de cultivos pone de relieve la gran importancia de la diversidad en un entorno agrícola. La diversidad es de gran valor en los agroecosistemas por varias razones. (Gliessman, 2001):

- A medida que aumenta la diversidad, también lo hacen las oportunidades para la coexistencia e interacción benéfica entre las especies, que pueden mejorar la sustentabilidad del agroecosistema
- Una mayor diversidad siempre permite un mejor uso de los recursos en el agroecosistema. Existe una mejor adaptación a la heterogeneidad del hábitat, llevando a una complementariedad en las necesidades de las especies de cultivo, la diversificación de nichos,, el solapamiento de los nichos de las especies y la partición de los recursos
- Los ecosistemas en los cuales las especies de plantas están entremezcladas, poseen una resistencia asociada a herbívoros, ya que en los sistemas diversos existe una mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales de las plagas, manteniendo bajo control las poblaciones de especies individuales de herbívoros
- Un ensamblaje de cultivos diversos puede crear una diversidad de microclimas dentro de los sistemas de cultivo que pueden ser ocupados por una rango de organismos silvestres (incluyendo predadores benéficos, parasitoides, polinizadores, fauna del suelo y antagonistas) que resultan importantes para la totalidad del sistema.
- La diversidad en el paisaje agrícola puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en los sistemas naturales circundantes.
- La diversidad en el suelo determina una variedad de servicios ecológicos tales como el reciclado de nutrientes y la detoxificación de sustancias químicas perjudiciales y la regulación del crecimiento de las plantas
- La diversidad reduce el riesgo para los agricultores, especialmente en áreas marginales con condiciones ambientales poco predecibles. Ya que si un cultivo no anda bien, el ingreso derivado de otros puede compensarlo.

En el diseño de agroecosistemas se busca crear una forma de agricultura que mantenga la productividad en el largo plazo a través de Vandermeer, (1995), citado por Altieri y Nicholls (2000):

- Optimizar el uso de insumos localmente disponibles combinando los diferentes componentes del sistema de finca, por ejemplo: plantas, animales, suelo, agua, clima y gente de manera tal que se complementen los unos a los otros y tengan los mayores efectos sinérgicos posibles.
- Reducir el uso de insumos externos a la granja y los no renovables con gran potencial de daño al ambiente y a la salud de productores y consumidores, y un uso más restringido y localizado de los insumos remanentes, con la visión de minimizar los costos variables.
- Basarse principalmente en los recursos del agroecosistema reemplazando los insumos externos por el reciclaje de nutrientes, una mejor conservación y un uso eficiente de insumos locales.
- Mejorar la relación entre los diseños de cultivo, el potencial productivo y las limitantes ambientales de clima y el paisaje, para asegurar la sustentabilidad en el largo plazo de los niveles actuales de producción.
- Trabajar para valorar y conservar la biodiversidad, tanto en regiones silvestres como en las domesticadas, haciendo un uso óptimo del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales presentes dentro y alrededor del agroecosistema
- Aprovechar el conocimiento y las prácticas locales, incluidas las aproximaciones innovativas no siempre plenamente comprendidas, aunque ampliamente adoptadas por los agricultores.

El objetivo último del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema. El objetivo es diseñar un agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales, esto es, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo, un sistema que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y una alta cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de los recursos edáficos.

3.4. Ubicación geográfica

3.4.1 Localización

3.4.2 Latitud y longitud

El municipio se encuentra ubicado en la zona norte del Estado de Veracruz, en la Huasteca, (Figura 1.) en las coordenadas 21° 17' latitud norte y 97° 27' longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ozuluama de Mascareñas y Tampico Alto, al este con el Golfo de México, al sur con Tempache y Tuxpan, al oeste con Tamalín, Chinampa de Gorostiza, Naranjos Amatlán, Tancoco y Cerro Azul.



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Tamiagua, Veracruz
Fuente: (Enciclopedia de los municipios de México 2000).

3.4.3. Extensión

El municipio tiene una superficie de 985.4 Km², cifra que representa 1.35% total del Estado.

3.4.4. Clima

Su clima Am (f) cálido húmedo, con una temperatura media anual mayor de 22° C; y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con una precipitación anual mayor de 1000

mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2 % anual.

3.4.5. Principales Ecosistemas y recursos naturales

Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de selva mediana perezunifolia con chicozapote (árbol de chicle), donde se desarrolla una fauna compuesta por poblaciones de conejos, armadillos, tuzas y liebres.

Su riqueza está representada por minerales como el carbón “Minera de Carbón, S.A.”; entre su vegetación sobresalen el encino y las maderas preciosas.

3.4.6. Orografía e hidrografía

El municipio se encuentra ubicado en la región costera de la Huasteca; su suelo presenta extensas llanuras.

Cuenta con la Laguna de Tamiahua, de 110 km. de longitud y por 25 km. de ancho.

3.4.7. Características y uso del suelo

Su suelo es tipo Feozen, se caracteriza por una capa rica en nutrientes y está sujeto a la erosión por la inclinación del terreno. Se utiliza en 60% en agricultura y ganadería.

3.4.8. Características económicas

3.4.8.1 Población

La población total del municipio, según el censo del año 2000, es de 26,306 habitantes, la participación de la población del estado es de 0.38075%, la densidad es de 26.696 hab/Km², el número de localidades es de 207, siendo sólo 1 urbana, la población urbana es de 5153 habitantes, y la rural es de 21,153 habitantes, la población indígena es de 444 individuos y representa el 1.64% de la población municipal, siendo la principal lengua el nahuatl.

3.4.8.2. Salud

En este municipio la atención de servicios médicos es proporcionada por 7 unidades médicas de la Secretaría de Salud, una del IMSS y una del ISSSTE.

3.4.8.3. Vivienda

Acorde a los resultados preliminares del Censo 2000, se encontraron edificadas en el municipio 6,163 viviendas, con un promedio de ocupantes por vivienda de 4.26, la mayoría son propias y de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son

el cemento, el tabique, el ladrillo, la madera, la lámina. Así como también se utilizan materiales propios de la región como son: barro o bajareque.

3.4.8.4. Comunicaciones y transportes

El municipio recibe publicaciones periodísticas, la señal de 12 estaciones de radio en frecuencia AM y 4 de FM, así como la de los canales de Televisión.

Tiene servicio telefónico por marcación automática en la cabecera, así como con telefonía rural; además 19 oficinas postales y una de telégrafos.

Vías de Comunicación

El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por 46.4 Km. de carretera.

Presta servicio de aeródromo, denominado "Isla del Toro".

3.4.9. Actividades económicas

3.4.9.1. Producción agrícola

El municipio cuenta con una superficie total de 68,311.154 hectáreas dedicadas a la agricultura, de las que se siembran 46,645.851 hectáreas, en las 3,266 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 3,170, frijol 630, chile verde 270, naranja 1,871. En el municipio existen 739 unidades de producción rural con actividad forestal, de las que 49 se dedican a productos maderables.

3.4.9.2. Producción pecuaria

Tiene una superficie de 36,442 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican 2,445 unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. Cuenta con 53,110 cabezas de ganado bovino de doble propósito, además de la cría de ganado porcino y ovino. Las granjas avícolas tienen cierta importancia.

3.4.9.3. Pesca

Su desarrollo ha permitido la creación de 2 muelles, 2 embarcaderos.

3.4.9.4. Industria

En el municipio se han establecido industrias entre las cuales encontramos 2 medianas. Destacando la industria de producción de ostión.

3.4.9.5. Comercio

Su comercio cuenta con 129 establecimientos que producen 16,613.2 miles de pesos de ingreso total anualizado, se emplean 244 trabajadores en esta actividad, con remuneraciones totales al año de 1993, de 493.8 miles de pesos

3.4.9.6. Turismo

La Barra de Corazones, es una Playa de arena fina, pendiente suave, oleaje moderado y aguas transparentes; vegetación pionera circundante. Su acceso es por lancha, partiendo de un embarcadero en Tamiahua, donde el visitante puede alquilar embarcaciones para la visita a la playa y a las islas que se encuentran dentro de la laguna (Isla del Idolo, Los Pájaros, Isla Frontón, Juan Ramírez y del Toro).

3.4.9.7. Población económicamente activa

En el cuadro 2 se muestra la actividad económica del municipio por sector, que se distribuye de la siguiente forma:

Cuadro 2. Actividad económica del municipio por sector

Sector primario.	77 %
(Agricultura, ganadería, caza y pesca.)	
Sector secundario.	5.08 %
(Minería, extracción de petróleo y gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción)	
Sector terciario.	14 %
(Comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes, hoteles, personal de mantenimiento y otros.)	
No especificado.	1.46 %

Fuente: (Enciclopedia de los municipios de México 2000).

3.4.9.8. Servicios

Una línea de autotransportes, 1 gasolinera, 4 hoteles, y 3 restaurantes.

3.4.10. Características generales del predio donde será establecida la granja integral

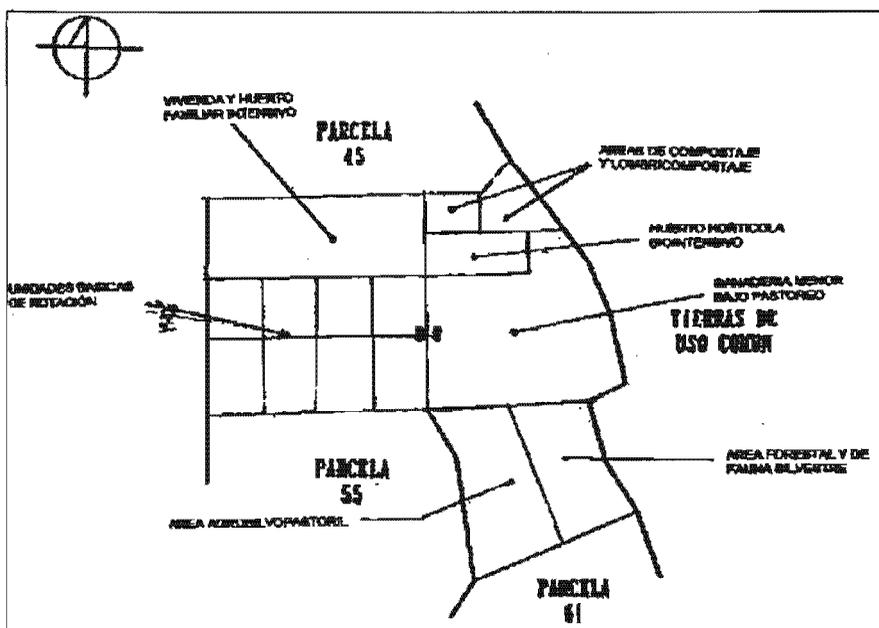


Figura 2. Croquis del terreno en donde se ubicará la granja integral.

Fuente: Certificado Parcelario

Elaboro: Emilio Ovando Mateo, (2004)

El predio, donde se construirá la granja integral, se localiza en el kilómetro 48 de la carretera Tuxpan-Tamiahua, a 3 Km. hacia el este sobre la citada carretera. En el municipio de Tamiahua, Veracruz. (Fig. 2)

Tal como se muestra en el cuadro 3, el terreno cuenta con una superficie aproximada de 22 hectáreas, las cuales se distribuirán de la siguiente manera:

Cuadro 3. División de la superficie del terreno de la granja integral

AREAS	SUPERFICIE (hectáreas)
Vivienda y huerto familiar intensivo	4.1151
Áreas de compostaje y lombricompostaje	1.158
Huerto hortícola biointensivo	1.05
Ganadería menor bajo pastoreo	4.9514
Área forestal y de fauna silvestre	2.2801
Área agrosilvopastoral	2.1875
Unidades básicas de rotación	6.38
Total	22.12

La parcela donde se desarrollará el proyecto se encuentra a una altura de 10 msnm. A tres kilómetros de la cabecera municipal, en el ejido llamado Estero de Milpas. Es un terreno que se destina en su totalidad al pastoreo de ganado bovino criollo, y en pocos casos, cruza de ganado Cebú con criollo, a la extracción de leña, y a la producción de granos básicos en milpa.

El terreno en su totalidad es una llanura en la que se encuentra vegetación de selva mediana perennifolia, en el predio se pueden encontrar árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*), encinos (*Quercus*, spp), cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia mahagoni*), cítricos (*Citrus* spp), plátanos (*Musa* spp), caña de azúcar (*Saccharum officinale*), y diversos pastos utilizados para la alimentación del ganado, entre los principales se encuentran: zacate alemán (*Echinochloa polystachya*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pangola (*Digitaria decumbens*), e insurgente (*Brachiaria brizantha*).

Los suelos presentes en el predio son del tipo Vertisol pelico, que son suelos negros o grises, con una alta proporción de arcilla (más de 30%) al menos hasta 50 cm. de profundidad; y desarrolla fisuras de hasta 1 cm. de ancho. Clasificación FAO-Unesco, (1989), citado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), (1990).

4.0. Metodología

1. El presente proyecto es de carácter bibliográfico y para su realización se empleará la técnica de investigación documental, a través de revisiones bibliográficas, hemerográficas y de internet.

2. Se buscarán, recopilarán, y analizarán las ecotecnologías disponibles que pueden implementarse en la producción agropecuaria, seleccionando aquellas que sean de utilidad, y adecuadas como alternativas de producción en la granja integral.

3. En base a la revisión documental y a las características particulares del predio se realizará el diseño de la granja, por medio de módulos productivos, en los cuales se incorporarán y aplicarán las ecotecnologías seleccionadas; pretendiendo de esta manera hacer una planificación y un uso adecuado de los recursos disponibles de la región.

4. El diseño se propone en tres etapas, en la primera que es la de establecimiento, y en la cual se enfoca este proyecto, se mencionan las tecnologías y herramientas necesarias para un inicio seguro y sólido de la granja, para que, paulatinamente se vaya cumpliendo la diversificación de la misma en las siguientes dos etapas (Propuesta a futuro).

5. Se elaborará también un catalogo de conceptos sobre los precios de las ecotecnologías; para que el productor o los interesados en este tipo de tecnologías alternativas tengan una idea más clara y concreta de los costos que se generan en la implementación de este tipo de técnicas.

4.1. Primera etapa del establecimiento de la granja

Características del modelo propuesto.

El tipo de modelo que se desea implementar para la granja es de tipo endógeno y autogestionario, el cual pone énfasis en los problemas internos que afectan a los agricultores y en las causas (no en las consecuencias) que los originan; en la identificación de las potencialidades y oportunidades productivas existentes en la granja o finca (no en las restricciones externas), en la solución de los problemas a partir de los recursos propios de los agricultores. Minimiza la importancia que suele darse a los problemas externos y a los recursos externos a los predios, en este modelo, el ofrecimiento de tecnologías apropiadas (ecotecnologías, las cuales pueden ser compatibles con los recursos que los agricultores realmente poseen y la cuales les permitirán elevar su nivel de vida) y su adecuada capacitación son los principales instrumentos para lograr el desarrollo con equidad (no tanto el paternalismo, ni el crédito, ni los subsidios, ni las tecnologías de punta, ni las maquinarias sofisticadas).

Sin embargo, el énfasis que se otorga a los problemas internos de las familias rurales, a los recursos que ellas realmente disponen y a la estrategia de un desarrollo endógeno y autogestionario, no significa: a) ignorar los múltiples problemas externos que afectan a los agricultores, y b) subestimar la importancia de las tecnologías de punta, de los insumos de alto rendimiento de la maquinaria moderna, etc, significa básicamente proponer que los agricultores inviertan el orden cronológico en la adopción de tecnologías, empezando por aquellas de menor costo y menor dependencia externa, de modo que todos puedan adoptarlas y con ello capitalizarse para acceder a las tecnologías de mayor costo y dependientes de factores externos; en otras palabras, partir de lo posible para llegar a lo deseable. Esta opción se debe a la necesidad de buscar medidas realistas y democráticas (solo habrá equidad cuando todos los agricultores tengan reales oportunidades de introducir innovaciones tecnológicas y gerenciales) que verdaderamente puedan ser adoptadas por todos los agricultores, dentro de sus reales (y generalmente adversas) circunstancias. Para que este endo y autodesarrollo no sea un voluntarismo ingenuo, es necesario que ellos no dependan (o dependan muy poco) de decisiones, servicios y recursos externos a sus predios. (Lacki y Gaitán, 1993).

Lo que se persigue con esto es el de adoptar un modelo de desarrollo agropecuario, que sea menos dependiente de los factores externos (decisiones, servicios y recursos) a los cuales los agricultores pequeños no tienen acceso. Se necesita trabajar con un modelo que sea más endógeno, más autogenerado, autogestionario y autodependiente; que se base en la capacitación de las familias para que ellas mismas estén en adecuadas condiciones de elevar la productividad y el rendimiento de aquellos recursos que realmente existen en la mayoría de los predios; es decir, mano de obra, tierra y animales.

Se plantea como área mínima óptima un terreno de 0.5 hectáreas en el cual se pueda satisfacer la mayor parte de los requerimientos alimenticios de una familia de 5 integrantes, pero lo ideal es contar con mayor superficie para desarrollar adecuadamente todo el modelo y lograr una mayor diversificación de los componentes.

4.1.1. Módulo vivienda

Lograr un confort ambiental adecuado en el diseño de una vivienda, eleva la calidad de vida de sus ocupantes dentro de la misma, durante toda la vida útil de la casa. Las respuestas de diseño siguen siendo válidas mientras se den las mismas condiciones climáticas, los requerimientos de mantenimiento, se reducen, tanto los de la vivienda como los de los elementos arquitectónicos que hacen a la adecuación bioclimática, puesto que ambos forman un todo que actúa acorde con la naturaleza.

El confort ambiental se obtiene, convencionalmente, mediante técnicas duras, son costosas, predatorias alimentadas por energía externa, la que en muchos casos es producida por recursos naturales no renovables. Por sus consecuencias estas técnicas se transforman directa o indirectamente en fuentes de contaminación ambiental, estas técnicas duras en general, son desarrolladas en otros lugares, en otras condiciones climáticas y con recursos económicos y tecnológicos que muchas veces no coinciden con las de nuestro país. El aplicarlas acriticamente alimentan la dependencia hacia quienes las produjeron, limitando nuestro propio desarrollo tecnológico que debería darse en función de nuestras propias necesidades.

El diseño bioclimático, es una actitud, una manera de relacionarse con el ambiente en armonía con la naturaleza, es dar el mayor confort ambiental usando los recursos propios del lugar, recursos generalmente renovables como el sol, el viento, y la vegetación no produciendo ningún tipo de contaminación.

Para el usuario y para la comunidad, el diseño bioclimático significa ahorro de energía durante toda la vida útil de la vivienda, bienestar al menor costo. Si bien el costo inicial de edificación puede incrementarse por los elementos de control ambiental, la masividad de la construcción, el ahorro de energía y el confort de los usuarios, hacen que este costo en el tiempo, sea largamente absorbido. Se puede abatir la inversión inicial, generando alternativas de adición de partes o elementos que el mismo usuario vaya agregando al objeto, en sucesivas etapas posteriores y de acuerdo a sus posibilidades económicas hasta lograr la adecuación total del mismo al bioclima del lugar.

Los productos de esta manera de diseñar, tanto en su expresión volumétrica, como en su organización espacial responden a las tipologías de las culturas de los lugares y destacan los valores simbólicos de su entorno. (García, 2000).

4.1.1.1. Ecotecnologías que se pueden aplicar

4.1.1.1.2. Sistema de captación y almacenamiento de agua

Muchas cosas pueden hacerse para reducir los agobios cotidianos, en lugar de aumentarlos, en relación con el agua: fortalecer la capacidad personal, familiar y comunitaria de captar agua directamente de sus fuentes naturales; evitar la contaminación innecesaria del agua y su desperdicio; impedir la generación de aguas negras o bien, si esto

no resulta fácil o viable a corto plazo, empezar a separarlas de las grises: reutilizar, tras aplicar tratamientos sencillos y asequibles, el agua doméstica o la de riego.

El agua administrada por las instituciones es cada vez más costosa, esta causando daños crecientes en la naturaleza y produce graves inequidades en su distribución. Su canalización a las ciudades genera enormes problemas en los lugares de donde es extraída, pues provoca que baje el nivel de los pozos y disminuya el caudal de ríos y arroyos. Sin embargo, si utilizamos nuestro ingenio y esfuerzo en obras y acciones de pequeña escala para aprovechar el agua, a pesar de la contaminación indiscriminada de que ha sido objeto en las últimas décadas, la podemos poner a nuestro alcance en cantidad suficiente.

Probablemente la fuente de agua dulce más importante, y hasta ahora desaprovechada, es la lluvia. Si somos capaces de captar y almacenar aunque sea una fracción de la enorme cantidad de agua que cae todos los años a nuestro alrededor, habremos dado un paso importante para contar con este líquido en los meses de secas. El aprovechamiento del agua de lluvia es definitivamente una urgente necesidad, sobre todo en aquellas regiones que por sus condiciones climáticas tienen una temperatura extremosa por la intensa sequía o en las que por la estructura del suelo no se pueden excavar pozos u otras fuentes de aprovisionamiento de agua, al adoptar estas medidas de aprovisionamiento se cuenta con las ventajas de obtener agua sin necesidad de explotación de pozos; acarreo o tomas domiciliarias. El agua de lluvia puede ser usada en alimentación de inodoros, bebederos de animales, riego, lavado de autos, pisos, establos, ropa, etc., sin haberle sido aplicado el tratamiento de limpieza o de haber sido descontaminada.

No se está hablando de grandes obras de infraestructura, de cuantiosas inversiones o de complejos sistemas para captar y almacenar una buena cantidad de agua de lluvia. En lugar de construir grandes presas con las que se pretenda resolver el problema de toda una ciudad o distrito, se propone el aprovechamiento de los medios a nuestro alcance para captar el agua de lluvia (los techos de las casas y los terrenos con pendiente) y la construcción de sencillas obras para su almacenamiento (cisternas de ferrocemento, ollas superficiales de concreto). Estos sistemas funcionarían a escala familiar o de un grupo de familias, y servirían para aliviar la escasez del líquido durante la sequía. Además en el medio rural, en algunos casos, sería la única alternativa de captación y en otras definitivamente la más económica. (Arias, 1978)

Principio básico.

Como se señaló anteriormente, se pueden aprovechar los techos de las casas o los terrenos con pendiente como "áreas de captación" de agua de lluvia, y conducirla por medio de canales a tanques de almacenamiento para utilizarla posteriormente. Si el agua es para riego, no necesita tratamiento alguno, si va a utilizarse en casa para aseo en general basta un filtro de arena para quitarle las impurezas más grandes. En caso de que vaya a ser ingerida, además de este proceso será necesario utilizar algún otro método para purificarla (hervirla, clorarla, etc.).

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación, b) recolección y conducción y c) almacenamiento.

a). Captación. La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. El techo inclinado debe ser de material impermeable, con superficie lo más lisa posible para que no acumule suciedad y sea fácil de limpiar

b) Recolección y conducción. Este componente es una parte esencial del sistema ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Esta conformado por las canaletas de PVC, lámina galvanizada, tallos de bambú o algún otro material que sea liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua, el cual va fijado al techo inclinado en la parte más baja, de manera que pueda recoger el agua que cae al techo. Esta canaleta debe tener una pequeña pendiente y su extremo más bajo se conecta a una manguera o tubo que conducirá el agua a donde será almacenada. Es conveniente, antes de empezar a almacenar el agua, dejar pasar la primera lluvia de la temporada y lavar bien el techo cuando aún esté mojado para quitar la basura que se haya acumulado.

c) Almacenamiento. Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el periodo de sequía. La cisterna o aljibe debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- 1) Con buena impermeabilización, para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- 2) Suficientemente grande y resistente
- 3) De no más de dos metros de altura para minimizar las sobrepresiones
- 4) Dotada de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- 5) Disponer de una tapa lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- 6) Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje, esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento.

Materiales para la construcción de techos y canales.

Los materiales de construcción requeridos tienen que ser propios de la región donde se va a construir la vivienda o estar disponibles en ésta; considerando también las condiciones actuales o futuras de cada vivienda o de cada comunidad

1. Como se muestra en la (Fig 3), los techos impermeables serán de teja, concreto, paja, ferrocemento, lámina, etc., y los suelos en calles y banquetas pavimentadas, están determinados también por las características de la superficie; así se obtendrá agua lo más limpia posible que se podrá separar para distintos usos.

2. Para canales o ductos se puede utilizar lámina galvanizada, cartón impermeable, troncos de árbol alineados, bambú, plástico, tubos cortados longitudinalmente, barro, tejas, mampostería, concreto o ferrocemento. Deben ser también impermeables, durables, lisos y fáciles de limpiar.

Almacenamiento del agua de lluvia.

La manera de almacenar el agua depende del uso que vaya a dársele. Si va a utilizarse tanto para uso doméstico como para riego, es mejor almacenarla como si fuera sólo para uso doméstico.

Agua para uso doméstico

Se sugiere almacenar el agua en un tanque o recipiente cerrado, esto impide que le entre cualquier tipo de basura y oscurece el interior, de manera que se evita la reproducción de algas y bacterias que la pudrirían en poco tiempo. También es conveniente que tenga un movimiento frecuente para mantenerla oxigenada.

Agua para riego

En este caso basta con almacenarla en depósitos abiertos superficiales, que son más baratos y pueden contener grandes volúmenes de agua. En una olla o estanque suficientemente grande puede instalarse un criadero de peces, lo que ayuda a conservar el agua en buen estado. (Arias, 1978).

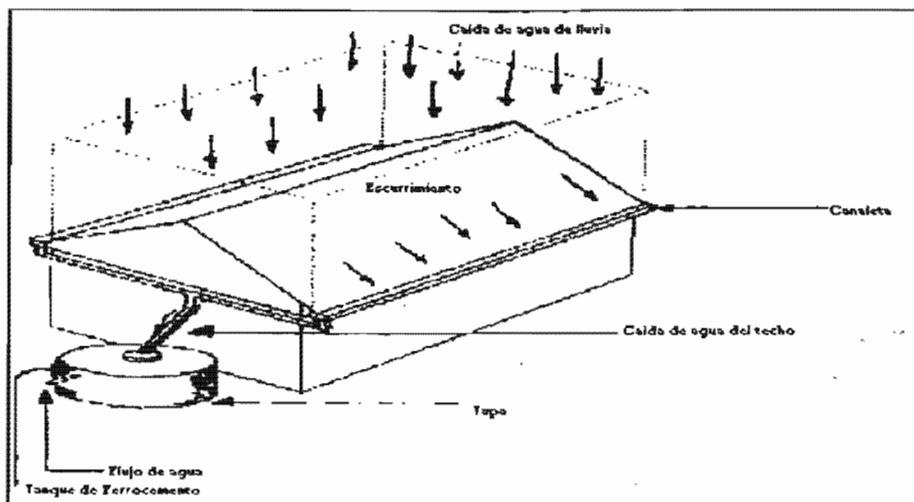


Figura 3. Sistema de captación de agua pluvial en techos

Tipos de cisternas para almacenar el agua

La cisterna o aljibe debe ser lo suficientemente grande para captar el máximo de agua de lluvia que caiga en un año, (dependiendo de la región y de la superficie del techo o suelo que surte a la cisterna), resistir las presiones del agua y de la tierra y no tener grietas ni fugas. Puede ser de mampostería, de cemento o ferrocemento, y estar muy limpio cuando se espera la temporada de lluvias.

Calculo para el diseño de la cisterna

Para calcular el tamaño de la cisterna se debe considerar lo siguiente:

1. El régimen pluviométrico en milímetros anuales de la región
2. La superficie en metros cuadrados del techo o del suelo que va a surtir a la cisterna
3. Considerar pérdidas por evaporación, filtración y lluvias ligeras del 20%. (se puede captar el 80% del agua).

Ejemplo:

Régimen pluviométrico (R.P.) = 500mm
Superficie del techo (S) = 100m²

Volumen de agua captada = R.P. x S x 80%
 $500 \text{ mm} \times 100\text{m}^2 \times 80\% = 40\text{m}^3$. anuales o sea 40,000 litros

Si se toma en cuenta que no toda el agua cae de una sola vez, sino a través de varios meses y que se consume durante ese tiempo, bastará con una cisterna de 30m³ aproximadamente.

Si el consumo de agua en el campo y en el medio urbano es de 50lts/día/hab, una familia promedio de 5.8 miembros durante seis meses de sequía (180 días), tenemos:

$$5.8\text{habit.} \times 50\text{lts/día/hab} \times 180 \text{ días} = 52,200 \text{ lts.}$$

Se puede concluir que la cisterna de 30m³ tiene capacidad para surtir 40m³ de agua, los cuales durante los seis meses de sequía, son suficientes para el consumo de una familia promedio. (Arias, 1978)

Tanque de Ferrocemento

El ferrocemento es un sistema constructivo que utiliza mallas metálicas ligeras y alambres delgados (alambros), como refuerzo de una matriz de mortero de cemento-arena, con la cual se pueden obtener una gran variedad de productos destinados a la construcción, el resultado de estos productos construidos de esta manera son materiales resistentes, impermeables, durables, económicos, con bajo costo de mantenimiento, se pueden hacer con una gran diversidad de formas y, sobre todo, con enormes facilidades de autoconstrucción. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP, 1980)

Es recomendable construir estos tanques con ferrocemento por considerarse lo más económico, duradero y adecuado.

Este método de construcción de tanques de agua puede ser usado en zonas rurales por varias razones:

- a). Estos tanques pueden ser usados para varios propósitos de la granja
- b). Las técnicas para su construcción son fáciles de aprender, y la gente puede aprender a hacer buenos tanques con pocos días de instrucción.
- c). Los usuarios que desean utilizar estos tanques pueden contribuir a su fabricación pagando así parte del costo de construcción.
- d). No demanda el uso de maquinas complicadas y caras, o el uso de electricidad
- e). Las filtraciones resultado de una mala destreza o los daños que pudieran resultar, pueden ser reparados fácilmente y, sólo necesita un mínimo mantenimiento.

Como ejemplo se tomará un tanque de 2.40 m. de diámetro por 2.20 m. de alto, con una capacidad de 9,9m³.

1. Materiales:

- 7 bultos de cemento
- 48 latas de arena cribada
- 25m² de malla de gallinero (o el doble si es necesario)
- Malla electro soldada, (Fig. 6)

Se puede hacer una mezcla que consiste en: por cada 50 kgs de cemento se utilizarán de 4 a 6 botes de 20 litros de arena fina y apenas húmeda (al apretarla con la mano no debe escurrir agua). O bien todo con 50 kgs de cemento con 4 botes de arena.

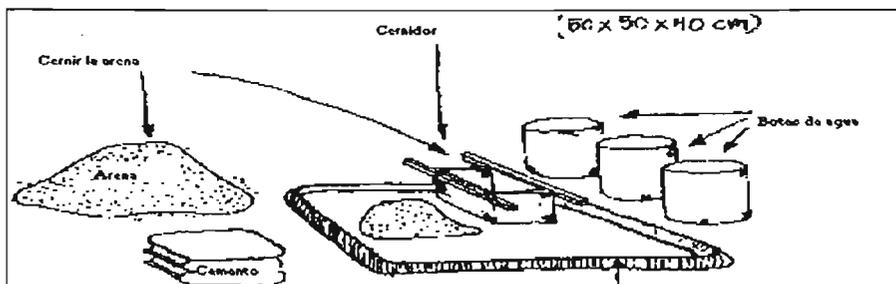


Figura 4. Materiales que se necesitan para la construcción del tanque

2. Se procede a preparar el suelo donde habrá de estar el tanque asentado, estudiando la resistencia del terreno y otras características (si es arcilloso, arenoso, rocoso, etc.). Se recomienda que quede ubicado cerca de la casa, para captar mejor el agua de lluvia, y evitar así gastos por instalación de tuberías. (Fig. 7).

Si el terreno es suficientemente resistente, solamente habrá que nivelarlo; en caso contrario es necesario compactar o apisonar y después nivelar. En los terrenos menos resistentes es recomendable hacer un cemento perimetral de piedra brasa, (Fig.8); también de ser posible conviene excavar, en todos los casos de 50 a 80cms. para que el tanque quede parcialmente enterrado. Es necesario impermeabilizar entre el fondo del tanque y el terreno.

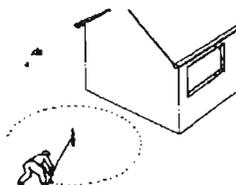


Figura 5. Preparación y trazado del terreno

3. Armado de malla gruesa

Se aconseja usar malla de alambón de $\frac{1}{4}$ de pulgada, los tramos de alambón se cortan de un largo igual a dos veces a la altura (5mts), más el diámetro (4mts), o sea 9mts, se doblan y se colocan sobre la base del piso o del cemento perimetral.

Con una separación máxima de 50cms., se necesitarán de 5 a 7 piezas en este caso, para un diámetro de 2.40 metros. Los largueros que son rectos por ser de alambón y delgados, quedan un poco torcidos, si se opta por utilizar varillas (aunque no es necesario), quedarán más derechos, esto no tiene mucha importancia porque al irse armando la malla con los anillos de alambón y las mallas finas, toda la estructura toma cuerpo y se corrige la forma.

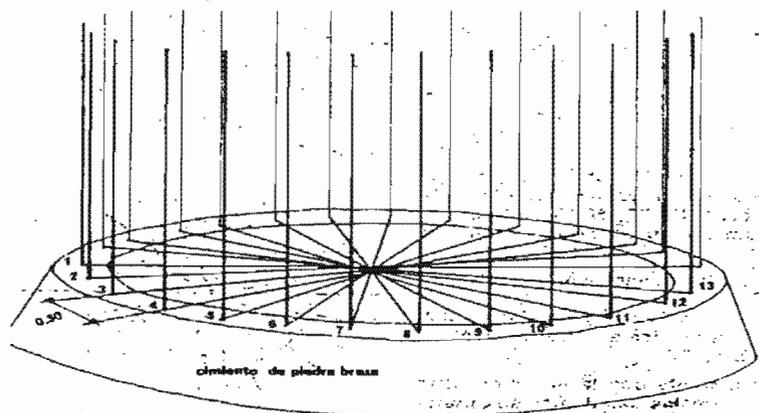


Figura 6. Cimiento perimetral de piedra brasa

Para el armado del fondo y de la tapa, se habilitarán anillos de diámetro distinto a cada 15,35, 50,50, 50, 50, 50, 50, y 50 cms. empezando desde el centro. El tramo de traslape será de 25 cm.

No es necesario que todas las varillas de alambIÓN verticales crucen hasta el otro extremo, será suficiente con la mitad de ellas (6 o 7) alternadas, las demás se amarrarán al anillo central con un bastón de 5 cms. (Fig. 7)

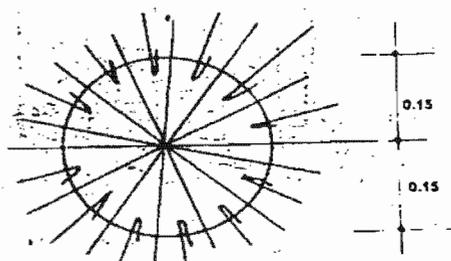


Figura 7. Armado de la base

4. Armado de las paredes del tanque

Para el armado de las paredes del tanque se habilitarán anillos del mismo diámetro de la base de éste, pero deberá dejarse un tramo de traslape de 20cms. si se van a soldar, o en caso contrario de 80cms. a 1m. en el primer anillo hasta 40cms. en el último, disminuyendo paulatinamente, como se indica en la (Fig. 10).

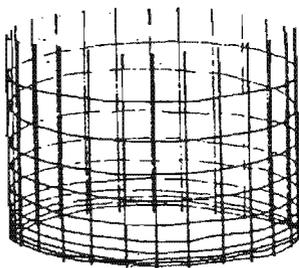
Los anillos se van colocando por fuera de los alambres verticales, de manera que cada anillo los rodea. En la base se colocan los anillos cuyos extremos quedarán más fuertemente unidos y a partir de aquí, los intervalos entre un anillo y otro serán como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Intervalos de separación de los anillos que refuerzan el tanque

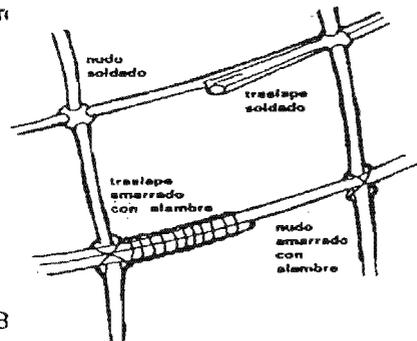
Intervalo desde la base No. de anillo	Grado de separación entre un anillo y otro de abajo hacia arriba	
	Separación en cm.	Altura total en cm.
1°	5	5
2°	6	11
3°	7	18
4°	8.5	26.5
5°	10	36.5
6°	12	48.5
7°	14	62.5
8°	16	88.5
9°	18.5	100.7
10°	21	128
11°	24	152
12°	27	179
13°	30	209
14°	35	244
15°	40	284

La altura máxima recomendable es de 3 metros, los nudos de amarre deberán hacerse de tal manera que no aumenten el espesor de la malla, pues esto estorbará tanto para fijar la malla fina como a la mano o a la tabla al momento de aplicar la mezcla. Los espacios entre los anillos más cercanos a la base deben ser menores porque ahí es donde la presión es mayor y estos anillos son el principal refuerzo.

Se recomienda que los traslapes o puntos de unión de los anillos (tanto de las paredes como de la tapa y el fondo), no coincidan todos en el mismo lado, sino que vayan distribuyéndose en sitios opuestos de la circunferencia del tanque para repartir la posibilidad de una falla en toda el área. Los largueros verticales sirven para mantener la



A)



B)

Figura 8. Armado de las paredes del tanque, A y B

5. Armado de malla fina.

En el fondo y en la tapa del tanque se colocan tres capas de tela de gallinero con un traslape mínimo de 3cms. y subiendo 5cms. al llegar a las paredes, las tres capas pueden quedar sobre el armado de malla gruesa.

Las mallas finas deberán irse fijando a los alambres "cosiéndolas" con otro alambre delgado, suave y fácil de maniobrar a todo lo largo de los alambres, (ver Fig 11). Luego se coserá una malla fina con la otra o las otras, usando sus propios alambres y un gancho (que uno mismo fabrica), se jala una malla desde la otra y se tuerce enredándola con la otra. Si se utilizan telas de gallinero de 80-90cms. éstas se colocarán en tres franjas, en la primera se necesitarán tres mallas, dos por dentro del alambazón y una por fuera y en la última franja una sola de metal desplegado de yesero o bien una sola de tela de gallinero.

En todo el proceso de construcción del armazón se deberá procurar que quede lo menos torcido posible.

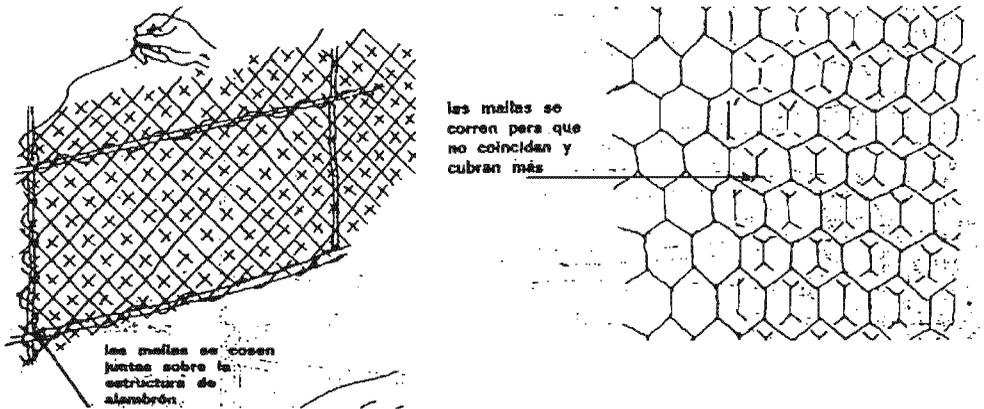


Figura 9. Traslape y "cosido" de la malla

6. Aplicación del cemento.

El cemento lo aplicarán dos personas, en el fondo del tanque directamente sobre el piso contra la malla. Primero se aplicará en un círculo de un metro de ancho junto a las paredes, después el siguiente metro y así sucesivamente hasta el círculo central.

Para hacer las paredes, una persona estará adentro y otra afuera, para que la mezcla quede bien apretada aplicándose a manera de franjas horizontales de aproximadamente 80cms. cada una, ver (Fig. 10).

Para hacer la tapa, también una persona estará adentro y otra afuera del tanque, es necesario dejar un espacio para una tapa de registro, para dar limpieza al tanque, siguiendo el mismo procedimiento por círculos como en el fondo, con un espesor de 8cms. en el centro y disminuyendo hasta 5cms junto a las paredes.

El espesor en las paredes será de 5 cms. en la base que irá disminuyendo hasta 2.5 cms. hasta arriba.

Es muy importante observar que la mezcla debe permanecer húmeda mientras fragua, durante tres o cuatro días, por lo que hay que regarla constantemente, si no se humedece, se puede agrietar y aun cuando las fisuras pequeñas no ponen en peligro la resistencia del tanque, sí representan problemas de impermeabilización.

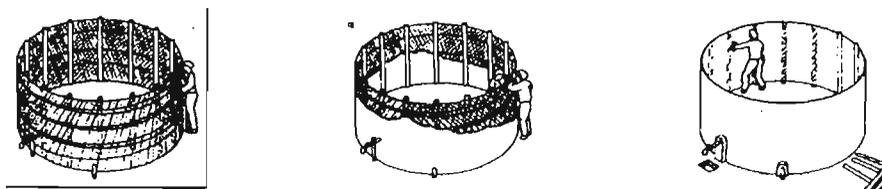


Figura 10. Pasos a seguir para la aplicación del cemento

Una vez que la construcción del tanque se ha terminado y ha fraguado durante cuatro o más días, habrá que pasar a una impermeabilización preventiva, si el ferrocemento se hizo bien, puede ya no requerirlo por ser menos poroso y más fino que el concreto.

Es necesario también dejar en el fondo del tanque, pendiente para desagüe en la pared del tanque, en su parte más baja, para su limpieza anual antes de la temporada de lluvias.

El mantenimiento se concretará a la reparación de grietas y filtraciones; si éstas afectan a una zona pequeña, hay que hacer remiendos locales con aplanado y pulido o con impermeabilización, o bien volver a aplicar una impermeabilización completa si las filtraciones son varias y extendidas.

Igualmente, es necesario limpiar anualmente techos y pisos, canalones y conductos que surten el agua; así como reparar goteras y roturas que puedan existir antes del periodo de lluvias. (Arias, 1978)

Técnicas para purificar el agua.

Uno de los principales problemas en el país es el abastecimiento de agua potable, debido generalmente a la lejanía de las fuentes de abastecimiento, así como al alto costo de su potabilización y distribución. Por razones económicas o de mala operación, en la mayoría de las comunidades del país no se cuenta con agua bacteriológicamente potable, por lo que

se recomienda, para evitar enfermedades, que el agua se purifique domésticamente antes de usarse.

El agua puede purificarse de diversas formas, principalmente clorándola o hirviéndola; en cualquiera de los casos, el agua debe estar suficientemente limpia antes de purificarla, esto es: que sea transparente, que no contenga detergentes, aceites, partículas extrañas, insectos muertos, etc., el lugar de donde se tome también deberá estar libre de contaminantes (animales muertos, vertederos de aguas negras o desechos de cualquier tipo).

Las técnicas más usuales para purificar el agua a nivel individual o doméstico son:

- a) Cribado
- b) Sedimentación
- c) Filtración
- d) Hervido
- e) Desinfección

Cribado. Consiste en la separación de la materia flotante que se encuentra en el agua, puede efectuarse con cedazos, coladeras o pedazos de tela de abertura pequeña

Sedimentación. Es la operación mediante la cual se provoca que las partículas contenidas en el agua se precipiten al fondo del recipiente, dejando un volumen de agua más claro arriba y una capa de sedimentos en el fondo. Se recomienda agregar de 5 a 10 mg. De sulfato de aluminio ($Al SO_4$) a cada litro de agua a tratar, agitar levemente durante unos diez minutos y dejar reposar el agua durante una media hora. En caso de no contar con el sulfato de aluminio, se podrá dejar reposar el agua durante toda una noche y se obtendrá casi el mismo resultado.

El agua clara obtenida deberá filtrarse posteriormente, y los sedimentos deberán desecharse.

Filtración. Tiene la finalidad de eliminar la turbiedad del agua, cuando el cribado y la sedimentación no han logrado tal objetivo, para esto se puede utilizar un filtro de arena.

Filtro de arena.

El filtro de arena consiste en una capa de arena, apoyada sobre una capa de grava, a través de las cuales se hace pasar el agua que se desea filtrar. Debido a la lentitud del flujo, en la superficie de la arena se forma una delgada capa de microorganismos que es la responsable de la purificación bacteriológica del agua, por ello al filtro se le conoce también como filtro de superficie o filtro biológico. La secuencia de filtrado incluye los siguientes pasos:

- 1) Sedimentación: algunas partículas se sedimentan sobre la superficie de la arena
- 2) Filtración mecánica: en los huecos de la arena quedan atrapadas las partículas más grandes

- 3) Adhesión: al entrar en contacto con la arena, las partículas suspendidas y coloides son retenidos por la capa biológica
- 4) Procesos bioquímicos: en la capa biológica ocurre una desintegración parcial de sustancias orgánicas, formación de compuestos inorgánicos insolubles y muerte de bacterias y otros organismos patógenos.

Materiales y construcción.

1.-Se selecciona un recipiente adecuado, esto puede ser un tambo de lámina de 200 litros, o bien un tanque construido con materiales de la región con capacidad de 200 a 1000 litros y se impermeabiliza por dentro o se le aplica pintura anticorrosiva que no deje residuos tóxicos.

El material complementario es el siguiente:

- tubo PVC de 1"
- 2 llaves de paso de PVC
- arena y grava

2.- Instalación de la tubería: en un costado, cerca de la parte superior del tanque, se hace un orificio donde se coloca el tubo de entrada. En algún punto antes de llegar al filtro se le conecta una llave de paso para regular el flujo de entrada, que debe ser constante y lento.

El tubo de salida se instala a pocos centímetros del fondo del depósito, atravesándolo completamente. Por un lado funciona como válvula para drenar y por el otro como tubo de salida. Al tramo que queda en el interior del depósito se le hacen pequeñas perforaciones para que le entre el agua filtrada.

3.- Tender la capa de grava: Una vez instalados los tubos, se coloca una capa de grava (limpia y libre de tierra, raíces y otras impurezas), la cual deberá ser de diámetro entre 3mm y 5 cm, acomodadas en unas seis capas de 5 a 8 cm de espesor, y de tamaño gradualmente menor.

Tender la capa de arena, la cual deberá tener diámetros entre 0.25 y 0.35 mm. La altura de la capa deberá ser de 60 a 100 cm.

Una vez terminado de construir el filtro se deberá operar de la siguiente forma:

- 1) Si el agua contiene materia flotante como hojas, ramas, basura, etc., deberá colarse mediante la técnica de cribado.
- 2) Si el agua está turbia, deberá clarificarse mediante el procedimiento de sedimentación.
- 3) El agua deberá verterse sobre el filtro lentamente, para evitar desemparejar la arena de la superficie. La velocidad máxima con que debe pasar el agua a través del filtro, es de 2.7 Lt/m²/min.

Uso y mantenimiento.

- El filtro debe limpiarse periódicamente, cuando se tape el filtro con impurezas y se interrumpa el goteo de agua en el efluente, se deberán remover de 2 a 3 cm de la capa de arena superior y desecharla o lavarla perfectamente para volverla a usar. Nunca deberá ser de menos de 60 cm de altura de la capa de arena.
- Cuando se ocupa mucho agua en poco tiempo puede ser necesario regular el flujo con la llave de paso
- Si la entrada de agua se detiene, hay que cerrar la válvula de salida para evitar que el filtro se seque y se pierda la capa biológica
- El filtro debe permanecer tapado para evitar que le caiga basura y que reciba la luz directa, ya que esto último favorecería la proliferación de algas y otros organismos.
- Si la cantidad de agua que entra al filtro excede los 200 litros, es preferible construir más de un filtro, ya que al aumentar la capacidad disminuye la eficiencia.

El efluente de los filtros de arena no está perfectamente purificado, por lo que es necesario desinfectarlo o hervirlo después.

Hervido.

Hirviendo el agua se destruyen organismos nocivos para la salud, como bacteria, virus, esporas, etc. El agua deberá hervirse durante unos 20 minutos, para que esté completamente desinfectada, se recomienda utilizar siempre el mismo recipiente para hervirla.

Al hervir el agua se evaporan los gases disueltos, principalmente el bióxido de carbono (CO₂), lo cual altera el sabor del agua. No es recomendable estar agitando o vertiendo de un recipiente a otro el agua hervida, es mejor dejar reposar el agua en el mismo recipiente tapado durante algunas horas para que pierda el sabor del agua hervida.

Cloración.

Desinfección química es el método más económico para eliminar patógenos del agua, consiste en la adición al agua de ciertos desinfectantes químicos en dosis adecuadas. En la mayoría de las plantas potabilizadoras grandes utilizan este proceso para purificar el agua.

El cloro es el desinfectante químico más usado, tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Es útil para oxidar el hierro y el manganeso
- Destruye olores y sabores
- Disminuye el crecimiento de algas y bacterias
- No deja residuos en el agua que puedan dañar la salud, siempre y cuando se aplique en la dosis adecuada.

Desventajas:

- Es difícil determinar la dosis que debe usarse, ya que varía de acuerdo a la temperatura, concentración y tipo de organismos patógenos, propiedades del agua, etc.
- Se necesita generalmente personal capacitado para vigilar su aplicación
- Una dosis pequeña no es suficiente para destruir ciertos organismos encerrados en quistes o esporas.

En general un agua contaminada que contenga mucha materia orgánica no es apta para desinfectarse con cloro, primero debe filtrarse, y después clorarse. El cloro puede agregarse más fácilmente en forma de solución, una solución adecuada es la que contiene un 1% de cloro, la cual se puede conseguir fácilmente en el mercado. Un agua está perfectamente desinfectada cuando contiene cloro residual, después de 20 minutos de que se aplicó la dosis de cloro.

Para conocer si hay o no cloro residual en el agua se puede utilizar el siguiente método práctico:

- 1) En una taza póngase el agua en la que se va a determinar el cloro residual
- 2) Agregar tres cristales de yoduro de potasio, agitarlos hasta que se disuelvan
- 3) Añadir cinco gotas de vinagre y agitar
- 4) Poner unas gotas de solución de almidón (como la empleada para la ropa) y agitar
- 5) Si aparece un color azul-morado existe cloro residual, si no aparece ese color, el agua no tiene cloro residual, la intensidad del color es proporcional a la cantidad de cloro presente. Se debe procurar que el cloro residual presente, después de 20 minutos, sea apenas perceptible, para evitar que el agua desinfectada tenga demasiado sabor a cloro.

El procedimiento a seguir para clorar el agua es el siguiente:

- Si contiene materia flotante, turbiedad o alguna otra impureza, se le deberá cribar, sedimentar y filtrar, según las técnicas descritas anteriormente
- Determinar el volumen de agua a clorar en litros
- Aplicar unas tres gotas de solución al 1% de cloro por cada litro de agua a clorar
- Agitar durante un minuto
- Dejar reposar por 20 minutos el agua
- Determinar el cloro residual, según el método antes descrito, y en caso de no presentar el color azul-morado, repetir la operación desde el punto tres
- Si existe algo de cloro residual, el agua está ya potabilizada. Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA, 1997).

4.1.1.1.3. Colector solar

La utilización de fuentes de energía renovable que, administrada en forma adecuada puede explotarse ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible (en la tierra) no disminuye a medida que se aprovecha; puede y debería generar un esquema de desarrollo sustentable indispensable para que la mayoría de los recursos, y particularmente la energía, sean del tipo renovable.

La principal fuente de energía renovable es el Sol, el Sol envía a la tierra únicamente energía radiante, es decir, la luz visible, radiación infrarroja y algo de ultravioleta. Sin embargo, en la atmósfera se convierte en una variedad de efectos, algunos de los cuales tienen importancia como recurso energético, tal es el caso de la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas.

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el sol y que es interceptada por la tierra. México es un país con alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio; la zona norte es de las más soleadas del mundo.

Energía solar directa. Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple.

Térmica. Se denomina "térmica" la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc., son aplicaciones térmicas.

Fotovoltaica. Se llama "fotovoltaica" la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin pasar por un efecto térmico. (Deffis, 1989).

Tipos de radiación:

La radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera. A continuación se mencionan los siguientes tipos de radiaciones que se presentan:

a). Radiación directa, Es la que se recibe directamente del sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica, la radiación extraterrestre es, por tanto, radiación directa.

b). Radiación difusa, es la que se recibe del Sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul.

c). Radiación terrestre, la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco, lago, etc.

d). Radiación total, es la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del Sol, la difundida por las nubes y por el cielo y, además, puede entrar la luz

reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana, en la (Fig. 13) se muestran los tipos de radiación.

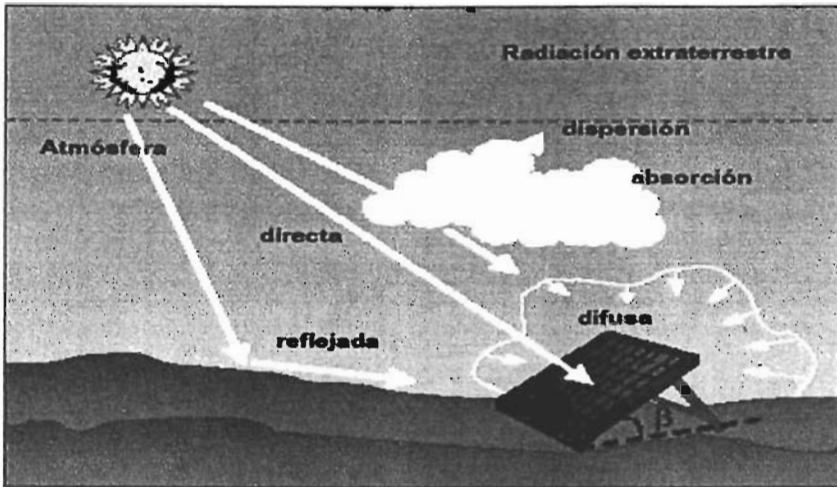


Figura 11. Tipos de radiación

La cantidad de radiación solar recibida por la tierra varía según la latitud del lugar, la altura del Sol, etc. De dicha radiación, aproximadamente un 50% es absorbida por las nubes, de la que alcanza la superficie de la Tierra, el 15 % es reflejada por el suelo, el 5% absorbida por éste, el 0,3% es utilizada por la vegetación terrestre, el 1,7% por la vegetación submarina y el 28% restante se emplea en evaporar el agua. Estas diferentes aplicaciones de la radiación solar producen efectos que constituyen fuentes de recursos para el hombre y algunas de sus manifestaciones son las energías renovables.

Aprovechamiento de la energía solar

La energía procedente del Sol se ha utilizado, directa o indirectamente, durante años en numerosos aspectos de nuestro entorno (agricultura, arquitectura, industria, etc.), ver (Fig.14). Recientemente su utilización se ha extendido a otras áreas aprovechando los avances técnicos en los últimos años, una de estas áreas es la energética, que ha visto incrementado su desarrollo y difusión en forma considerable. El Sol puede aprovecharse de dos formas diferentes:

Como fuente de calor:

- *Energía solar térmica
- *Energía solar pasiva

Como fuente de electricidad:

*Energía solar fotovoltaica

*Energía solar térmica, mediante concentradores.

(Deffis, 1989).

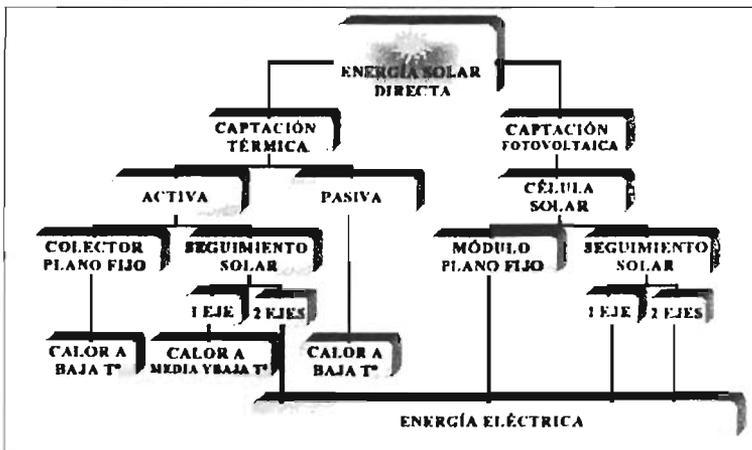


Figura 12. Diagrama del aprovechamiento de la energía solar

Un colector solar es una especie de intercambiador de calor que transforma la energía radiante en calor. La transferencia de energía se hace desde una fuente radiante (Sol), hacia un fluido (agua o aire generalmente) que circula por los tubos o ductos del colector. El flujo de energía radiante que finalmente intercepta el colector, proviene básicamente del rango visible del espectro solar (longitudes de onda entre 0.29 y 2.5 μm) y es por naturaleza variable con el tiempo.

Una de las aplicaciones de esta energía solar es el calentamiento del agua de uso doméstico, y con la cual puede existir un importante ahorro de energía. Se estima que por cada metro cuadrado de colector solar se ahorra un barril de petróleo al año, además de que se puede ahorrar además el uso de calentadores de gas. El calentador solar funciona aprovechando la energía del sol para calentar el agua.

Estos calentadores serán más eficientes en las zonas donde se recibe la luz del sol más directa, en otras zonas funcionarán adecuadamente pero con menor eficiencia. Para su buen funcionamiento se recomienda:

- Adecuar una superficie de colección acorde a la cantidad de agua por calentar, a una temperatura determinada
- Colocar el colector hacia el sur, para captar el máximo de insolación al medio día, (Fig. 15).
- Inclinar el colector respecto al plano horizontal con una inclinación de 10° más que la latitud del lugar de instalación, para recibir la mayor cantidad posible de rayos solares en forma perpendicular
- Aislar térmicamente el colector y las tuberías que lo componen para conservar caliente el agua hasta el momento de ser usada.

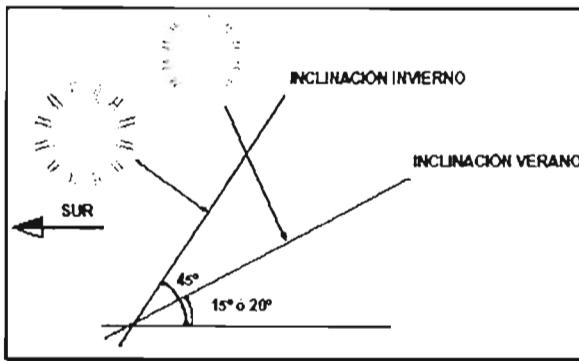


Figura 13. Orientación e inclinación de los paneles solares

En cuanto al lugar donde deben colocarse se recomienda:

- Que esté lo más cerca posible del tanque de almacenamiento
- Que no esté a la sombra de árboles o bardas que impidan captar el calor del sol
- En los casos en que sea posible, conviene que el colector y el depósito estén a una altura intermedia para utilizar el agua en los servicios de la casa.

En el Cuadro 5, se mencionan las capacidades con las que se puede construir un panel solar, esto dependerá del número de integrantes de familia y del número de tomas de agua que se deseen colocar.

Cuadro 5. Capacidades y dimensiones de los equipos solares.

Capacidad del termo	Área del calentamiento del colector	Número de personas a las que dará servicio si se utiliza el agua caliente en:		
		Baño de regadera	Baño de regadera y fregadero	Baño en regadera fregadero
300 lts	6 m ²	6 personas	4 personas	3 personas
450 lts	9 m ²	9	6	4
600 lts	12 m ²	12	8	6
750 lts	15 m ²	15	10	7
900 lts	18 m ²	18	12	9

Fuente: (Deffis, 1989)

Tipos de colectores solares.

Básicamente existen dos tipos de colectores solares, planos y de enfoque o parabólicos, los planos a su vez se dividen en dos grandes grupos, los que tienen integrado el termotanque de almacenamiento o autocontenidos en la cual el depósito colector, es en realidad una sola caja de madera o de metal galvanizado, reforzada por fuera, con sus conexiones de entrada y salida del agua construidas herméticamente, todo encerrado en una caja aislante, y los que tienen colector y termotanque por separado o también llamados combinados que consisten en una caja colectora que capta la energía solar y la transmite a través de su estructura al agua que circula por él, y que va a almacenarse, luego, en un depósito por separado.

Estos colectores solares planos, se colocan fijos generalmente en las azoteas de las casas, quedan generalmente fijos y captan la radiación solar directa y difusa, y alcanzan a calentar el agua hasta una temperatura no mayor de 70⁰ centígrados.

Dentro de los diversos tipos de colectores solares, los colectores solares planos son los más comunes. Pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas, debido a que la temperatura de operación de este tipo de colectores difícilmente pasa los 100°C.

Las ventajas que podemos obtener de este tipo de colectores con respecto a los colectores de enfoque o parabólicos, que concentran la radiación solar, es que éstos utilizan la energía solar directa y difusa, no requieren movimiento continuo para dar seguimiento al Sol, prácticamente no necesitan mantenimiento y son mecánicamente de construcción más simple. (Deffis, 1989).

Colector solar autocontenido

Consiste en una sola caja de metal, madera o plástico con sus conexiones de entrada y salida del agua, selladas herméticamente y todo dentro de una caja aislante.

Materiales:

- Un depósito metálico, puede ser un tambo, pero es mejor un tanque plano (por ejemplo, un viejo tanque de gasolina).
- Pintura color negro mate y pintura blanca
- Pintura anticorrosivo
- Vidrio transparente
- Madera o algún otro material aislante
- Tubería de cobre o manguera
- Opcional: material para construir un soporte, un bastidor o una mesa.

Construcción:

Se limpia el tanque perfectamente y se pinta por dentro con la pintura anticorrosivo y por fuera con la pintura negra.

Después se le instalan dos tubos: uno de entrada, cerca de la parte más baja, que conduce el agua fría al interior, y uno de salida, cerca de la parte superior, que lleva el agua caliente hacia la tubería de la casa. Es conveniente recubrir este último tubo con material aislante para evitar que se pierda calor, se pueden utilizar diversos materiales para lograr la pérdida de calor, (Fig. 14).

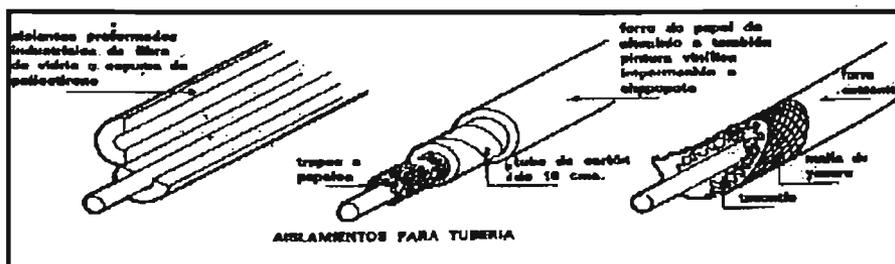


Figura 14. Aislamientos que se pueden utilizar para cubrir las tuberías

El tubo de entrada se sella en el extremo que queda dentro del depósito y al tramo que queda sumergido en el agua se le hacen pequeños orificios cada 2 o 3 cm., de manera que el agua fría salga lentamente.

El tanque se coloca dentro de un contenedor de madera, metal galvanizado o plástico, para evitar que el viento enfríe su superficie. Se debe colocar una tapa fija de vidrio que permita el paso de los rayos solares y el interior deberá pintarse de blanco para que los

refleje mejor, (Fig.15), todas la uniones se sellan herméticamente, para evitar la pérdida de calor. También se debe verificar que no haya fugas en las conexiones de los tubos.

Si se utiliza plástico, deberá cubrir perfectamente el tanque, desde la tapa hasta la base. Hay que tener especial cuidado en que no se rompa, para evitar que se enfrie el depósito, esta opción no es muy eficiente, ya que durante la noche deja escapar gran parte del calor almacenado en el día.

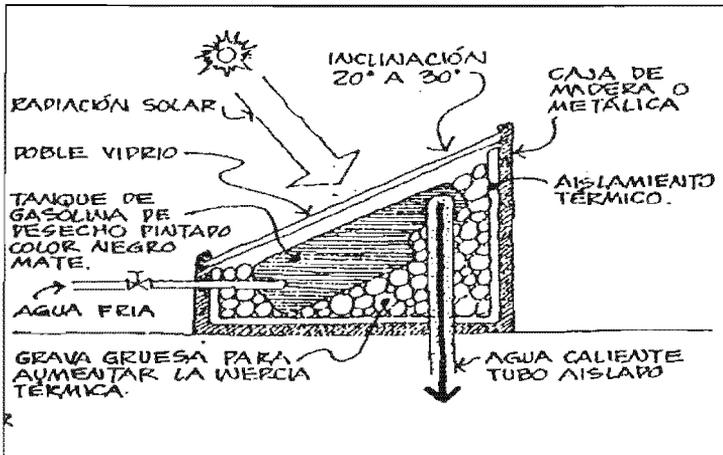


Figura 15. Corte transversal de un colector solar mostrando las partes que lo componen

Ubicación:

El colector deberá de colocarse al sur de la casa, donde no le llegue la sombra de algún árbol o techo, y de preferencia cerca del baño o de la cocina, para evitar una instalación hidráulica complicada y costosa.

Puede colocarse sobre una mesa o un bastidor sobre el techo de la casa, la cuestión es que debe de estar bien fijado a la superficie donde va a quedar instalado. Tanto la superficie sobre la que se coloque el tanque como la pared más cercana deberán pintarse de blanco.

Si se trata de un tambor, puede acomodarse tanto vertical como horizontalmente; si es un tanque plano, la cara más grande deberá dar hacia arriba, para que capte la mayor cantidad posible de rayos solares. (Fig.16).

Mantenimiento:

Mantener libre de polvo y obstrucciones la superficie de captación del colector solar limpiando el cristal con una franela húmeda.

El tanque debe mantenerse siempre lleno para evitar que el calor sea excesivo y lo dañe, y para que el nivel del agua alcance el tubo de salida. Esto se logra colocando el colector a menor altura que el tinaco o cisterna de los que recibe el agua.

Este colector tiene el inconveniente de que si no se tapa por la noche el agua caliente contenida dentro de él se enfriará por lo que es conveniente colocar una cubierta de material aislante para reducir la pérdida de calor durante la noche, puede ser abatible, corrediza o removible, pero debe ser fácil de poner y quitar, ya que esta operación se llevará a cabo diariamente. Si llueve también será necesario tapar el tanque. Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca (INSO, 1998).

Periódicamente debe verificarse que no haya fugas y repararlas si las hubiere.

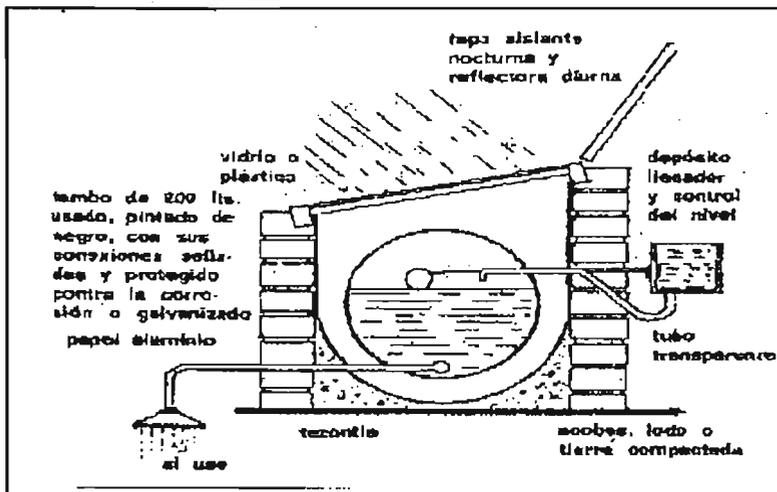


Figura 16. Variantes en el diseño de un colector solar autocontenido

Colector solar combinado.

Este tipo de colector permite conservar el agua caliente durante más tiempo ya que el colector de calor y el depósito de almacenamiento se encuentran separados. (Fig. 17)

Materiales:

- madera o lámina galvanizada para construir el colector
- un tambor de 120 lts
- pintura color mate y pintura blanca
- pintura anticorrosivo
- material aislante (cartón, periódico, paja, hule espuma, etc.)

- tubos y codos de cobre
- vidrio transparente

Construcción:

Se construye con una caja de madera o de lámina galvanizada forrada por dentro primero con material aislante y después con lámina metálica negra o papel aluminio grueso pintado de negro.

El tubo de entrada se coloca a un nivel más bajo que el de salida. Sobre el fondo metálico se construye una red con los tubos, y las "T" y los codos de cobre y se fijan al fondo de la caja con alambre. Es importante que esta red haga un buen contacto con el fondo metálico para que el calor se transmita al agua y no se pierda, los tubos se deben de pintar con la pintura negro mate para dar mayor captación solar, ya que el agua se va a calentar al momento de pasar por éstos

Al final se cubre la caja con una tapa de cristal en la cara que da hacia el sol, cuidando que todas las uniones estén perfectamente selladas.

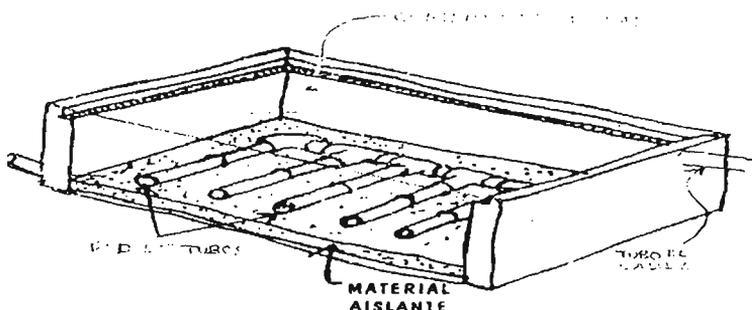


Figura 17. Construcción de colector solar combinado.

Este sistema también debe de contar con un depósito separado llamado tanque térmico, donde se almacena el agua caliente. El colector, el termotanque y la tubería que los une deben de estar aislados térmicamente para evitar pérdidas de calor para que el agua se conserve caliente hasta el momento de ser usada.

El termotanque debe estar inmediato al colector y 30cm. más alto que él. Este sistema requiere un doble depósito de agua, el termotanque y el tinaco común de agua fría. (INSO, 1998).

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

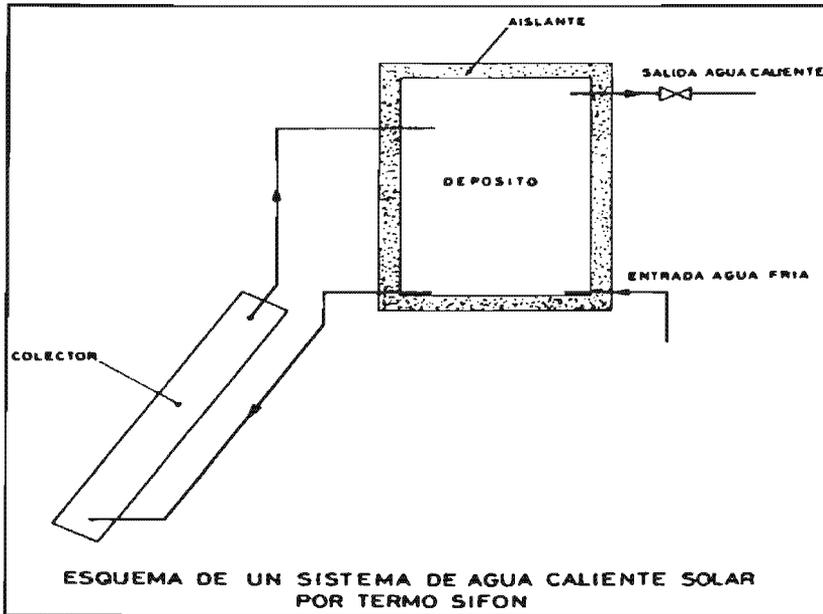


Figura 18. Efecto termosifón

El aire atrapado en colectores, tuberías y termotanques, debe tener una salida, por lo que debe colocarse una válvula eliminadora de aire en la salida del agua caliente.

Los días nublados hacen imposible utilizar la energía del sol, por lo tanto la instalación (si así se requiere) de calentamiento solar de agua deberá hacerse en serie con el calentador doméstico de gas, que funcionará precisamente durante esos días sin sol.

Funcionamiento:

1. Una vez instalado y probado el equipo e instalaciones, deberá verificarse el nivel de agua en el termotanque.
2. Se abrirá la llave de paso para alimentar el termocolector, para que con esto al calentarse el agua se lleve a cabo el efecto de termosifón provocado por la diferencia de temperaturas del agua; la caliente que tiende a subir, dejando el paso a la fría, que al recircular por el termocolector va adquiriendo mayor temperatura; con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo. Esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito (colocado necesariamente por encima de los colectores más de 30 cm.),

actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja el agua caliente del colector menos pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del tanque, (Fig. 18).

Creado de esta forma el movimiento del agua del colector al depósito, éste se mantendrá mientras haya suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito las temperaturas se igualan y el movimiento cesa.

Cuando se produce una extracción de agua caliente el depósito se rellena con agua del tinaco o de la red (Fig. 19), la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia por si mismo.

Es básico, en un sistema por termosifón que el diseño y montaje de la instalación favorezcan el movimiento del agua caliente. Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua:

- 1) La diferencia media de temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito.
- 2) La diferencia de alturas (h) entre el tanque y el colector (mínimo 30cm.).

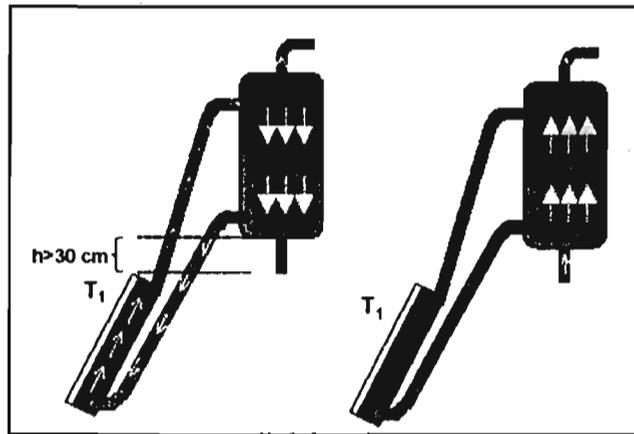


Figura 19. Extracción de agua caliente

3. En periodos de temperaturas muy bajas, es recomendable desalojar el agua del equipo para evitar rupturas de partes por congelamiento. (Deffis, 1989).

Mantenimiento:

1. Mantener libre de polvo y obstrucciones la superficie de captación del colector solar, limpiando el cristal con un trapo húmedo
2. Revisar periódicamente la válvula eliminadora de aire y el sistema de conexiones para evitar obstrucciones al escapar el aire.

Beneficios:

Los beneficios del uso de los colectores solares de agua se pueden clasificar en dos: económicos y ambientales:

Económicos.- Con la instalación de un sistema adecuado a nuestras necesidades, se puede satisfacer la mayor parte de los requerimientos de agua caliente del hogar, sin tener que pagar algún tipo de combustible, pues utilizar así el sol no nos cuesta. Aunque el costo inicial de un colector solar de agua es mayor que el de un "boiler", con los ahorros que se obtengan por dejar de consumir gas en el que se puede dar un ahorro de poco más del 70%, se puede recuperar la inversión en un plazo razonable (aproximadamente 3 años); además el colector puede durar funcionando un promedio de 15 a 20 años, es decir, varios años más que un calentador convencional. Es un sistema aconsejable para viviendas con una demanda de agua caliente de unos 250lts/día.

Ambientales.- El uso de los colectores solares permite mejorar en forma importante el entorno ambiental, al hacer considerablemente un menor uso del gas LP, por lo que debería considerarse su aplicación también en zonas urbanas que es en donde se generan importantes cantidades de contaminantes que contribuyen al deterioro de la calidad del aire y la emisión de gases de efecto invernadero, con graves repercusiones locales, regionales y globales. (Fig. 20).



Figura 20. Beneficios de la energía solar térmica

4.1.1.1.4. Sistema Fotovoltaico.

La energía eléctrica no está presente en la naturaleza como fuente de energía primaria y, en consecuencia, sólo podemos disponer de ella obteniéndola por transformación de alguna otra forma de energía. Una de las primeras formas como el hombre obtuvo energía eléctrica fue mediante el uso de pilas que generaban electricidad a partir de reacciones químicas, posteriormente, la energía mecánica fue la principal fuente de electricidad gracias a la utilización de dinamos y alternadores. En la actualidad, la principal manera de obtener la electricidad es mediante el uso de grandes centrales termoelectricas, en las que la energía térmica liberada por una fuente de energía primaria (madera, carbón, petróleo, gas, etc.) se transforma en electricidad a través de un proceso que exige el uso de turbinas y alternadores, los cuales cubren la etapa final de conversión de energía mecánica a eléctrica. También las centrales hidroeléctricas son de importancia en la actualidad y conceptualmente trabajan bajo el mismo principio al utilizar la energía potencial de una caída de agua para obtener energía mecánica que posteriormente será transformada en eléctrica.

Recientemente, el hombre ha aprendido a obtener electricidad a partir de la energía solar mediante procesos fototérmicos y fotovoltaicos. Los primeros operan bajo principios semejantes a los de las centrales térmicas convencionales. Los denominados fotovoltaicos, presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria, la solar, en electricidad de un modo directo, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía. De los anterior, se puede decir que las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad, de un modo directo, estos dispositivos son estáticos y en absoluto semejantes a los generadores convencionales.(Unna, 1999).

Principios de operación

Efecto fotovoltaico. Existen ciertos materiales que al absorber un determinado tipo de radiación electromagnética generan en su interior pares de cargas negativas y positivas. Si la radiación electromagnética es la solar y el material es un semiconductor tal como el silicio (Si), los pares de carga son electrones (e^-) y huecos (h^+) que una vez producidos se mueven aleatoriamente en el volumen del sólido. Si no hay un ningún condicionante externo ni interno, las cargas de signos opuestos se recombinan neutralizándose mutuamente. Por el contrario, si mediante algún procedimiento se crea en el interior del material un campo eléctrico permanente, las cargas positivas y negativas serán separadas por él; esta separación conduce al establecimiento de una diferencia de potencial entre dos zonas del material que, si son conectadas entre sí mediante un circuito externo al mismo tiempo que la radiación electromagnética incide sobre el material, darán origen a una corriente eléctrica que recorrerá el circuito externo. Este fenómeno se conoce como efecto fotovoltaico y es el fundamento en el que se basan las celdas fotovoltaicas. (Fig. 21)

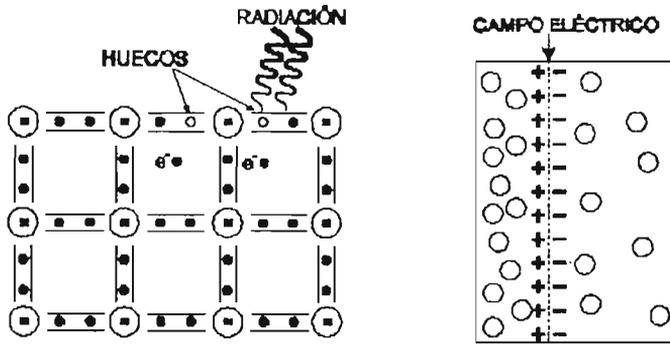


Figura 21. Efecto fotovoltaico

Para que una célula solar expuesta al sol produzca energía eléctrica debe reunir las siguientes tres características principales:

- 1) Ser capaz de absorber una fracción importante de la radiación solar para que la generación de pares electrón-hueco sea eficiente
- 2) Tener un campo eléctrico interno que separe las dos cargas impidiendo su posterior recombinación
- 3) Finalmente, las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la oblea de silicio (disco muy delgado) hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito exterior.

Fabricación de células solares.

Tecnológicamente, la fabricación de células solares es muy compleja, la materia prima es la arena común (SiO_2), la cual debe ser trasladada hasta la fábrica donde se le extrae el oxígeno que contiene y donde el silicio resultante sufre un complejo proceso de purificación, el producto resultante pasa a otro lugar donde se transforma en plaquitas de silicio fotovoltaico, donde se hace crecer el monocristal hasta obtener una pieza cilíndrica de diámetro variable entre 2 y 20cm. y longitud de alrededor de un metro. El crecimiento del monocristal sirve para purificar el material y para la creación de una estructura perfecta, gracias a la cual la futura oblea gozará de propiedades semiconductoras, la barra de silicio se corta mediante sierras especiales produciéndose obleas de espesor aproximado de 300 μm ; entonces se le efectúan las operaciones físico-químicas de formación de campo eléctrico interno y de formación de electrodos metálicos, por último, esta célula se suelda, encapsula y se forman los módulos o paneles. (Fig. 22).

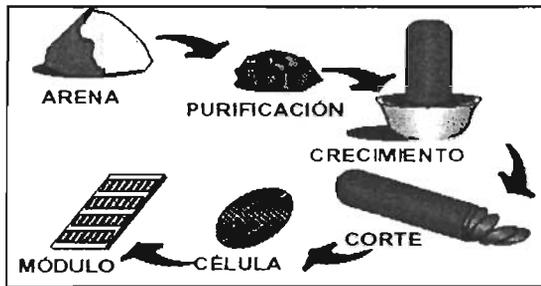


Figura 22. Proceso de fabricación de las células solares

Existen varios materiales susceptibles de utilización como convertidor fotovoltaico, sin embargo, comercialmente, solo se encuentran los derivados del silicio, sobre todo, en las tecnologías monocristalinas y policristalinas. El silicio amorfo es también utilizado pero ha alcanzado su desarrollo comercial principal ligado a aplicaciones de bajo costo (relojes solares, juguetes, calculadoras, etc.). En el Cuadro 6, se detalla más acerca de los tipos de células.

Cuadro 6. Características y tipos de células solares

CELULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERISTICAS	FABRICACION
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Sistema fotovoltaico: Componentes principales.

Las instalaciones fotovoltaicas requieren para su funcionamiento el acoplamiento de cuatro subsistemas principales:

- Subsistema de captación: cuya finalidad es la captación de la energía solar

- Subsistema de almacenamiento: su finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se requiera
- Subsistema de regulación: proporciona la regulación de carga y descarga de la batería y el control necesario en pequeñas y medianas instalaciones fotovoltaicas
- Subsistema de distribución y consumo: traslada a los puntos de consumo la electricidad producida, adaptándola a las necesidades cuando sea necesario.

El funcionamiento de los cuatro subsistemas está condicionado por el clima, fundamentalmente por la radiación solar, así como por la demanda.

Subsistema de captación.- Está constituido por los paneles solares, los cuales transforman la radiación solar en electricidad, para ello deberán instalarse sobre estructuras adecuadas con la debida orientación e inclinación para maximizar la producción. Un panel solar está constituido por varias células iguales, conectadas electrónicamente entre si, en serie y paralelas de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementen hasta ajustarse al valor deseado.

El panel contiene otros elementos que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes exteriores, aseguran una rigidez suficiente posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permiten la conexión eléctrica. (Fig. 23).

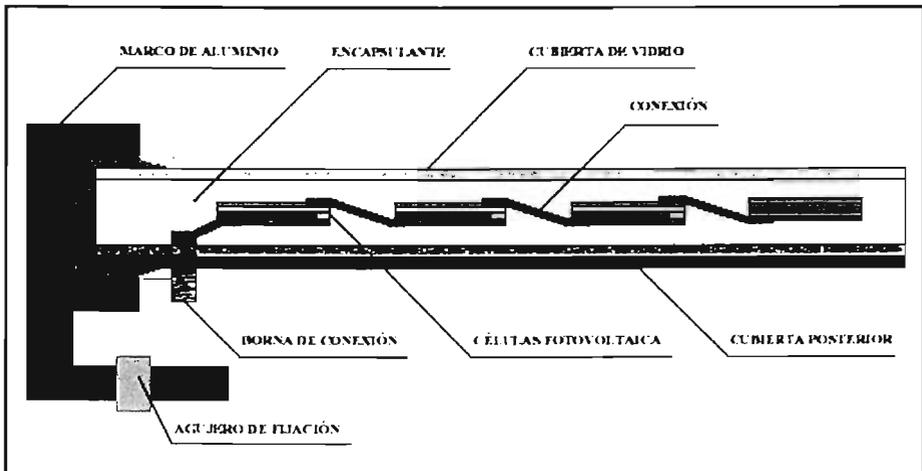


Figura 23. Elementos de un panel fotovoltaico

Subsistema de almacenamiento

Está constituido por un conjunto de baterías que permiten almacenar la energía excedente generada durante el día por los paneles solares, para poderla utilizar en los momentos de

nula o baja radiación solar. En el mercado se pueden encontrar varios tipos de baterías como: plomo.ácido, níquel-cadmio, níquel-hierro, etc. (Fig. 24).

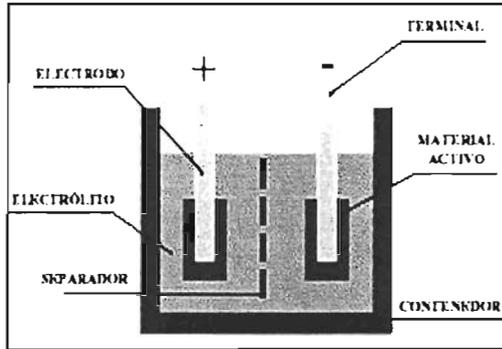


Figura 24. Elementos principales de una batería

Subsistema de regulación

Está constituido por un regulador que, instalado entre los paneles solares y la batería, tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del panel solar una vez que ha alcanzado su carga máxima, si se intenta seguir introduciendo energía en la batería, o si se inician procesos de gasificación o de calentamiento, éstos son peligrosos y acortarían sensiblemente la duración de la misma. (Fig. 25).

Otra función del regulador es la prevención de la sobrecarga o descarga profunda de la batería porque puede quedar dañada seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga.

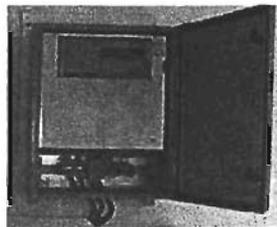


Figura 25. Regulador

Subsistema de distribución y consumo

Está constituido por los convertidores e inversores y por todo el conjunto de cables eléctricos, sistemas de protección y los elementos de consumo, necesarios para distribuir la energía generada hasta los contactos donde se requiera.

Los convertidores e inversores de energía, son elementos cuya finalidad es adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcialmente por las aplicaciones. Existen dos tipos: de corriente continua (c.c.) y de corriente alterna (c.a.), los convertidores de corriente alterna son necesarios tanto para los paneles, como para las baterías, las cuales trabajan en corriente continua, y transforman la corriente continua en corriente alterna, ya que la mayoría de las cargas trabajan en corriente alterna. (Fig. 26).

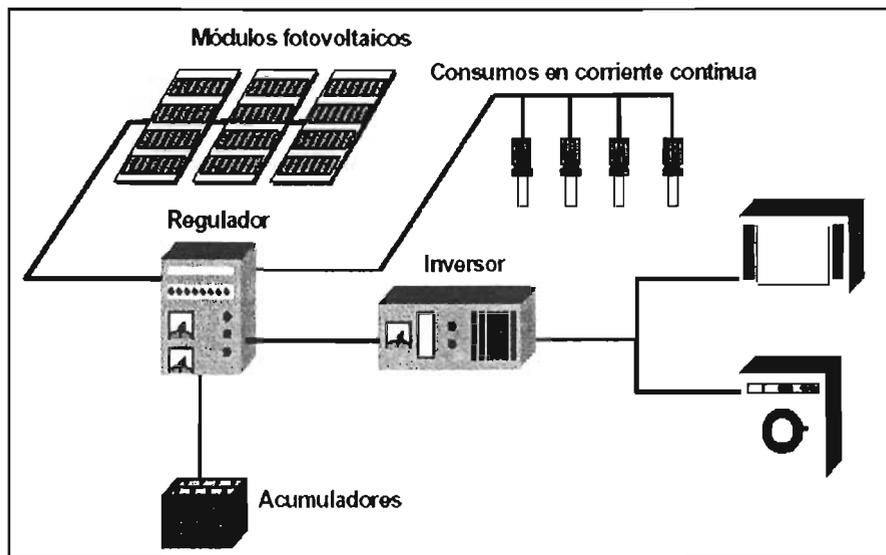


Figura 26. Esquema eléctrico de una instalación solar fotovoltaica

Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos.

Desde un punto de vista histórico, el motivo de la construcción de las celdas fotovoltaicas fueron los satélites artificiales. Las ventajas encontradas fueron: peso reducido, larga vida y un nivel de insolación elevado y continuo por estar fuera de la atmósfera terrestre, pero la principal desventaja que presentaron estos paneles fueron sus costos muy elevados de construcción.

Para aplicaciones terrestres, el factor económico era muy importante si se deseaba tener una aplicación más generalizada y por lo tanto, a partir de la década de los setentas, se inició una carrera cuya meta era la simplificación y el descubrimiento de nuevas tecnologías, procesos, e investigación de nuevos materiales, que condujeran a un abaratamiento de las células solares y demás componentes del generador fotovoltaico. En la actualidad los precios han bajado drásticamente y existen muchas más aplicaciones de las células solares, pero para la aplicación de este trabajo solo se señalarán las relativas al sector rural.

Una de las principales aplicaciones en la utilización de las celdas solares es el de la electrificación rural, principalmente el de las viviendas aisladas, ya que existen muchas zonas rurales donde llevar la energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costoso y por lo tanto aún no se cuenta con este servicio, por lo tanto la instalación de un sistema fotovoltaico puede ser ampliamente rentable. Otras aplicaciones en las que se puede adaptar un sistema fotovoltaico son:

- Bombeo de agua
- Riego por goteo
- Riegos a baja presión
- Iluminación y control de invernaderos
- Iluminación de corrales y establos
- Sistemas de refrigeración de productos lácteos
- Electrificación de cercas

La energía solar fotovoltaica es una fuente energética renovable, al contrario de lo que ocurre con las denominadas energías convencionales, por lo tanto las ventajas que presenta este tipo de energía, es la obtención de energía eléctrica sin recurrir a ningún tipo de combustión, por lo que no se emiten a la atmósfera ningún tipo de gas contaminante. Además, no es necesario crear una infraestructura de transporte energético (cables, postes, etc.), ya que se genera y consume la electricidad en el mismo sitio, y no produce ruidos.

Un sistema de paneles fotovoltaicos posee una vida larga, alrededor de unos 20 a 25 años, al final de los cuales su rendimiento debe de ser del orden del 75% del inicial. Después de este tiempo, su degradación se acelera y desciende el rendimiento hasta valores despreciables.

Quizá el único inconveniente que tiene este sistema son los residuos procedentes del sistema de almacenamiento (baterías), ya que contienen elementos que pueden resultar muy perjudiciales para el entorno, por lo que, para reducir estos riesgos las baterías que ya cumplieron con su tiempo de vida útil, deberán ser llevadas a los lugares dedicados al tratamiento de las mismas. (Gasquet, 2000).

Nota: Las celdas fotovoltaicas no pueden construirse artesanalmente, por lo que deben ser adquiridas con proveedores especializados, quienes pueden hacer las adecuaciones necesarias a la instalación eléctrica de la casa y de los aparatos eléctricos que se utilizan en ella

4.1.1.1.5. Tratamiento de aguas de desecho

Será utilizado para el tratamiento de las aguas de desecho generadas en la granja, previendo por un lado que no se llegará a contar con un sistema de drenaje o alcantarillado que permita alejar los desechos generados en la granja y, segundo, como medida para la reutilización de estas aguas utilizándolas como agua de riego para cultivo de árboles frutales, huertas, etc. La posibilidad de colecta y rehuso del excedente del agua de desecho con que se regó para fines que no impliquen consumo doméstico o contacto directo con el hombre. La facilidad y sencillez que permiten estas instalaciones, se ha adoptado como un medio alternativo al sistema de alcantarillado convencional, si ha estas instalaciones se les presta la atención debida, resuelven en forma satisfactoria el problema de eliminación de pequeños volúmenes de aguas negras.

Es un sistema de pequeña escala que procesa las aguas negras, solas o combinadas con aguas grises o jabonosas, y las introduce en el ambiente para su eliminación o transformación final. Implica la evacuación hidráulica de excreta, un consumo suficiente de agua, ciertas condiciones del terreno y, generalmente, una baja densidad de población. (Tudela, 1989).

Esta técnica fue patentada en 1881 por el francés Jean Louis Mouras. Es una técnica no convencional, aunque su uso, relativamente escaso, se ha difundido ampliamente.

Componentes:

- a) Subsistemas de consumo de agua y producción- evacuación de aguas negras y jabonosas.
- b) Fosa séptica propiamente dicha
- c) Subsistemas de incorporación del efluente al ambiente para su procesamiento final. (Collado, 1992).

Principio operativo:

Quedando las aguas en reposo en el tanque séptico, se efectúa la sedimentación y la formación de natas; con el tiempo se reduce el volumen de los sedimentos y de las natas y su carácter en un principio altamente ofensivo tiende a desaparecer; el agua intermedia entre el sedimento y la nata se va convirtiendo en un líquido clarificado, lo anterior se debe a que privada la masa total del aire y de la luz se favorece la vida y reproducción de microorganismos que proliferan en un ambiente desprovisto de oxígeno (digestión anaeróbica).

Estos microorganismos toman los elementos necesarios de la materia orgánica contenida en el depósito, destruyendo su estado sólido y convirtiéndola en líquidos y gases, en una tendencia favorable a reducir las formas peligrosas de dicha materia a productos minerales inofensivos, a este proceso de putrefacción de la materia contenida en las aguas negras se le denomina "proceso séptico". Con el cambio sufrido, las aguas se convierten a una condición tal que, si se ponen en contacto con el aire rápidamente se oxidan y se transforman en inofensivas, en este cambio intervienen otras bacterias que tienen su medio

de vida en el aire (aerobias). A esta agua que sale del tanque séptico, y que al pasar a una instalación donde se oxida el efluente, que consiste en una serie de drenes colocados en el subsuelo de un terreno poroso y por los cuales se distribuye el mencionado efluente, se oxida al estar en contacto con el aire contenido en los huecos de dicho terreno, para ser incorporado al medio natural. (Tudela, 1989).

Diseño y funcionamiento:

El diseño de este sistema comprende los siguientes elementos:

- 1) Un tanque séptico
- 2) Una trampa de grasas
- 3) Un campo de filtración, oxidación y riego
- 4) Un pozo de captación.

Objetivos funcionales de diseño: a) Recibir las aguas servidas de la casa, remansarlas para lograr una decantación de natas (suben) y lodos (bajan), retenerlas (de 3 a 5 días, promedio) para facilitar un primer procesamiento anaeróbico y conseguir un efluente lo más limpio e inocuo posible. b) posteriormente incorporar el efluente al medio natural de tal modo que se garantice una interacción estable con el ecosistema local y una mineralización final de la materia orgánica, previniendo la contaminación potencial de los recursos hídricos. (Arias, 1978).

Tanque séptico.

Es el componente central del sistema de fosa séptica, en el que las aguas servidas (negras, grises o mezcla de ambas) reciben un tratamiento primario, consistente en una decantación y una digestión anaeróbica parcial de la materia orgánica. El tanque recibe las aguas servidas y las retiene con el mínimo movimiento por algún tiempo para que los fangos se decanten y las natas floten. Las partículas sólidas en suspensión disminuyen así en tamaño y en número. Simultáneamente, las bacterias anaeróbicas comienzan a reducir la materia orgánica presente.

El tanque séptico se diseñará de tal forma que las aguas servidas se muevan a velocidad muy reducida y quede garantizado un cierto tiempo de permanencia, se suele prescribir un tiempo mínimo de retención de 3 a 5 días, para fosas pequeñas, en el caso de fosas grandes con una entrada de aguas servidas mayor de 6,000 litros/día se aceptan tiempos de retención de menos de 24 horas. El propósito es doble, aislar lodos y natas y dar tiempo a la acción digestiva de bacterias y hongos.

Preferentemente, el flujo de las aguas servidas será en el interior de la fosa lento y sinuoso, el tubo de entrada y el de salida deben de estar a la misma altura, si el tubo de salida queda más abajo, entonces en tanque no se usará a su máxima capacidad, si queda más alto, el tanque se llenará arriba del de entrada, con lo que provocaría una indeseable presión de retorno, los registros de acceso al interior de la fosa facilitarán la operación periódica de desenlodamiento, cuando los registros queden a una profundidad mayor de 0.3 m., se construirá en cada caso una boquilla hasta la superficie, donde se ubicará la tapa.

La compartimentación mejora el funcionamiento, especialmente en tanques de capacidad media o reducida. En el primer compartimiento tendrá lugar la decantación básica, en los siguientes la decantación secundaria y la digestión anaeróbica. Un aumento considerable de la capacidad de la fosa podría compensar la ausencia de compartimentación.

La putrefacción o digestión anaeróbica produce gases, se genera sobre todo bióxido de carbono y metano, pero también una pequeña cantidad de gases fuertemente malolientes, el diseño de la fosa permitirá el escape de los gases por un tobo de entrada, convenientemente ventilado, o alternativamente, se dispondrá una ventilación exclusiva para la fosa. Los tubos y las conexiones podrán ser de concreto o de PVC, el diámetro de ingreso no será inferior a 10cm, la disposición en declive del fondo del tanque es muy conveniente y facilita la remoción de lodos, tanto en tanques pequeños como en grandes. (Tudela, 1989).

Técnicas para determinar la capacidad del tanque séptico.

La capacidad del componente de un sistema de tanque séptico dependerá en general de:

- a) del número de usuarios
- b) del consumo medio previsible, y del consumo máximo temporal
- c) de la decisión de juntar o separar aguas negras y grises
- d) del tiempo promedio de retención
- e) de la duración del periodo entre dos operaciones consecutivas de desenlodamiento
- f) de los hábitos higiénicos
- g) de la temperatura media de la localidad

Las técnicas para determinar la capacidad del tanque dependen del grado de precisión que se requiera. Un método muy simple para determinar la capacidad del tanque se basa en el uso de la siguiente fórmula:

$$C = 3 P * r * q, \text{ donde:}$$

C = Capacidad del tanque en litros b(hasta el nivel de salida del efluente)

P = Número de usuarios

r = Tiempo de retención en días, con la fosa cargada de lodos

q = Producción de aguas servidas en litros/persona/día.

Para especificar mejor las dimensiones del tanque séptico se hará referencia a un cuadro elaborado por la Dirección de Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, (Cuadro 7), y en la cual se toma una dotación de 150 lts/persona/día, y un periodo de retención de 24 horas.

Cuadro 7. Capacidades del tanque séptico que se pueden utilizar para su construcción

Personas servidas en:	Capacidad del tanque en Lts	Dimensiones en metros							
		L	A	h1	h2	h3	H	E tabique piedra	
Servicio doméstico									
Hasta 10	1,500	1.90	0.70	1.10	1.20	0.45	1.68	0.14	0.30
11 a 15	2,250	2.00	0.90	1.20	1.30	0.50	1.78	0.14	0.30
16 a 20	3,000	2.30	1.00	1.30	1.40	0.55	1.88	0.14	0.30
21 a 30	4,500	2.50	1.20	1.40	1.60	0.60	2.08	0.14	0.30
31 a 40	6,000	2.90	1.30	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
41 a 50	7,500	3.40	1.40	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
51 a 60	9,000	3.60	1.50	1.60	1.80	0.70	2.28	0.28	0.30
61 a 80	12,000	3.90	1.70	1.70	1.90	0.70	2.38	0.28	0.30
81 a 100	15,000	4.40	1.80	1.80	2.00	0.75	2.48	0.28	0.30

Fuente: Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA, 1997).

Donde:

L = largo interior del tanque

A = ancho interior del tanque

h1 = tirante menor

h2 = tirante mayor

h3 = nivel de lecho bajo de dala con respecto a la parte de mayor profundidad del tanque

H = profundidad máxima

E = espesor de muros

Una familia de cuatro personas que gasta 150lts por persona debe tener un tanque séptico con una capacidad de 1800lts, suficiente para que el efluente permanezca tres días en el tanque antes de salir

Formas básicas.

Los tanques sépticos pueden estar constituidos por un espacio único o, preferentemente, por un espacio compartimentado. (Figs. 27, 28, 29,30).

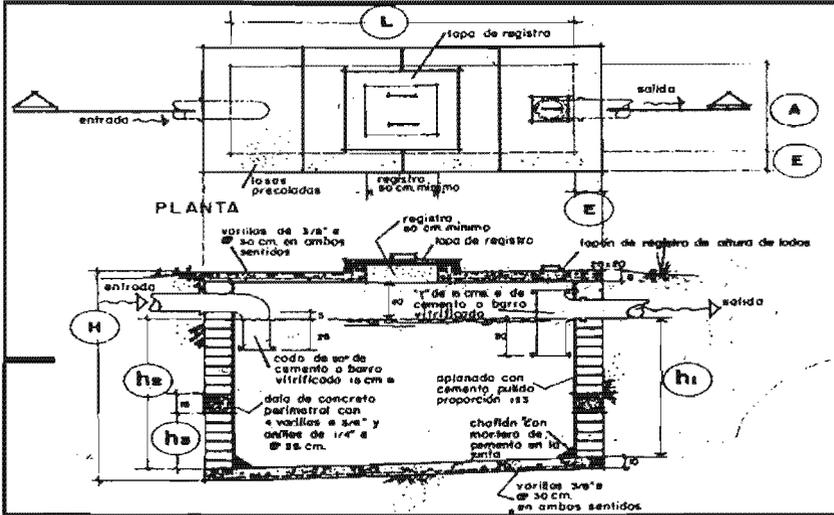


Figura 27. Modelo elemental de tanque séptico, de un compartimento, poco eficiente

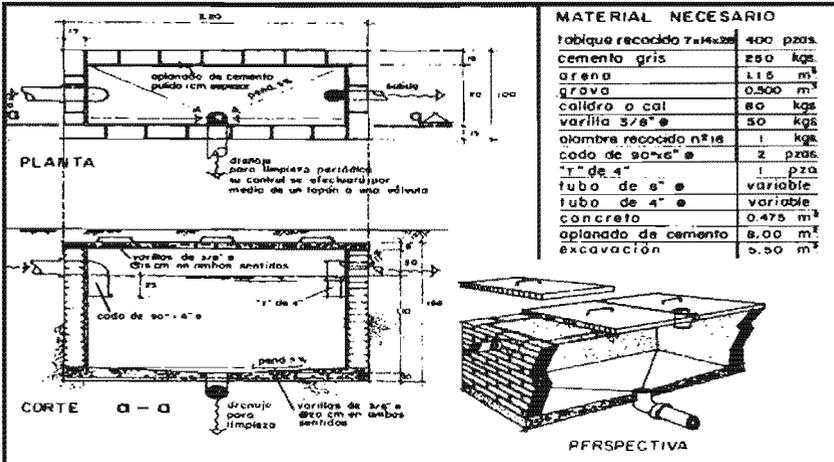


Figura 28. Tanque séptico rectangular para 10 personas

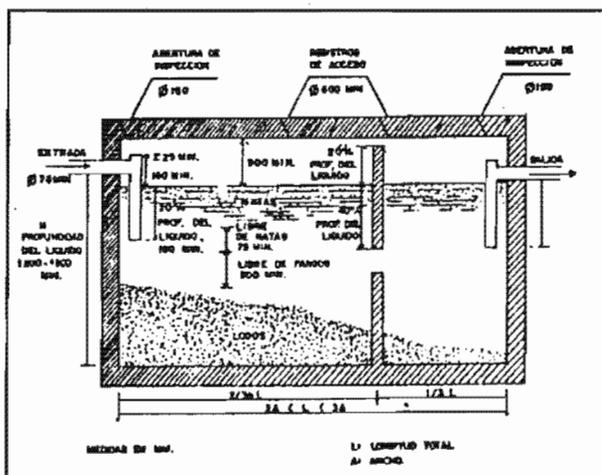


Figura 29. Tanque séptico de doble compartimiento, modelo perfeccionado

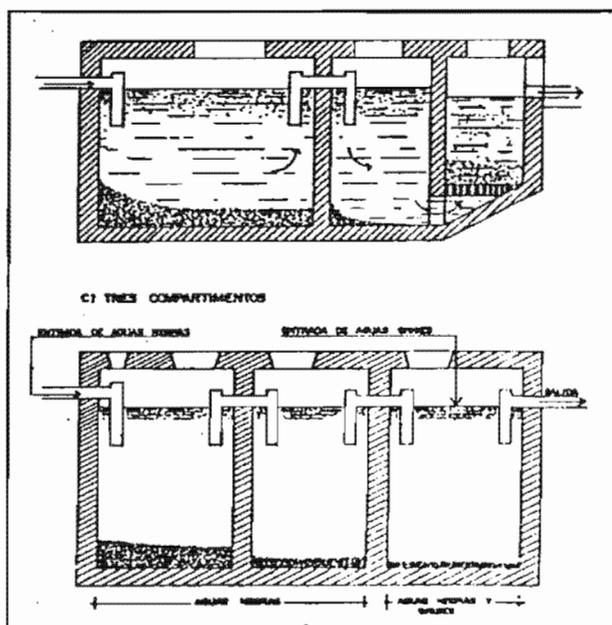


Figura 30. Tanque séptico de tres compartimentos, de mayor eficiencia que los anteriores

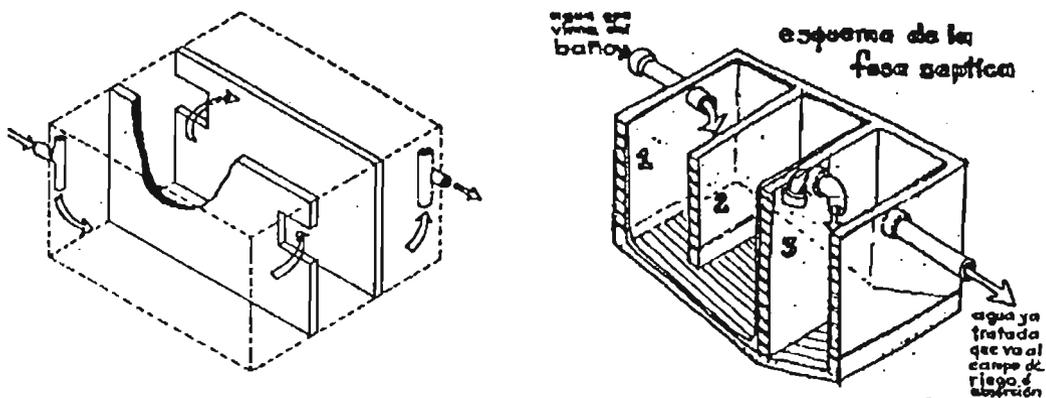


Figura 31. Tanque séptico de tres compartimientos, diseño del Dr. Winnenberger, que produce un efluente particularmente depurado.

El tanque de tres compartimientos fue diseñado para hacer que el agua serpentee como en un río de movimiento lento, mientras más lentamente se mueve la corriente, más sedimentos arroja; entre más vueltas da, más desechos van a dar a las curvas. Aquí, las divisiones van a lo largo del tanque, no a lo ancho, la primera división tiene un hoyo a la mitad de su altura en el lado más lejano a la entrada, la segunda división tiene un hoyo en el lado opuesto, cerca del borde superior. El tubo de salida está colocado en el punto más lejano, como se muestra en la (Fig. 31).

De este modo, el líquido no solo tiene que viajar de un lado a otro, sino que también, en cierto grado, de arriba abajo y de abajo a arriba. En un tanque de 1.80m de largo, el camino que recorre el agua desde el tubo de entrada hasta el de salida es de 6.60m., el tanque de tres compartimientos debe de contar con dos registros herméticos para su inspección y limpieza.

Los tanques sépticos se suelen construir con tabiques o bloques de concreto y mortero y/o concreto armado. El fondo de la fosa suele hacerse de concreto, armado o sin armar, con un espesor mínimo de 10cm., conviene reforzar los bordes, donde se apoyan las paredes laterales. La construcción de tanques o fosas se presta para introducir procesos de normalización y prefabricación, resulta esencial garantizar la estanqueidad interna de la fosa con revocos apropiados. (Tudela, 1989).

Trampas para grasa.

Las trampas para grasa son dispositivos de fácil construcción que deben instalarse cuando se eliminan desechos grasos en gran cantidad. Las trampas de grasa deberán usarse en las tuberías procedentes de cocinas principalmente. Deben colocarse antes del tanque séptico y contar con una tapa para limpiarlos frecuentemente, es preferible ubicarlos en lugares sombreados para mantener bajas temperaturas en su interior.

Para determinar su capacidad se considerará en general, el doble de la cantidad de líquido que entra durante la hora de máximo gasto del efluente. Pero en pequeñas instalaciones, como la que se describe aquí, para una familia, la capacidad debe ser de 8 litros por persona y nunca menor de 120 litros en total. (Arias, 1987). Los detalles de construcción se encuentran en la (Fig32).

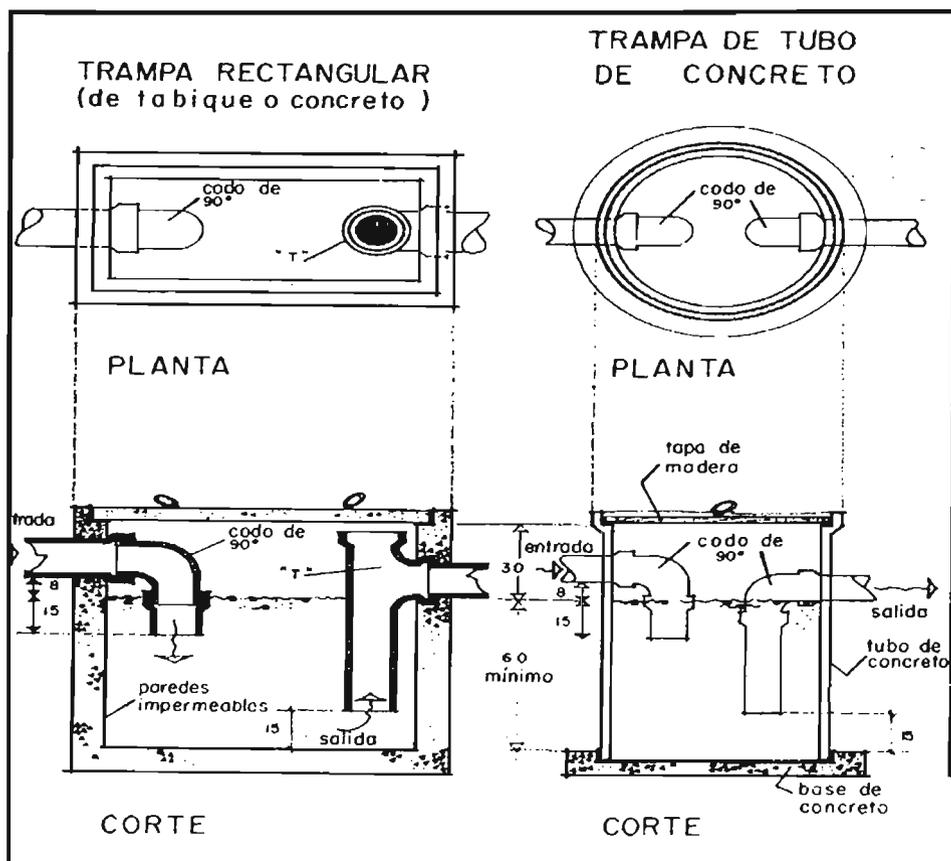


Figura 32. Trampas para capturar la grasa

Caja de distribución.

La función de estas cajas, es distribuir el efluente del tanque séptico en partes proporcionales al número de salidas provistas para el proceso de oxidación, dar acceso a la salida del tanque séptico permitiendo controlar la cantidad del efluente y prevenir cualquier atasco en la entrada de los drenes, poner fuera de servicio alguno o algunos de los drenes en caso de que se prevean descansos periódicos de los campos de absorción o cuando se presente alguna falla en el funcionamiento de los mismos, y regular el caudal de descarga del efluente. Para que se cumpla lo anterior, todas las salidas deberán colocarse al mismo nivel, ya que en caso contrario se sobrecargarán unas y otras no podrán recibir líquidos. Se recomienda localizar la entrada a 5cm. del mismo fondo. (Fig.33, 34).

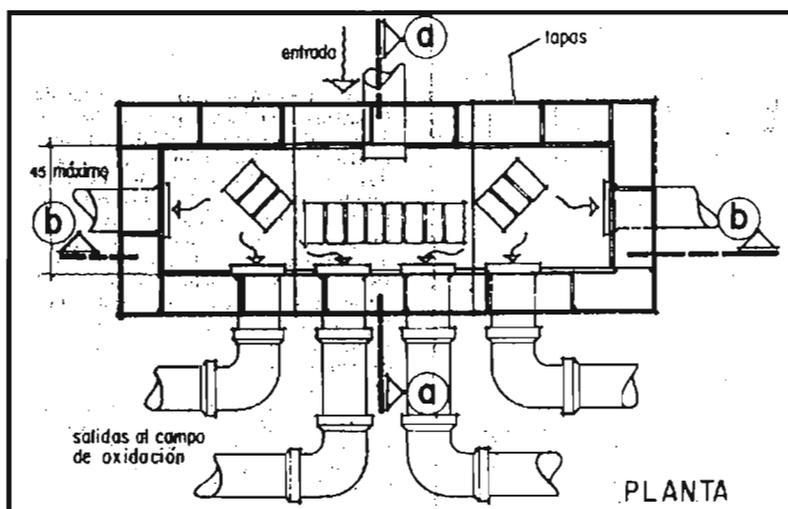


Figura 33. Diseño de la caja de distribución

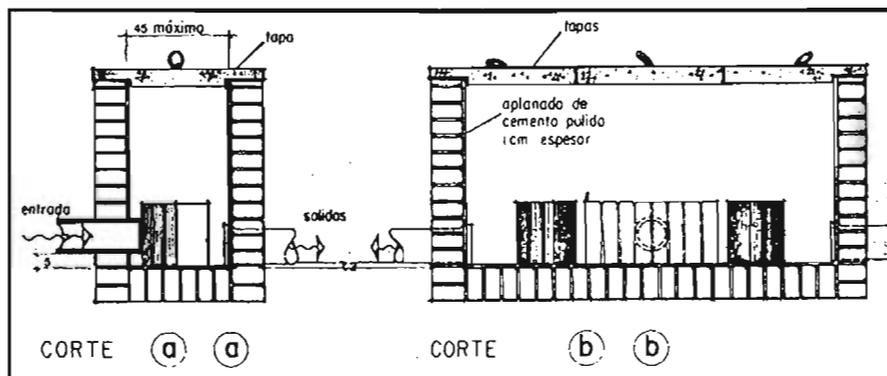


Figura 34. Corte longitudinal de la caja de distribución

También se pueden manejar otro tipo de cajas de distribución, en donde el ancho útil de la caja no excederá de 45 cm. y su largo se determinará en función del número de salidas, considerando un espacio mínimo de 25cm. entre los ejes de éstas. La caja puede construirse de fierro, concreto, mampostería, etc. Las paredes y el piso serán impermeables, y debe contar con una tapa movable para su limpieza. En la (Figura 35), se muestran cuatro tipos de cajas como posibles soluciones.

La caja de distribución permite también observar el funcionamiento del tanque ya que, cuando se nota en ella la presencia de lodos, será necesario proceder a la limpieza del tanque séptico. (SSA, 1997).

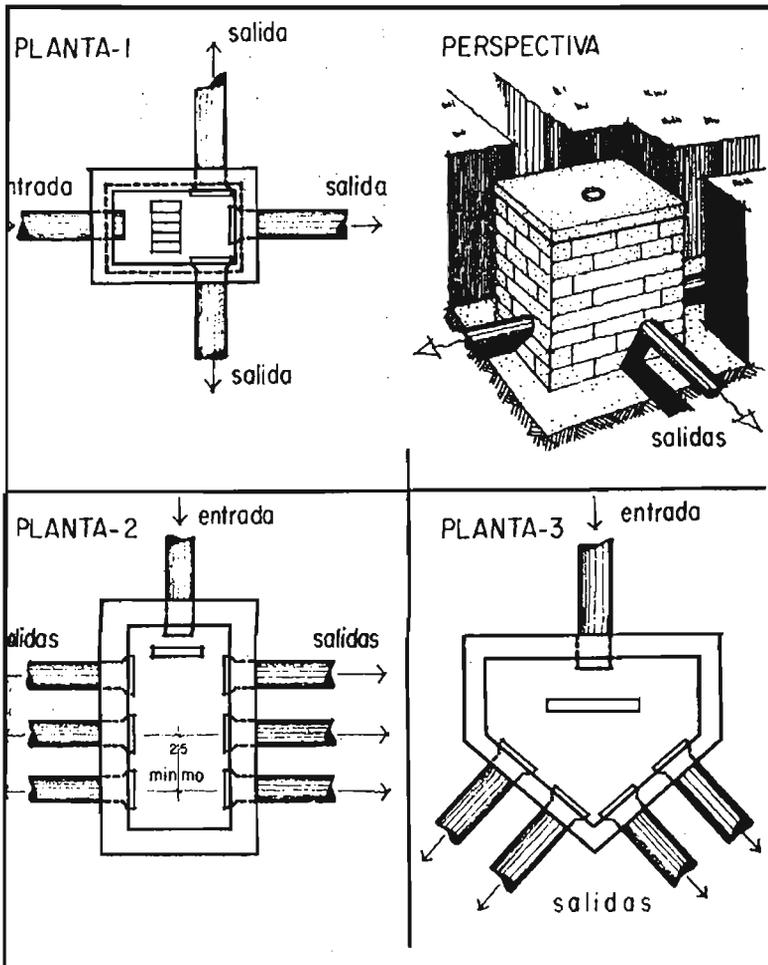


Figura 35. Diferentes tipos de cajas de distribución

Procesamiento de los efluentes.

El efluente del tanque séptico es un líquido turbio, contenedor de materia orgánica, potencialmente portadora de agentes patógenos. El componente final del sistema de fosa o tanque séptico tiene la función de incorporar dicho efluente al medio natural, de tal forma que se desarrolle un proceso autosostenido, estable, de filtrado y digestión básicamente aeróbica por parte de una biocenosis local. El resultado será una ulterior degradación de la materia orgánica y una incorporación de los productos finales al ambiente de tal forma que se evite toda contaminación por agentes patógenos de los recursos hídricos que se pudieran utilizar como fuentes de abastecimiento de agua.

Se trata generalmente de conseguir que el suelo natural actúe como un filtro autodepurador, para lo cual se requiere una estructura del suelo bastante suelta, aireada y algo húmeda pero no anegada. Este componente es el más vulnerable del sistema de tanque séptico. Su falla consiste en una posible detención del proceso de filtrado, que pueda obedecer a causas múltiples: exceso de carga, colmatación de los poros del suelo, anegamiento, o incluso paso directo del efluente por excesiva permeabilidad.

El componente final del sistema consta de una combinación de los siguientes elementos:

- a) cajas de distribución (como las que se señalaron anteriormente)
- b) zanjas y drenes de absorción
- c) pozos de absorción
- d) colector y procesamiento colectivo

La elección del tipo de combinación se basará principalmente en dos géneros de datos:

- 1) la carga de efluente que sale del tanque séptico propiamente dicha (cantidad y calidad del efluente)
- 2) las condiciones del terreno: extensión, topografía, textura, estructura y permeabilidad del suelo.

La combinación más simple consiste en conectar directamente el tanque séptico con un pozo de absorción, en condiciones de poca carga, y correcta permeabilidad del suelo. (Tudela, 1989).

Para los propósitos de este trabajo, el componente final será integrado para el riego y aporte de nutrientes para cultivos vegetales, y para el establecimiento de un entramado de raíces. Se debe tomar en cuenta que se deben excluir aquellos cultivos que impliquen el consumo crudo de alimentos potencialmente contaminados, por lo que se tiene contemplado especies destinadas al consumo de los animales, es decir, especies forrajeras.

Prueba de infiltración para campos de oxidación.

El tamaño de un campo de oxidación está determinado por la cantidad de agua que sale de la fosa séptica y por la cantidad de agua que se puede infiltrar en el suelo día con día. Obviamente, mientras menos agua se gaste mejor será la infiltración, y menor será la zanja que necesita el campo.

La posibilidad de absorción/percolación de efluentes de un sistema de evacuación de aguas servidas depende fundamentalmente de la permeabilidad del suelo, su conocimiento aproximado es indispensable para la selección adecuada de los elementos para el procesamiento secundario de los efluentes.

En el sitio propuesto para el campo de oxidación, se deben verificar cuatro o más pruebas, en excavaciones separadas, uniformemente espaciadas. Las pruebas se realizan en las siguientes cuatro etapas:

1º. Se excava un hoyo de 0.30 x 0.30 con paredes verticales, hasta alcanzar la profundidad proyectada para las zanjas de absorción

2º. Se limpian con cuidado el fondo y las paredes del hoyo para eliminar superficies sucias o grasosas que dificulten o impidan la infiltración del agua. Se extrae todo el material suelto y se deposita arena gruesa o gravilla fina hasta obtener un espesor de 5cms. En el fondo, lo que servirá de filtro para el agua.

3º. Se vierte agua en el pozo hasta una altura aproximada de 30cms. Sobre la grava, en la mayoría de los suelos es necesario agregar agua, a modo de mantenerla dentro del hoyo durante 2 hrs cuando menos y de preferencia toda la noche. (Fig. 36).

4º. 24 horas después de haberse colocado el agua se observará si permanece en el hoyo. Si tiene un tirante mayor de 15 cms., la prueba indica terreno inapropiado, si la cantidad es menor o el agua se resumió totalmente, agréguese la suficiente hasta obtener un tirante de 15cms. sobre la grava. Debe observarse enseguida el tiempo que tarda esta agua para infiltrarse totalmente, la determinación del tiempo promedio que se requiere para que el agua baje 2.5cms. se obtiene dividiendo el tiempo entre el número de pruebas. Ese promedio se comparará con la columna derecha del cuadro que se muestra (Cuadro 8), para conocer la cantidad de litros que se pueden filtrar por metro cuadrado de pared de zanja al día, o tasa de infiltración

Cuadro 8. Determinación de las tasas de infiltración

Tasa de infiltración Minutos x centímetro	Tasa máxima de carga Lts x m ² /día	Tasa de infiltración Minutos x centímetro	Tasa máxima de carga Lts x m ² / día
2.52	31.04	25.2	12.42
5.04	24.84	50.4	8.94
7.56	19.87	75.6	5.96
10.08	17.39	100.8	5.22
12.6	16.14	151.2	4.47

Para determinar la cantidad de pared de zanja que se necesita, simplemente se divide la cantidad de agua que entra al tanque al día entre la tasa de infiltración. Ejemplo: si cada día entran al tanque séptico 750 lts de agua negra y cada metro de pared infiltra 9 lts al día, resultan 83 m² de pared de zanja.

Para conocer la posible dispersión de resultados se realizarán simultáneamente varias pruebas en distintos puntos de un mismo terreno, profundizando hasta el estrato en el que se piense construir el sistema de absorción. (Lesur, 1998).

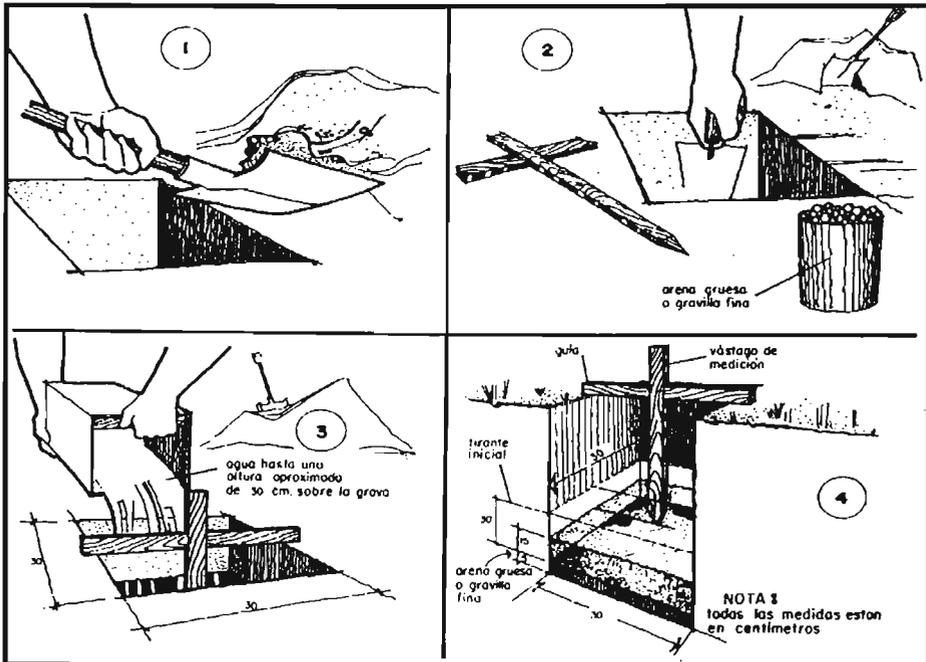


Figura 36. Pasos a seguir para realizar las pruebas de infiltración

Campos de oxidación.

Los campos de oxidación, también conocidos como campos de absorción, son usualmente un segundo componente de sistemas sépticos o de distintos filtros. El agua de desecho que sale de estos sistemas se distribuye por medio de tubos o mangueras perforados, en camas de grava donde se filtra hacia los suelos circundantes para que las poblaciones de bacterias descompongan los materiales contaminantes en compuestos orgánicos. (Tudela, 1989).

La profundidad de las zanjas de absorción no suele exceder de 1m. con respecto al nivel superior del terreno. Debe considerarse, que actualmente, se prescinde del fondo de la zanja, que se tapona rápidamente y se diseña la zanja considerando que la absorción se produce a través de las superficies laterales de la zanja porque reciben aire, según el

efluente aumente o disminuya, además, con el tiempo se erosionan y pierden las capas con la materia orgánica que las tapan, por tanto, la forma de cualquier zanja debe destacar la superficie de los lados y no la del fondo. La separación entre zanja y zanja debe ser tal que quede por lo menos un metro de terreno inalterado entre ambos.

El campo de oxidación se debe situar donde se encuentren las mejores capas de suelo para la infiltración, aguas debajo de la fosa séptica. Cuando el campo de oxidación se sitúa en el mismo plano que la fosa séptica, sin que haya una diferencia de pendiente, se tienen muchos problemas, pues el agua puede regresar. (Fig. 37).

Los tubos pueden ser de barro vitrificado, concreto o PVC de 10cms. de diámetro; en las zanjas de absorción propiamente dichas las juntas entre los drenes quedan abiertas permitiendo la salida controlada del efluente. La parte superior de las juntas abiertas se protegerán mediante elementos impermeables (filtros bituminosos, media caña de tubo, o papel alquitranado) con objeto de evitar que el material de relleno de la zanja entre a los tubos ya que los puede tapan. La pendiente de estos será mayor, mientras más poroso sea el suelo, pero nunca mayor de 1%. (SSA, 1997).

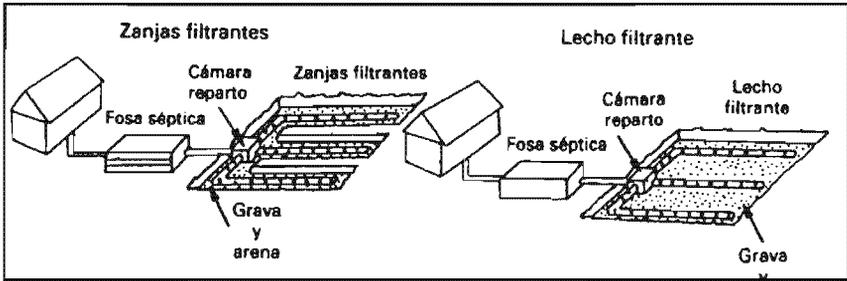


Figura 37. Disposición de las zanjas de absorción

Disposición del sistema de zanjas y drenes.

La disposición del sistema depende sobre todo de la topografía y de las condiciones de permeabilidad del suelo. En terrenos con escasa pendiente se suele adoptar una disposición en “peines” u “horquilla” a partir de una caja distribuidora, cuando el terreno es aparentemente muy llano se puede también adoptar una disposición en anillo. Para permitir la oxigenación periódica de los campos de absorción se puede recurrir a un doble campo de “peine”. (Fig. 38).

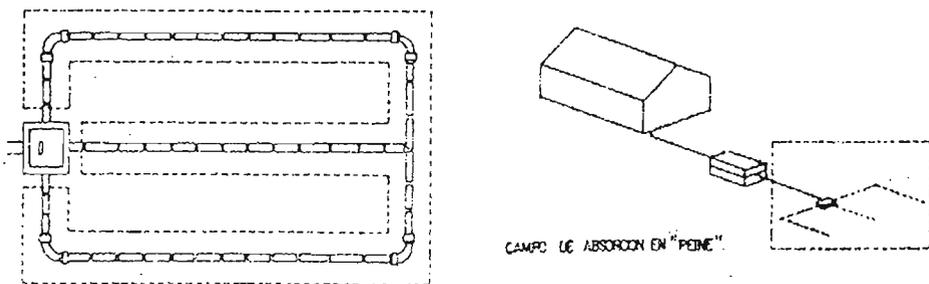


Figura 38. Disposición en anillo de las zanjas de absorción y en "peine" del campo de oxidación.

Terrenos en pendiente.

Se muestran dos casos A y B, los cuales se pueden adoptar para terrenos en declive donde pueda diseñarse el campo de oxidación. (Figs. 39, 40).

En A, la colocación de varias cajas distribuidoras siguiendo la pendiente del terreno, y con tubos no junteados siguiendo las curvas de nivel.

En B, una caja distribuidora de la que se derivan en forma radial los tubos. Estos llegan con junta hermética hasta la curva de nivel deseada, a partir de la cual se separan. (SSA, 1997).

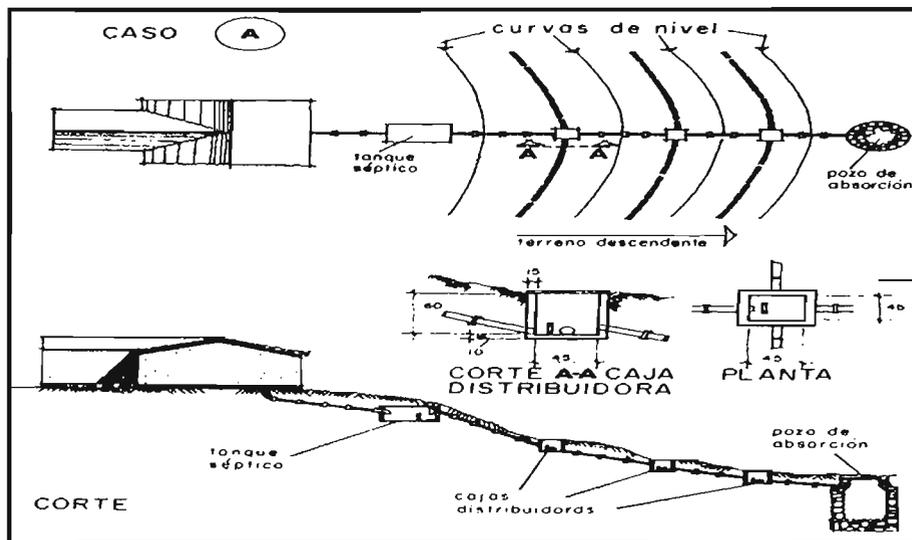


Figura 39. Colocación de varias cajas distribuidoras siguiendo la pendiente

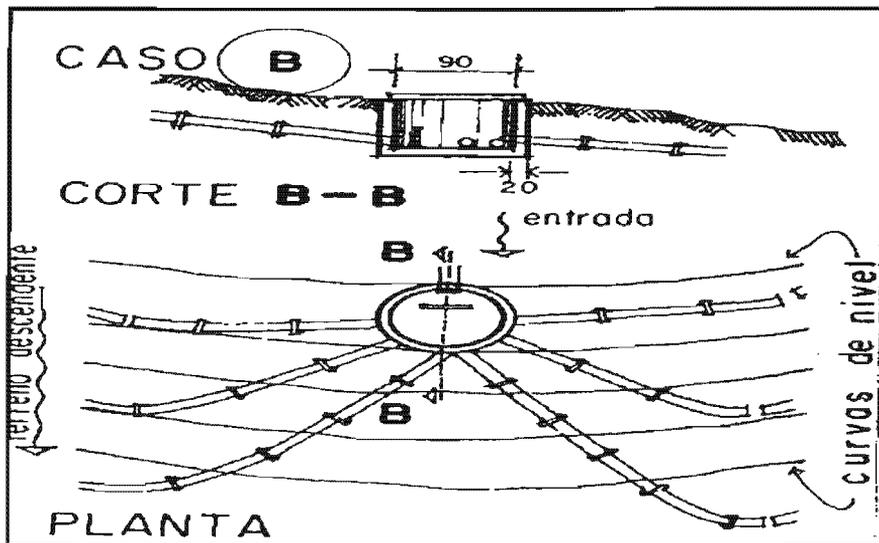


Figura 40. Con una caja distribuidora donde derivan varios tubos

Pozos de absorción.

Las aguas provenientes de zanjas filtrantes, filtros subterráneos o cámaras de oxidación, operados debidamente, pueden verterse a un curso de agua, pero será conveniente clorarlas como una medida de seguridad. Sin embargo, el medio más recomendable para su oxidación es la tierra y el método adecuado el pozo de absorción, en donde las aguas se infiltran al subsuelo a través de las paredes y piso permeables. Cuando es posible su utilización, el pozo de absorción constituye generalmente el procedimiento más económico para procesar el efluente. (Tudela, 1989).

En función de las cargas previsibles y de las características del terreno, se dispondrá uno o varios pozos, solos o en combinación con otros subcomponentes. Su construcción es bastante simple y se realiza perforando un hoyo circular cuyo diámetro suele variar entre 1 y 2m. la profundidad suele oscilar entre 2 y 5m., se trata generalmente de que penetre un mínimo de 1.8m. en la capa de suelo de buena permeabilidad. Con excepción del tramo brocal las paredes laterales se construyen dejando múltiples juntas abiertas, para proteger tanto las juntas como la estructura del suelo se suele disponer un relleno de gravilla en torno a la fábrica del pozo. (Fig. 41).

Alternativamente, se puede rellenar el hoyo con grava muy gruesa, o grandes trozos de piedra. Si el efluente recibe un tratamiento primario correcto, la vida media de un pozo de absorción bien diseñado cabe esperar que alcance por lo menos entre 5 y 10 años, al fallar un pozo se podrá construir otro, a una distancia no inferior al triple del diámetro del pozo más grande.

Cuando el suelo es bastante permeable, todo pozo constituye un peligro de contaminación, por lo que se ubicará convenientemente alejado de cualquier pozo de extracción de agua (mínimo 15m.), el pozo de absorción quedará siempre a un nivel inferior respecto al del pozo de agua potable más próximo. En general se recomienda mantener una distancia mínima de 1m. desde el fondo del pozo al nivel más alto de las aguas freáticas.

Este pozo tendrá la función de retener el agua que no haya sido aprovechada por los cultivos de forrajes y, podrá destinarse posteriormente a otros fines. El transporte de esta agua será mediante el bombeo manual o de cualquier otro tipo. Se recomienda que dicho pozo, se encuentre tapado siempre, y las aguas en el colector se usen con los siguientes fines:

- 1). Llenado a través de tubería y sin contacto directo con la piel, de tanques bajos de inodoros
- 2). Lavado de pisos de establos, pesebres, etc.
- 3). Riego agrícola mediante aspersión, gravedad o goteo
- 4). En los abrevaderos de los animales

El nivel de agua en el pozo deberá revisarse semanalmente para evitar llenado perjudicial. (Tudela, 1989).

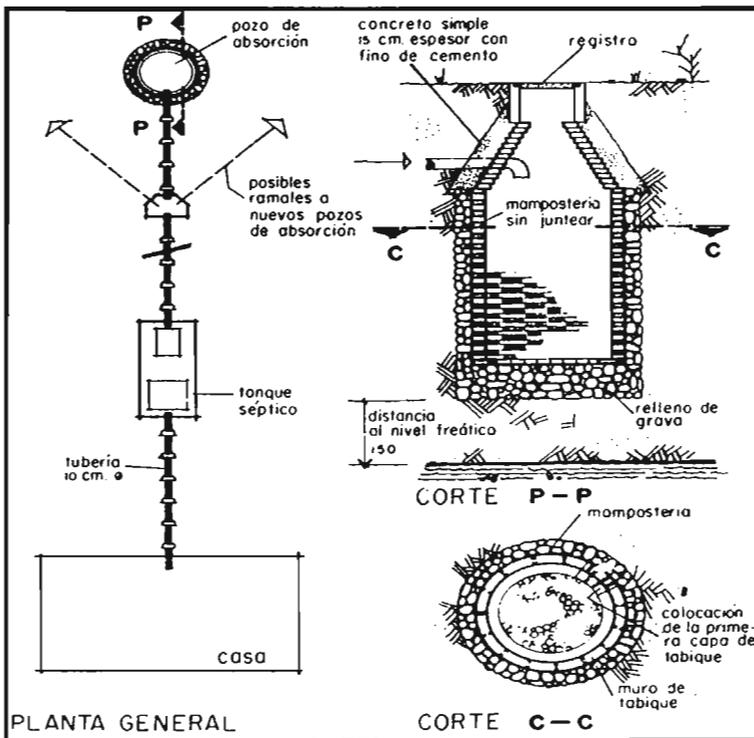


Figura 41. Esquema que representa la construcción de un pozo de absorción

Mantenimiento:

- 1). Antes de poner en servicio un tanque séptico recién construido, se debe llenar con agua y de ser posible, verterse unas 5 cubetas con lodos procedentes de otro tanque séptico, a fin de acelerar el desarrollo de los organismos anaerobios.
- 2). La vida mínima promedio de un tanque séptico suele estimarse en unos 20 años, sin reparaciones. Su mantenimiento consiste casi exclusivamente en la operación periódica de extracción de natas y lodos, a realizar cada 2 a 5 años, en promedio
- 3). El tanque séptico se debe inspeccionar cada doce meses, cuando se trate de instalaciones domésticas.
- 4). Al abrir el registro del tanque séptico para hacer la inspección o la limpieza, se debe de tener cuidado de esperar un rato hasta tener la seguridad de que el tanque se ha ventilado adecuadamente, pues los gases que se acumulan en él pueden causar explosiones o asfixia.
- 5). La inspección del tanque tiene por objeto determinar: a) la distancia del fondo de la nata al extremo inferior del tubo de salida, que no debe ser inferior a 8cms. y b) el espesor de los lodos acumulados.
- 6). A la hora de realizar la limpieza del tanque, es conveniente no extraer todos los lodos, sino dejar una pequeña cantidad que servirá de inoculante para las futuras aguas negras.
- 7). El tanque séptico no se debe de lavar ni desinfectar después de haber extraído los lodos. La adición de desinfectantes u otras sustancias químicas perjudican su funcionamiento, por lo que no debe recomendarse su empleo.
- 8). Los lodos extraídos se deben de enterrar en zanjas de unos 60 cms. de profundidad
- 9). La caja de distribución se debe inspeccionar cada 3 o 6 meses para verificar si no hay sedimentos, lo que indicaría un mal funcionamiento del tanque séptico.
- 10). Los campos de oxidación, zanjas filtrantes, filtros subterráneos y cámaras de oxidación, deben inspeccionarse periódicamente, pues con el tiempo se irán depositando materias sólidas que tienden a obturar los huecos del material filtrante, con lo que el medio oxidante comenzará a trabajar mal y en ese caso habrá necesidad de levantar la tubería y cambiar el material filtrante o construir un nuevo campo.
- 11). Los tanques sépticos que se abandonen o condenen, deben rellenarse con tierra o piedra.
- 12). Las personas encargadas del mantenimiento y conservación de los tanques sépticos deberán usar equipo de protección para realizar esta labor. (SSA, 1997).

Entramado de raíces.

Los sistemas de entramado de raíces son una opción de manejo de aguas negras que evita la contaminación, favorece el aprovechamiento ecológico de nuestros desechos y recicla el agua. Estos sistemas son eficientes y baratos y pueden construirse desde muy pequeños (para una familia) hasta los que pueden satisfacer los requerimientos de barrios y comunidades de más de tres mil familias. Este sistema será utilizado para complementar al de tanque séptico, darle una segunda salida al efluente del tanque, o también en el posible caso de que el terreno que se dispone para el campo de oxidación sea impermeable, y como medida para incrementar la biodiversidad de la granja.

Principio de funcionamiento.

En los entramados de raíces se hacen circular lentamente las aguas negras, o las que vienen del tanque séptico, ricas en materia orgánica, por las raíces de juncos o carrizos plantados en el fondo de un pequeño estanque.

En el entramado conviven numerosas colonias de bacterias, algunas aeróbicas y otras anaeróbicas. Al pasar el agua, estos microorganismos descomponen los desechos orgánicos presentes en ella, hasta que sólo quedan compuestos muy pequeños que son aprovechados por los juncos para crecer, es decir, lo que descompone a los desechos es la interacción biológica y química de los microorganismos y las raíces de los carrizos.

Para que el entramado funcione correctamente es necesario que las aguas negras que le lleguen no contengan sólidos demasiado grandes, por lo que es necesario hacerlas pasar previamente por una cámara de sedimentación (tanque séptico). Por otro lado, el flujo debe ser constante y lento y no en chorro turbulento, con el objeto de garantizar la eficiencia de la acción de los microorganismos. El agua debe tardar alrededor de tres días en atravesar la zanja.

Construcción.

Para mencionar los pasos de construcción del entramado se hará ejemplificando con un entramado de raíces de 10m. de largo por 1m. de ancho. Este es el adecuado para una familia de 5 personas (2m^2 por persona), aunque su eficiencia puede variar dependiendo del clima de cada región. (Fig. 42).

Pasos a seguir en la construcción de un entramado de raíces familiar:

- 1). Excavar una zanja de 1m. de ancho x 0.70m de profundidad y 10m. de largo.
- 2). En las dos cabeceras del estanque se hacen otros dos pequeños pozos de 0.80m de profundidad, ambos se comunican con el estanque principal a través de una pequeña cepa o canal, las paredes del estanque y de los dos pozos deben tener un grado de pendiente que garantice que no se derrumbarán posteriormente.
- 3). El fondo del estanque principal, así como de los dos pozos de 0.80m. se recubren con impermeabilizante, que puede ser a base de lodo, cal y mortero o de una tierra conocida como bentonita.

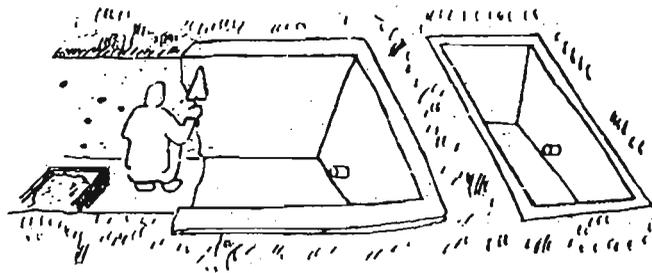


Figura 42. Construcción del entramado de raíces

4). Se llena el estanque principal con tierra húmeda, dejando una parte vacía (aproximadamente 1m.) en cada una de las cabeceras. En la tierra se siembran cañas de junco de las especies llamadas tule o espadaña (*Thypha spp.*). (Fig. 43)

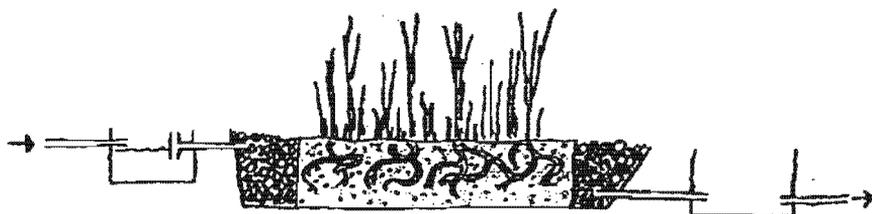


Figura 43. Siembra de cañas de junco

5). En las cepas que conectan los pozos con el estanque principal se colocan tubos de PVC de 3 o 4" terminados en "T", lo que facilitará su limpieza posterior. Una vez que estos tubos han sido instalados, las cepas se tapan con tierra. (Fig. 44).

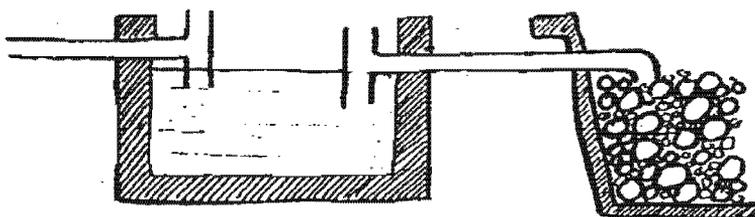


Figura 44. Colocación de tubos de PVC

6). Los dos huecos dejados en las cabeceras del estanque principal se rellenan con piedras y grava. Los dos pozos, que sirven de estanque de presedimentación y regulación respectivamente, deberán permanecer tapados durante el funcionamiento del entramado.

7). El tubo que entra en el estanque de presedimentación va conectado ya sea al drenaje de la casa o, a una de las salidas de la caja distribuidora del sistema de tanque séptico. El tubo de salida del tanque de regulación puede ir conectado a un sistema de riego, a un pozo de absorción o a un arroyo cercano.

8). El canal que comunica al pozo de presedimentación con el estanque principal puede ser sustituido por un conducto aéreo, lo que facilita el mantenimiento y evita que se tape con residuos u objetos demasiado voluminosos. En cualquiera de los casos, es importante asegurar que el flujo de las aguas sea parejo en todo el frente del estanque para evitar que se acumule en un solo punto, ya que esto reduciría el frente de trabajo del entramado y su eficiencia de manera considerable.

9). Todo el sistema debe tener una ligera pendiente que permita un flujo continuo de la entrada a la salida del entramado. (Fig. 45).

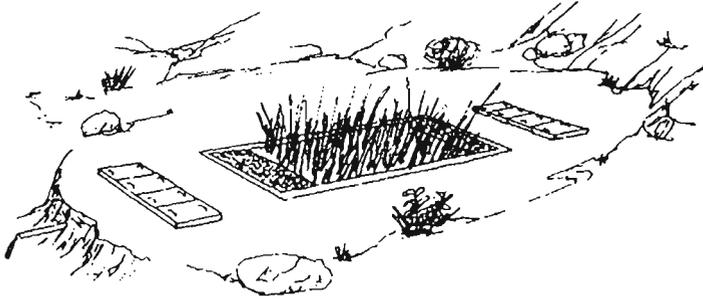


Figura 45. Entramado de raíces terminado

Mantenimiento:

Al entramado sólo debe llegar agua con materia orgánica; debe evitarse completamente la presencia de sustancias no biodegradables, como plásticos y detergentes, que afectarían considerablemente el funcionamiento del sistema.

Cuando los juncos del estanque se hayan reproducido demasiado, deben retirarse algunos, que podrían utilizarse en entramados cercanos o nuevos.

El mejor indicador de la eficacia del entramado es el agua que sale del pozo de regulación, la cual debe poder albergar animales, como peces o cualquier otra especie acuática. En el caso óptimo, el agua que sale de un entramado puede ser bebida sin que constituya un riesgo para la salud, aunque no es recomendable intentarlo sin analizar previamente el agua. (INSO, 1998).

4.1.2. Módulos productivos.

La primera condición para viabilizar técnica y económicamente una granja integral es que sea altamente diversificada. La diversificación es la esencia y la gran fortaleza de la granja integral, ya que a través de ella se podrá: a) alimentar en forma balanceada y permanente a la familia y a los animales; b) producir algunos reemplazantes de insumos industriales (semillas, abonos, raciones, etc.); c) producir excedentes diversificados para generar fuentes complementarias o alternativas de ingreso familiar; y lo más importante, podrá hacerse todo lo anterior en forma permanente durante todo el año, respetadas apenas las restricciones climáticas. La diversificación es una eficiente estrategia para reducir dependencias externas y disminuir vulnerabilidades y riesgos climáticos, comerciales, de plagas y enfermedades.

En la granja integral deben convivir explotaciones agrícolas, pecuarias y forestales, pero ninguna de ellas por sí sola puede cumplir las múltiples funciones recién mencionadas. En la medida de lo posible, la granja integral tendrá los siguientes componentes o módulos:

- a) Agrícolas: cereales, leguminosas, hortalizas de muchas especies, frutales diversificados, raíces y tubérculos, y especies forrajeras.
- b) Pecuarias: ganado porcino, caprino, ovino, conejos, aves, abejas y lombrices. Se debe dar preferencia a los animales de menor porte y/o más eficientes o más prolíficos.
- c) Forestales: con el fin de producir madera para las construcciones de la granja, forraje animal, leña, materias primas para artesanías, frutas, etc.; las especies forestales pueden aprovechar áreas que no tendrían otra ocupación económica, por ejemplo los linderos o aquellas de gran pendiente o para protección de cauces y cuencas, haciendo cortinas rompevientos, cercos vivos o plantando árboles en las praderas para proteger a los animales.

El reconocimiento de que la existencia de una cierta heterogeneidad en el paisaje constituye una de las principales premisas para poner en acción un sistema productivo ecológicamente adecuado, supone que, en la mayor parte de los casos, el espacio natural a apropiarse presenta no una, sino “múltiples vocaciones”. La práctica predominante de utilizar los espacios sólo para la agricultura, la ganadería o la producción forestal y de concebir a éstos como sectores en competencia, no solo entra en contradicción con la heterogeneidad que caracteriza a la mayoría de los paisajes, sino que conforma de hecho una ineficiencia de carácter superior.

La razón, como lo vimos anteriormente es que ni la agricultura, ni la ganadería, ni la producción forestal implican sistemas cerrados, sino que siempre derivan y exportan materiales o energías; son, en última instancia, siempre partes, fracciones o momentos de ciclos naturales más bastos. La integración de estos sectores debe ser una tarea obligatoria desde el punto de vista ecológico, ya que ello redundará en una mayor eficiencia de la producción (como la recuperación de la fertilidad de los suelos, los ciclos de nutrientes o la capacidad reproductiva de las especies), mantiene y/o favorece el balance energético e hidrológico global y aprovecha la interacción biótica.

La integración de los sistemas productivos debe ser una forma de alcanzar la eficiencia ecológica sobre un plano globalizador situado más allá de cada uno de los dominios particulares de cada sistema. (Lacki y Gaitán, 1993).

Partiendo de lo anterior cada componente del sistema de producción deberá, en lo posible, tener múltiples propósitos y cumplir simultáneamente varias funciones.

Para que todos los factores aporten a la granja, es necesario planificar las actividades en consecuencia y diversificar los rubros de forma que éstos se integren y se complementen. Además, es necesario que todos los espacios productivos de la granja estén ocupados tanto vertical como horizontalmente.

Se busca viabilizar al sistema agrícola en una forma integral, para mejorar la eficiencia productiva de los sistemas o subsistemas que la componen, una agricultura que pueda desarrollarse indefinidamente en el tiempo e incrementar la eficiencia en el uso de los recursos, a la vez que promueve un equilibrio con el ambiente, todo esto en beneficio del hombre y de la mayoría de las especies. Se mantiene (o incrementa) el nivel productivo y se limita y hace más eficiente el uso de las fuentes energéticas externas al sistema y de energía fósil para labores de labranza. Esto debe lograrse con el manejo de sistemas alternativos de cultivo y laboreo y la diversificación de las actividades agropecuarias, en las cuales se integren los diferentes componentes y factores del sistema así como las interacciones entre ellos. (Lacki y Gaitán, 1993).

Entonces, se intenta promover el desarrollo de una producción agropecuaria diversificada, sin el empleo (en la medida de lo posible) de insumos químicos y basada en la utilización de sus propios recursos para lograr la autosuficiencia alimentaria, adaptada a las condiciones específicas de cada lugar, según tres principios:

- a) mejoramiento paulatino de las condiciones de fertilidad del suelo como base productiva y su protección
- b) Generar una gran diversificación de especies vegetales y animales.
- c) Visión integral del sistema.

4.1.2.1. Módulo agrícola

4.1.2.1.1. Ecotecnologías aplicadas al módulo agrícola.

4.1.2.1.2. Ecotecnologías para la conservación y el manejo del suelo.

El recurso material más importante y decisivo para hacer factible el desarrollo de la granja es el suelo; mantener, recuperar e incrementar su fertilidad para aumentar rendimientos es la más crucial y decisiva de todas las medidas que el productor puede y debe adoptar para hacer posible su autodesarrollo. Definitivamente, de su capacidad para producir lo suficiente para alimentar a la familia, los animales y generar excedentes en cantidad adecuada depende la viabilidad económica de los productores, la baja productividad del suelo repercute negativamente en la productividad de la mano de obra y en el desempeño productivo de los animales; éstos a su vez, inciden en la capacidad de

alimentar a la familia y de generar más ingresos. El mantener o recuperar la fertilidad y capacidad productiva del suelo, es un pre requisito para viabilizar, técnica y económicamente la propuesta de la granja integral.

El propósito fundamental en un sistema de producción agrícola es mantener el suelo biológicamente estable, como espacio donde se creen las condiciones para mantener en equilibrio un suelo sano, lo cual nos proporciona una planta sana. Es importante resaltar siempre la causa-consecuencia que se desprende de la relación suelo sano-planta sana.

Para mantener la relación suelo sano-planta sana es necesario conservar las condiciones biológicas del suelo, especialmente cuando se trabaja con suelos en pendiente, donde se debe controlar la erosión y el uso del agua. (Lacki y Gaitán, 1993).

La erosión consiste en el desprendimiento transporte y depositación de las partículas del suelo por efecto de los agentes erosivos, el agua y el viento, la erosión se diferencia en función del agente causal (hídrica y eólica) y la fuente de las partículas (laminar, cárcavas, canalillos) (Fig. 46). En forma natural se establece un equilibrio entre la formación del suelo y las pérdidas del mismo (erosión geológica), pero este equilibrio natural se rompe por la intervención del hombre con las actividades productivas, la erosionabilidad de los materiales naturales se disturba al modificar la estructura del suelo con las operaciones de labranza, la capa vegetal que protege al suelo puede eliminarse con el aclareo, quema o cambio del uso del suelo. Todas las actividades productivas tienen un impacto profundo en las tasas de erosión, las cuales pueden aumentar hasta en cien veces la tasa de erosión normal o geológica.

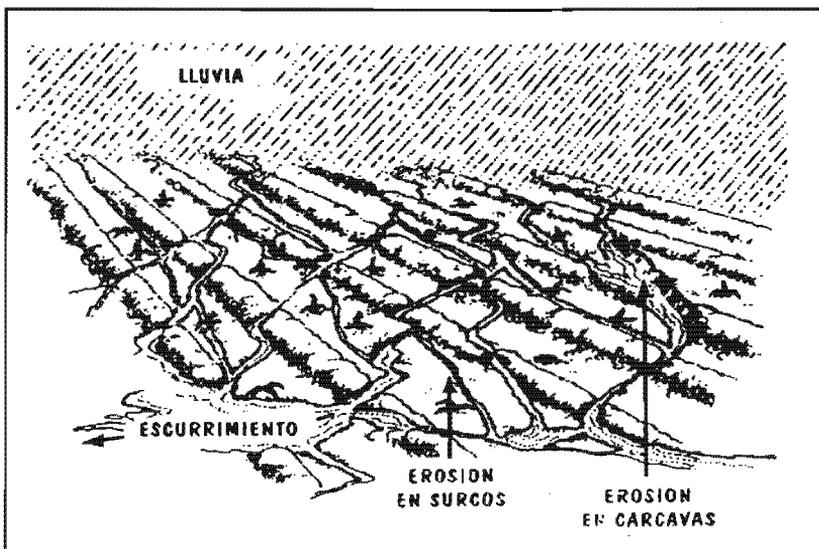


Figura 46. Tipos de erosión

En casi todo el mundo, la pérdida de suelos fértiles es una realidad cotidiana. Una de las causas más comunes de este fenómeno es la deforestación, con la consecuente erosión de terrenos con pendiente. Al desaparecer los árboles y arbustos, la superficie queda a merced del viento y de la lluvia, que arrastran todo lo que encuentran a su paso, en muchos lugares es práctica corriente sembrar en terrenos inclinados y deforestados, lo que contribuye aún más a la pérdida del suelo. (INSO, 1998).

4.1.2.1.2.1. Control de la erosión.

Una manera de aprovechar los terrenos inclinados y simultáneamente detener la erosión es desarrollando una serie de medidas en el manejo del suelo, para evitar que los elementos naturales como el sol, el viento y el agua lo destruyan. En otras palabras, consiste en manejar el suelo de tal manera que dichas fuerzas naturales se conviertan (como en los sistemas naturales) en los constructores de la bioestructura del suelo. Se entiende como bioestructura del suelo, a la capa gruesa, estable al agua, compuesta por un colchón de materia orgánica: hojas, troncos, raíces y restos de animales muertos que son intervenidos por otros como ratas, tuza, lombrices, etc. Millones de microorganismos como hongos y bacterias forman con el suelo mineral un complejo sistema de poros microscópicos, donde el agua que disuelve las sustancias nutritivas de las plantas se mantiene mientras es absorbida por los finos pelos radicales de las plantas. (Nuñez, 2000).

Para la conservación de suelos y agua se utilizan técnicas, como la construcción de zanjas, terrazas, bordos a nivel, diques, barreras de contención, plantaciones en contorno, coberturas vivas y muertas, trampas de suelo, las cuales se pueden aplicar según se requiera:

Diques: Se utilizan para contener el agua o hacerla circular con la construcción de un muro artificial, se pueden utilizar materiales disponibles de la zona como piedras o troncos, estos diques pueden ubicarse en los filos asomándose en la superficie del terreno. Los diques evitan la erosión, precolación y lixiviación.

Barreras: Son vallas, maderas, tallos, troncos, piedras, plantaciones de cercas u otro material orgánico vivo o muerto, cercando o cerrando el paso, que actúan como diques perpendiculares a la pendiente, reteniendo el suelo y la materia orgánica. Las barreras vivas pueden ser pastos de tallos erguidos, plantas suculentas como magueyes, lechuguilla, nopales, arbustos y árboles, en especial aquellos que puedan ser propagados por estacas. Las barreras muertas pueden hacerse con piedras, formando muros de aproximadamente medio metro de alto y unos cuarenta centímetros de ancho, que sigan los contornos de la zanja o terraza. (Fig. 47)

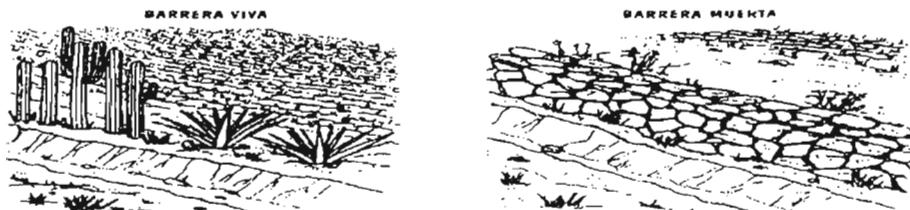


Figura 47. Ejemplos de tipos de barreras

4.1.2.1.2.2. Barreras de pasto vetiver.

Otra manera sencilla y barata de mejorar los suelos y reducir la erosión es sembrar barreras de pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en los campos de cultivo o para recuperar lugares que puedan estar muy erosionados.

Ventajas del pasto vetiver.

El vetiver es un pasto rústico que crece hasta poco más de un metro de altura y no produce semilla, por lo que no se convierte en maleza. Esta planta tiene características muy buenas para ser utilizada en la conservación de los suelos, cuenta con una raíz muy profunda y tupida, además retiene la tierra que se lava por la lluvia y hace que la fuerza del escurrimiento disminuya al pasar el agua lentamente por la barrear, lo que permite también una mayor filtración y con ello más humedad. El vetiver crece muy bien en lugares donde hace calor, la tierra es rica y hay bastante sol y agua, pero se usa en muchos lugares del mundo que no tienen estas características porque las plantas adultas son resistentes a la sequía, a las heladas, a las plagas y al fuego. La planta puede crecer si se crean condiciones favorables de humedad, temperatura y fertilidad.

La barrera se siembra siguiendo la curvatura del terreno, es muy importante que las barreras queden a nivel pues así el agua que escurre se reparte más parejo, resiste mejor la erosión y el terreno conserva mejor la humedad. Una barrera esta completamente establecida cuando las plantas se han juntado y forman una hilera tupida. (Fig. 48).

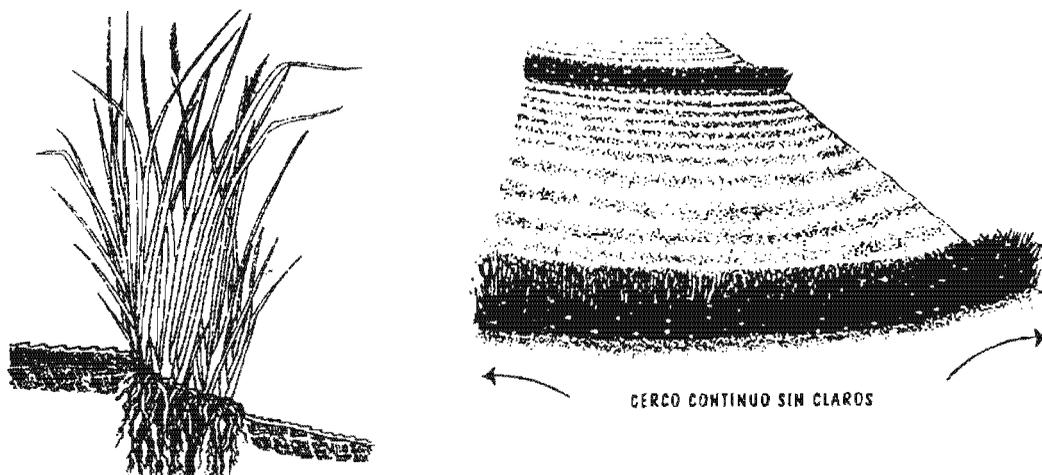


Figura 48. Plantación correcta de la barrera de pasto vetiver

Es muy importante, que la siembra de hijuelos de vetiver, para hacer una barrera se lleve a cabo cuando la temporada de lluvias esté bien establecida (en mayo o junio según el lugar), de modo que durante las primeras cinco semanas haya suficiente humedad en el suelo. Si se dispone de riego, debe plantarse cuando ya no exista peligro de heladas.

Aunque una planta de vetiver adulta es muy aguantadora, las plantas recién sembradas son delicadas y deben tratarse bien para que la siembra no falle. Los hijuelos recién arrancados del vivero deben mantenerse con mucha humedad hasta el momento de plantarlos. Además deben podarse las hojas a 20 cm. de la base y las raíces a 10 cm. Cada mata deberá tener de dos a tres tallos de buena calidad, pues uno solo a veces no prende, es mejor hacer una barrera pequeña bien tupida que dividir mucho el material para hacerla más grande.

Una vez trazada la línea donde se va a poner la barrera es recomendable acondicionarle el terreno, pues esto ayudará a conservar la humedad para las plántulas. En lugares donde la lluvia sea muy escasa el vetiver deberá plantarse en el fondo del surco; en un lugar donde llueve mucho es mejor plantarlo en la costilla del surco.

La plantación se facilita utilizando un espeque o palo con punta como con el que se siembra maíz de rozo. El terreno debe de estar bien húmedo, la plántula debe sembrarse tratando de que la corona quede unos 3 cm. debajo de la superficie de la tierra (ya que de ahí es de donde salen las nuevas hojas y raíces), y al final debe compactarse bien el suelo a los lados. Las plantas deben quedar separadas 10 cm. entre si para que la barrera pueda cerrarse pronto, ya que de lo contrario no sirve. (Fig. 49).



Figura 49. Siembra correcta del pasto vetiver

Cuidados de la barrera:

Cuando se note un prendimiento claro de las plantas es importante reponer aquellas que hayan muerto; para ello debe apartarse un buen tanto antes de sembrar. Si no se reponen, el agua puede escurrir por los huecos y llevarse la tierra.

Las plantas que ya prendieron crecen más rápidamente si se les mantiene libre de malezas durante las primeras seis semanas y se abonan con estiércol de ganado.

Una barrera ya establecida debe podarse a 50 cm. de altura una o dos veces por año, según su crecimiento, para fomentar el amacollamiento y evitar que de sombra a los cultivos vecinos si es que se siembra en el contorno de las parcelas.

Otros usos del vetiver.

Además de los terrenos de cultivo, las barreras de Vetiver se pueden colocar en huertos de frutales o pastizales. También son muy útiles en bordos de caminos, en las orillas de estanques y para estabilizar cárcavas. (Fig. 50).

Las hojas tiernas pueden usarse como alimento para el ganado, como cobertura del área de raíces de los árboles o cultivos y como camas en corrales de animales. (INSO, 1998).



Figura 50. Estabilización de cárcavas con pasto vetiver

4.1.2.1.2.3. Trampas de suelo.

En terrenos con pendiente, especialmente donde la vegetación se ha perdido, es muy útil la construcción de trampas de suelo: terrazas, bordos a nivel y zanjas que evitan que el agua de lluvia o de las corrientes superficiales arrastre el suelo. Para saber cuales serían las distancias adecuadas, es importante tener en cuenta los siguientes factores: la pendiente, la

velocidad de infiltración del agua (que tiene que ver con el tipo de suelo) y el modo en que llueve.

A mayor pendiente el escurrimiento es más violento, así que las zanjas deben de estar a distancias menores. Para una pendiente mayor de 45% no conviene construir zanjas, porque no se forma un borde resistente que detenga el agua, además, se reduce mucho la distancia entre las curvas. (Cuadro 9).

El porcentaje de la pendiente es el número de metros que se baja o se sube en altura, cada vez que se camina 100 m., en el sentido de la pendiente. En el terreno se pueden caminar 1000 m. sin bajar ni subir, en este caso la pendiente es de 0%. (Fig. 51).

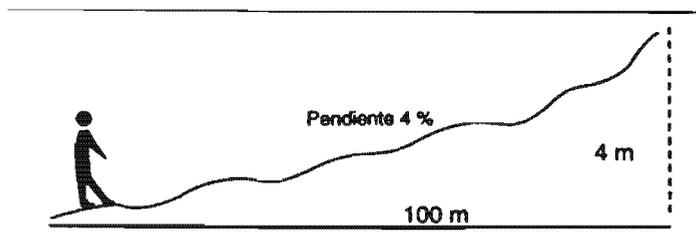


Figura 51. Determinación del porcentaje de pendiente

Cuadro 9. Distancias entre las curvas de nivel según la pendiente

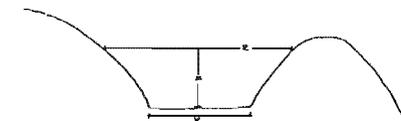
Porcentajes de pendiente (%)	Distancia entre curvas (m)
2	30
5	28
8	24
10	20
14	18
16	16
20	14
25	12
30	10
35	8
40	6
45	4

Fuente: (Nuñez, 2000).

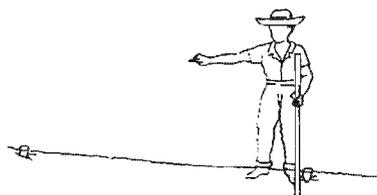
Los suelos arenosos permiten la infiltración, entonces no se corre el peligro de que los aguaceros llenen las zanjas y el agua se desborde provocando una erosión más grave. En cambio los suelos arcillosos no facilitan la filtración. Cada suelo es diferente y para conocerlo se puede escarbar un hoyo y luego llenarlo con agua para observar que tan rápido se filtra el agua.

En climas donde caen fuertes aguaceros se necesitan zanjas más grandes que en aquellos lugares donde llueve menos, por lo tanto se necesitan estructuras que capten toda el agua de lluvia en un determinado tiempo, se puede tomar como referencia la experiencia de Vecinos Mundiales en el altiplano guatemalteco 1995, citados por Caballero y Montes 1997. (Fig. 52)

Tamaño de las zanjas con un suelo que tenga infiltración de buena a regular (véase la ilustración).



x= 30 cm de profundidad
y= 30 cm de ancho de la base
z= 90 cm de ancho de la superficie



1.0 m -1.3 m

Figura 52. Tamaño de las zanjas y distancia entre ellas

Las trampas de suelo son sólo barreras mecánicas contra la erosión. Una vez instaladas, es preciso reconstruir la bioestructura del suelo, lo que implica cubrirlo con vegetación y alentar la formación de una capa superficial de materia orgánica, que por una parte aporte elementos nutritivos para las plantas y por la otra retenga la humedad.

El papel del árbol es fundamental en la reconstrucción de la bioestructura del suelo, dan sombra, controlan el viento, aportan grandes cantidades de materia orgánica y son refugio de insectos y aves. Además proporcionan madera, leña y frutos. Se necesitan árboles pioneros y árboles frutales plantados en curvas a nivel a orillas del terreno o en áreas específicas. (Caballero y Montes, 1997).

4.1.2.1.2.4. Plantación en contorno.

Una práctica que ayuda a conservar los suelos y retener la humedad es plantar en contorno, es decir, hacer los surcos de cultivo de acuerdo con las elevaciones naturales del terreno, en vez de trazarlos rectos. Cada surco deberá tener un mismo nivel, que se puede determinar utilizando el aparato en forma de A. Hay que empezar por la parte superior del terreno y seguir después hacia abajo. En terrenos muy irregulares, la distancia entre los surcos a nivel no podrá ser uniforme, de modo que algunos surcos quedarán incompletos, estos deben quedar en la parte baja de cada terreno. (INSO, 1998).

4.1.2.1.2.5. Terrazas.

Utilizadas en terrenos o en laderas, las terrazas son espacios de terreno en una serie de plataformas, o de bancos dispuestos en escalones en las pendientes. Las ventajas en el uso de las terrazas son los siguientes:

- Detienen el arrastre de los suelos, reteniendo la humedad y controlando la erosión del suelo.
- Mantienen la fertilidad del suelo logrando proteger una mayor extensión del terreno sin necesidad de mucha mano de obra.
- Permiten aprovechar los materiales vegetales utilizados en la construcción de la terraza, transformándolos en materia orgánica.

Se pueden encontrar dos tipos de terrazas: las de formación lenta y las de banco. Estas últimas son el resultado de cortes longitudinales de pendientes del terreno a través de la remoción de la tierra para su formación. Las terrazas de formación lenta se van formando en un periodo de tres a cinco años.

La distancia entre ellas varía de acuerdo al grado de pendiente o ladera, el tipo de suelo, la cantidad de lluvia y al tipo de cultivo por sembrar. En conjunto, las barreras vivas o muertas conforman los muros de contención de las terrazas. (Nuñez, 2000).

4.1.2.1.2.6. Zanjas.

Son cauces contruidos generalmente de manera artificial, por donde se conduce el agua para darle salida o para otros usos. Las zanjas o acequias se conocen también como zanjas de ladera o acequias de ladera, entendiéndose por ladera a los terrenos que tienen 1% de desnivel o más.

A las zanjas que quedan a nivel en la ladera se les llama zanjas o acequias de absorción, se hacen para retener el agua proveniente de las partes altas del terreno para romper la velocidad de la misma y facilitar su absorción lentamente, se recomienda construir las en suelos franco arcillosos. Las zanjas de desviación, tal como lo dice su nombre, sirven para desviar el exceso de agua. Deben tener un desnivel de 1% como máximo. También se usan zanjas de desviación en terrenos que se encuentran a media ladera para desviar el exceso de agua que viene de arriba. Si es mucha el agua que cae, lo recomendable es que se hagan curvas de nivel. Si no hay por donde desviar el exceso de agua, también se pueden construir estanques, éstos pueden construirse al final de cada zanja de desviación para almacenar el exceso de agua. Un estanque puede medir desde 1 m³ hasta 10 m³, dependiendo de la cantidad de agua que cae sobre la acequia.

Las zanjas hechas dentro de las medidas mecánicas básicas de conservación de suelos pueden tener 180m. de largo como máximo, según el largo que tenga el terreno. Se recomienda que a cada 180m de largo, las zanjas sean cortadas por un desagüe, éstos pueden ser artificiales o naturales y sirven para sacar el exceso de agua de las acequias o del terreno, deben protegerse con diques y sembrando pastos rastreros. (Fig. 53).

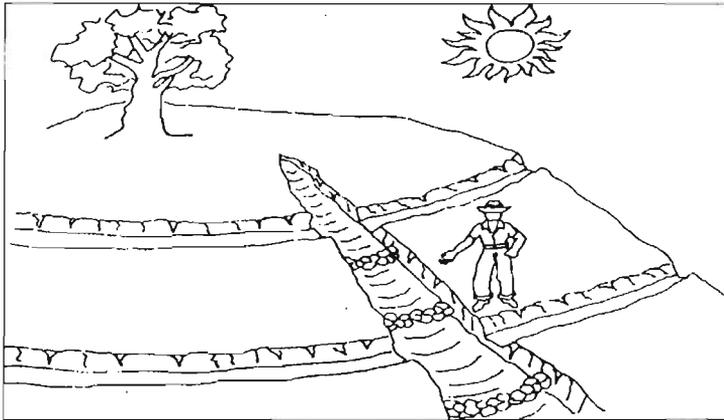


Figura 53. Trazado de zanjas

Se recomienda hacer las zanjas con talud (en forma de batea), así cabe más agua y las paredes no se desmoronan. El tamaño recomendable para las zanjas es de 30cm. en el fondo, con una profundidad de 33cm.; en la parte superior debe tener 90cm. de ancho. Con estas medidas caben 200 lts de agua por cada metro lineal de zanja.

Construcción de la zanja. A partir de la primera curva trazada, se miden 90 cm. hacia arriba horizontalmente y se marca con estacas otra curva paralela a la anterior.

En el centro de las dos estacas y a todo lo largo de la curva se hace una zanja de 30 cm. de ancho por 33 cm. de profundidad. Al excavar la zanja debe dejarse un regulador cada 8 o 10 metros de distancia. La tierra obtenida debe acumularse en el lado de abajo para formar un bordo

Para agrandar la zanja se hace un chaflán o talud a los dos lados, para que éste quede en forma de batea. Para esto hay que medir 30 cm. a cada lado de la zanja y a todo lo largo. (Caballero y Montes, 1997).

4.1.2.1.2.7. Reguladores o diques

Los reguladores son unos pequeños diques o topes construidos cada 8 a 10 m. de distancia dentro de la zanja, sirven para que el agua que está en la zanja no escurra, evitando así que la zanja se rompa. Para que los reguladores trabajen bien, hay que dejarlos un poco más abajo que el nivel de la zanja. (Fig. 54)

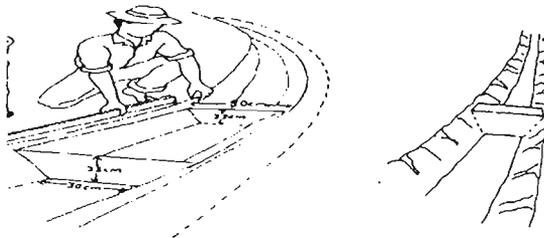


Figura 54. Construcción de diques

4.1.2.1.2.8. Manejo y construcción del aparato "A"

El aparato "A" sirve para trazar curvas de nivel o desnivel, los trazos con el aparato "A" sirven de guía para hacer las zanjias o terrazas de laderas para orientar los surcos y para otros trabajos de retención de suelos y manejo del agua. El aparato "A" también se llama clinómetro rústico o compás rústico para nivelación.

Materiales:

- tres tiras o palos rectos de madera de entre 2 y 2.50 m.
- clavos de 2.5 pulgadas
- 3 metros de hilo resistente
- una piedra u otro objeto pesado de aproximadamente 1.5 Kg., que pueda amarrarse al extremo del hilo.
- 2 estacas de 15 cm. de largo y 6 de grueso
- lápiz, gises, o tizón
- 1 martillo
- 1 machete o serrucho
- 1 metro o cinta para medir de cualquier clase.

Construcción:

Se amarran o clavan las tres tiras de madera, que deben de quedar bien ajustados para que los puntos de unión o de amarre no se muevan, de manera que formen una "A". Hay que asegurarse de que las dos patas midan exactamente lo mismo después de armar el aparato (2 metros) y que la vara horizontal quede a la misma distancia (unos 30 cm.) del extremo inferior de cada pata.

En el punto de unión de las dos varas inclinadas se amarra o clava el hilo, en cuyo extremo se amarra la piedra. El hilo debe tener el largo necesario para que la piedra cuelgue aproximadamente 5 cm. por debajo de la vara horizontal. (Nuñez, 2000).

Finalmente, se hace una marca con una navaja en la vara horizontal, exactamente en el punto medio. (Fig. 55).

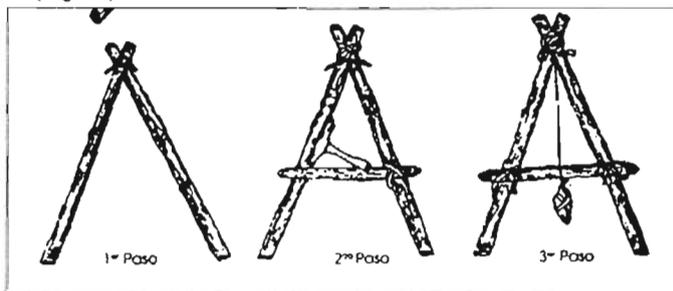


Figura 55. Construcción del aparato "A"

Uso.

Se determina la altura a la que se hará la primera terraza y se marca un punto con una estaca. Junto a la estaca se apoya una de las patas del aparato, que permanecerá fija mientras se localiza el siguiente punto. La otra pata se apoya en distintos puntos, hasta lograr que el hilo, en tensión por el peso de la piedra, pase exactamente por la marca hecha en el centro de la tira horizontal. Entonces se clava una estaca en donde está apoyada la otra pata del aparato: los puntos donde están clavadas las dos estacas están al mismo nivel.

Este procedimiento se repite, tomando ahora como punto de apoyo la segunda estaca, y marcando un tercer punto, que estará a nivel con los dos primeros. Se continúa de esta forma por todo el contorno, hasta trazar la curva de nivel a lo largo de la ladera, la cual estará definida por la ubicación de las estacas.

¿Cómo se obtiene el desnivel de un terreno?

Como se menciona anteriormente en el punto de la pendiente, es el grado de inclinación que tiene una ladera, la inclinación se mide en porciento de desnivel y nos indica los metros que baja una ladera en cada 100 m. medidos horizontalmente. Cuando se conoce el porcentaje de desnivel de cada ladera, se puede saber como se va a manejar y que tipo de trabajo es el más adecuado.

Equipo necesario:

- a) un nivel rústico o aparato "A"
- b) Una cinta métrica y
- c) Una vara recta

El terreno puede tener dos o más laderas con diferente inclinación y tamaño. En este caso, en cada ladera se tomará su desnivel. Se recomienda que en cada una se tomen de cuatro a seis desniveles en diferentes partes del terreno. Para obtener el porcentaje de desnivel de cada punto deben seguirse los siguientes pasos:

- 1) Colocar una pata del aparato "A" contra la ladera
- 2) Colocar la vara a plomo pegada en la punta de la otra pata del aparato
- 3) Levantar la punta del aparato poco a poco hasta que la plomada marque el centro
- 4) Marque con un lápiz el punto exacto donde llegó la punta de la pata del aparato en la vara
- 5) Mida cuantos cm. hay hasta la marca de la vara. La mitad de esta cantidad será el porcentaje de desnivel

Si la distancia entre las patas del aparato fuera de 1 m., o sea 100 cm., la medida en la vara sería de 34 cm., pero como el aparato mide 2 m., o sea 200 cm., la medida en la vara es de 68 cm. Por eso se debe obtener la mitad, como se muestra en la (Fig.56)

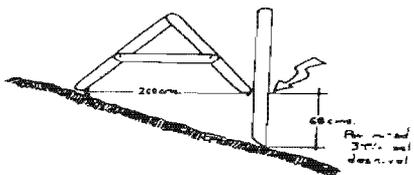


Figura 56. Determinación de la pendiente utilizando el Aparato "A"

Todos los resultados de los desniveles se suman, y se dividen entre el número de desniveles hechos. El resultado nos va a indicar el porcentaje de desnivel que tiene la ladera.

En laderas que tengan una inclinación de entre 2 y hasta 45%, se recomienda construir zanjas sobre las curvas a nivel. Cada ladera debe llevar una distancia diferente entre cada curva de nivel, de acuerdo con la pendiente o inclinación. Esto se debe a que el agua no escurre igual en todas las laderas. Por ejemplo, en una ladera que tiene el 2% de desnivel se da una distancia horizontal de 30 m. entre zanjas, mientras que para una ladera con un 16% de desnivel se da solo una distancia de 16 m. Entre mayor sea el porcentaje de inclinación de ladera, más rápido y mayor cantidad de agua se escurrirá. Por eso las zanjas a nivel deben de estar más cerca una de otra para que sean suficientes para guardar y absorber toda el agua que escurre.

Debe tomarse en cuenta también el tipo de suelo para decidir la distancia, porque si una ladera es arenosa y la otra arcillosa, se dará menos distancia en ésta porque absorbe menos agua que la arenosa. Además un terreno con mucha materia orgánica también absorbe mucha agua, por lo tanto, se puede dar una distancia un poco más abierta que en un terreno de barro.

Si las laderas son mayores a 45%, se recomiendan las terrazas individuales continuas, cuya distancia será igual a la distancia recomendada para reforestar o para sembrar árboles. Esta distancia depende del tipo de árboles que se siembren. Si el terreno tiene más de 6% de desnivel, debe dejarse para la vida silvestre, manejo forestal y captación de agua. (Caballero y Montes, 1997).

Trazo de línea madre.

Este es el primer paso para trazar las curvas de nivel sobre las que se construirán las zanjas. Se coloca la primera estaca donde principie la ladera o donde principie el terreno pero en la parte más alta. Después se amarra el extremo de una cuerda de 20 o 30 m. en la estaca. Se estira la cuerda en dirección de la ladera hasta el punto más bajo del terreno, amarrando en ella la otra punta de la cuerda. Después, se dejan las distancias de cada trazo sobre la cuerda que marca la línea, según lo indica la tabla que se mencionó anteriormente sobre el porcentaje de pendiente de la ladera y la distancia entre zanjas. Esta hilera de estacas que se dejó sembrada en la dirección de la ladera, se llama línea madre y nos servirá como guía para empezar a trazar cada zanja. (Fig. 57).

Los trazos siempre deben comenzarse del lado de arriba del terreno, o sea desde el filo de la loma, ya que es ahí donde se junta el agua de lluvia y toma fuerza; por esa razón se recomienda iniciar el trabajo en el lado de arriba. Si el terreno principia al filo de la loma, el trazo se hace en la segunda estaca de la línea madre. Si el terreno se encuentra a media ladera, entonces el trazo se inicia en la primera estaca. Este primer trazo debe dejarse con su desnivel de 1%, de otra manera la zanja no resistirá toda el agua que viene con fuerza de la ladera de arriba y se reventará y destruirá todas las zanjas de abajo.



Figura 57. Trazo de línea madre

Construcción de las terrazas.

Se trazan varias curvas de nivel, con una separación tal que en las terrazas resultantes puedan sembrarse árboles o para cultivar hortalizas, etc. Cuando se hayan terminado de trazar todas las curvas, se corrigen las estacas con la vista. Uno puede colocarse en un extremo de la curva y ver la línea que forman todas las estacas y componer las que estén muy salidas, ya sea subiendo o bajando unas estacas para facilitar el trabajo y que las curvas sean más suaves.

Se debe tener mucho cuidado de no mover todas las estacas, las que pueden moverse son tres de cada diez estacas como máximo. En las laderas con pendientes muy inclinadas no hay necesidad de corregir las estacas, porque siempre las curvas quedan suaves.

Después, en la línea determinada por las estacas se hace un muro de contención, éste puede ser de piedras, troncos o barreras vivas o muertas, que rebase el nivel del terreno. En seguida se excava en la parte más alta de la pendiente y con la tierra que se saca se rellena la parte pegada al muro, hasta que el terreno quede con una ligera inclinación contraria a la pendiente natural. De esta manera el agua se quedará en la terraza y se filtrará al suelo. (Caballero y Montes, 1997).

Cuando el terreno está demasiado erosionado hay que esperar a que se recupere la capa de suelo, proceso lento que puede acelerarse con la utilización de abono verde. (Fig. 58).

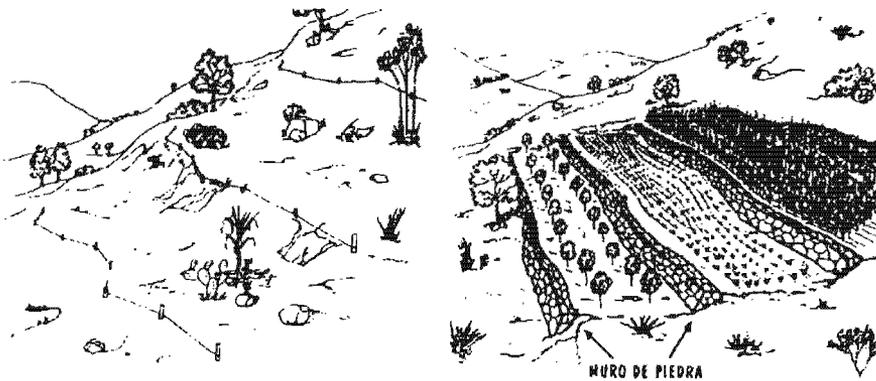


Figura 58. Trazado y construcción de las terrazas.

4.1.2.1.2.9. Cultivos de cobertura.

Un cultivo de cobertura es definido como: una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación), para incorporarla progresivamente al suelo.

Los cultivos de cobertura se prestan para sistemas de bajos insumos externos, y la adopción de los mismos es especialmente rápida donde varias limitantes pueden ser solucionadas a la vez por el cultivo de cobertura (baja fertilidad del suelo, alta infestación de malezas y severa erosión del suelo). Los cultivos de cobertura constituyen una tecnología que es fácil de aplicar y diseminar.

Los términos “cultivos de cobertura” y “abono verde” se han usado en el pasado como sinónimos; sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multipropósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación del suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado.

Las coberturas cumplen diferentes funciones en el manejo ecológico del suelo, entre las cuales se tienen:

- * aumenta la materia orgánica del suelo
- * proporciona nutrientes
- * mejora la estructura del suelo
- * aumenta la actividad biológica del suelo
- * favorece el desarrollo de controles biológicos naturales
- * favorece el reciclaje de nutrientes
- * evita la erosión
- * previenen el crecimiento de malezas
- * protegen el suelo de radiaciones solares y de los fuertes impactos por la caída de agua de lluvia.

Además:

- Reduce costos: reduce la necesidad de insumos externos (fertilizantes, herbicidas, alimentos balanceados).
- Genera ingresos: venta de semillas y forraje
- Incrementa la productividad: incrementa la fertilidad del suelo, reduce la competencia de malezas, incrementa la filtración de agua, la producción de alimentos para animales.
- Reduce la degradación de recursos naturales: reduce pérdidas de suelo por erosión, reduce pérdidas de fertilidad por el quemado, mejora la infiltración del agua. (Fig. 59).

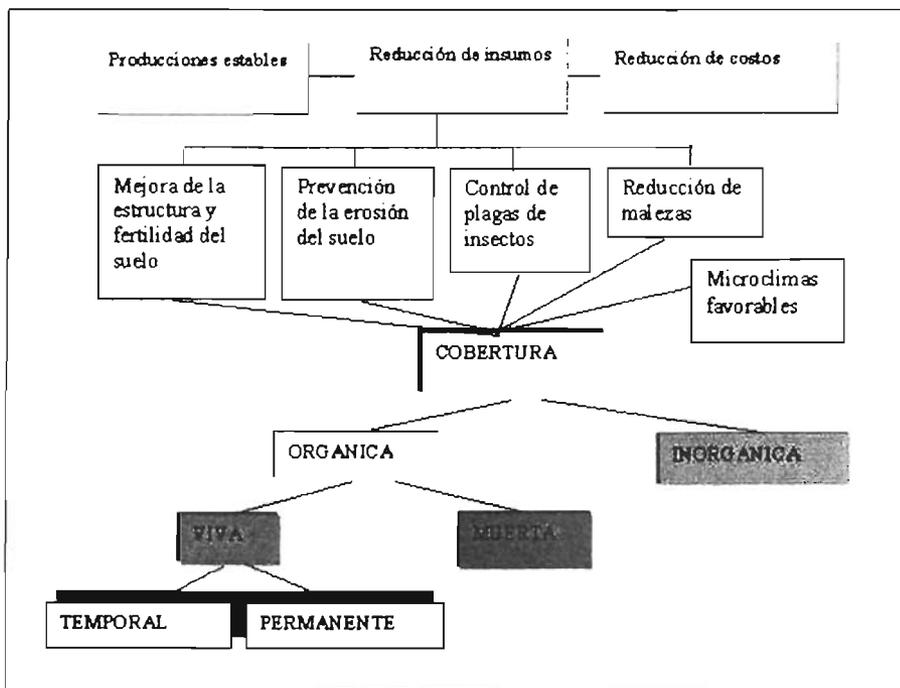


Figura 59. Uso de coberturas: beneficios, efectos y vías de utilización.

Características de las tecnologías de los cultivos de cobertura

Ventajas:

- Costo bajo: una vez que las semillas están disponibles, hay poco costo en dinero efectivo para el agricultor. De esta manera, los cultivos de cobertura pueden sustituir a los insumos externos tales como herbicidas y fertilizantes.
- Simplicidad: no hay necesidad de conocimientos o herramientas sofisticados.
- Versatilidad: las especies tienden a tener un rango ecológico bastante amplio, pueden prosperar en condiciones húmedas o semiáridas, a pleno sol o en sombra parcial.
- Competitividad: Pese a que las especies varían en su vigor, una característica que permite su selección de acuerdo al nivel de competitividad requerida, algunas especies (por ejemplo, (*Pueraria phaseoloides*), (*Mucuna pruriens*), y *Calopogonium mucunoides*) son excepcionalmente buenas para competir con malezas agresivas.
- Variabilidad: existe un amplio rango del cual escoger la mejor combinación de características, por ejemplo:

Duración: estacional o perenne (*Cajanus cajan*)

Hábito: prostrado (*Arachis pintoi*), erecto (*Crotalaria juncea*), trepador (*Vigna unguiculata*).

Vigor: muy vigoroso a crecimiento lento (*Arachis pintoi*)

Tolerancia a extremos: existe tolerancia al frío, calor, sequía e inundación

Tolerancia a plagas: el daño por insectos es generalmente limitado.

Degradación: la degradación de la materia vegetativa es variable y puede estar ligado a la necesidad sincronizada de nutrientes por los cultivos.

Desventajas:

- a) Se necesita un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo de cobertura y los cultivos asociados, en caso de que así se hiciera la siembra.
- b) Requerimientos altos de mano de obra para el establecimiento y el corte.
- c) En algunas situaciones el cultivo de cobertura podría contribuir a problemas de plagas y enfermedades en el cultivo principal.
- d) Ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente.
- e) Cultivos de cobertura no leguminosas, que son incorporados como un abono verde, podrían tener suficientemente altas proporciones de C/N como para reducir la absorción de nitrógeno por el cultivo siguiente. (Louise, 1999).

4.1.2.1.2.10. Abonos verdes.

Se define a un abono verde, como la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporándose al suelo o dejándose en la superficie, ofreciendo protección, ya sea como mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (Instituto Internacional de Agricultura Tropical. IAT, 2000).

Eventualmente, parte de esos abonos verdes pueden ser utilizados para la alimentación animal y/o humana, producción de fibras o producción de forraje. Esto es un aspecto importante para la adopción de esta práctica, puesto que cuanto mayor sea su utilidad en la propiedad, mayores serán sus beneficios potenciales. (Ver Cuadro 10).

Funciones del abono verde:

- Protege la capa superficial del suelo contra las lluvias de alta intensidad, el sol y el viento
- Mantiene elevadas tasas de infiltración de agua por el efecto combinado del sistema radicular y de la cobertura vegetal. Las raíces después de su descomposición, dejan

canales en el suelo y la cobertura evita una desagregación y sellado de la superficie y reduce la velocidad de la escorrentía

- Promueve un considerable y continuo aporte de biomasa al suelo, de manera que mantiene e incluso eleva, a lo largo de los años, el contenido de materia orgánica
- Atenúa la amplitud térmica y disminuye la evaporación del suelo, aumentando la disponibilidad de agua para los cultivos comerciales
- Por medio del sistema radicular, rompe capas duras y promueve la aireación y estructuración del suelo, induciendo la preparación biológica del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención del agua
- Promueve el reciclaje de nutrientes: el sistema radicular bien desarrollado de muchos abonos verdes, tiene la capacidad de trastocar los nutrientes que se encuentran en capas profundas hacia las capas superficiales del suelo, poniéndose a disposición de los cultivos posteriores
- Disminuye la lixiviación de nutrientes
- Promueve la adición de nitrógeno al suelo a través de la fijación biológica de las leguminosas
- Reduce la población de malezas a través del efecto supresor y/o alelopático ocasionado por el rápido crecimiento inicial de la biomasa
- Ayudan a la recuperación de los suelos degradados a través de la producción de raíces. Actúan como un arado biológico, promoviendo la aireación de la bioestructura del suelo
- El crecimiento de los abonos verdes y su descomposición activan el ciclo de muchas especies de macroorganismos y principalmente de microorganismos del suelo, cuya actividad mejora la dinámica física y química del suelo
- Presenta múltiples usos en la propiedad agrícola; algunos abonos verdes poseen elevada calidad nutritiva, pudiendo ser utilizados en la alimentación animal, humana o, hasta ser utilizados como fuente de madera y leña.

Características que deben ser observadas para seleccionar abonos verdes.

Las principales características que deben ser observadas para la selección de los abonos verdes son:

1. presentar rápido crecimiento inicial (agresividad inicial) y eficiente cobertura del suelo
2. producción de elevadas cantidades de fitomasa (materia verde y seca)
3. capacidad de reciclaje de nutrientes
4. facilidad de implantación y manejo en campo
5. presentar bajo nivel de ataque de plagas y enfermedades y no comportarse como planta hospedera
6. presentar un sistema radicular profundo y bien desarrollado
7. ser de fácil manejo para su incorporación al suelo y posterior implantación de cultivos
8. presentar potencial para uso múltiple en la granja
9. presentar tolerancia o resistencia a la sequía y/o heladas

10. presentar tolerancia a la baja fertilidad y capacidad de adaptación a suelos degradados
11. posibilidad de producción de semillas en cantidades suficientes para aumentar las áreas de cultivo
12. no comportarse como planta invasora, dificultando los cultivos sucesivos y/o la rotación
13. de preferencia que pertenezca a la familia de las leguminosas
14. especies que produzcan plantas robustas, capaces de soportar las inclemencias del tiempo
15. no ser plantas trepadoras, principalmente si fueran de ciclo perenne
16. que tenga facilidad de adaptación a los sistemas de cultivo predominantes en la región
17. que tenga buena capacidad de rebrote en casos de corte de la parte aérea
18. que tenga buena capacidad de resiembra natural.

Momento de siembra

El abono verde se puede sembrar como cultivo principal, cultivo de rotación o intercalado con el cultivo principal. Cuando se siembra solo crece sin competencia con el cultivo principal, pero se pierde el uso del terreno durante el tiempo de su crecimiento. Cuando se intercala con otro cultivo es probable que se genere competencia. Los efectos de la competencia dependen de la edad del cultivo principal en el momento de la siembra del abono verde. Por lo general, si se siembra el abono verde de cuatro a cinco semanas después del cultivo, la competencia es mínima, pero hay que asegurar el apropiado crecimiento del abono verde para aprovecharlo totalmente, debe buscarse el equilibrio entre la mínima competencia con el cultivo principal (siembra tardía) y el buen crecimiento del abono verde (siembra temprana).

Incorporación del abono verde

Por lo general, un abono verde logra su máximo contenido de nutrientes y alcanza su máximo crecimiento cuando está en floración, después de empezar a formar semillas, los nutrientes ya no son favorables para el cultivo siguiente.

Se incorpora cerca de la superficie del suelo, donde se descompone más rápidamente. Si se entierra muy profundo no se descompone bien y puede pudrirse. Es recomendable picarlo primero para que este mejor expuesto a los microorganismos del suelo, también se puede picar y dejar sobre la superficie del suelo como cubierta, en este caso, se siembra el cultivo siguiente sobre la materia orgánica del abono verde; de esta manera el abono verde se descompone lentamente y el cultivo establecido aprovecha los nutrientes por un tiempo más largo.

Cuadro 10. Principales especies usadas como abonos verdes/cobertura del suelo

Nombre científico	Nombre común
<i>Avena byzantina</i> C. Koch	Avena amarilla
<i>Avena sativa</i> L.	Avena blanca, avena común
<i>Avena strigosa</i> Schreb	Avena negra
<i>Cajanus cajan</i> L.	Gandul, guisante de Angola, frijol de árbol
<i>Canavalia ensiformis</i> L.	Canavalia, frijol de puerco
<i>Crotalaria grantiana</i>	Crotalaria
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Crotalaria, cáñamo de la India
<i>Crotalaria mucronata</i>	Cascabel, crotalaria, matraca
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Cascabel fétido, cascabelillo, maromera
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Crotalaria, guisante de cascabel
<i>Fagopyrum sagittatum</i>	Alforfón, trigo sarraceno, trigo negro
<i>Lathyrus hirsutus</i> L.	Chicharo, guija velluda
<i>Lathyrus cicera</i> L.	Chicharo, lenteja forrajera
<i>Lathyrus sativus</i> L.	Chicharo, chicharo común
<i>Lens culinaris</i> Medik	Lenteja
<i>Lolium multiflorum</i>	Raygrass, raygrass común, italiano, ballico
<i>Lupinus albus</i> L.	Altramuz, lupino, chocho
<i>Lupinus angustifolius</i> L.	Altramuz azul, lupino azul
<i>Lupinus luteus</i> L.	Altramuz amarillo
<i>Melilotus albus</i> Medik	Trébol dulce, trébol blanco, meliloto
<i>Melilotus officinalis</i> (L.)	Meliloto, trébol de olor, trébol de olor amarillo
<i>Melilotus indicus</i> All.	Trébol de olor, alfalfilla, trevillo
<i>Ornithopus sativus</i>	Serradilla
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Facelia
<i>Pisum sativum</i> L.	Arveja forrajera, arveja de campo
<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i>	Rábano forrajero, rábano oleaginoso
<i>Secale cereale</i> L.	Centeno
<i>Sesbania cannabina</i>	Sesbania
<i>Sesbania exaltata</i>	Sesbania común
<i>Sesbania speciosa</i>	Sesbania
<i>Spergula arvensis</i> L.	Espérgola, pegapinto, esparcilla
<i>Mucuna aterrima</i>	Mucura negra, frijol velludo
<i>Mucuna pruriens</i> L.	Mucura rayada, frijol aterciopelado
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	Trébol francés, trébol encarnado
<i>Trifolium subterraneum</i> L.	Trébol subterráneo
<i>Trigonella foenum graecum</i> L.	Heno griego, fenogreco
<i>Vicia angustifolia</i> L.	Arvejilla, veza de hoja angosta
<i>Vicia articulata</i> Horn	Arvejilla parda, garrubia
<i>Vicia bengalensis</i> L.	Veza arvejilla
<i>Vicia ervilia</i> L. Willd	Arvejilla amarga, yeros
<i>Vicia faba</i> L.	Haba común, haba, frijol de caballo
<i>Vicia hirsuta</i> L.	Arvejilla hirsuta

Vicia pannonica Crantz	Arvejilla húngara
Vicia sativa L.	Arvejilla común, veza común
Vicia villosa Roth	Arvejilla peluda, arvejilla de las arenas
Vigna sinensis L.	Caupí, frijol de vaca, frijol chino

Fuente: IIAT, 2000.

El abono verde más apropiado puede ser una mezcla de especies, dependiendo de las necesidades de cada suelo, sistema de cultivo, familia del cultivo y los animales. Por ejemplo, una combinación entre una leguminosa que fije el nitrógeno y una gramínea que produzca bastante materia orgánica, pueden mejorar el suelo y proporcionar forraje para los animales. Asimismo, dos especies con diferentes tipos de raíces controlan mejor la erosión. (IIAT, 2000).

4.1.2.1.3. Fertilización orgánica.

Como se desea prescindir de insumos externos en la mayoría de las actividades de la granja, la fertilización del suelo no será la excepción. Salvo en circunstancias especiales, el uso de fertilizantes inorgánicos quedará excluido. En cambio se utilizarán los abonos orgánicos que pueden mejorar la estructura del suelo y su contenido en materia orgánica, para aumentar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos.

En la agricultura se han usado innumerables sustancias como abonos, prácticamente todos los materiales biodegradables se podrían incorporar a esa lista. Sin embargo, los residuos de cultivos y el estiércol animal son, con gran frecuencia, los abonos que más se usan. Se menciona a continuación una lista con las sustancias que se pueden utilizar como abonos orgánicos.

- 1). Residuos de cultivos
- 2). Abonos verdes
- 3). Estiércol animal (sólido y líquido)
- 4). Residuos sólidos urbanos (papeles, restos de alimentos, residuos de corral)
- 5). Productos del mar (algas marinas, emulsión de peces, quitina de cangrejos)
- 6). Subproductos de fabricación (residuos de alimentos, tortas para el ganado)
- 7). Subproductos de animales (harina de huesos, sangre)
- 8). Celulosa (astillas de madera, aserrín, papel)
- 9). Cenizas
- 10). Musgo de turba
- 11). Compost
- 12). Lombricompost
- 13). Abono de letrinas secas

El abono orgánico en el manejo ecológico de suelos proporciona las siguientes ventajas:

- Suministro de nutrientes esenciales (micro y macro elementos) para el desarrollo de las plantas. Dichos nutrientes provienen de los procesos de descomposición de residuos orgánicos de procedencia animal y vegetal
- Fuente de alimento para la población de organismos del suelo
- Aumenta la retención de humedad en el suelo y los movimientos del agua y del aire
- Mejora la bioestructura del suelo y con ello el crecimiento de las raíces (Nuñez, 2000).

Tipos de abonos que serán utilizados en la granja.

Orgánicos o compost. Los abonos orgánicos o compost se obtienen por la descomposición controlada y cíclica de residuos o desperdicios vegetales y animales. El resultado de esa mezcla descompuesta se llama humus, es el constituyente más importante del suelo para el crecimiento de las plantas. En la relación suelo-planta este tipo de abonos proporciona las siguientes ventajas:

- favorece el desarrollo y las actividades de las poblaciones de microorganismos en el suelo
- aumenta la desintegración de compuestos o sustancias en el suelo, efectuada por los microorganismos durante el proceso de transformación en minerales solubles, capaces de ser absorbidos por la planta
- mejora la bioestructura del suelo
- aumenta la capacidad de infiltración del agua reteniendo la humedad del suelo
- contribuye a que las plantas sean fuertes y toleren bien el ataque de plagas y enfermedades

Lombricompost. El lombricompostaje o crianza de lombrices es una ecotecnología sencilla viable y productiva para la producción intensiva de abono orgánico. Por la calidad del producto que genera, puede hablarse del abono orgánico de mejor presentación, calidad y cotización en el mercado.

En el módulo de ciclaje se mencionarán más a fondo los métodos y técnicas de producción de estas dos ecotecnologías.

Estiércoles. Los estiércoles y orines son las excretas animales que después de un proceso de descomposición colaboran en la formación del humus y proporcionan nutrientes a las plantas. La calidad dependerá del tipo de animal, su alimentación y el manejo de las excretas.

Recomendaciones para el uso de estiércoles:

- 1). Debe protegerse del sol y la lluvia
- 2). Se deben colocar en suelo duro o envase para evitar el escurrimiento de los orines
- 3). No utilizar estiércoles contaminados con agrotóxicos

4). Se pueden hacer pilas con estiércoles compactados dejando que con el aire se estimule en ellas el crecimiento de la población de bacterias y la oxidación. Se deben dejar de 3 a 5 semanas a temperatura ambiente. Las pilas de estiércoles pueden llegar a alcanzar temperaturas entre 50 y 60°C.

5). Al mezclar 20 a 25% de estiércoles y un 80 a 85% de orines, se obtiene un líquido rico en nitrógeno, el cual sirve como abono foliar en casi todos los cultivos, preferiblemente en la época de crecimiento.

6). La aplicación del estiércol es variada, se puede incorporar al momento del arado, en bandas por los surcos, por golpes entre plantas. Es recomendable hacerlo así para que no quemé las plantas y especialmente las semillas en germinación.

Abonos líquidos.

Se pueden hacer abonos orgánicos en forma líquida, por ejemplo la orina y el purín de los biodigestores. La orina es un recurso que todos tenemos y que muchas veces se pierde, tiene un alto contenido de potasio y nitrógeno, de este último en cantidades que van del 15 al 18% por peso. Cada persona produce un promedio de 1.5 litros de orina diarios. En un mes una sola persona produce la misma cantidad de nitrógeno que un saco que contiene triple quince. Más adelante en el módulo ciclaje se mencionará como colectarla.

En cuanto a los animales domésticos, solamente hay que buscar la manera de aprovecharlo. Esto puede hacerse manteniendo a los animales en un corral cubierto y con piso de cemento, el piso debe tener una pendiente de 2% o más, en su parte alta y en sus lados el piso debe tener un tope o pared para que la orina no salga más que por la parte baja. La orilla situada más abajo debe tener un pequeño canal por donde circule la orina hacia un recipiente donde se almacene; de esta forma se aprovecha mejor el estiércol.

La dilución de la orina puede ser: por cada 3 litros de orina agregar 15 litros de agua. Se pueden también mezclar con algunas especies de hierbas, y que pueden servir también para controlar plagas y enfermedades.

Estiércol líquido.

Es una preparación que convierte al estiércol sólido en abono líquido. Durante este proceso, esos desechos sueltan sus nutrimentos en el agua. La forma de preparación es fácil. La mitad de un costal se llena con cualquier tipo de estiércol, se coloca un objeto pesado (para que se hunda el costal) y se ata muy bien, posteriormente se sumerge en un recipiente que contenga 200 litros de agua, se tapa y se deja así durante dos semanas.

Cuando se tiene listo se riega sobre los cultivos, este tipo de fertilización es como una pequeña aplicación de urea. En la etapa de crecimiento de las plantas es necesario hacer varias aplicaciones, debe tenerse cuidado cuando se aplica el abono líquido, si es muy fuerte, las plantas son muy pequeñas y si el suelo está muy seco puede quemar el cultivo, para prevenir esto puede diluirse una parte de abono por una de agua, es decir la mitad de cada líquido. Se recomienda hacer una pequeña prueba con pocas plantas y después con el resto. (Caballero y Montes, 1997).

4.1.2.1.4. Labranza.

La labranza es una parte del sistema de producción de cultivos, su realización ejerce influencia determinante en las características físicas del suelo (especialmente aquellas relacionadas con el flujo de gases y agua), el rendimiento y en la rentabilidad del sistema agrícola en general. La labranza se refiere a cualquier manipulación mecánica del suelo que altere la estructura o resistencia del mismo con el propósito de mantener el suelo en condiciones óptimas para la germinación y desarrollo de las plantas Figueroa, (1982), citado por Nuñez, (2000).

Tradicionalmente la labranza se ha realizado por dos razones: 1) remover las malezas, y 2) proporcionar un medio óptimo para la germinación de la semilla y el crecimiento y desarrollo de la planta, en el cual las raíces obtengan los nutrientes, agua y aire necesarios para su desarrollo. Sin embargo, el laboreo excesivo de los suelos que se lleva a cabo en la agricultura convencional es nocivo para algunas de sus propiedades; puede provocar la destrucción paulatina de la estructura del suelo, por una oxidación acelerada de la materia orgánica del suelo y por la destrucción mecánica de los agregados, alterando los procesos de compactación y movimiento de agua, solutos y gases en el suelo, así como aumentar la susceptibilidad del suelo al efecto de los agentes erosivos.

Labranza ecológica.

En la labranza ecológica los microorganismos del suelo juegan un papel muy importante en relación con esta actividad, las propiedades físico-químicas del suelo, su fertilidad o el llamado suelo bueno dependerán de la actividad biológica del mismo. Por ejemplo, la actividad de las lombrices y bacterias, su capacidad de respirar y cumplir sus ciclos ecológicos, la interacción con los nutrientes y las raíces de las plantas, todos estos aspectos, por mencionar algunos, tienen un papel fundamental en la biología del suelo. Por tanto, las actividades que ahí se encierran y las condiciones de vida adecuadas para reproducirse y completar los diversos ciclos de vida, constituyen algunos de los aspectos fundamentales que se deben lograr para cumplir con los ciclos ecológicos del suelo.

Al contrario de lo exigido por la agricultura intensiva convencional, el manejo ecológico del suelo requiere de una labranza más cuidadosa. Por tanto, es necesario escoger técnicas apropiadas para mantener el suelo y sus ciclos ecológicos con niveles bajos de disturbios.

Kolsman y Vásquez, 1996 citados por Nuñez, 2000, consideran que para mantener los procesos bioestructurales del suelo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos en las prácticas de labranza:

- baja presión sobre el suelo
- corta duración
- Activación del edafón (comprende a la totalidad de los organismos del suelo, tanto la flora como la fauna en sus formas macro y micro, contribuye a solubilizar y mineralizar las fuentes nutritivas, así como a mejorar la estructura del suelo) y de

las propiedades físicas y químicas del suelo con el fin de favorecer la germinación y desarrollo de las plantas

Los mismos autores enfatizan que no existe una receta única para la labranza apropiada; ésta debe estar en relación con las condiciones agroecológicas y la diversidad de los ecosistemas, en función del suelo y sus propiedades. Por tanto, recomiendan partir de los siguientes principios:

- Invertir la capa superficial del suelo con una mínima alteración o mezcla de los diferentes horizontes. Cuanto más pesado sea un suelo más superficial debe ser su remoción; su mejor estructura debe lograrse combinando la actividad biológica y la labranza
- Evitar el exceso de labranza en suelos pesados
- Tratar de utilizar implementos que no causen efectos nocivos de importancia en la actividad biológica del suelo
- En periodos de desarrollo vegetativo, las labranzas se deben limitar a la superficie
- Evitar las labranzas en suelos secos, duros e impermeables (pegajosos) en estado de humedad, operar en estas condiciones ocasionaría gran consumo de fuerza y energía, además de daños en la estructura del suelo
- Para las operaciones de labranza en suelos pesados y compactados es preferible poner a punto el terreno
- Debe prepararse el suelo de la manera más rápida posible, para que la actividad del edafón se perturbe mínimamente
- Las coberturas vivas o mulch en el suelo, protegen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (amortiguan la precipitación, evitan su lavado y lo protegen contra la insolación)
- Una labranza para aflojar el suelo y más aún si es profunda, sólo es efectiva cuando las raíces del cultivo que se instalará, pueden cumplir la función de soporte bioestructural lo más pronto posible.

Alternativas para la labranza reducida.

- Después de la cosecha del cultivo una práctica muy común entre los campesinos es la de dejar los residuos en el mismo terreno para su descomposición. Esto permite que se de un significativo reciclaje de nutrientes.
- Al inicio de la temporada de siembra, los residuos se cortan incorporándolos
- Se hacen surcos entre cinco y diez metros entre si y se incorporan hierbas, rastrojos cortados o compost. En los surcos se pueden agregar semillas para la cosecha.
- Incorporar humus al suelo
- El sistema de no labranza en suelo se prepara al mínimo solo para enterrar la semilla, los residuos vegetales no se incorporan y quedan sobre la superficie como un mantillo que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia, se mantiene la estructura natural del suelo para el mantenimiento del cultivo; se mantiene el espacio poroso y su continuidad. (Nuñez, 2000).

4.1.2.1.5. Policultivos.

Hernández, Santos y Casanova (1998), citados por Powers y McSorley, (2001), definieron como cultivos múltiples o policultivos, a la producción de dos o más cultivos en la misma superficie durante el mismo año, como una forma de intensificar la producción agrícola con un uso más eficiente de los factores de crecimiento, del espacio y del tiempo disponible, que se puede lograr ya sea sembrando especies consecutivamente o en asociación.

Los sistemas de cultivos múltiples (policultivos) propician una diversidad que el sistema necesita para su estabilidad. Plantar diferentes tipos de cultivos en un mismo campo facilita la existencia de hábitats diversos para los enemigos naturales de las plagas de esos cultivos, permite una mejor explotación de los nichos y hace posible que el agricultor establezca una sucesión ecológica del campo en lugar de estar "luchando" con él. El sistema de cultivos múltiples le proporciona además, una especie de "seguro", de forma que si un cultivo fracasará a causa de problemas ambientales, siempre quedarían otros que le ayudasen a salir adelante. El diversificar, como ya se ha mencionado a lo largo de este trabajo, asegura al pequeño agricultor una cosecha suficiente con la que pueden alimentarse él y su familia, aparte de que se pueden generar excedentes para la venta. (Fig. 60).

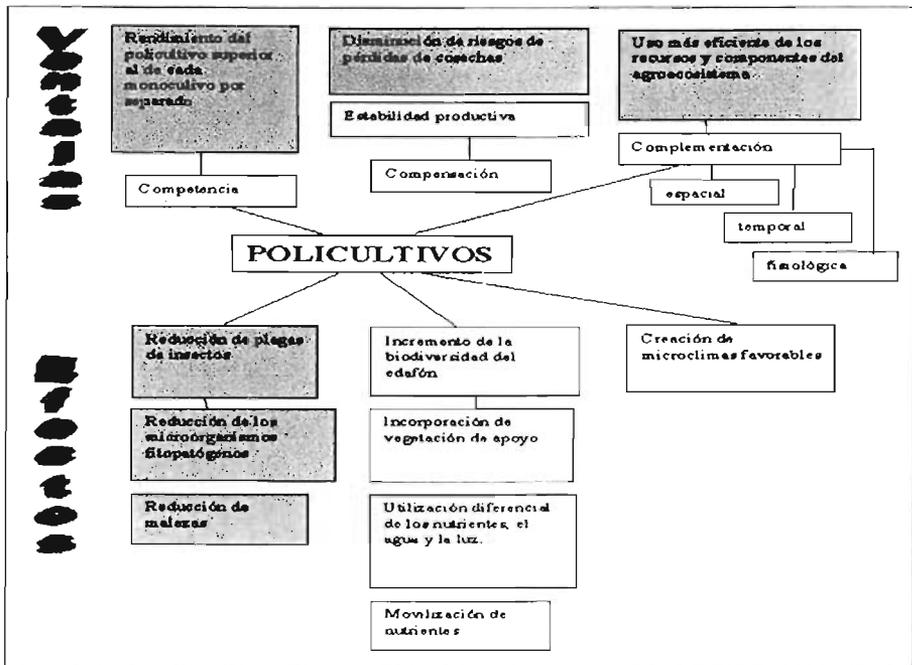


Figura 60. Uso de policultivos: beneficios, efectos y vías de utilización

4.1.2.1.5.1. Tipos de sistemas de cultivos múltiples

Intercalado de cultivos. La definición básica de cultivo intercalar es la plantación de dos o más cultivos a la vez en un mismo terreno. Existen varios tipos de estos sistemas de plantación, los cultivos pueden plantarse tanto de forma mezclada (no en filas), como en hileras o fajas.

Una de las más notables ventajas del cultivo intercalar sobre el monocultivo es que intercalando los cultivos adecuados unos con otros, casi siempre se incrementa la cosecha por hectárea, debido a que disminuye la competencia, ya que la competencia entre plantas es más dura cuanto más similares son sus necesidades de recursos. La competencia intraespecífica (entre dos plantas de la misma especie) es casi siempre mayor que la interespecífica (entre dos plantas de diferentes especies). Por lo tanto, el cultivo intercalar generalmente disminuye la interacción competitiva entre las plantas de un campo. Esto se comprueba especialmente bien cuando dos plantas ocupan dos nichos radicalmente diferentes, el incremento de la cosecha es significativamente importante cuando las granjas son pequeñas y su superficie útil está supeditada al trabajo exclusivamente humano y animal que se puede conseguir.

Debido a que cada planta ocupa nichos diferentes, el cultivo intercalar permite utilizar con bastante eficacia los recursos disponibles. Si los cultivos que crecen juntos difieren en la forma en que aprovechan los recursos, podrán entonces complementarse mutuamente y explotar esos recursos, mejor que por separado. Dos plantas que aprovechan los recursos de forma completamente distinta, generalmente suelen ser bastante compatibles en un cultivo intercalar. Las combinaciones de plantas perennes y anuales son particularmente eficaces ya que los minerales perdidos por las anuales son, normalmente, absorbidos por las perennes y continúan, por tanto, en el sistema, sin que se produzcan pérdidas por lixiviación y erosión. (Louise, 1999).

Combinaciones que se pueden utilizar en los cultivos intercalares.

- Plantas C3 y C4 que difieran en sus rutas fotosintéticas. Para conseguir un cultivo intercalar eficaz deberían colocarse plantas C4 a plena luz del sol, conformando la mayor parte del follaje mixto de las hojas, y plantas C3 bajo las copas de las C4, en zona sombreada. Ambas plantas realizarán sus procesos de fotosíntesis a la máxima velocidad y la mayor parte de la luz solar que llegue al campo será absorbida y convertida en componentes orgánicos.
- Las hojas con modelos distintos de crecimiento y diferente tiempo de maduración pueden interceptar más cantidad de luz solar durante la estación de crecimiento. Esto evitará que la luz del sol caliente más de lo debido la tierra, por lo que se perderá menos agua por evaporación, lo que significará más cantidad disponible para ser absorbida por las plantas.
- Las plantas con sistemas de raíces complementarios pueden explotar un mayor volumen de suelo y tener más acceso a nutrientes. Por esta razón, intercalando plantas que tengan un sistema de raíces profundo con otras que lo tengan

superficial, se aprovechará mejor la humedad disponible en el suelo para la producción de biomasa vegetal

- Las leguminosas que emplean N_2 como fuente de nitrógeno pueden intercalarse con cultivos que no sean leguminosas y que usen NO_3 ; para poder conseguir así, maximizar la asimilación de nitrógeno.

Este sistema cuenta con varias ventajas entre las que destaca el aprovechamiento más eficaz de los recursos del lugar, minimizar la erosión del suelo debido a que aportan una buena cobertura del mismo, el mantenimiento de la diversidad genética, el soporte físico para otros cultivos, para el control de malezas; una combinación adecuada de cultivos puede llegar a interceptar el 90% de la luz solar. Estos cultivos, además, pueden tener ventajas socioeconómicas, como la mejora de las oportunidades de comercialización. (Powers y Mcsorley, 2001).

4.1.2.1.5.2. Sistemas agroforestales.

Es un sistema específico de asociación de cultivos, en el que el cultivo de árboles se combina con labores que se realizan con otros árboles, con ganado y con plantas anuales y perennes. Los árboles del sistema protegen a los cultivos más pequeños y tolerantes a la sombra, mientras se estabiliza la temperatura del suelo, lentificando la descomposición de la materia orgánica y facilitando nutrimentos a los cultivos asociados a través de los residuos de las hojas.

Ventajas de los sistemas agroforestales:

Los cultivos se pueden beneficiar de los árboles en la práctica agroforestal debido a:

1. Adición de nutrimentos

- Fijación biológica del nitrógeno. Los microorganismos (bacterias u hongos) en los nódulos de la raíz de los árboles fijan el nitrógeno que los cultivos pueden usar
- Abono verde. La hojarasca del árbol o podas incorporadas proporcionan nutrientes y materia orgánica al suelo

2. Conservación del agua.

- Materia orgánica. La materia orgánica que los árboles agregan al suelo (hojarasca, raíces) aumenta la habilidad del suelo para absorber y retener agua
- Rompevientos. Entre y durante las temporadas de cultivo, los árboles actúan como rompevientos y por lo tanto reducen la tasa de evaporación causada por vientos elevados y secos.
- Sombra. Las copas de los árboles, al proporcionar sombra al suelo, pueden reducir las pérdidas de evaporación entre las temporadas de cultivo.
- Descomposición de la raíz. La poda periódica de los árboles en los sistemas agroforestales provoca que una porción de sus raíces muera. A través de la descomposición agregan materia orgánica al suelo.

3. Conservación del suelo.

- Las perennes leñosas plantadas en setos a lo largo de los contornos actúan como una estructura física y reducen así la erosión del suelo y el escurrimiento del agua.
- La hojarasca sobre la superficie del suelo, así como también la protección por la copa del árbol, disminuye la fuerza con la cual las gotas de lluvia golpean al suelo. Esto da por resultado cantidades más grandes de infiltración de agua y disminuye la erosión del suelo por corrientes de agua.
- La barrera rompevientos proporcionada por los árboles reduce la velocidad del viento a través del campo de cultivo, reduciendo así la cantidad de suelo erosionado por el viento. (Fig.61).

4. control de malezas.

- Ya que se permite que las copas de los árboles crezcan entre las temporadas de cultivo, la sombra de las mismas suprimen el crecimiento de las malezas.
- La ausencia de barbecho en los sistemas agroforestales previene el incremento de la población de malezas. Los setos de los árboles actúan como barrera en contra de la diseminación de las semillas de malezas.

Los animales se benefician de los sistemas agroforestales.

Muchas especies de árboles agroforestales proveen un forraje nutritivo, rico en proteína para el ganado, además de un ambiente favorable como la sombra. Los agricultores a pequeña escala, en particular, pueden usar el follaje y las vainas para incrementar la producción de sus animales. Durante los periodos secos, cuando escasea el alimento para el ganado, los árboles continúan produciendo forraje y el agricultor puede tener animales sanos proporcionándoles forraje de las especies agroforestales durante todo el año. Esto puede lograrse ya sea por el método de "corte y acarreo" del forraje o permitiendo que el ganado ramonee en los árboles. Las malezas y los árboles silvestres son controlados por el ramoneo, y el estiércol del ganado ayuda a incrementar la fertilidad del suelo. (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

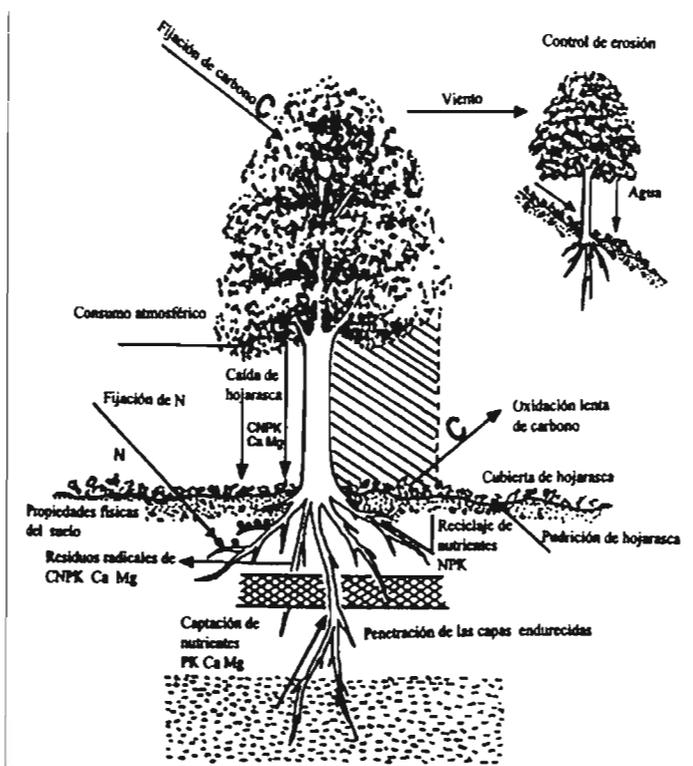


Figura 61. Representación esquemática de los procesos por los cuales los árboles pueden mejorar los suelos Young, (1997), citado por Krishnamurthy y Ávila, (1999)

Al reforestar con este tipo de sistemas, se dota al predio de una estabilidad real, al facilitársele una estructura permanente y compacta para los cultivos. Sucesivamente, toda esta nueva vegetación aminorará los movimientos del agua y del viento a través del sistema, moderará las temperaturas extremas, reducirá la erosión del suelo e incrementará su fertilidad; propiciará la diversidad de insectos, ya que los árboles servirán de reservas permanentes para los depredadores y parásitos. Se compartirán los recursos más eficazmente ya que la luz, la humedad y los nutrimentos se distribuirán tanto horizontal como verticalmente en el sistema.

Desventajas:

Pese a todas las ventajas anteriormente señaladas de los sistemas agroforestales, también existen problemas asociados a ellos:

- Los árboles pueden necesitar bastante tiempo antes de que alcancen su nivel óptimo de producción

- La rentabilidad de la inversión en ellos tiene que plantearse a largo plazo
- Puede resultar difícil para el agricultor, más preocupado por alimentar a su familia en el presente que por sacar beneficios en el futuro.

Árboles y arbustos de usos múltiples.

La presencia de árboles como uno de los componentes de la producción es una característica esencial y definitiva de los sistemas agroforestales, en la selección de éstos se debe tomar en cuenta la combinación de dos o más funciones que se puedan aprovechar de él, o sea árboles que por lo menos tengan dos propósitos, por ejemplo: la producción maderera o para combustible, fertilidad del suelo o forraje. En el Cuadro 11, se mencionan algunas de las especies que pueden ser utilizadas para tal fin.

Características deseables del árbol ideotipo para cultivos en callejones:

- Copa amplia, pero que permita la infiltración de luz solar
- Facilidad para emitir brotes después de cada poda
- Capacidad para producir postes, alimento, forraje, medicina u otros
- Producción abundante de hojarasca
- Arquitectura radical profunda verticalmente (de raíz pivotante) y escasa lateralmente
- Que fije nitrógeno atmosférico.

Cuadro 11. Especies de árboles consideradas de usos múltiples

1. <i>Acacia auriculiformis</i>
2. <i>Acacia mangium</i>
3. <i>Acacia mearnsii</i>
4. <i>Albizia falcata</i>
5. <i>Alchornea cordifolia</i>
6. <i>Agnus spp.</i>
7. <i>Calliandra calothyrsus</i>
8. <i>Casuarina equisetifolia</i>
9. <i>Cordia alliodora</i>
10. <i>Dalbergia latifolia</i>
11. <i>Erythrina spp.</i>
12. <i>Faidherbia albida</i>
13. <i>Gmelina arborea</i>
14. <i>Gliricidia sepium</i>
15. <i>Grevillea robusta</i>
16. <i>Inga jinicuil</i>
17. <i>Leucaena leucocephala</i>
18. <i>Sesbiana rostrata</i>

Fuente: Krishnamurthy y Ávila, 1999.

El uso de sistemas agroforestales permite una integración con plantas anuales o perennes, o con animales, o cualquier combinación de éstos. Dependiendo de las necesidades del agricultor o de la región, se puede gestionar el sistema para que cumpla una función determinada.

En el manejo de los sistemas de cultivos múltiples se pueden utilizar los siguientes sistemas:

Cultivo de relevo.

El cultivo de relevo es una forma de asociación en la que se planta un segundo cultivo durante el ciclo de vida del primero. Se trata de plantar un cultivo entre plantas o hileras de otro ya establecido, durante la etapa de crecimiento de éste.

Las ventajas de esta modalidad son similares a las de la asociación de cultivos, aunque éste tiene la ventaja añadida de que reduce al mínimo la competencia entre plantas, debido a que las principales demandas de recursos se producen, a menudo, en momentos diferentes. En este sistema, un cultivo se suele usar como soporte físico (tutor) para el cultivo plantado posteriormente.

Cultivos secuenciales. Siembra de dos o más cultivos en secuencia en la misma superficie y durante el mismo año. El cultivo que sigue se siembra después de la cosecha del cultivo anterior. Estos pueden ser, de acuerdo a la cantidad de cultivos por año en secuencia: cultivos dobles, triples, cuádruples, etc.

Cultivos intercalados.

Es la siembra de dos o más cultivos en un mismo campo, siguiendo surcos independientes pero vecinos.

Cultivos en franjas.

Consiste en la siembra de dos o más cultivos en un mismo campo alternando en franjas

Cultivos mixtos.

Cuando se siembran dos o más cultivos en el mismo campo sin organización de franjas o surcos.

Asociación intensiva

Cuando se combinan dos o más cultivos que se intercalan desde la siembra y se utilizan además cultivos de relevo. (Powers y McSorley, 2001).

4.1.2.1.6. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la renovación regular de los cultivos en el tiempo en el mismo terreno. Se trata de ocupar la tierra con cultivos diferentes que se van sucediendo en el tiempo con la finalidad de mantener: la fertilidad del suelo, los niveles de materia orgánica y la bioestructura del mismo, la diversificación de la producción a lo largo del tiempo, controlar plagas y enfermedades rompiendo sus ciclos de vida, así como de malezas. Además de estas ventajas ecológicas, la rotación amplía la base económica y social de la explotación en la que se implanta, ya que puede mantener la mano de obra durante todo el año y posibilita la producción intensiva de cultivos de alto valor. (Lampkin, 1998).

El beneficio de esta práctica depende de la selección de los cultivos que van a rotarse y de la secuencia que se siga en su siembra. Una buena rotación siempre debe incluir leguminosas y áreas de pastos por un tiempo más o menos largo, según la susceptibilidad del terreno a la erosión. Este principio resalta la importancia de la combinación de la agricultura y la ganadería en el equilibrio de las unidades productivas.

Las reglas básicas que se tienen que seguir para el diseño de una rotación son las siguientes:

- Los cultivos con raíces profundas habrían de seguir a cultivos con raíces superficiales, ayudando así a mantener abierta la estructura del suelo y facilitando el drenaje.
- Rotar y asociar entre cultivos con mucha y poca biomasa radicular (un contenido alto de biomasa radicular proporciona a los organismos del suelo, y en particular a las raíces, gran cantidad de material donde desarrollarse).
- Rotar y asociar cultivos que cubran el suelo lo más posible en el espacio y el tiempo
- Rotar y asociar cultivos que permitan un máximo aprovechamiento de la luz por el área foliar mediante la optimización del uso del espacio del suelo y el aire.
- Generar la máxima cantidad posible de biomasa resultante de la rotación
- Cambio secuencial y combinatorio de cultivos fijadores de nitrógeno y extractores de nitrógeno (lo ideal sería poder conseguir todas las necesidades de nitrógeno de la granja dentro del sistema).
- Cambio secuencial y combinatorio de cultivos aportadores y esquilmanes.
- Es necesario que los cultivos de una rotación tengan exigencias nutricionales diferentes, pero los mismos requerimientos de pH, así se puede garantizar un buen balance nutricional y mejores rendimientos.
- Los cultivos que se desarrollan lentamente y que, por lo tanto, son susceptibles de verse invadidos por malezas deberían seguir a cultivos que las sofocan.
- Alternar entre cultivos de hoja y paja (importante para eliminar malezas)
- Sembrar cultivos susceptibles a determinados patógenos, después y junto aquellos que tienen un efecto represor sobre estos patógenos.
- Cuando existe el riesgo de enfermedades o plagas de origen edáfico, los cultivos potencialmente hospedadores deberían incluirse en la rotación sólo a intervalos apropiados.

- No dejar descubierto el suelo dentro de dos cultivos principales. En lo posible completar el ciclo anual con rotaciones y asociaciones (relevo) de cultivos intermedios cortos (cobertura-abono verde).
- Establecer rotaciones mínimas por ciclos de cinco años
- Observar los factores de colindancia y cuarentena vegetal
- La propia concepción del sistema de rotación-asociación de cultivos para la granja debe considerar el tamaño óptimo y la distribución de las unidades básicas de rotación (parcelas), teniendo en cuenta la planificación de la producción de la finca en cantidad y tiempo.
- El inicio de los ciclos de rotación tendrá en cuenta el diagnóstico de la situación de cada parcela básica de rotación en cuanto a las propiedades físico-químicas del suelo, situación fitosanitaria, cultivo precedente y las demandas del cultivo inicial.
- Monitoreo de la marcha del sistema en cuanto a la fertilidad del suelo y controles biológicos naturales.
- Utilizar mezclas de variedades de cultivos en la medida de lo posible
- Adecuación de cada cultivo específico al clima y suelo
- Equilibrio entre cultivos principales y forrajeros (Lampkin, 1998).

Para hacer una rotación de cultivos es imprescindible que los cultivos se beneficien mutuamente, que se mantenga el suelo cubierto, que ayude a recuperar el contenido de materia orgánica, que se conserve la bioestructura del suelo, que se reduzca la presencia de plagas, enfermedades y plantas invasoras, y que mantenga una elevada producción.

Para la producción de cultivos básicos, comerciales y de forraje que se manejarán en la granja se plantea establecer la siguiente rotación, (Cuadro 12).

Nota: los pastos forrajeros que se utilizarán en las rotaciones junto con los cultivos de cobertura serán: Alfalfa tropical (*Stylosanthes gracilis*), Merkeron (*Pennisetum merkeri*), King grass (*Saccharum sinense* Roxb), Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schum), Gigante (*Leptochloa dubia*), Caña de azúcar (*Saccharum officinale*), Morera (*Morus alba*), así como los que se encuentran ya establecidos en el pastizal: espartillo, pangola, kikuyo, zacate alemán (*Echinochloa polystachya*), e insurgente (*Brachiaria brizantha*).

Cuadro 12. Unidades básicas de rotación

<p>A maíz frijol calabaza papalo quelite</p>	<p>H Pradera (3° año) Pastos forrajeros/leguminosa Cultivos de cobertura</p>	<p>G Pradera (2° año) Pastos forrajeros/leguminosa Cultivos de cobertura</p>	<p>F Pradera(1° año) pastos forrajeros/ leguminosa cultivos de cobertura</p>
<p>B abono verde cultivo comercial</p>	<p>C haba amaranto camote</p>	<p>D alfalfa yuca chile</p>	<p>E maíz forrajero sorgo cultivo de cobertura (leguminosa)</p>

Elaboró: Emilio Ovando Mateo, 2004

El sistema de rotación descrito será de ocho años, en el cual se pretende obtener una producción constante por medio de las unidades básicas de rotación (parcelas), así como para obtener la mayor variedad posible de cosechas tanto en la producción de cultivos básicos para el autoconsumo, forraje para la alimentación del ganado, y también para obtener ingresos con la cosecha de cultivos comerciales. De esta forma, cada parcela recibe el mismo tratamiento durante el periodo rotacional de ocho años.

En cada parcela, los cultivos pueden manejarse en diferentes diseños temporales y espaciales: cultivos en hileras, cultivos mixtos, cultivos de cobertura, secuenciales, de relevo, etc., optimizando así el uso de los recursos, y para mejorar los atributos de autosustentación y conservación del terreno que posee el sistema.

4.1.2.1.7. Huerto familiar.

Es un sistema de producción a pequeña escala, reservorio vegetal aledaño a la casa habitación, cuyo establecimiento refleja un aspecto fundamental de la identidad cultural de un grupo humano en relación con la naturaleza; en él se practican actividades sociales, biológicas y agronómicas, constituyendo una unidad económica de autoconsumo a la puerta del hogar, Gispert, (1987), citado por Leff y Carabias, (1999).

Los huertos familiares tienden a ser localizados cerca de las habitaciones por seguridad, conveniencia y cuidado especial. Ocupan tierra marginal para la producción de campo y trabajo marginal para las actividades económicas de la unidad familiar. Con la presencia de especies ecológicamente adaptadas y complementarias, los huertos familiares están marcados por su bajo insumo de capital y tecnología simple.

Los huertos familiares se refieren a las prácticas de uso de la tierra que incluyen un manejo deliberado de los árboles y arbustos de usos múltiples en una combinación interactiva con cultivos y animales dentro de los compuestos de las casas individuales. El establecimiento se inicia con la búsqueda y obtención del material vegetal en el entorno silvestre, el transporte de las plantas elegidas, puede ser por bulbos, semillas, plántulas, tubérculos, raíces o esquejes, una vez en el huerto se prepara el terreno para incorporar las plantas.

Cada huerto familiar es único en sí mismo y parece ser un producto de interacciones complejas de factores múltiples. La selección de especies se determina por preferencias individuales, hábitos dietéticos, disponibilidad de recursos incluyendo el trabajo familiar, especies de valor relativo, tradición familiar y la experiencia/habilidad técnica, las condiciones ecológicas y socioeconómicas no determinan lo que se cultiva; sólo ponen límites a lo que es posible.

Al transcurrir el tiempo, la configuración del huerto se aproxima, en gran medida, a la estructura de los ecosistemas naturales limitrofes, llegando a alcanzar una alta variedad vegetal que conlleva a una compleja estratificación. Este enriquecimiento florístico se debe principalmente a dos causas: la siembra accidental y al cultivo deliberado.

La siembra accidental puede ser motivada por el desarrollo de plántulas cultivadas o silvestres, presentes en el banco de semillas del suelo; este banco se alimenta de dos fuentes distintas:

1. Por la aportación de semillas provenientes de los entornos vegetales periféricos, y
2. Por la incorporación de semillas, frutos o partes vegetales esparcidas en el huerto por diseminación del consumo familiar.

El cultivo deliberado consiste en el aporte de plantas de nueva adquisición. El primer tipo de introducción se hace al azar, lo que lleva a que la principal estructura de base de la planeación del huerto sea alterada, dando como resultado final, su constante transformación.(Fig. 62). Lo que produce evoluciona conjuntamente a su madurez: la estructura del huerto es estable, pero los elementos que lo constituyen cambian. (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

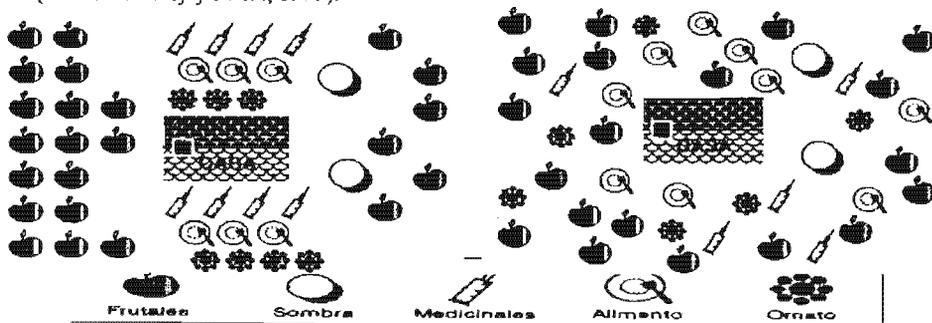


Figura 62. Diversificación de especies en los huertos familiares

Configuración vertical y horizontal.

Aunque cada huerto casero tiene su propia individualidad, hay ciertas características emergentes en el sistema de huertos familiares como un todo. Normalmente pueden encontrarse tres distintas unidades en todos los huertos familiares: patio, casa y huerta. Una de las características conspicuas es la configuración vertical en capas que resulta de la composición de especies. El número de estratos presentes en los huertos depende de tres circunstancias:

- 1) la edad del huerto
- 2) las condiciones climáticas y edáficas de la región y
- 3) de las características culturales de cada asentamiento humano.

Hay por lo menos tres capas: capa del fondo de menos de un metro de altura que consiste en cultivos, hortalizas, rastreras, condimentos, cultivos de tubérculos y plantas medicinales; una capa media de más de un metro de altura que consiste de ornamentales, cultivos alimenticios y cercos vivos y una capa superior de más de diez metros de altura que consiste de árboles frutales y árboles de usos múltiples.

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

A continuación se mencionan algunas de las ventajas como funciones adaptativas de los huertos familiares:

- Las diversas especies en los huertos familiares producen productos múltiples durante todo el año lo que contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de las familias rurales
- Producen cantidades relativamente grandes de alimento con trabajo marginal en áreas de tierra demasiado pequeña para agricultura de campo
- Ofrece nutrición de la que se carece en la producción agrícola de campo
- Provee alimento, incluyendo productos básicos, directamente en un ambiente no-agrícola, especialmente centros urbanos, por lo tanto, reduce los costos y evita los problemas de distribución
- Proporciona alimentos durante periodos de fracaso en las cosechas e interrupción de suministros de alimentos
- Provee forraje para los animales de las unidades familiares

- Satisface otras necesidades relacionadas con las unidades familiares, como ocupaciones, leña, caja de ahorros de la venta de excedentes, etc.
- Ofrece conveniencia y seguridad por la cercanía a las moradas
- El excremento de los animales, aunado a los desperdicios de los alimentos caseros más los restos vegetales de las mismas plantas del huerto, proveen abono orgánico para fertilizar el suelo
- Permite la experimentación con nuevos materiales genéticos vegetales y técnicas de cultivo antes de su implementación en la agricultura de campo
- Se reproducen y someten a procesos de domesticación diferentes plantas silvestres, tanto las de crecimiento casual como las extraídas de los ecosistemas naturales
- Aclimatación de plantas provenientes de otras zonas geográficas
- Permite la difusión de los materiales genéticos y mantiene la diversidad genética
- Garantiza a la familia un suministro seguro y regular de alimento, dinero y productos para comerciar durante todo el año. (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Tipología de huertos familiares

El sistema de huertos familiares no es homogéneo: variaciones marcadas en la composición de las especies, sus arreglos estructurales, importancia relativa de componentes de la producción, el papel o propósito del huerto casero y la magnitud del insumo nutritivo e ingreso de beneficios monetarios para la familia en cualquier área dada. Así por ejemplo los huertos familiares templados en regiones con deficiente luz solar utilizan típicamente un espacio horizontal y un cultivo dual o simple con unos cuantos árboles bien espaciados. (Fig. 63).

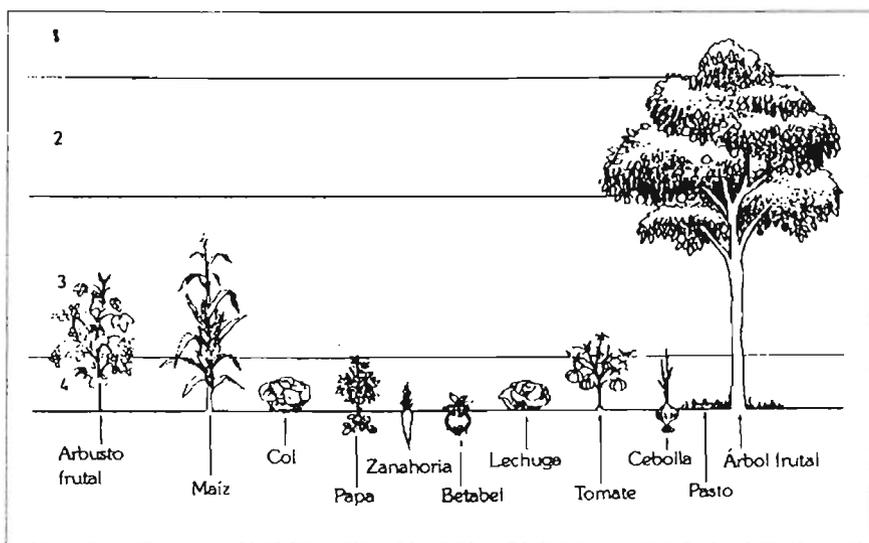


Figura 63. Composición de especies y estructura vertical de los huertos familiares en zonas templadas (Nuñez, 2000)

El huerto tropical, por el contrario, está marcado por una alta densidad de especies ordenadas en varias capas de vegetación. La utilización de capas, de hecho, es altamente funcional en los ecosistemas tropicales: previene la erosión del suelo, el lavado de nutrientes, y el cocimiento por el sol; provee relaciones simbióticas benéficas en la planta (soporte, cambio de nutrientes, control de enfermedades), y suministra una gran variedad de alimentos. (Fig. 64). (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

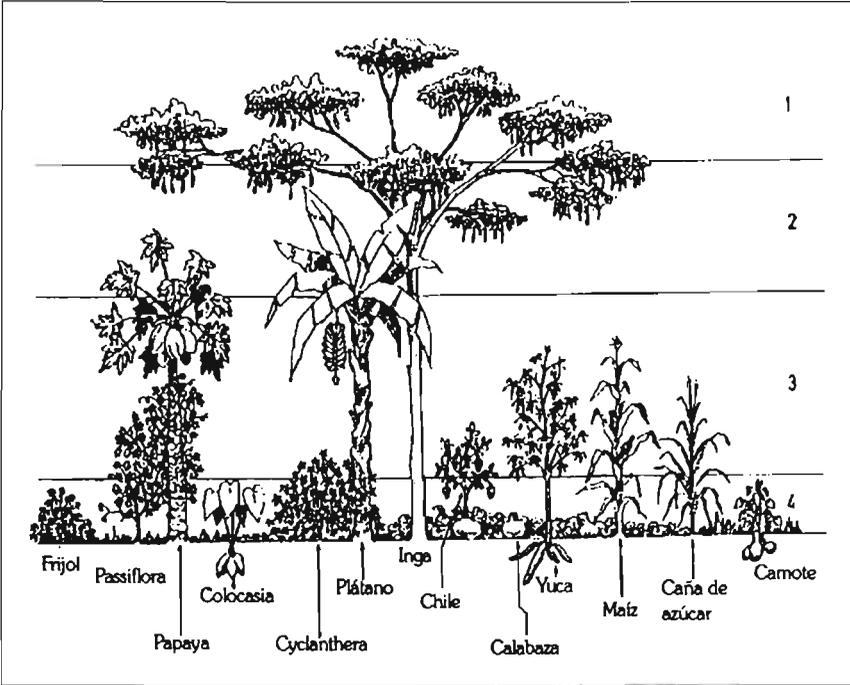


Figura 64. Composición de especies y estructura vertical de los huertos familiares en zonas tropicales (Nuñez, 2000).

Se plantea el establecimiento de un huerto familiar dentro de la granja integral como una importantísima herramienta para lograr la diversidad de especies, el uso múltiple de los recursos, y como una estrategia flexible de manejo. Dado que los huertos familiares forman un aspecto esencial de domesticación del paisaje debido a las ideas de los campesinos en todo tiempo y lugar, existe un gran potencial en ellos para contribuir a la protección ambiental, y a la seguridad alimentaria en el manejo de esta ecotecnología.

4.1.2.1.8. Huerto Hortícola Biodinámico Intensivo

La diferencia más importante entre una hortaliza de surcos y la intensiva/biodinámica radica en la preparación del suelo, en los surcos éste está aflojado y abonado hasta los 30 cm. de profundidad, cuando mucho. En cambio, la hortaliza intensiva/biodinámica tiene su suelo preparado hasta los 60 cm. de profundidad y en forma especial que sirve para fomentar la vida macrobiótica, muy importante en la formación natural de los nutrimentos necesarios para un buen desarrollo vegetativo. Debido a esta preparación del suelo, se utiliza el nombre de intensiva/biodinámica para las hortalizas. Es intensiva porque así es la plantación de los cultivos, por las cosechas abundantes que pueden lograrse a través del método; es biodinámica por la riqueza de la vida macrobiótica que existe en esas hortalizas y por el aprovechamiento de la relación dinámica entre plantas y animales para aumentar las cosechas y el control de plagas.

Se han descubierto muchas ventajas con el método intensivo/biodinámico, especialmente en lugares con suelos pobres en materia orgánica. Las características de la hortaliza biodinámica son:

- Ocupa menos de la mitad de agua para riego que una hortaliza en surcos (por Kg. de cosecha toma igual o menos agua por m²)
- Ocupa la tercera o cuarta parte de espacio que una hortaliza en surcos
- Por su plantación intensiva se forman microclimas en las camas de las hortalizas. El microclima conserva un equilibrio de temperatura y humedad que necesitan las plantas para un desarrollo rápido y sano
- Con el crecimiento continuo de la vida macrobiótica, el suelo se enriquece año tras año. En cambio, la hortaliza en surcos está sujeta a la erosión por el agua y el viento, y la desaparición de su vida macrobiótica debido al uso de agroquímicos
- Hay muchos menos problemas con plagas, enfermedades y malezas.

En la primera etapa este método requiere mucha atención, pero cuando ya esta establecida la hortaliza biointensiva/dinámica toma menos tiempo y cuidado. Permite además adelantar la plantación de la hortaliza, ya que se puede estar preparando las camas mientras que las plantas del almácigo crezcan para trasplantarlas. (Caballero y Montes, 1997).

Construcción del almácigo.

Puede hacerse el almácigo con cajas de madera, botes, cubetas viejas o sobre el suelo, cuando se hace en este último, debe prepararse especialmente con partes iguales de tierra buena del lugar, agregando arena y abono compuesto, si se carece de éste, puede sustituirse por abono de animal o por tierra de monte. Si se tiene ceniza, compost o aserrín de hueso, también debe vaciarse en el almácigo. Esta mezcla proporcionará a las plantas los nutrimentos y el drenaje necesarios para un desarrollo sano y vigoroso.

Pasos para hacer un almácigo en el suelo

- 1) aflojar el suelo hasta una profundidad de 30 cm., deshaciendo o quitando los terrones, el almácigo puede tener de uno a 1.5 m. de ancho, su largo depende de que tanto se vaya a sembrar
- 2) cernir bastante arena y abono para formar una capa de 5 cm. con cada material, para esto se utiliza tela de alambre de $\frac{1}{4}$ de pulgada
- 3) revolver muy bien el abono, la arena y los 5 cm. de la parte superior del suelo
- 4) formar una cama aplanaada con el rastrillo, colocando los terrones en la orilla, y
- 5) separar los últimos terrones, formando un borde que mida de 2 a 3 cm. (Fig. 65).

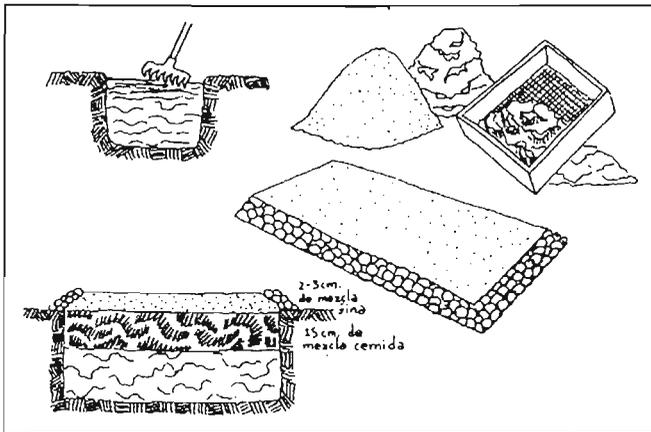


Figura 65. Pasos a seguir para la construcción del almácigo

La siembra.

Una vez preparado el almácigo, con los dedos se hacen unos pequeños surcos sobre la superficie de la tierra, los surcos deben de estar a una distancia de entre 8 y 10 cm. entre si y tener de 0.5 a 1 cm. de hondo, y sembrar a una profundidad igual a dos veces el grueso de la semilla.

Por lo regular las semillas pequeñas se siembran a 0.5 cm., y las más grandes a 1 cm. En tiempo de sequía se siembra al doble de esas profundidades, un espacio de un dedo (1.5 a 2 cm.) entre cada semilla es adecuado para casi todas las verduras que se siembran en el almácigo. Después se cubre la semilla con la misma mezcla fina del almácigo, con la mano se aprieta un poco la tierra para que no se deslave la semilla y germine más rápido. Se cubre todo el almácigo con paja, zacate o costales de lazo, esto evita que los pájaros, la lluvia o los riegos saquen la semilla de la tierra. Debe regarse muy bien el almácigo después de taparlo. Cuando no llueve, el almácigo debe regarse diariamente, nunca debe secarse, pero tampoco debe de estar lodoso; la capa de paja ayudará a conservar la

humedad. Cuando nacen las primeras plantas se quita la capa protectora, si hay mucho sol se debe de construir un techo encima del almácigo, debe dejar pasar un poco de sol.

Cuando hayan nacido las plántulas (a los 8 o 21 días) se retiran las plantas más débiles, dejando hileras de plantas sanas, cuyas hojas casi se toquen. Se quitan las plantas amarillentas, las pequeñas o las que tienen los tallos huecos o muy delgados, también las que tienen sus raíces fuera del suelo y aquellas que están demasiado cerca de otras plantas. Este proceso se repite cada ocho o quince días, hasta que tengan el tamaño necesario para el trasplante.

Preparación de la cama biodinámica intensiva.

Se intenta formar una capa de suelo apto para la producción intensiva de hortalizas, fértil, rico en materia orgánica y vida macrobiótica, que tendrá buena estructura y estará bien aflojado. Los pasos para preparar adecuadamente una cama de hortaliza intensiva/biodinámica son:

- 1) Se trazan los límites de la cama. El ancho de ésta debe ser igual a la distancia en la que dos personas puedan trabajar en los lados opuestos de la cama en la siembra, trasplante, desyerbe y cosecha sin pisar la cama, que por lo regular debe medir entre 1 y 1.5 m. de ancho, su largo puede variar.
- 2) Se afloja y desyerba la cama. El aflojado no necesita ser muy hondo, 10 o 15 cm. son suficientes, encima de esta tierra aflojada se extiende una capa de 10 cm. de abono orgánico, el mejor es el compost que uno mismo puede hacer, si se carece de ésta, puede emplearse abono animal podrido o tierra de monte.
- 3) En un extremo de la cama se abre una zanja a todo lo ancho, la cual debe medir 30 cm. de profundidad y por lo menos 30 cm. de ancho, la tierra obtenida se coloca sobre una carretilla, o bien en el otro extremo de la cama.
- 4) Este es el paso más importante en la preparación de la cama. Abajo, en la zanja recién hecha, se aflojan otros 30 cm. de tierra, pero no se saca. Si el suelo es muy duro, puede usarse un pico, pero cuando no puede escarbarse muy hondo así se deja, si el suelo de abajo está formado por barro y arena, debe agregarse una capa de 10 cm. de abono orgánico y revolverlo con tierra.

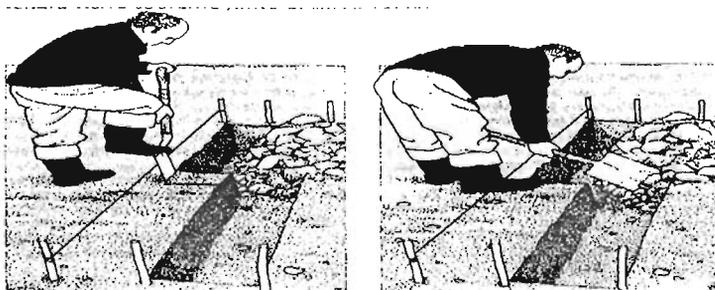


Figura 66. Preparación de la cama biodinámica intensiva

5). Una vez hecha la primera zanja y que se aflojó la tierra, se abre otra a un lado con las mismas dimensiones, la tierra obtenida se vacía en la primera. Se afloja la tierra otros 30 cm. debajo de la segunda zanja, como se hizo con la primera, revolviendo abono orgánico si es necesario. (Fig. 66).

6). Se sigue este procedimiento hasta llegar al otro extremo de la cama. En la última zanja se echa la tierra que se obtuvo de la primera. (Fig. 67)

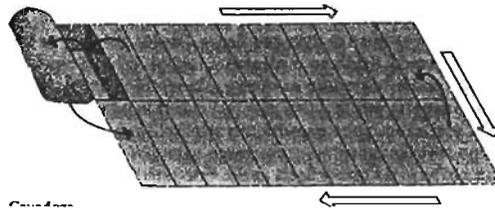


Figura 67. Forma en la que se debe ir sacando e incorporando la tierra

7). Con una pala, un azadón o un rastrillo se forma la cama, debe ser plana y redondeada con ángulos de no más de 45° en los lados.

8). A los 10 cm. superiores de la cama se hace una preparación especial, porque es la sección donde las semillas o plantas del trasplante se alimentan primero. Se extiende una capa de abono orgánico sobre la cama, el abono debe cernirse, también se vierte ceniza, aserrín de hueso, lombricompost, etc. (Seymour, 1999).

Planificación de la hortaliza.

En la planificación radica mucho el éxito o el fracaso de la hortaliza, una hortaliza bien planificada en todos sus aspectos tiene mucho más posibilidades de producir una cosecha abundante y nutritiva. Los tres aspectos generales para la planificación son: la selección del lugar, el uso del espacio y la plantación.

Para buscar el lugar debe pensarse en el espacio necesario para sembrar la hortaliza, así como en las necesidades de un buen crecimiento para las plantas. Una persona necesita una cama intensiva/biodinámica de 6 x 1.50 m. para toda la verdura que pueda consumir en un año, trabajando media hora diariamente si se siembra sólo seis meses al año. En regiones donde pueda sembrarse todo el año se necesitará de 3 x 1.50 m. por persona, y se recomienda una hortaliza de 6 x 6 m. para una familia.

Para poder satisfacer las necesidades de las plantas debe buscarse un lugar donde pegue el sol todo el día, especialmente en los meses más fríos, es preferible que algunas plantas como la lechuga, la espinaca y la acelga tengan sombra durante unas horas al día en los meses más calurosos. Si se piensa tener una hortaliza durante la sequía, se necesitará una

fuentes de riego más seguras, aquí se puede utilizar las aguas “grises” que salen de la cocina de la casa, se debe tener cuidado de no usar agua con algún tipo de producto de limpieza que pueda matar a las plantas, o también se puede hacer uso del agua de lluvia colectada para este fin.

Es más fácil modificar el suelo que una fuente de agua o la dirección del sol, entonces el suelo sólo rendirá con la elección del lugar si los otros factores son iguales. Al planificar la hortaliza, uno de los factores importantes es la cerca, si no todo el trabajo realizado será nulificado, vale la pena construir una lo más durable e impenetrable posible. Ya que se decidió donde poner la hortaliza se debe pensar como aprovechar mejor el espacio, el arreglo de las camas para que rinda más la cosecha. Se sugiere lo siguiente:

- Hacer las camas de medio metro de ancho en las orillas, pegadas a la cerca, será el lugar perfecto para plantar enredaderas (ejote, chicharo, melón, chilacayote, chayote, pepino), plantas perennes (acelga, col forrajera, hierbas aromáticas y medicinales)
- La hortaliza debe tener una vereda principal de 50 cm. de ancho, las otras deben tener no más de 35 cm. de amplitud
- Las camas deben de estar a nivel, es decir, con su largo perpendicular a la pendiente de su cerro, en laderas, estas camas deben formar terrazas miniatura, y
- Si el terreno es plano es mejor orientar las camas con su largo de norte a sur, así los dos lados reciben la misma cantidad de luz.

En la planificación de la hortaliza hay tres aspectos en los que debe pensarse en relación con las plantas: requisitos del suelo, características particulares de las plantas y el tiempo.

Los requisitos del suelo para planificar bien la hortaliza son las condiciones de pH que necesitan las plantas, se puede decidir antes de empezar la hortaliza en que parte se quiere sembrar las plantas con requisitos especiales y empezar desde el principio a crear el suelo adecuado.

Las plantas pueden dividirse en tres grupos de acuerdo con sus preferencias de pH. Una planta crecerá si el suelo está más ácido o alcalino que sus necesidades, pero dará una mejor cosecha si se puede aproximar al pH óptimo para su desarrollo. La reacción del suelo es importante para el crecimiento de las plantas por varias razones:

- 1). Su efecto sobre la disponibilidad de los nutrientes
- 2). Sobre la solubilidad de las sustancias tóxicas
- 3). Sobre los microorganismos del suelo y
- 4). El efecto directo del pH sobre las células de la raíz (lo cual afecta la absorción del agua y los nutrientes).

Se puede bajar el pH usando tierra de encino y ocote o aplicando cal o piedra caliza agrícola en la preparación de la cama. Para aumentar el pH puede mezclarse un kilogramo de ceniza por cada 9 m² de la cama, el abono compuesto siempre lleva el pH neutral donde crecen la mayoría de las plantas.

Antes de sembrar una planta se debe pensar donde deben crecer éstas en la hortaliza, se debe saber si la planta en la hortaliza es perenne o anual, si es enredadera, si crece alto, si podrá aprovechar unas horas de sombra al día y que relación tiene con otras plantas que se quieran sembrar.

Ya se mencionó que las plantas perennes o enredaderas crecerán mejor si se siembran en la orilla de las hortalizas. Entre las características físicas del desarrollo de las diferentes plantas hay otras relaciones que pueden aprovecharse para mejorar la hortaliza. Pueden sembrarse plantas de crecimiento alto con plantas que aprovechen un poco de sombra en los meses más calurosos (girasol-lechuga), asimismo, pueden sembrarse verduras de desarrollo rápido con las de desarrollo lento y cosechar dos en el mismo lugar, (ver Cuadro13) ejemplo: (rábanos-zanahorias). Al plantar dos verduras en la misma cama, debe asegurarse que cada planta tenga el espacio necesario para su desarrollo. Usando la tabla de distancias entre plantas, se observa que el huauzontle necesita 70 cm. entre planta y planta, y la lechuga necesita 20 cm., se puede sacar el promedio de las dos; esto significa que se sembrarán las plantas a 45 cm. de distancia alternando huauzontle y lechuga, unas lechugas extras pueden caber en las orillas. (Caballero y Montes, 1997).

Cuadro 13. Distancia entre plantas de algunas especies que se pueden sembrar en el huerto biodinámico intensivo

Tipo de siembra	Especie	Tiempo de germinación (días)	Tiempo de cosecha (días)	Distancia entre matas (cm.)	Distancia entre surcos (cm.)
Directa	Rábano bola	6 a 8	35 a 40	3-5	10
Directa	Rábano largo	6 a 8	90 a 100	5	15
Directa	Zanahoria	18 a 25	120	7	10
Directa	Espinacas	10 a 12	60	5	10
Directa	Cilantro	20	50 a 60	10	10
Indirecta	Calabaza	8	80 a 90	60	60
Indirecta	Lechuga	6 a 8	70 a 80	18 a 20	20
Indirecta	Acelga	8	50 a 60	25	25
Indirecta	Col	8	90	50-60	60
Indirecta	Coliflor	8	100	50-60	60
Indirecta	Brócoli	8	80	50-60	60
Indirecta	Betabel	8	120	18-20	20
Indirecta	Cebolla	15 a 20	80 a 90	5	10
Indirecta	huauzontle	8	90 a 100	70	80

Fuente: Promoción del desarrollo popular, citado por Caballero y Montes (1997).

Además de las relaciones entre las características físicas de las plantas, existe otro tipo de lazos entre ellas, que pueden aprovecharse para producir verduras más sanas y sabrosas. Por medio de los olores y las sustancias que desprenden, se puede frenar el desarrollo de malezas y para el control de plagas y enfermedades. Plantas sembradas con sus “compañeras” son más vigorosas y producen más, algunas de estas plantas que son benéficas para las hortalizas son: el ajeno, ajo, caléndula, diente de león, flor de muerto, manzanilla, mejorana, ruda, tomillo, toronjil y valeriana. En general, puede decirse que es muy valioso sembrar en la hortaliza muchas flores de varios tipos para repeler las plagas y atraer insectos benéficos.

Planear la hortaliza con tiempo ayuda a obtener cosechas durante todo el año, para hacer esta planificación se necesita saber el tiempo que tarda una planta en el almácigo y el tiempo de desarrollo entre la duración de la cosecha; así siempre pueden tenerse plántulas listas cuando una plantación termina su periodo de cosecha. Es mejor sembrar poco y tener algo de todo siempre, que sembrar mucho de una planta y no aprovecharla, también pueden preverse las plantaciones para evitar daños por las heladas o por demasiada lluvia.

Para aprovechar mejor la fertilidad del suelo, hay que llevar a cabo la rotación de las siembras, como se menciono anteriormente la rotación debe estar en función de ciertas reglas para que pueda resultar exitosa la rotación, (ver Cuadro 14). Cuando se prepara la cama perfectamente bien, pueden sembrarse plantas de requisitos altos, después se siembran las que reponen el nitrógeno que se encuentra en el abono compuesto y luego se siembran plantas de requisitos bajos para dar un descanso al suelo antes de la próxima vuelta de plantas de requisitos altos.

Cuadro 14. Asociaciones favorables y desfavorables de hortalizas

hortaliza	Asociación favorable	Asociación desfavorable
Apio	poro, col, frijol, coliflor, jitomate	
Berenjena	Frijol, cebolla, apio, zanahoria	
Calabaza	maíz	Papa
Cebolla y ajo	Remolacha, fresa, tomata, lechuga y manzanilla	Frijol
Espárrago	Tomate, perejil, jitomate, albahaca	
Espinaca	Fresas	
Fresas	Frijol, espinaca, borraja, lechuga	Col, brócoli, coliflor
Frijol de parra	Papa, zanahoria, pepino, coliflor, col, y la Mayoría de los vegetales y hierbas	Cebolla, ajo, gladiola
Frijol trepador	Maíz	Cebolla, girasol, remolacha
Haba	Maíz	
Girasol	pepino	Papa
Lechuga	Zanahoria, rábano, fresa, pepino, calabaza	
Maíz	Papa, frijol, calabaza, pepino	
Jitomate	Cebolla, lechuga, zanahoria	Papa, col, coliflor, brócoli
Papa	Frijol, maíz, col, rábano, caléndula, berenjena, habas	Calabaza, frambuesa, pepeino, jitomate, tomate, girasol

Pepino	Cebolla, frijol, maíz, rábano, girasol	Papa, col, coliflor, brócoli
Perejil	Tomate, espárrago	
Poro	Cebolla, ajo, zanahoria	
Rábano	Cebolla, frijol	
Remolacha	Papa, apio, manzanilla, cebolla, salvia	Frijol trepador
Repollo (col)	Coliflor, romero, remolacha	
Brócoli	Cebolla, perejil, espárrago, caléndula, zanahoria	
Soya	Lechuga, pepino, zanahoria	Papa, hinojo, col
Tomate	Cebolla, poro, romero	
Zanahoria	Rábano, jitomate, salvia, tomate	

Fuente: Promoción del desarrollo popular, citado por Caballero y Montes, (1997).

Trasplante.

Las plantas del almácigo están listas para trasplantarse cuando tiene 5 o 6 hojas, el jitomate, el tomate y el chile pueden esperar hasta tener 15 cm. de altura si su almácigo tiene por lo menos 20 cm. de profundidad. Es importante no dejar las plantas demasiado tiempo en el almácigo, ya que los tallos se endurecen, enchuecan y aprietan las raíces, estas condiciones frenan su desarrollo y exponen a las plantas a plagas y enfermedades.

El trasplante puede frenar o acelerar el desarrollo de las plantas según el cuidado que se tenga, debe realizarse en la tarde o cuando el día este nublado, la cama debe aflojarse bien, el suelo del almácigo y de la cama deben permanecer húmedos, es recomendable regar los lugares dos horas antes de trasplantar.

Para sacar las plantas del almácigo se utiliza una pala de mano, una cuchara, una pala derecha o la propia mano, hay que cuidar que la plántula salga con las raíces cubiertas de tierra, nunca se debe arrancar la plántula de las hojas, ya que pueden dañarse los pelos radicuales. La planta se carga tomándola por la bola de tierra que cubre las raíces, nunca por el tallo; si las raíces están enredadas se extienden un poco en todas las direcciones para que la planta aproveche el crecimiento anterior.

El hoyo donde se sembrará debe ser más profundo que el largo del suelo de las raíces del trasplante, para evitar que se doblen éstas. Para aprovechar el espacio de la cama se trasplanta a "tres bolillo" o "pata de gallo" se hacen triángulos con la plantación en las esquinas, de esta manera las plantas se colocan a la distancia adecuada y el espacio no se desperdicia. El hoyo se rellena con tierra fina y se aprieta un poco para evitar la proliferación de hongos y estimular el desarrollo de la plántula, después se rasca un cajete o bordo alrededor de la plántula para conservar la humedad.

Cosecha de semillas.

Para no comprar semillas cada año y mejorar la calidad de la verdura en la hortaliza, pueden cosecharse las mejores verduras. Desde que nacen debe observarse muy bien para

seleccionar las semillas de las plantas más sanas y fuertes, debe tenerse cuidado de no dejar florear dos plantas de la misma familia si se quiere cosechar la familia porque pueden cruzarse y producir una planta inútil. En plantas como la lechuga, espinaca, col y las acelgas, se seleccionan las plantas que brotarán al último y que produjeron las hojas más grandes y abundantes.

Con respecto a la zanahoria, el rábano y otras verduras de raíz, se eligen primero las plantas que producen una raíz grande y sana, pero sin arrancar la planta, no deben tener demasiado follaje ni brotar temprano, pueden tardar hasta un año antes de florear. Para cosechar las semillas de frutos como el jitomate, chile, calabaza y melón, se seleccionan las plantas que producen la cosecha más pronto y de plantas sanas. Hay que dejar madurar la fruta, pero cosecharla antes de que se pudra, se quita la semilla, se lava y se seca. Para el jitomate, tomate, pepino y melón, la semilla se deja en agua tres o cuatro días sin lavar hasta que fermente, luego se lavan y se dejan secar. En las plantas de col, brócoli y coliflor, se buscan las plantas de desarrollo más rápido y de cabeza grande y bien formada para guardar la semilla; en las plantas de semilla como maíz frijol y chicharo se escoge la planta que produce más rápido, las papas que se quieran para semilla son las que están libres de cicatriz y rodeadas de plantas sanas. Se guardan en un lugar fresco y seco, y con buena ventilación. (Caballero y Montes, 1997).

4.1.2.1.9. Control ecológico de plagas y enfermedades

En la sociedad moderna, el uso de plaguicidas químicos ha sido la forma dominante para el combate de plagas. Sin embargo, lejos de resolver los problemas ocasionados por las plagas, ha provocado nuevas amenazas a la salud de la población, de los cultivos y del ambiente. Si se quiere aprovechar de un modo sustentable la producción de cultivos de la granja, se debe considerar que destruir las formas de vida que no tienen utilidad manifiesta para el hombre va en contra del funcionamiento natural del sistema.

Es posible evitar que los organismos nocivos que atacan a los cultivos se vuelvan incontrolables si se integran métodos de control de plagas y enfermedades en los cultivos. Estos controles pueden darse a través de las combinaciones de prácticas culturales, de la diversificación de especies y manejo o control de las condiciones para el desarrollo de un ataque de plagas o enfermedades.

¿Por qué ocurren las plagas?

Algunas especies de insectos poseen atributos biológicos que los hacen buenos colonizadores sobre cultivos agrícolas, por ejemplo, la actividad migratoria, ya sea por el vuelo, arrastre del viento o por una combinación de ambas. Otros insectos, que sin ser necesariamente buenos buscadores del cultivo del que se alimentan, tienen características que les permiten explotar los recursos alimenticios que encuentran, son los insectos que se reproducen rápida y numerosamente. La colonización se facilita sobre todo por la capacidad de vuelo, pero también por la habilidad para percibir olores, colores y formas particulares de las plantas preferidas. Un químico particular contenido en la planta puede servir para atraer o repeler un herbívoro.

Una vez que el insecto ha encontrado un cultivo, las probabilidades de que sus poblaciones crezcan se explican por diversos factores, entre los que destacan que los insectos tienen ciclos de vida relativamente cortos y, por otro lado, la capacidad reproductora de los insectos es típicamente alta.

Una razón fundamental del por qué algunas especies de insectos se han convertido en plaga, está asociada con la práctica de la agricultura moderna, que al establecer un solo tipo de planta (monocultivo) en superficies grandes de terreno favorece tanto la colonización como la reproducción de los insectos que se pueden alimentar de ellas. Los insectos que se alimentan de la planta cultivada encuentran recursos ilimitados que se reflejan en un crecimiento de la población mucho mayor que en condiciones naturales, bajo las cuales ninguna especie predomina en el medio como en una situación agrícola. Por otra parte, los ambientes agrícolas simplificados limitan el desarrollo de las poblaciones de especies parásitas y depredadoras, pues no encuentran néctar, polen y refugio que son importantes para su sobrevivencia, así la ocurrencia de plagas está relacionada con el tipo de manejo agrícola. Trujillo, (1995), citado por Caballero y Montes, (1997).

Métodos de manejo integrado de plagas y enfermedades.

Al hacer un uso adecuado y crear las condiciones de un suelo sano para obtener una planta sana como principio para la producción agrícola, se obtendrá una planta resistente en su estructura, composición y proceso de desarrollo y crece en un agroecosistema equilibrado difícilmente podrá ser atacada por insectos plaga y enfermedades. Independientemente de ello si llegarán a presentarse problemas podrían ser atacados a través de métodos directos o indirectos; o preventivos y curativos.

Métodos indirectos (preventivos):

- Elección del lugar, revisión de las condiciones agroecológicas de producción e historia productiva del sitio
- Manejo ecológico del suelo: hacer sustentable la relación suelo-planta
- Utilización de abonos orgánicos, uso de materia prima no contaminada
- Asociación y rotación de cultivos para tratar de disminuir los ataques de plagas y de enfermedades
- Elección de cultivos para conocer y estudiar los ciclos vegetativos de los cultivos de la zona, los mejorados y los introducidos
- Sembrar hierbas y flores olorosas entre las verduras del huerto o los cultivos, éstas confunden con los olores a los insectos y los repelen.

Control cultural.

Existen prácticas agrícolas que pueden reducir las plagas, los métodos culturales de control de plagas son numerosos y empleados comúnmente por pequeños agricultores, por ejemplo, la destrucción de frutos caídos (infestados) interrumpe el ciclo biológico de la plaga; la destrucción de residuos de cosecha evita que las plagas tengan refugio durante el periodo de barbecho, la condición ideal de la agricultura sostenible es evitar la existencia de

plagas pero, este concepto asume la convivencia entre el agricultor y las especies de insectos herbívoros; la mera presencia de éstas en bajas densidades no debe justificar acciones de control. Cuando se establece un solo cultivo en un mismo sitio, las plagas se establecen ahí de manera regular, pero cuando se rotan los cultivos, los insectos no encontrarán tan fácilmente las plantas que les sirven de alimento, especialmente para los que provienen de los residuos de la cosecha anterior.

La selección de fechas de siembra puede tener un efecto importante sobre las densidades poblacionales de herbívoros, los insectos que colonizan los cultivos generalmente tienen mejores posibilidades de desarrollo poblacional cuando coinciden con un estadio particular del desarrollo del cultivo, cuando se hacen siembras extensivas en decenas de hectáreas continuas, se amplía la posibilidad de que la plaga encuentre las mejores condiciones para colonizarlas.

La diversificación de cultivos puede ser efectiva para evitar explosiones poblacionales de plagas, las combinaciones de cultivos o policultivos tienen menos problemas de plagas, las razones más consistentes para explicar esto son: en primer lugar, que un cultivo asociado con otro es más difícil de ser colonizado por las plagas, y en segundo, porque en agroecosistemas diversificados se favorece la existencia de insectos parasíticos o depredadores debido a la diversidad de flores y refugios.

Las estrategias de diversificación pueden llevarse a cabo mediante el establecimiento simultáneo de dos cultivos en el mismo terreno, o bien con la presencia de malezas (en densidades que no interfieran con el desarrollo del cultivo) dentro del campo cultivado o en los bordes. Las malezas pueden actuar ecológicamente como fuente de néctar y polen para insectos depredadores y parasíticos, así como repelentes para los nocivos. (Altieri y Nicholls, 2000).

Métodos directos Curativos

Estos métodos se utilizan cuando los cultivos se ven afectados por las plagas y las enfermedades, poniendo en riesgo el desarrollo del cultivo. Existen varios controles directos para estos problemas entre ellos se encuentran:

Control biológico: El control biológico es un proceso mediante el cual se aniquilan las plagas a través de sus enemigos naturales. Este control es una tecnología desarrollada a partir del conocimiento del modo en que se relacionan las comunidades de plantas y animales con la naturaleza. Los agentes de control biológico son verdaderos reguladores del tamaño de las poblaciones de insectos. En contraste los factores del clima no regulan el tamaño de éstas. Entre los insectos entomófagos existen los depredadores y los parasíticos, las diferencias radican en que los primeros devoran varias presas durante su periodo de vida, en cambio los segundos completan su ciclo alimentándose de un solo insecto. Los parásitos son específicos. Los insectos son buenos controladores de plagas porque tienen periodos de vida cortos, de tal manera que si una población de fitófagos empieza a crecer, los insectos entomófagos tienen tiempo suficiente para reproducirse, y una vez que aumenta su número, pueden matar más insectos nocivos, y eventualmente reducir sus poblaciones.

Existen tres métodos de control biológico aplicados en situaciones particulares:

- a) introducción y establecimiento de especies exóticas
- b) Aumento inundativo o inoculativo, y
- c) Conservación.

El primero se emplea cuando una plaga se lleva accidentalmente de un país a otro, de tal manera que se buscan a los enemigos naturales en la nación de origen y se liberan para controlar a la plaga nociva.

El aumento de insectos consiste en criar masivamente a los enemigos naturales de las plagas y liberarlos en los cultivos para que las controlen. Este es el método más conocido y el que más se presta para ser comercializado.

La conservación de los enemigos naturales consiste en la realización de prácticas agrícolas que favorezcan la presencia, abundancia o permanencia de los biocontroladores en el campo para que reduzcan las poblaciones plaga antes de que causen problemas a los cultivos. Para ello, es necesario tener conocimiento preciso de la identidad de las plagas y sus enemigos naturales en cada lugar, así como de los factores del ambiente que favorecen la abundancia y eficiencia de éstos en cada cultivo.

Algunos tipos de parásitos son los siguientes:

Bracónidos. Pequeñas avispas que parasitan a las larvas de mariposas y a los pulgones

Trichograma. Avispas de pequeño tamaño, microscópicas, que parasitan huevos de mariposas y pulgones

Eulófilos. Pequeños insectos de color metálico, parasitan larvas de moscas y barredor del tallo

Afelínidos. Avispas pequeñas de colores claros, parasitan mosca blanca y pulgones.

Pteromálidos. Avispas pequeñas de color negro o verde metálico, parasitan a la mosca de la fruta, mosca minadora.

Taquinidos. Moscas de tamaño mediano, parasitan larvas de mariposas, de escarabajos y gorgojos. Trujillo, (1995), citado por Caballero y Montes, (1997).

Control con insecticidas microbianos.

Los insectos al igual que cualquier organismo vivo están sujetos al ataque de microorganismos que alteran su morfología, fisiología, comportamiento, o bien les causan enfermedades que pueden ocasionar su muerte. Estos microorganismos entomopatógenos (asociados a insectos) son factores de control natural muy importantes. En muchas ocasiones la alta incidencia y amplia distribución en que ocurre la enfermedad en forma natural reducen las poblaciones de insectos plaga.

Los entomopatógenos se encuentran en cinco grupos: bacterias, hongos, virus, protozoarios y nematodos, los cuales son factibles de ser manejados e introducidos en sistemas agrícolas.

Los bioinsecticidas microbianos pueden ser usados en el control de plagas insectiles, sin embargo siempre hay que considerar al entomopatógeno, el insecto plaga y el cultivo (fase fenológica) donde se va a realizar la aplicación, y el momento de la aplicación. Las estrategias generales en el manejo de entomopatógenos son:

- **Introducción.** Un microorganismo exótico es introducido en un área particular y se espera que la progenie de éste se establezca en la nueva área o población del insecto plaga regulando su densidad por debajo del umbral de daño.
- **Aumento.** Mediante esta estrategia se incrementa la densidad de un patógeno nativo dentro de la población considerando que la población natural de éste es insuficiente para mantener la densidad de la plaga a niveles aceptables
- **Manejo integrado.** Estrategia que involucra el uso simultáneo o secuenciado de diferentes métodos de control en el manejo de poblaciones del insecto plaga.

Los microorganismos entomopatógenos en general se clasifican con base en sus propiedades patogénicas tales como: dosis infectiva, sitio de infección, especificidad del hospedero y modo específico de acción (virulencia). Alatorre (1998), citado por Martínez (2000).

Alternativas ecológicas en el control de enfermedades de los cultivos.

El control ecológico de enfermedades se puede definir como: cualquier forma de control que reduce la incidencia o severidad de la enfermedad, o incrementa la producción del cultivo, aun cuando no haya aparentemente un efecto significativo en la reducción de la enfermedad o inóculo, y su impacto nocivo en el ambiente sea mínimo o nulo. Zavaleta-Mejía, (1994), citados por Martínez (2000).

Para hacer un manejo de las enfermedades de los cultivos que sea ambientalmente sano y racional solo se podrá lograr primero, aceptando que el objetivo principal no debe ser el de eliminar al patógeno responsable de la enfermedad sino más bien que a pesar de su presencia se logren obtener rendimientos económicamente redituables, y segundo, entendiendo más acerca de la naturaleza de la enfermedad y de la fisiología de la planta.

El uso de variedades resistentes, fechas de siembra, la solarización y acolchado (arropamiento) del suelo mediante el uso de plásticos degradables; la rotación y asociación de cultivos, preferentemente al utilizar plantas con propiedades antagonistas, la incorporación al suelo de residuos de plantas que durante su descomposición liberan compuestos nocivos a los fitopatógenos con origen en el suelo, la incorporación al suelo de materia orgánica que favorece la actividad antagónica de la biota habitante del suelo, la aplicación de organismos antagonistas; la aplicación de cubiertas epidermales (antitranspirantes) para proteger a los cultivos de algunas enfermedades foliares; y la

fitomineraloterapia, son alternativas ecológicas cuya eficacia ha sido probada desde el punto de vista práctico y económico.

Plantas antagonistas.

En la naturaleza existe una gama muy amplia de plantas que producen una diversidad de metabolitos secundarios tóxicos, tal característica les permite a estas plantas actuar como antagonistas de patógenos bióticos y plagas. Su potencial antagonista lo podemos explotar al rotarlas y asociarlas con los cultivos o al incorporar sus residuos al suelo. Otra forma de aprovechar dicho antagonismo es mediante la preparación de extractos o infusiones a partir de sus tejidos.

Ejemplos de estas plantas son: “cempasúchil!” o “flor de muerto”, la leguminosa *Crotalaria longirostrata*, las crucíferas (Brasicáceas), col o brócoli, entre otras.

Fitomineraloterapia.

La fitomineraloterapia es la protección de plantas contra algunas enfermedades basada en el empleo de sales inorgánicas que además influyen directamente en la nutrición de las plantas, Horst, 1992 citado por Martínez, 2000 denomino a estas sales “compuestos biocompatibles” por tener baja toxicidad en mamíferos y al ambiente. Las sales que comúnmente se han utilizado para el control de enfermedades son: bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, bicarbonato de potasio y sulfato de cobre. La protección debido al uso de estos compuestos se explica por efectos tóxicos sobre las estructuras del patógeno, reducción de la susceptibilidad del hospedante y modificación del pH en la superficie de la hoja.

Entre los hongos que se han controlado con la aplicación de sales inorgánicas están: *Sclerotium rolfsii*, *penicillium digitatum*, *Colletotrichum orbiculare*, *Diplocarpon rosae*, *Phytophthora infestans* y las que inducen las cenicillas.

Cubiertas epidermales.

Se ha demostrado que las características de las superficies de las plantas pueden ser determinantes en la adherencia de las esporas, su germinación, crecimiento del tubo germinativo y penetración en el proceso infectivo de muchas enfermedades fungosas. Mediante la aspersión foliar de polímeros tales como aceites, ceras, politerpenos, alcoholes y silicones (cubiertas epidermales, originalmente utilizadas como antitranspirantes) se puede interferir en el proceso de penetración, al proteger a los órganos de la planta contra microorganismos invasores y disminuir la severidad de ciertas enfermedades.

Los polímeros, al ser asperjados sobre la superficie, forman una película o membrana continua que permite la difusión de oxígeno y bióxido de carbono pero inhibe el paso del agua, son biodegradables y pueden permanecer intactos hasta por 15 días y no son fácilmente lavados por la lluvia.

Solarización y acolchado.

La solarización es una práctica mediante la cual, al cubrir el suelo con una película de plástico transparente, la energía solar se aprovecha para incrementar en el suelo la temperatura a niveles letales para muchos fitopatógenos, insectos y malezas. En general, los efectos resultantes de la solarización son:

- Inducción de supresividad
- Debilitamiento de propágulos
- Liberación de gases
- Cambios físico-químicos del suelo
- Estimulación del crecimiento de las plantas

El arropamiento o acolchado del suelo con plástico negro protege al suelo de la erosión, conserva la humedad; protege a las plantas contra el calor o frío, mejora la germinación y establecimiento de las plántulas, mejora la sanidad del cultivo al proteger a las raíces, frutos y follaje del ataque de fitopatógenos e insectos, aumenta la temperatura del suelo, controla malezas, mejora la estructura del suelo y conserva su fertilidad. Todo esto se traduce en un incremento tanto del rendimiento como de la calidad del producto cosechado, Ramírez y Estrada, (1992), citados por Martínez, (2000).

Insecticidas ecológicos.

En México las plantas insecticidas siempre se han usado; principalmente en la agricultura de subsistencia. Su modo de uso se ha transmitido de generación en generación desde tiempos prehispánicos hasta los grupos étnicos actuales. Su práctica se está generalizando en la actualidad debido a los problemas económicos del agro y a la búsqueda de productos orgánicos, por lo que siendo un recurso del propio ecosistema del agricultor propicia la sustentabilidad de las principales actividades de control.

Entre los llamados insecticidas ecológicos destacan diversos extractos de plantas con propiedades insecticidas y fungicidas y de insectos, existen más de dos mil plantas con estas características en el mundo. Es conveniente que cada agricultor experimente con plantas locales, buscando en especial las que tienen olores fuertes y las que no sufren daño por insectos. Las plantas con estas características son las más adecuadas para preparar insecticidas.

Para experimentar con insecticidas caseros se pueden emplear partes secas de la planta: hojas, semillas, flores, frutos, raíces, corteza y tallos. Estas mismas partes pueden hervirse con agua o extraer sus propiedades insecticidas con un solvente, como el alcohol; usualmente, el jabón de pasta aumenta la eficacia del insecticida y sirve como adherente.

Modo de acción.

Los insecticidas caseros actúan de varias maneras, las más importantes son:

- Repelente. Aleja la plaga con una sustancia desagradable que contiene la planta
- Fago-repelente o efecto antialimentario. Tiene un efecto que permite a la plaga consumirlo, frenando su capacidad de comer hasta que la plaga muere de hambre
- Veneno por contacto. Para que sea efectivo debe haber contacto con la plaga
- Veneno por ingestión. Al ser consumido por la plaga tiene un efecto tóxico contra el sistema digestivo de la plaga
- Disfrazar olores. Este modo aprovecha olores fuertes y desagradables de algunas plantas para ocultar el olor del cultivo al ser atacado
- Una combinación. Es posible combinar varias plantas insecticidas para producir una preparación que tenga varios modos de acción. Rodríguez (1999), citado por Martínez (2000).

Los primeros insecticidas vegetales utilizados a nivel mundial fueron:

El piretro, (*Tanacetum cinerariaefolium*), es el insecticida vegetal más antiguo; se le conoció como “polvo de Persia” y se utilizó mucho contra piojos y mosquitos. Seis ésteres son los responsables de su actividad insecticida, siendo la piretrina I, la más tóxica.

El tabaco, (*Nicotiana tabacum*), debe su efectividad insecticida a diferentes alcaloides encontrados en las hojas, entre los que destaca la nicotina como la más tóxica, es específico para combatir pulgones y otros insectos pequeños de cuerpo blando.

El barbasco o timbó, (*Derris spp.* y *Lonchocarpus spp.*), son la fuente de diversos flavonoides insecticidas, entre los que destaca la rotenona por su mayor toxicidad. Se utilizó contra defoliadores en general y contra ectoparásitos en animales, estas sustancias activas se encuentran principalmente en las raíces y semillas.

La riania, (*R. speciosa*), es un arbusto común en Sudamérica, de la cual se extrajo la rianodina, alcaloide de estructura compleja con actividad sistémica, se utilizó mucho en E.U. contra barrenadores.

La sabadilla, (*S. officinale*), contiene varios alcaloides responsables de la toxicidad en chinches, principalmente la chinche de la calabaza, *Anasa tristi*.

Uso tradicional en México.

Las hojas de la hierba de Santa María, (*Chrysanthemum parthenium*) (Asteraceae), tienen propiedades insecticidas

El tabaquillo, (*Nicotiana glauca*), se utilizaba contra caracoles de jardín en la región de Actopan, Hidalgo.

En el centro del país, se acostumbraba intercalar plantas secas de estafiate (*Artemisia ludoviciana*) entre el maíz, en mazorca o encostalado, para evitar el daño de gorgojos y palomillas

La hierba del perro o hierba de la Puebla, (*Senecio ehrenbergianus*), se mezcla con piloncillo o azúcar y se esparce en el interior de los hormigueros para eliminar hormigas

Las raíces de (*Heliopsis longipes*), mezcladas con leche, eliminan moscas

El pericón o hierbanís, (*Tapetes lucida*), se quema para ahuyentar moscas y mosquitos
La hierba de la cucaracha o actimpatli, (*Haplophyton cimidum*), se utilizó desde principios de siglo para combatir insectos plaga en naranjo, mango y algodón, además de cucarachas, se recomendó utilizar el extracto acuoso del follaje al 3.0 % contra insectos voladores

En el Valle de México (Toluca), se utilizaba una parte de chichicamolote o sanacoche, (*Microsechium helleri*), y otra de azúcar en cinco partes de masa, con lo cual se hacía un cebo contra cucarachas. (*M helleri*) se empleó como extracto acuoso contra cochinillas de la humedad, babosas, caracoles y gallinas ciegas, principalmente en macetas y pequeños jardines

Los frutos de paraíso, piocha, canelo, paraguas chino o lila, (*Melia azedarach*), puestos en la ropa, previenen contra el ataque de la polilla

La semilla molida de xopiltel, ciruelillo o ramatijana, (*Trichilia havanensis*), la cual se mezcla con la semilla del maíz, después de haberla remojado por 24 horas, posteriormente se deja esta mezcla en una canasta por 3 días, para que la semilla se impregne del olor de *T. havanensis*.

El olor de las hojas de la hierbabuena, (*Mentha spicata*), ahuyenta a los insectos y ratas de los graneros

El humo que produce la incineración de chilcuam, perite del país o chilmecatl, (*Erigeron affinis*), es insecticida

Las semillas molidas de ixcate, cancerina o hierba del piojo (*Hippocratea excelsa*), amasadas con manteca, se usan para matar piojos.

Existen otras plantas con propiedades insecticidas, entre las más importantes se encuentran: ajo, albahaca, anona, chile, eucalipto, flor de muerto, girasol silvestre (gigantón), higuierilla, jitomate, lonchocarpus, mamey, manzanilla, menta, marañón, nariso (laurel, adelfa), nim, papaya, piñón, tabaco. Rodríguez (1999), citado por Martínez (2000).

Consideraciones generales.

La colecta de plantas, para preparar insecticidas, debe hacerse racionalmente. Aunque es un recurso natural, no se debe explotar irracionalmente, por lo que se deben de utilizar las especies más abundantes y mejor distribuidas, dejando siempre material para su regeneración y persistencia en el ecosistema.

En la agricultura de subsistencia es frecuente encontrar plantas con nombres de hierba de la cucaracha, hierba del piojo o hierba de la pulga, que son nombres acuñados acorde al uso biológico que se les da en ciertas comunidades. Estas plantas deben de ser tomadas en cuenta para hacer una evaluación y conocer realmente su potencial tóxico.

Los principios activos, generalmente se encuentran en mayor concentración en determinada estructura vegetal, por lo que es importante usar solo esta parte. Al respecto, deben preferirse las especies perennes a las anuales, pues éstas se encuentran por más tiempo disponibles, en relación a la estructura vegetal debe preferirse el fruto cuando éste tenga los principios activos y en orden de importancia el follaje, debe evitarse el uso del tallo, corteza y raíz o usar éstas de los desechos, por ejemplo, de las carpinterías.

Existe una dinámica en la concentración de los principios activos insecticidas en el tiempo, la cual esta acorde con los periodos estacionales y fases de crecimiento de la planta. Esto no se conoce para la mayoría de las plantas insecticidas, por lo que deben de observarse continuamente las respuestas de toxicidad en campo. Su conocimiento hará que se utilice racionalmente el recurso, cortándolo en el tiempo que sea más tóxico, su desconocimiento hará que se haga mal uso del recurso y por ende se desprestigiará este método de protección al usar el vegetal cuando no tenga la sustancia tóxica.

Las plantas son preventivas y no curativas, por lo que se deben usar cuando la población de la plaga apenas se esté incrementando o existan las condiciones de incremento, y no cuando el problema sea grave.

Extractos de insectos.

Para utilizar los extractos de insectos se siguen estos pasos:

- Evaluar el daño. Si la agresión es poca, es mejor no usar nada, esto es señal de que existe un equilibrio ecológico entre las plagas y sus depredadores naturales.
- Identificar la plaga, hay que descubrir exactamente cual o cuales insectos están provocando daños a las plantas.
- Juntar lo más que se pueda de insectos perjudiciales. Tener cuidado de no incluir los insectos benéficos.
- Licuar cada tipo de insectos por separado con agua. La proporción es una parte de insectos por dos de agua
- Colar la solución a través de un tamiz fino o un pedazo de tela delgada
- Diluir la solución. Para el huerto biointensivo o el huerto familiar se pueden utilizar 5cm³ de la solución en 25 galones de agua
- Añadir un adherente, como baba de nopal (se corta una penca en tiras se pone en un litro de agua y al día siguiente se usa), o jabón de pasta
- Rociar las plantas por el haz y el envés de las hojas además del tallo. Si llueve después de rociar, es conveniente repetir la aplicación. Rodríguez (1999), citado por Martínez (2000).

4.1.2.1.10. Control de malezas.

Kolsman y Vásquez (1996) citados por Nuñez, (2000) indican que las malezas tienen su razón de ser y son de gran utilidad en los sistemas ecológicos, debido a que:

- Proporcionan rápida protección al suelo y a los microorganismos porque cubren al suelo
- Producen polen para los insectos
- Contrarrestan un deterioro mayor del suelo (acidificación, erosión, etc.)
- Aportan materia orgánica
- Movilizan y reciclan nutrientes
- Compensan desequilibrios en el suelo
- Crecen más en forma asociada que en el monocultivo

- Se adaptan rápido al agroecosistema
- Producen semillas rápidamente propagándose a gran velocidad
- Soportan mejor las enfermedades y ataque de plagas

Así como las malezas pueden cumplir un papel importante en las propiedades agroecológicas de los suelos, también pueden causar algunos daños a las siembras. Entre ellos están:

- Ocasionan problemas en la labranza del suelo
- Compiten con los cultivos por agua, luz solar, nutrimentos del suelo y bióxido de carbono, haciendo que el rendimiento de estos últimos sea menor
- Pueden causar algunas enfermedades

Para el control de las malezas se recomienda:

- Limpiar semillas de los cultivos
- Mejorar el suelo asegurándose de que existe fertilidad natural
- Utilizar abonos verdes o cultivos de cobertura
- Hacer uso de la asociación y rotación de cultivos
- Controlar manualmente superficies pequeñas
- Crear coberturas diversas. (Nuñez, 2000).

4.1.2.2. Módulo Pecuario

4.1.2.2.1. Importancia de la Integración Ganadería-Agricultura.

La integración de diferentes especies de ganado con los sistemas de producción agrícola (cultivos) es la clave para muchos de los cambios necesarios en el modelo agrícola cuando se quiere establecer un sistema de trabajo ecológico, ya que esta integración permitirá de mejor manera, explotar los recursos de la tierra y de aprovechar los medios naturales por los que se ayuden mutuamente las diversas clases de ganado, así como la reducción del potencial de plagas y enfermedades.

La concepción agroecológica de la producción animal es la de potenciar en primer lugar la integración de la ganadería con la agricultura y las actividades forestales, así como el uso adecuado de ecosistemas naturales o transformados como pueden ser las áreas de pastizales naturales, las silvopastoriles y otras, con animales adaptados a la zona y con varios propósitos, o sea que combinen leche con carne y/o lana, producción de huevos y carne y además rusticidad, combinando adecuadamente diferentes especies animales para maximizar el uso de los recursos necesarios.

Son muchas las ventajas que puede brindar la integración entre la ganadería y la agricultura, constituyendo esta integración la llave para el diseño de sistemas de producción agropecuarios con base ecológica.

La integración entre ganadería y agricultura puede brindarnos las siguientes ventajas:

- Uso más racional de los residuos, vegetación espontánea y áreas con dificultad para la agricultura .
- La producción de estiércol unido a los residuos de cosechas, pajas y desperdicios de cocina pueden ser empleados para la fabricación de compost de alta calidad, o como combustible, con lo cual se puede reducir o eliminar la compra de fertilizantes químicos de alto costo, constituyéndose el estiércol como una de las principales fuentes de materia orgánica destinada a mantener la fertilidad de los suelos.
- La transformación del estiércol en una fuente renovable de energía y de nutrientes (biogás).
- Permite un reciclaje de nutrientes más eficaz.
- La presencia de animales en las explotaciones agrícolas estimula el uso de policultivos, con el fin de producir alimentos para ellos, lo cual además mejora la productividad de las áreas agrícolas, el suelo, la sanidad vegetal, etc.
- En la mayoría de estos sistemas, el número de animales que se producen es pequeño y por lo tanto éstos están bien integrados en el conjunto de un sistema agropecuario en el que se mezclan armónicamente los animales y los cultivos.
- Gran parte del alimento que se suministra a los animales no es apto para el consumo humano, por lo que el uso de los recursos es mucho más eficaz y racional cuando están presentes los animales en un sistema de estas características.
- En muchos de estos sistemas los animales se pueden utilizar para trabajar en las labores de la granja, así como para el transporte
- Los pastos y especialmente el uso de leguminosas pueden ayudar a la recuperación de áreas agrícolas si se emplean como un componente del sistema de rotación; además los cultivos forrajeros, principalmente las praderas, permiten la reconstitución de la biomasa del suelo.
- Los animales colaboran al control de la vegetación espontánea e insectos plaga
- Se reduce la dependencia exterior al ser más diversificada la producción, tanto en las áreas agrícolas como ganaderas
- La alimentación es más sana al ser más diversificada
- Se pueden producir cantidades apreciables de productos de origen animal y contribuir de esta forma a elevar el nivel de consumo de proteína y disponer de otros productos de la ganadería para la industria.
- Se aumenta la productividad de las áreas agrícolas, el capital de las explotaciones y el empleo. (García Trujillo, 1996).

4.1.2.2.2. Principios de producción animal con base ecológica.

Las técnicas ganaderas tienen como objeto la obtención de una producción óptima, manteniendo los animales con buena salud. Estos se crían conforme a sus necesidades, que son específicas a cada especie.

Son preferibles las razas criollas o rústicas adaptadas a las condiciones locales, para preservar y utilizar racionalmente la diversidad genética, la selección debe respetar el equilibrio fisiológico del animal, principalmente para reforzar su resistencia natural y no

modificar su comportamiento fundamental. La calidad de los productos es un criterio de selección al menos tan importante como el rendimiento, por otro lado, la producción total de un animal durante su vida se considera un criterio más interesante que una producción más alta, pero durante un corto periodo (leche, huevos, etc.), también se toman en cuenta la productividad, la resistencia, el sistema de cría como criterios de selección. Por lo tanto la adquisición de las diferentes especies de animales para la granja será de acuerdo a estos criterios.

El número de animales debe adaptarse a la capacidad de producción de la granja y a las condiciones climáticas locales, la carga ganadera por hectárea es pues limitada.

Se rechazan las formas de cría industrial intensivas, origen de problemas y de focos de contaminación. La concepción agroecológica, trata de que el confinamiento de los animales sea lo menos posible, no obstante en los casos necesarios ya sea por la necesidad de recolectar estiércol, por cuestiones climáticas, por las características de las especies, etc., el confinamiento de los animales debe ser diseñado de forma tal, que llene sus requisitos de confort y combinarse con un buen manejo y un trato amistoso con lo cual se disminuye el estrés que se pudiera producir en los animales.

Los patrones normales de conducta requieren un espacio adecuado para realizar los movimientos naturales y asumir la postura natural, además del aporte de una cama de paja, que acumulada es de las formas más apropiadas para la obtención de la calidad del estiércol, permitiendo almacenarlo en medio anaerobio y reducir la degradaciones debidas a la intemperie antes de su compostaje, compañía y comodidad, la calidad del espacio aportado es tan importante como la cantidad del mismo.

Sea cual fuere el lugar donde esté el ganado, deberá tener siempre acceso al pasto (pastizal o pradera) durante la estación de pastoreo, y que afuera puedan encontrar protecciones contra el exceso de temperatura, sol o viento, ello habria de limitar el tamaño del grupo, que ha de ser lo suficientemente grande para permitir el contacto social, pero no tanto como para alterar la conducta animal.

El diseño de una construcción aceptable para estabulación ha de considerar los principios básicos del bienestar y la salud del animal. No se puede tener un sistema de estabulación que requiera solo el mínimo de tiempo con el animal; las relaciones entre animales domésticos y seres humanos es simbiótica y de éstas deberían beneficiarse ambos. Los factores clave a tener en cuenta son aportar una adecuada ventilación natural a través de la instalación y los potenciales para una buena limpieza fácil. (De Silguy, 1999).

4.1.2.2.3. Alimentación.

Idealmente, todo el alimento consumido por el ganado debe producirse en la granja, permitiendo el desarrollo de un sistema cerrado y autosuficiente. La alimentación debe de ser variada y equilibrada, se trata de mantener a los animales con buena salud y con un nivel de producción satisfactorio. Para ello lo primero es la selección de especies y razas adaptadas, que presenten los mejores potenciales genéticos de resistencia a las

enfermedades y al buen aprovechamiento de los alimentos, para lograr un equilibrio entre los animales y el medio.

Como se señaló anteriormente, en general, los animales ya sea por condiciones climáticas o para la recolección de estiércol no deben permanecer en estabulación permanente, sino que todos tienen un periodo de pastoreo, de esta manera la hierba es la que será la base de la ración. La utilización de pastizales puede integrarse en el plan de alimentación; el objetivo es doble: por un lado suministrar a los animales alimentos muy diversificados, indispensables para su equilibrio nutricional, por otro, aprovechar todas las superficies de la granja administrando bien el espacio. Evitando el sobrepastoreo de las zonas preferidas por los animales y la sub-explotación de otras zonas. El productor debe elegir las parcelas de pastoreo y la manera de utilizarlas teniendo en cuenta las necesidades de los animales en los diversos periodos, las posibilidades del sitio y de su mejora progresiva, la utilización de praderas o pastizales se completa a menudo con la alimentación en comedero. (Lampkin, 1998).

La alimentación del ganado que complementará a la dieta de pastoreo se realizará con los siguientes recursos:

- Asociando cultivos forrajeros mixtos (gramíneas y leguminosas) con cereales y oleaginosas
- Residuos de cosechas
- Residuos de cocina
- Granos de cereales de baja calidad no aptos para consumo humano
- Tortas ganaderas
- Bancos de proteína (árboles y arbustos forrajeros)
- De cultivos de cobertura
- De la rotación de cultivos
- Henificación
- Ensilaje

4.1.2.2.4. Pastoreo.

El pastoreo es el acto a través del cual los animales domésticos y silvestres obtienen su alimento del pastizal. De todos los sistemas de producción ganaderos, el más sostenible a largo plazo es el pastoreo porque en él el ciclo de nutrientes es cerrado y la densidad de población está limitada ecológicamente por el propio sistema.

Un objetivo básico en una buena gestión de pastoreo es producir un forraje uniforme de alta calidad a un precio razonable y utilizarlo para conseguir la mejor producción animal posible. Por lo tanto, el mejor método de gestión para una producción sostenible es, seleccionar animales en base a cómo se adaptan al forraje de los suelos en donde van a crecer, en lugar de un método que se base en la elección de una raza determinada e intentar que ésta se desarrolle en un campo con el forraje adecuado a su alimentación, sin tener en cuenta los costos y la adaptación de esa raza animal a la región.

El sistema de pastoreo que será utilizado en la granja es el rotacional ya que es el que toma en cuenta tanto las necesidades de las plantas como las necesidades de los animales. En este sistema de pastoreo las plantas descansan de acuerdo con un programa de rotación específico, representa una secuencia de pastoreo regular y de descanso alternativo de las diferentes parcelas de pastos en un campo.

Dentro de este sistema de pastoreo rotacional se utilizará el método conocido como "Pastoreo Racional de Voisin", se ha seleccionado este método ya que es el que se acerca más a un manejo sustentable del recurso pastizal, toma en cuenta tanto las necesidades del pastizal como las necesidades de pastoreo de los animales; a este sistema se le denomina "pastoreo racionado" porque el forraje de los pastizales se "raciona" de acuerdo con las necesidades nutricionales del animal, al tiempo que se protege a los pastizales tanto del sobrepastoreo como del subpastoreo. Esta técnica toma en cuenta tanto el ritmo de crecimiento de las plantas como la disponibilidad del forraje.

Pastoreo Racional de Voisin (PRV).

Durante el pastoreo, los animales eliminan gran parte del follaje de las plantas, para que la planta pueda llevar a cabo el proceso de fotosíntesis deberá sustituir este follaje esquilado, este proceso de reposición se realiza gracias a las reservas que guarda la planta, estas reservas suministran la energía suficiente para que la planta rebrote de nuevo y para seguir almacenando más reservas. Si los animales vuelven a comerse la planta antes de que las reservas se hayan recuperado, la planta no podrá rebrotar en buenas condiciones, e incluso no podrá hacerlo nunca más.

Una de las premisas de un buen manejo de pastoreo racional es permitir que los pastizales "rellenen" sus reservas, realicen la imprescindible fotosíntesis y rebroten antes de que vuelvan a servir como pastos, este tiempo de rebrote es el que se denomina descanso, y si el tiempo de descanso se acorta de forma significativa se reducirá considerablemente el rebrote que la hierba pueda acumular durante ese tiempo. Mientras que las plantas de ese lugar están descansando, el ganado se alimenta en otra parte del campo, a la que se le permitirá descansar después cuando el ganado se traslade de nuevo a un tercer lugar. Todo el campo destinado a este fin se divide en estas pequeñas áreas conocidas como prados (a menudo con cercos eléctricos que se mueven con facilidad). Los animales rotan de prado en prado de acuerdo con sus necesidades y con las de las plantas de forraje. (Fig. 68).

Este método no solamente permite a las plantas recuperarse tranquilamente después de un pastoreo, sino que minimiza los residuos de los pastos, ya que cada prado queda "limpio" antes de que los animales se trasladen a otro. Los elementos clave de la gestión de Voisin son: el periodo de descanso para las plantas entre dos ciclos de pastoreo y el tiempo que los animales permanecen en un prado determinado.

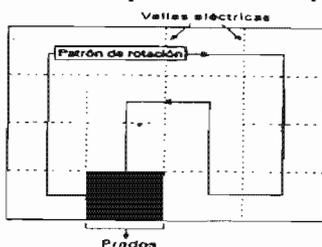


Figura 68. Esquema de un patrón de rotación.

Periodos de descanso

Dado que el ritmo de crecimiento de las plantas varía con la estación, los periodos de descanso entre pastoreos deberían cambiar de acuerdo con los cambios de ritmo de crecimiento de las plantas; por esta razón, no se deben de establecer periodos de descanso fijos, sino que se deben de ir adaptando con el transcurso del tiempo, el ritmo de crecimiento de las plantas varía con el clima y debe determinarse para cada situación en particular. Si se acorta el tiempo entre dos periodos de pastoreo, el rebrote será mínimo y la cantidad de forraje que se acumule por hectárea será muy baja, los animales tendrán que moverse más rápidamente por todo el sistema, puesto que no contarán con suficiente forraje y, finalmente, las plantas dejarán de crecer. Por el contrario si fuesen mucho más largos que los óptimos, el forraje continuaría acumulándose en el pastizal, pero el aumento principal se debería a la fibra, lo que disminuiría el valor nutricional de las plantas. Murphy, (1990), citado por Powers y McSorley (2001).

El mejor indicador de un descanso adecuado es, por supuesto, el crecimiento de las plantas, prestar la mayor atención al ritmo de crecimiento de las plantas, permitirá al productor adaptar los periodos de descanso en base a las condiciones locales. Si las plantas de un prado en el que van a entrar los animales no han crecido aún lo suficiente (generalmente entre 10 y 15 cm., dependiendo del tipo de forraje), se deberían aumentar los periodos de descanso mediante uno de los siguientes métodos:

- Aumentar los pastizales, incrementando, por tanto, el número de prados
- Permitir el pastoreo solamente en la mitad del área total de pastizales durante los periodos de crecimiento rápido, ensilar el forraje que se produce en el resto de los terrenos. Después del periodo de descanso adecuado volver al sistema de rotación habitual
- Sacar todos los animales de los prados y venderlos o continuar alimentándolos en cualquier otra parte mientras los pastizales descansan
- Añadir heno almacenado a la dieta de los animales como suplemento, hasta que el pastizal haya terminado su periodo de descanso. (Voisin, 1994).

Este sistema es muy sostenible siempre que los periodos de descanso sean los adecuados y el número de cabezas de ganado que pascen en el sistema permanezca constante. Si existe ganado en exceso, el pastoreo será más rápido, lo que obligara a que los animales se trasladen antes de lo previsto de un prado a otro. El único sistema para aumentar el número de animales y mantener el sistema sostenible es aumentar el tamaño de los pastizales y el número de prados. El tiempo total que los animales permanezcan en cada prado determinará, finalmente, la cantidad de terreno necesaria para proporcionar una nutrición adecuada para el mantenimiento y crecimiento de ese ganado.

Periodo de estancia.

El tiempo que un grupo de animales permanece en un prado hasta que se traslada al siguiente se conoce como periodo de estancia. Estos periodos no deberían exceder de tres días. Si los animales permanecen en un prado más de tres días perderán mucho tiempo y energía buscando los pastos más apetecibles, puesto que ya se habrán comido las mejores plantas forrajeras y las que queden serán, lógicamente, las menos apetecibles. En general, cuanto más cortos sean los periodos de estancia, más productivo será el sistema en su conjunto, tanto para las plantas como para los animales. Estos periodos de permanencia más cortos aseguran que el forraje que se suministra a los animales es de mejor calidad y más nutritivo y que el ganado padece de forma más uniforme en este tipo de pastos cuando lo hace en forrajes en los que están durante periodos de tiempo más largos.

Tamaño y número de prados.

El tamaño del prado debe adaptarse cuidadosamente para asegurar que todo el forraje que contiene se padece de manera uniforme y completa durante cada periodo de estancia. Si se requiere un periodo de estancia más largo para que el pastoreo pueda ser uniforme y completo, esto indicaría que existe demasiado forraje disponible, por lo que sería necesario subdividir el área o eliminarla de la rotación y cosecharla como heno. Si el periodo de estancia resultara demasiado corto, esto indicaría que se necesitan prados más grandes (o más cantidad de ellos), el tamaño de los prados puede cambiar con el paso del tiempo a medida que las condiciones de crecimiento de las plantas van también cambiando.

El número de prados que se incluye en un programa de pastoreo rotacional dependerá de la duración del periodo de descanso y de los periodos de estancia. Otros factores que influyen en la decisión de establecer el número de prados son:

- la topografía del terreno
- los periodos de descanso necesarios
- las plantas que existen en el pastizal y la producción potencial
- los recursos económicos y financieros, entre los que se incluye el costo del ganado, del cercado y de la mano de obra para y trasladar al ganado (Voisin, 1994).

El mejor sistema para calcular el tamaño y número de los prados necesarios en la granja es comenzar calculando el periodo de descanso que probablemente necesitarán los pastizales durante el tiempo de crecimiento más lento. Recordar que las plantas de forraje necesitarán un periodo de descanso más largo en épocas de crecimiento lento, en épocas de crecimiento rápido y de periodos de descanso más cortos, se pueden utilizar prados más pequeños y cosechar el resto del forraje como heno o para ensilarlo. Después se calculará el periodo de estancia de los animales, recordando que deberá ser lo bastante corto para optimizar la productividad. Con estos dos cálculos ya establecidos, el número total de prados necesarios será, sencillamente, el periodo de descanso dividido entre el periodo de ocupación.

Por ejemplo, supóngase que se ha calculado que un pastizal necesita 42 días para recuperarse durante los periodos de crecimiento lento, se ha planificado trasladar a los animales de un prado a otro cada dos días. El número de prados que se necesita es: $42/2 = 21$.

Ahora que ya se ha calculado el número de prados necesarios, el siguiente paso es determinar el tamaño de los mismos. Se puede hacer fácilmente dividiendo, simplemente, el área total de tierras de pastizal entre el número de prados que se necesitan, para obtener así, el área medida de cada prado. Sin embargo, todos los prados no tienen que tener la misma superficie, aunque sí producir una cantidad similar de forraje. Si el prado es demasiado grande para una cantidad determinada de animales, se puede reducir el tamaño de los prados hasta conseguir el necesario para disminuir la cantidad de forraje, o bien aumentar la densidad de la capacidad del pastizal.

A medida que aumenta la densidad de la capacidad del pastizal existirá más competitividad por el alimento y el pastoreo será, por tanto, menos selectivo y más uniforme. Sin embargo, si se alcanza una densidad demasiado alta, se verá como los periodos de estancia se acortan, necesitándose, por tanto, más prados para suministrar plantas forrajeras con periodos de descanso adecuados. Además, el tamaño de los prados es menos importante que facilitar a las plantas de esos prados los periodos de descanso adecuados (Voisin, 1994).

4.1.2.2.5. Selección de especies.

La selección de las especies animales que se manejarán en la granja estará en función de: 1) de buscar una buena diversificación del componente animal, 2) de la generación de bienes de autoconsumo y posibles excedentes para su comercialización y 3) la inclusión en el sistema de especies multiuso adaptadas a las condiciones ambientales y sociales locales. Los animales que tendrá la granja deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Tener facilidad de adaptación o estar adaptados al clima y resistencia al medio (rusticidad)
- Facilidad de instalación y manejo de excretas (solo en periodos de estabulación)
- Ser resistentes a enfermedades
- Ser fácilmente manejables
- Tener bajo costo de manutención

Es necesario elegir razas adaptadas a las condiciones locales. Estas destacan por su rusticidad, especialmente por su gran capacidad para transformar de manera eficiente recursos de baja calidad, en medios difíciles y sistemas de explotación con escasas inversiones en infraestructuras, equipamientos, sanidad... En estas condiciones proporcionan además unos buenos índices reproductivos (fertilidad, intervalo entre partos, prolificidad) y desarrollan unas excelentes cualidades maternas (facilidad de parto, cuidado de las crías, capacidad lechera, alimentándose con escasos recursos, etc.).

Se pueden utilizar también razas foráneas, pero será conveniente que se trate sólo de machos destinados a la reproducción o de rebaños criados durante varias generaciones en ese mismo lugar y en condiciones extensivas. (R. W. Widdowson, 1987).

Se trata en primera instancia, de manejar especies menores que cumplan, en una primera etapa del manejo de la granja en la aportación de proteína en la dieta alimenticia de la familia, además se debe tomar en cuenta que la adquisición de especies mayores representa un gasto económico fuerte y, que tal vez en un principio no se cuente con el capital necesario para implementarlo, y su adquisición representa mayor trabajo en el manejo, infraestructura, alimentación y uso del espacio, añadir también que se pueden obtener ciertas ventajas en la selección de especies menores respecto a los animales grandes, como una mayor conversión a leche y carne de una gran diversidad de materiales orgánicos por parte de estas especies.

Los animales seleccionados para formar parte de la granja son: aves (gallinas y guajolotes), cerdos, cabras, borregos y conejos. Se han seleccionado estos animales porque son los que cumplen con las características antes mencionadas para integrar la granja.

4.1.2.2.6. Aves.

El principal propósito de la producción será el autoconsumo para, en un futuro y cuando ya se tenga dominado el proceso, comercializar los excedentes y generar ingresos en la granja. Como en el resto de los animales, el productor debe privilegiar el uso de líneas rústicas existentes y participar así en el mantenimiento de la diversidad genética.

Manejo.

Las gallinas y guajolotes se criarán en el suelo y en libertad, bajo pastoreo. El concepto de producción ecológica para el ganado consiste en producir un alimento sano mientras se fertiliza el terreno; esto se puede lograr a través del pastoreo de las aves o combinándolo con las otras especies animales. Con este sistema, el consumo de grano decrece en la medida que se incrementa el consumo de pasto y pequeños insectos.

El pastoreo se puede realizar en cualquier patio donde haya pasto o posibilidades de sembrarlo, se necesita una superficie normal de 180 m² para empezar la cría con un gallinero móvil, se estima que con esta superficie se puede mantener de forma permanente un gallinero de 50 o más animales durante todo el año, que puede estar conformado por 45-47 gallinas y tres gallos, sin embargo para empezar la crianza se comprarán únicamente 30 animales. El predio donde se establezca la jaula, debe ser un lugar seguro, que no esté en un lugar con peligro de inundaciones o corrientes de agua y que no esté expuesto al ataque de los animales o al robo de la gente. Se puede manejar con ayuda de la familia. Se debe asegurar que se tendrá el forraje garantizado.

El ambiente adecuado que deben tener las aves es un pasto corto con gran contenido de insectos. El pasto desnudo no tendrá las condiciones necesarias y los animales se alimentarán completamente del alimento proporcionado. A menor calidad de forrajes, menor cantidad de insectos y mayor consumo de alimento proporcionado.

Ventajas de pastorear aves:

1. Se puede llevar a cabo en cualquier patio donde haya pasto o posibilidad de sembrarlo.
2. Se puede realizar en parte de la parcela o en áreas que no se usan.
3. Se puede hacer con la ayuda de toda la familia incluyendo niños menores de edad.
4. Se pueden usar recursos que ya se tienen en el medio rural.
5. Se mejorara la calidad de la tierra por donde pastan los pollos.
6. Se requiere poco capital para iniciar un negocio de autoempleo para toda la familia.

El tamaño ideal del pasto es de 3 a 5 cm de altura, no debe pasar los 10 cm, puesto que si es muy alto, los pollos tienen dificultades para "rascar" el suelo en busca de insectos. El pasto grande ya no está limpio, turgente y lleno de nutrimentos y el estiércol del pollo no hará contacto con el suelo.

El pasto más apropiado es el que crece en la granja de forma natural, o se puede introducir a los animales en las praderas con asociación pasto/leguminosas. Se debe rotar el gallinero y dejar a los animales recorrerlas por turno, tan pronto como hayan consumido realmente la hierba se les debe trasladar a otro lugar del pastizal o pradera.

Los pollos de engorde se mantienen entre 7 y 9 semanas hasta que pesan 1,35 kg, luego se sacrifican para el consumo o la venta.

De los 5 a 6 meses de edad las gallinas inician la postura. Debe evitarse que las aves adultas engorden excesivamente y depositen grasa entre sus músculos y alrededor de los ovarios, ya que afectaría su eficiencia reproductiva y la producción de huevos.

Los huevos deben ser recogidos diariamente y guardados en un lugar fresco y seco hasta una semana.

Los guajolotes pueden ser sacrificados para el consumo a las 20 ó 30 semanas de edad, cuando alcanzan un peso de 1,8 a 2,3 kg.

Alimentos complementarios.

El pasto normal no contiene todos los elementos que las aves necesitan, por lo cual se suministrarán alimentos complementarios para su buen desarrollo, se puede proporcionar lo siguiente:

- Los alimentos que se pueden utilizar como fuentes de energía son principalmente los granos de cereales (maíz, sorgo, arroz, trigo, cebada). También se pueden utilizar subproductos como el salvado de maíz, de trigo o pulido de arroz, aunque su empleo debe ser limitado, por contener mucha fibra. Grano de sorgo o de maíz se les puede dar entero, pero debe tenerse cuidado de ponerles pequeñas piedras o grava gruesa en caso de que el terreno no tenga piedras pequeñas de forma natural. Los pollos necesitan piedras para la molleja (para triturar el grano).

- Melaza de caña
- Fuentes de proteínas pueden ser las pastas de oleaginosas, como las de soya, algodón, ajonjolí, girasol y cártamo.
- Residuos de cosecha
- Residuos de cocina
- Para que las aves se mantengan sanas y productivas necesitan abundante agua limpia y fresca durante todo el día. Se debe calcular que 10 gallinas consumirán aproximadamente entre dos y tres litros diarios de agua. Es de suponer que debido al calor, durante el verano, el consumo del agua aumente considerablemente. Además, el agua puede ser un cómodo vehículo para la provisión de vacunas, nutrimentos y medicamentos, en los casos que sean necesarios, (FAO, 1999).

Alojamiento.

El gallinero que se utilizará para alojar a las aves debe de ser móvil, para poder ser trasladado en función de la rotación del pastizal o pradera. Su construcción debe de ser sencilla, con materiales de la región y tiene que ser ligero para poderlo mover sin dificultad, se recomienda que las medidas sean de 3 X 3m. y una altura de 1.50m. Debe proteger a los animales del viento, lluvia, frío, calor, perchas para encaramarse, conviene asegurarse de que éstas no rocen el tejado y de que estén situadas de modo que los excrementos tengan una trayectoria directa hasta el suelo. (Fig. 69 y 70).

Los nidos deben ser cajas oscuras, diseñadas para disuadir a los animales de dormir allí y convenientemente techadas para evitar que dejen caer en ellas sus excrementos; deben ser accesibles, de modo que puedan sacarse los huevos fácilmente. (FAO, 2000).

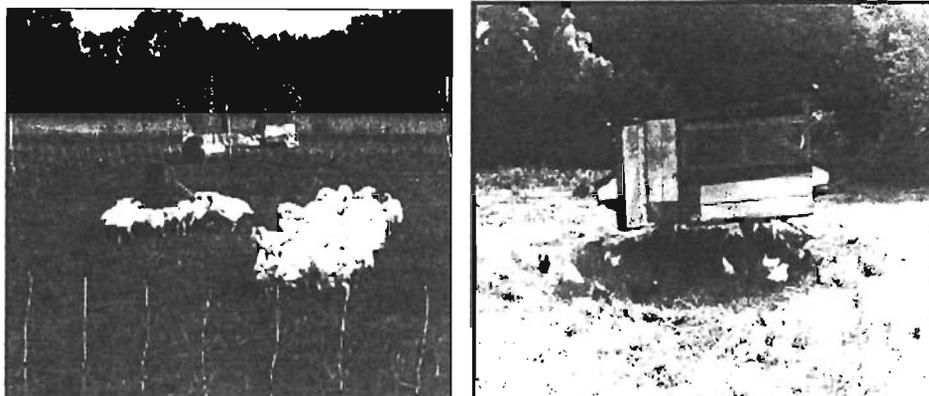


Figura 69. Pastoreo de aves con un gallinero "móvil"

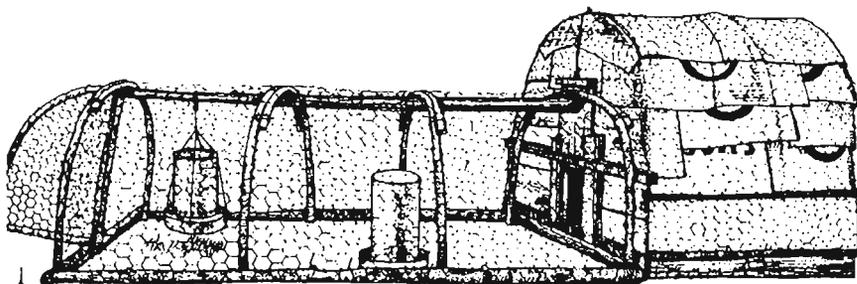


Figura 70. Gallinero construido con malla, troncos, varas de madera y sacos de fertilizante

4.1.2.2.7. Conejos.

Los conejos son animales muy apropiados para que se crien en la granja ya que su manejo tiene muchas ventajas, entre las cuales se pueden citar las siguientes: crecimiento rápido, ciclo de gestación corto, precocidad sexual, alta productividad, fácil crianza, instalaciones económicas, y carne muy nutritiva.

Alojamiento.

La construcción de la conejera debe hacerse con materiales de la zona (bambú, carrizo, láminas de metal usado, alambre, paja, hojas de palma, tiras de madera, etc.), malla de gallinero, y malla más cerrada y rígida para los pisos.

Se deben tomar en cuenta ciertos parámetros para poder diseñar y construir las conejeras:

- las jaulas deben ser individuales
- debe existir una buena ventilación (no les agrada el calor excesivo)
- se debe controlar el calor
- que los proteja del sol y la lluvia
- debe contar con un espacio adecuado para que estén cómodos, se recomiendan las siguientes medidas: 90 X 90cm., y altura de 75cm., se pueden construir conejeras con dos o más divisiones, para así manejar en una sola jaula animales de engorda, hembras reproductoras y sementales. (Fig. 71).

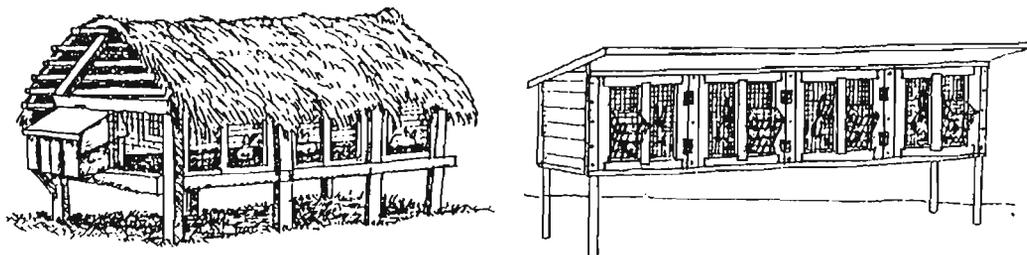


Figura 71. Dos tipos de conejeras que se pueden construir para el alojamiento de conejos

Alimentación.

La dieta de los conejos puede ser muy amplia, se deben de alimentar fácilmente con lo que se produce en la granja, los alimentos que se pueden suministrar a los conejos son:

- Granos (que no sean para consumo humano)
- Subproductos de cultivos
- Leguminosas
- Pastos
- Tubérculos y raíces
- Residuos de cosecha
- Alimentos verdes para ganado
- Follajes
- Malezas (que no sean tóxicas)
- Residuos de cocina
- Agua limpia

Las hembras en periodo de gestación y lactancia necesitan nutrimentos adicionales, duplicándose durante los diez últimos días de gestación, necesitándose para este periodo de 200gr de materia seca y proteínas y para el periodo de lactancia de 340 a 400gr. Para el periodo de manutención entre uno y dos meses y medio se debe suministrar de 115 a 142 gr. (FAO, 1987).

La alimentación de los conejos debe de hacerse de acuerdo a un horario regular, generalmente se les proporciona dos veces al día, en las mañanas y al atardecer, nunca se debe de cambiar el alimento abruptamente, ni suministrar alimentos verdes que han permanecido apilados, pueden haberse calentado, lo que les provocará desordenes digestivos, cuando se suministren granos, éstos deben de ser pequeños, y no sobrepasar de ½ cm. El alimento debe de permanecer seco, limpio y protegido de insectos y roedores.

Manejo.

Se debe manejar un macho para cada diez hembras, para la monta hay que llevar a la hembra a la jaula del macho y no viceversa, porque la hembra se dedicaria a defender su territorio, después del apareamiento, la coneja debe de ser devuelta a su jaula. Las razas de tamaño mediano deberian de tener su primer apareamiento entre los seis y siete meses de edad.

A los 28 días de fecundación, se pone el nido en la jaula de la hembra, se le pone paja o pasto seco para que ella forre el nido, una hembra que no saca su pelo, probablemente no resultará buena madre. El periodo de gestación es de unos 30 a 32 días.

Las conejas deben aparearse nuevamente cuando sus crías tienen ocho semanas de edad, esto redundará en cuatro camadas al año con un promedio de cuatro a ocho crías en cada parto, la coneja amamanta a sus crías unas seis semanas, y después de veintinueve días las crías comienzan a comer alimento sólido. Se puede dejar a los conejos con su madre hasta esta edad en la que están en sazón para sacrificarlos. Si se reservan algunas crías para

reproducción, deben separarse hembras y machos a los tres meses. Se deben eliminar las conejas cuando éstas cumplan de dos y medio a tres años de edad. La cría de 6-7 hembras y un semental nos puede proporcionar dos conejos para una familia de 5-8 miembros cada semana. (FAO, 1987).

4.1.2.2.8. Ovinos.

Para la producción de estos animales si se seleccionará una raza ésta será la pelibuey, ya que por sus características, como estar desprovisto de lana, su rusticidad y adaptabilidad a las condiciones del medio que se encuentran en la granja, lo hacen ser la mejor opción para la crianza: Es una raza alternativa que puede contribuir satisfactoriamente a la alimentación de la familia. La explotación estará orientada a la producción de carne, aunque se debe de aprovechar todo del animal.

Manejo.

El manejo se realizará bajo pastoreo rotacional como ya se menciona, organizando al rebaño en cuatro corrales que se mantienen en constante rotación de acuerdo con la etapa reproductiva de los animales: hembras vacías, hembras gestantes, hembras lactantes y machos. Para iniciar, y para poder adaptarse al manejo de la raza se recomienda empezar con diez hembras de ocho meses y un macho como semental.

La raza tabasco o pelibuey ha mostrado una excelente eficiencia reproductiva en comparación con otras razas; la oveja presenta estro o celo durante la mayor parte del año (mayo-diciembre) otras razas se cubren en época restringida o estacional, lo cual permite obtener la máxima reproducción y que coincida con la mejor época para la parición. Es fácil sincronizar a la mayor parte de las hembras a cubrirse teniendo como base el sistema de explotación que realiza o se desea realizar. Una hembra de aproximadamente siete meses de edad está lista para reproducirse por primera vez. (Ver Cuadro 15).

Se junta al macho con las hembras de reproducción durante 45 a 50 días, se deben de hacer dos servicios o montas al inicio del celo, a las 12 y 24 horas se obtienen altos porcentajes de fertilidad, de esta manera, se utilizan racionalmente los sementales.

Cuadro 15. Parámetros reproductivos promedio de la raza Pelibuey

Peso a la pubertad	21 a 25 Kgs.
Edad a la pubertad	248 a 300 días
Duración del celo, estro o calor	24 a 48 hrs.
Duración del ciclo estral o intervalo entre calores	20 a 26 días

Duración de la gestación o preñez	140 a 158 días
-----------------------------------	----------------

Para efectuar una época de empadre serán necesarias las condiciones siguientes:

- a) Época de estacionalidad no reproductiva de la borrega.
- b) Condiciones climáticas de la región
- c) Meses de mayor producción de plantas forrajeras, tanto cultivadas como nativas.

De esta forma se podrán obtener índices de concepción mayores al 65% con empadres de 25 días de duración, los que abarcan dos ciclos de celo o estro (Limón, 1990).

El área techada de los corrales podrá ser dividida en dos o tres pequeños corrales, con adobe o maderas, en cuyo piso se colocará paja, cuando las hembras se encuentran próximas a parir. Estos corralitos pueden ser utilizados para la hembra con su cría, y deben contar con agua en abundancia. Una gran parte de las pariciones ocurre de noche; por esta razón, es necesario visitar el corral diariamente en la mañana para verificar si las hembras tienen o no problemas de parto y, si es el caso, asistir las.

La borrega pelibuey tiene pocos problemas al parto, los que ocasionalmente se presentan se deben al tamaño del cordero o por la mala presentación del mismo. En estos casos se recomienda la ayuda manual para extraer el cordero. Los cuadros de posparto se limitan a prevenir enfermedades como la fiebre de leche y la inflamación del cordón umbilical.

Una vez que la cría haya nacido y esté seca, luego de que la madre la haya limpiado de las adherencias de la placenta, colocar una solución de yodo al 10% en toda el área alrededor del ombligo, para evitar el ingreso de parásitos.

La madre no debe permanecer más de un día en el corral, deberá salir al pastoreo con sus crías de manera normal. Se recomienda el pastoreo en buenos pastos para apoyar la lactancia con una alimentación mejorada. Las áreas de pastoreo deben distribuirse en lugares cercanos para evitar el agotamiento de los animales recién nacidos.

El agua debe ser abundante por ser decisiva para la mayor producción de leche. Luego del parto, las crías deben mamar el calostro (primera leche de la oveja o de la cabra), ya que éste cuenta con principios que permiten desarrollar las defensas y proteger al recién nacido de enfermedades.

La edad para destetar los corderos puede variar según el manejo, debiendo ser para pastoreo en agostadero de 75 a 90 días o 3 meses de edad. Para ello se deben separar las crías de sus madres por una semana, en un corral a parte. Durante los primeros dos días las crías deben permanecer en el corral y ser alimentadas adecuadamente con disponibilidad de agua. Posteriormente podrán pastorearse en áreas que no sean próximas a las que pastan sus madres. La cría en establo con un corral separado para destetados facilita esta tarea. El

destete de los cabritos debe estar acompañado de un manejo especial con alimentación suplementaria y sales minerales.

Alimentación:

Su alimentación será en base al pastoreo rotacional, ya sea en los pastizales o en las praderas de pasto/leguminosa, así como de las especies que se siembren de los cultivos de cobertura (principalmente leguminosas), para completar sus necesidades de proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas se les suministrará alimento de bancos de proteína, cultivos forrajeros, subproductos de cultivos, residuos de cosechas, granos, heno y ensilaje. Todo ello sin faltar las sales minerales importantes en la alimentación ovina, así como el suministro constante de agua limpia y fresca.

La hembra gestante deberá recibir un suplemento o ser pastoreada en pasturas reservadas, al menos durante los últimos 50 días de la preñez. Todo esfuerzo por brindar una mejor alimentación, particularmente en energía, durante ese último periodo, producirá crías con mayor peso y más vigorosas, así como abundante disponibilidad de leche para la lactancia. Esto último, es de extrema importancia en hembras que gestarán más de una cría y es todavía más importante en hembras primerizas. Se recomienda además, proveer sales minerales a voluntad en este periodo.

Alojamiento.

Se recomienda utilizar materiales disponibles localmente y, si es posible, existentes en la granja para mantener costos bajos.

Se debe elegir un lugar alto y bien drenado. El corral deberá orientarse de acuerdo con la prevalencia de vientos y la dirección del sol, se debe procurar un corral ventilado y fresco, deberá estar ubicado cerca o inmediatamente de los terrenos destinados al pastoreo para evitar que los traslados sean largos y evitar desgaste en los animales.

Para un número de 11 animales (incluyendo hembras en producción, un macho, hembras de reemplazo y crías) y un requerimiento de 1.8 a 2 m² por animal, se recomienda lo siguiente: se pueden utilizar dos tipos de corrales, uno construido sobre piso y el otro suspendido.

Para el corral suspendido se construye a una altura de 90 cm. del suelo sobre pilares de madera. La plataforma debe ser de vigas de madera sobre las cuales se montan tablas espaciadas para permitir la caída del estiércol fuera del corral, manteniéndolo en condiciones higiénicas. Corralillos separados de al menos permiten un manejo eficiente de machos, hembras y hembras con crías. (Fig. 72).

Los techos pueden ser construidos de palma, se pueden ubicar los comederos de madera en el interior o exterior del corral.

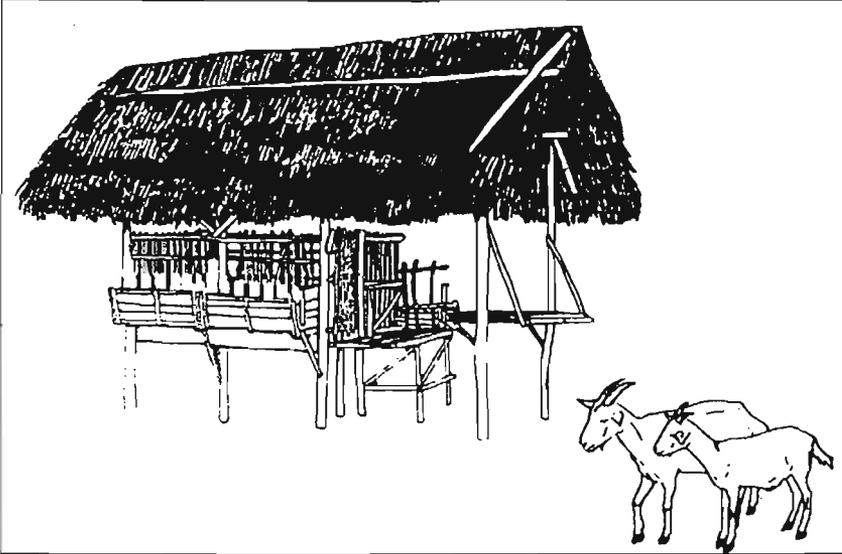


Figura 72. Corral “suspendido” para borregos y cabras

El segundo tipo puede construirse de tablas o tiras de madera de 3.5 X 3.5 m. y una altura de 1.50 m., debe contar con una buena ventilación, y con una cama de paja para brindar confort a los animales.

Para alojar hembras con crías recién nacidas, destetar animales o suplementar la alimentación de corderos/cabritos en crecimiento, se aconseja dividir temporalmente el área cubierta en pequeños corralillos con la ayuda de listones de madera.

La puerta de ingreso debe tener un ancho de 1,50 a 1,80 m para facilitar la limpieza y el traslado de la cama de paja con estiércol.

El corral debe contar con un comedero. Comederos portátiles de madera, de 80 cm de ancho y 2,5 m de largo, son adecuados, o las mitades de un barril metálico pueden convertirse en comedero y bebedero eficientes.

En ambos casos el corral deberá contar con un espacio cercado para que los animales puedan hacer ejercicio o tomar el sol antes de ser sacados a los potreros. (FAO, 2000).

4.1.2.2.9 Caprinos.

En la granja integral, las cabras serán el animal lechero por excelencia, comparada con la vaca, la cabra es más eficiente en la producción de leche, requiere menos espacio y cuesta menos mantenerla (aproximadamente el 15% de lo que cuesta mantener a una vaca). La leche de la cabra es igual de nutritiva que la de la vaca y en muchos aspectos mejor, es naturalmente homogeneizada (la crema queda unida con la leche) y es de más fácil digestión que la de la leche de vaca. Además de que tiene otras ventajas importantes: es un animal dócil, de fácil manejo, rusticidad, y es un animal multipropósito con diversidad de producciones, (Seymour, 1999).

Son animales con una muy buena conversión a leche y carne de una gran diversidad de productos alimenticios. Un rebaño mixto de cabras y ovinos puede aprovechar el pasto mejor que uno de borregos, las cabras suficientemente concentradas pueden desbrozar el terreno suprimiendo malezas u otras especies vegetales no apetecibles para los borregos. Se incrementan los beneficios y se mejoran los pastos o praderas (Seymour, 1999).

Manejo.

Al igual que los ovinos las cabras estarán bajo pastoreo controlado, con un número de diez hembras por un macho como semental, el objetivo de la crianza será la producción de carne, leche y subproductos, como pieles, abono, etc. La cabra se puede aparear entre 12 a 18 meses de edad, el periodo de calor de las hembras generalmente es de septiembre a marzo, la gestación dura cinco meses. Se puede ordeñar durante diez meses, dejándola descansar dos meses antes del nuevo parto, es común que las cabras tengan dos crías por parto.

El ordeño se realiza de forma manual en una rampa de madera, a las cabras primerizas se les ordeña una sola vez por la mañana, momento en que se le ponen la(s) cria(s) para que se mantenga(n) hasta finales de la tarde con su madre; esta variante de amamantamiento restringido puede contribuir con la sostenibilidad económica del sistema (al no dependerse de leche externa). Después del destete (100-120 días) las cabras con buen potencial se someten a doble ordeño (matutino y vespertino) y las crías hembras para reemplazo se ubican con las hembras lactantes. (FAO, 2000).

Alimentación.

Además del alimento que obtengan del pastoreo las cabras necesitan alimentos complementarios básicos ya que la cantidad de leche que producen depende de su buena alimentación y que sirva para que puedan cubrir sus requerimientos de energía, proteína, minerales y vitaminas.

- Forraje de corte. La alimentación con forrajes verdes en la mayoría de los animales rumiantes se realiza fundamentalmente con base en gramíneas y leguminosas, es recomendable que el forraje de corte se suministre picado para evitar desperdicio;

procurando emplear mezclas de forrajes, gramíneas leguminosas para que se complementen y balanceen.

- Ensilado (de maíz)
- Heno (principalmente de leguminosas)
- Residuos de cosechas
- Desperdicios de cocina
- Granos
- Sal. Se pone un bloque de sal en un lugar seco donde puedan lamerla
- Agua. Un adecuado consumo de agua fresca y limpia es esencial para una eficiente producción; su escasez reduciría el consumo alimenticio. El agua debe de estar siempre a su alcance y siempre limpia. (Anónimo, 2000).

Alojamiento.

Se requieren $2m^2$ de espacio bajo techo por cada animal, además de un espacio soleado dentro del corral, donde las cabras puedan estar para hacer ejercicio o asolearse antes de ser sacadas al pastoreo. Se puede utilizar los mismos materiales y diseño que para los ovinos. Subdivisiones de al interior del corral permiten un manejo eficiente de hembras, hembras con crías y machos. (Ver Cuadro 16).

Cuadro16. Espacio requerido para los corrales

Especie animal	Cantidad	Espacio mínimoxanimal estabulado	Espacio mínimo total en m^2 $m^2 \times$ no. de animales	Espacio o sombra aderox no. de animal	Espacio sombreadero total ($m^2 \times$ no de animales)	Espacio total (espacio mínimo+sombreadero por animal)	Espacio total (m^2)
Ovinos	11	$2m^2$	$2m^2 \times 11 = 22m^2$	$1.5m \times 2m = 3m^2$	$3m^2 \times 11 = 33m^2$	$2m^2 + 11 = 13m^2$	$143m^2$
Caprinos	11	$2m^2$	$2m^2 \times 11 = 22m^2$	$1.5m \times 2m = 3m^2$	$3m^2 \times 11 = 33m^2$	$2m^2 + 11 = 13m^2$	$143m^2$

Fuente. Buxadé, 1998

4.1.2.2.10. Cerdos.

Es probablemente, el animal omnívoro por excelencia, y prácticamente comen cualquier clase de alimento. Los cerdos son excelentes convertidores y recicladores y posiblemente fue la primera especie domesticada con fines de producción de carne. A diferencia de las otras especies que proveían servicios y otros productos, el cerdo fue y es apreciado por su alta capacidad de conversión y constituye uno de los más eficaces transformadores de carbohidratos en proteínas y grasas. Por cada 100 libras de alimento consumido un cerdo produce 20 libras de carne, en tanto que con la misma cantidad de alimento, el ganado vacuno solo produce alrededor de 7 libras. Muestra de ello es que el cerdo convierte

desperdicios de cosecha o cocina en apreciados cortes de carne magra y grasa para el consumo humano, la cual es bien comercializada, principalmente en épocas especiales del año. (Seymour, 1999).

Manejo.

La producción se realizará bajo un sistema de pastoreo controlado, como en las demás especies, el corral se localizará cerca del área de pastoreo, el número de animales será de cuatro hembras para un macho.

Machos

La presencia del verraco favorece el desarrollo del celo en las hembras. Sin embargo, se lo debe mantener separado de las hembras para poder controlar mejor las montas. Un verraco debe empezar a montar sólo después de los 15 meses de edad. Se debe evitar que los padres crucen con sus hijas, hermanas o nietas. Un verraco reproductor puede servir durante cinco o seis años. Siempre es mejor llevar a la hembra al corral del verraco para el cruzamiento.

Si se realiza una monta controlada, se pueden obtener las siguientes ventajas:

- * Se cubre a la cerda en el momento oportuno;
- * Se conoce la fecha de la monta y, por lo tanto, se puede calcular la fecha de parto con cierto margen de seguridad;
- * Se tiene registrado al padre de las crías.

El macho debe montar al menos dos veces a la hembra. Con esto se puede mejorar el porcentaje de preñez y número de lechones nacidos y destetados.

Hembras gestantes

La mayoría de las razas de cerdos alcanza la pubertad a los cinco meses, la cerda no debe cubrirse cuando entra en celo por primera vez. Es mejor que se desarrolle durante otro mes antes de cubrirla, porque se encontrará en mejores condiciones para parir y amamantar una buena camada de lechones. Sólo se utilizarán como reproductoras las cerdas con catorce tetas para que puedan alimentarse todas sus crías.

Al inicio del celo, el animal se muestra inquieto, la hembra olfatea la vulva de sus compañeras y emite un gruñido característico. Monta y se deja montar con otras cerdas, su apetito varía y se presenta una secreción blanquecina en la vulva. Para detectar el celo se hace presión con ambas manos sobre los lomos de la hembra; si la hembra se queda quieta, será una indicación de que está dispuesta a aceptar al macho.

En hembras jóvenes, la primera monta se realiza a las 12 horas de la aparición del celo, se recomienda cubrir por primera vez a las hembras jóvenes a la aparición del segundo o tercer celo, que es aproximadamente a los 8 meses de edad. Así, se tienen hembras bien desarrolladas que pueden soportar el esfuerzo de la lactancia. A las cerdas con más de un parto se las puede exponer al verraco dentro de los 8 días después del destete (FAO, 1999).

Después de la monta, la hembra retorna a su corral. A los 21 días, se observa si ésta entra nuevamente en celo; si eso no sucede, la hembra ha quedado preñada. La cerda no fecundada entra en celo cada 21 días si dispone de alimentos y agua suficientes, el celo durará alrededor de 8 a 36 horas. En promedio una cerda puede parir de 9 a 10 lechones por camada.

Si la cerda no muestra signos de estar en celo después de tres semanas de cubierta es que está preñada. La gestación dura 3 meses, 3 semanas y 3 días.

Los síntomas principales de la aproximación del parto son los siguientes:

- * la cerda se pone nerviosa e inquieta y algunas veces agresiva;
- * generalmente rehúsa ingerir alimento;
- * la vulva y tetas se inflaman;
- * con el hocico comienza a reunir paja o material de la cama para hacer su nido;
- * al apretar los pezones estos segregan algo de leche.

La duración normal de un parto es de dos a tres horas, pero puede prolongarse hasta seis horas. Generalmente los lechones nacen en intervalos de 15 a 20 minutos, la señal de conclusión del parto, es la expulsión de la placenta, los lechones muertos y los restos de placenta deben ser retirados. A las 24 horas después del parto las cerdas deben ser nuevamente alimentadas.

Una semana antes del parto es conveniente preparar el corral de maternidad. Limpiar y desinfectar el piso, paredes, comederos y bebederos. Colocar una cama de 15 cm. de paja, aserrín, rastrojo de maíz o algún otro material aislante, antes de que sea instalada en el corral de parto, la hembra debe recibir un baño con agua y jabón y algún producto desparasitante.

El parto es un proceso natural, por lo que la cerda generalmente no necesitará ayuda. Una vez que ha nacido el primer cerdo, los otros y las parias salen rápidamente. El parto se completa en 2-3 horas; el cordón umbilical se rompe por sí solo (no es necesario cortarlo) y el lechoncito busca inmediatamente una teta para mamar. Si el ombligo sangra se debe atar fuerte con una cuerda o cordón limpio.

No todos los lechones crecen con el mismo ritmo, algunos son más pequeños que otros, luchan por el alimento y los más pequeños crecen a menor velocidad e incluso mueren. Es normal que haya diferencias en las ganancias de peso y en el crecimiento entre los lechones de una camada, pero si ningún lechón se desarrolla bien y no hay señales evidentes de enfermedad se deberá pensar que la cerda produce poca leche. Este es el caso de las cerdas viejas, puede necesitarse una cerda nodriza para criarlos.

Si una cerda muere durante el parto, otra cerda tiene que amamantar a sus crías, los lechones huérfanos deben mezclarse con los propios de la cerda nodriza para que los acepte. Sin embargo, la nueva madre no puede amamantar a las dos camadas a la vez, por lo que se necesitarán varias nodrizas para amamantar a todos los huérfanos, (FAO, 2000).

Manejo del lechón

Se debe recibir a los lechones en un lienzo limpio y luego limpiar principalmente la nariz y la boca. Se debe desinfectar el cordón umbilical con yodo u otro desinfectante. Durante el parto se los puede mantener en un cajón de cartón con una fuente de calor, por ejemplo con un foco protegido con una lata abierta por la parte de abajo. Cuando haya nacido el último animal, se colocan todas las crías junto a la madre para que mamen el calostro, que es la leche de los primeros días después del parto. Es fundamental que todos los lechones mamen el calostro de la madre, antes de que transcurra una hora de nacidos, el calostro proporciona anticuerpos vitales para proteger a los lechones de enfermedades infecciosas.

Al día de nacidos se deben despuntar los ocho dientes, parecidos a colmillos, de los lechones con pinza o alicate desinfectados, para que no lastimen las tetas de la madre. Es importante no arrancar o quebrar los colmillos.

A los cinco o siete días de nacidos, los lechones deben ser castrados, para lo cual se debe lavar y desinfectar con yodo diluido la bolsa o escroto y también el cuchillo o navaja que se va a utilizar.

Destete

Los lechones maman de su madre hasta que tienen unas 7 semanas. Cada vez toman menos leche y comen más alimentos sólidos hasta que se destetan, se interesan por el alimento sólido cuando tienen una o dos semanas de edad. En el campo, los lechones comienzan a comer alimentos sólidos de manera natural, pero a los estabulados debe ofrecérselos. A los animales jóvenes debe dárselos el alimento nuevo de forma gradual para evitar problemas digestivos.

Alimentación.

Los cerdos comen de todo. Comen hierba y todo tipo de plantas, deben mantenerse en un campo bien vallado donde comerán todas las plantas y hierbas que contenga. El cerdo no sólo come las partes verdes de las plantas, sino que hurgando en la tierra también come las raíces.

El productor puede aprovechar los hábitos alimentarios de los cerdos. Colocando un cerdo en un campo lo limpiará de hierbas, removerá la tierra y fertilizará el campo.

Los cereales triturados y transformados en harina son un buen alimento. También se pueden dar a los cerdos los desechos de cosechas y desperdicios de cocina, desperdicios de frutales, forraje picado, combinaciones de granos (maíz, sorgo, avena, cebada, arroz, trigo, etc.), los subproductos de éstos, melaza de caña, ensilado, heno y tortas ganaderas.

El cerdo deberá disponer siempre de agua limpia y fresca. Una cerda que esté criando necesita 20-30 litros de agua por día. Los cerdos están listos para el matadero a los 63-68 Kg. al cabo de unos cinco meses aproximadamente.

Los cerdos mantenidos en chiqueros necesitan alimentarse dos veces al día, una vez por la mañana y otra por la tarde. Los cerdos del campo recibirán una vez al día harina o alimento, por ejemplo, restos de hortalizas.

Para los machos (verracos) el consumo de alimento es de aproximadamente 2,5 kg de materia seca por día, lo que representa aproximadamente 10 kg de materia verde, y para las hembras reproductoras durante la primera parte de la gestación el alimento puede ser igual que el suministrado a los verracos. Durante las últimas cuatro semanas su alimentación debe reforzarse con alguna fuente de proteínas, aumentando la ración de 1,5 kg a 3 kg por día.

Después del parto se debe proporcionar un alimento rico en proteínas debido a la gran demanda fisiológica que exige la producción de leche, (FAO, 2000).

Alojamiento.

Los sistemas alternativos utilizados con pastoreo en la cría y engorde de animales se acercan más al ideal ecológico, ya que permiten al animal manifestar sus patrones naturales de conducta, y facilitan la inclusión de un cultivo forrajero en la rotación de cultivos. En la adopción del modelo de pastoreo, es esencial el pastoreo rotacional para evitar el asentamiento de parásitos, es necesario el cercado para evitar daños a los pastos por hociqueo, aunque esta conducta puede ser beneficiosa si el fin perseguido, por ejemplo, es recuperar terrenos o quitar malezas.

Cuando los cerdos se mantienen en el campo y tienen acceso a un lugar caliente, una zona baja para descansar y dormir, como harían en estado salvaje se desarrollan mejor.

Los cerdos pueden mantenerse en un campo donde se alimentan de hierbas y otras plantas. Si la cerca no es suficientemente resistente, los cerdos se escapan. Los animales deben disponer de cobijos o refugios para dormir. Pueden construirse con tableros de madera o metálicos y deben contener un lecho. Los refugios deben poder trasladarse a otros campos cuando sea necesario. (Fig. 73).

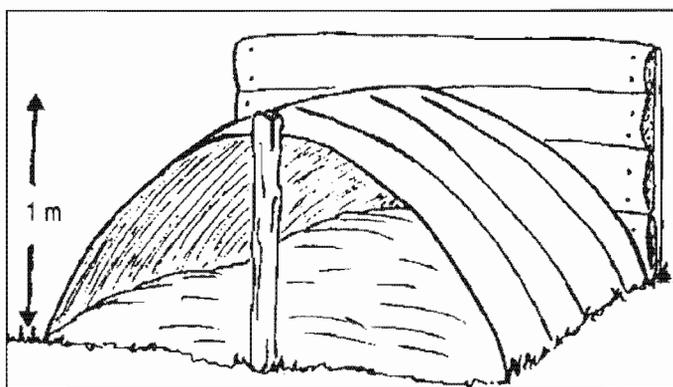


Figura 73. Chiquero que se puede fabricar para el pastoreo rotacional de los cerdos

La instalación para alojar a los cerdos bajo estabulación cuando sea necesario, debe contar con una buena ventilación natural. Los corrales deben ser construidos sobre terreno permeable con buen drenaje. Los locales deberán ubicarse teniendo en cuenta la dirección de la luz solar y los vientos dominantes. En lugares cálidos la orientación deberá ser este - oeste. (Lampkin, 1998).

El número de corrales estará en función de la cantidad de animales que se desea criar. Para una pequeña manada de dos a cinco vientres, se requieren dos corrales de maternidad, un corral para el verraco y un corral para hembras. (Ver cuadro. 17).

Cuadro 17. Metros cuadrados requeridos por animal de acuerdo al clima

Tipo	Templado	Frío	Cálido
Verraco	7.5	6.25	10.0
Hembras	6.0	5.0	8.0
hembras y crías	7.5	6.25	10.0
Destetados	0.75	0.62	1.0

Fuente: (FAO, 2000).

Si en un futuro la manada aumentara, las instalaciones se deben ampliar y dar otro arreglo partiendo de tres normas importantes para un sistema de estabulación, el cual considera requisitos etológicos y de bienestar para cerdos:

- 1). Deben tener espacio para moverse libremente
- 2). Debe contar con áreas para defecar y tumbarse separadas: éstas deben proveerse de materiales como paja en los que sea posible hocicar, revolcarse, etc.
- 3). Los cerdos deben mantenerse en grupos familiares, (Lampkin, 1998).

Conforme a estas normas se puede diseñar la instalación adecuada que permita a los cerdos cumplir con la mayoría de sus procesos de comportamiento más importantes en un área limitada.

Las áreas para comer y para anidar están separadas y unas pantallas separadoras para las cabezas mantienen la suficiente separación individual durante la comida (mientras comen, los cerdos mantienen de forma natural una distancia). En la parte trasera de la instalación la cerda puede construir un nido protegido por dos partes, y en esta posición puede ver el exterior de la parte frontal del cochinerero. El área de defecación está situada al frente al menos a tres metros de distancia del nido, y así vuelven a reflejarse los patrones naturales de conducta.

El contacto social es otro aspecto importante, en el sistema familiar, se mantienen grupos estables de dos cerdas adultas y dos jóvenes con sus lechones y cerditos de engorde en cuatro espacios interconectados, el verraco y los cerdos jóvenes viven también en la manada, permitiendo que se desarrolle la misma estructura social que se tendría con los

4.1.2.2.12. Salud animal.

La capacidad del animal para liberarse de una enfermedad mediante sus propios mecanismos de defensa debería ser un punto de partida para cualquier modelo ecológico de salud animal. La primera medida consistirá en crear un entorno adecuado para el animal, de modo que el estrés y otros factores no impidan su resistencia, es importante mantener la salud mediante la adopción de las formas más apropiadas de alimentación, estabulación y niveles de producción, la utilización de terapias alternativas a los medicamentos convencionales reducen o eliminan las necesidades de uso de los antibióticos, aunque no se podrá prescindir de éstos totalmente, ya que pueden presentarse situaciones en las cuales será necesario utilizarlos para prevenir el sufrimiento innecesario de los animales o salvar la vida de los mismos.

Una de las principales causas de enfermedades es la falta de adaptación de los animales al medio, por tanto, escoger la raza adecuada nos puede permitir disminuir enormemente los riesgos sanitarios.

Otra medida importante que se debe tomar es la de limpiar las instalaciones donde serán alojados los animales. Los establos se han de desinfectar periódicamente. Para ello se puede utilizar cualquier desinfectante de origen natural como son; yodo, sosa cáustica, jabones, detergentes biodegradables, permanganato potásico, cal... etc. Además de retirar las camas de paja para procesar el estiércol y convertirlo en compost, por lo menos dos veces al año. (Lampkin, 1998).

4.1.2.3. Módulo Ciclaje.

4.1.2.3.1. Ciclaje dentro de la granja

El ciclaje dentro de la granja tendrá que ser una herramienta muy importante para poder mantener la sostenibilidad de la granja a largo plazo.

Se deben de fomentar mecanismos de ciclaje de nutrientes que permita utilizar los recursos con los que se cuenta en la granja de tal forma, que los desperdicios de alguna actividad o trabajo puedan ser empleados en otra como un insumo de buena calidad y generado ahí mismo, el cual permitirá obtener productos o satisfactores para beneficio de la familia.

Así por ejemplo, el agua utilizada en la vivienda la cual viene cargada con desechos jabonosos o con excretas será reciclada para poderla regresar al ciclo natural del agua, dándole un tratamiento a los desechos orgánicos en la fosa séptica o en el entramado de raíces, convirtiéndolos nuevamente en nutrientes disponibles para las plantas.

Los sistemas de captación de agua de lluvia pueden ayudar a evitar gastos excesivos de la red municipal, así como para disponer de ella durante todo el año para las diversas actividades de la granja. El sol debe ser la principal fuente de energía, por lo cual se debe de aprovechar lo máximo posible, (calentando agua, generando electricidad, aumentando el

dosel vegetal para captar al máximo la energía solar para que sea fuente de alimentos, abonos y otros bienes).

Todos los desechos que se generen en la producción pueden ser utilizados tanto para regresar al suelo, o como ya se mencionó para el establecimiento de otras actividades. Finalmente el desecho generado regresará a la lombriz, también puede ser utilizado como complemento alimenticio en los animales o será composteado para producir abono. Es importante mencionar que la introducción de los animales, además de generar ingresos y ser fuente de alimento y mano de obra, busca cerrar el ciclo energético al utilizar los estiércoles generados como fuente energética en el sistema productivo. Asimismo, las actividades que se realicen en la granja deben fomentar el ciclaje de nutrientes, por ejemplo: la rotación de cultivos, agroforestería, cultivos intercalados basados en leguminosas, etc.

4.1.2.3.2. Compost

El compost intenta recrear las condiciones que existirían en un ecosistema sin perturbaciones, donde la materia orgánica se acumula en la superficie del suelo y no se incorpora regularmente a él como ocurre en los ecosistemas agrícolas. Los abonos orgánicos o compost se obtienen por la descomposición controlada y cíclica de residuos o desperdicios vegetales y animales. El resultado de esa mezcla se denomina humus. Es el constituyente más importante del suelo para el crecimiento de las plantas. En la relación suelo-planta, el abono nos proporciona las siguientes ventajas:

- Favorece el desarrollo y las actividades de las poblaciones de microorganismos en el suelo
- Aumenta la desintegración de compuestos o sustancias en el suelo, efectuada por los microorganismos durante el proceso de transformación en minerales solubles, capaces de ser absorbidos por las plantas
- Provee de sustancias nutritivas a la planta las cuales se liberan paulatinamente en el suelo, por lo que su efecto es mucho más prolongado
- Mejora la bioestructura del suelo, el drenaje, aireación y facilidad para ser trabajado
- Aumenta la capacidad de infiltración del agua reteniendo la humedad del suelo
- Contribuye a que las plantas sean fuertes y toleren bien el ataque de plagas y enfermedades (Nuñez,2000).

Principio básico.

El proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas, conocidas como mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración.

Inicialmente, las variedades de microorganismos mesófilos, presentes en los residuos orgánicos o en la atmósfera, empiezan a descomponer los materiales; se desprende calor y la temperatura aumenta. El pH desciende por la producción de ácidos orgánicos. Por encima de los 40°C, predominan las variedades termófilas y la temperatura asciende hasta los 60°C, donde se desactivan los hongos, por encima de esta temperatura la reacción se mantiene por los actinomicetos y las bacterias formadoras de esporas. En esta fase de alta

temperatura, se consumen rápidamente las sustancias más fácilmente degradables como azúcares, almidones, grasas y proteínas; el pH se hace alcalino a medida que se libera el amonio de las proteínas. La velocidad de la reacción disminuye a medida que se atacan los materiales más resistentes; el montón entra entonces en una fase de enfriamiento, a medida que desciende la temperatura, los hongos termófilos vuelven a invadir el montón desde los extremos y empiezan a atacar la celulosa. Luego vuelven a invadirlo las variedades mesófilas de microorganismos. Este proceso se realiza de manera bastante rápida, durante unas pocas semanas; la etapa final, de maduración, necesita varios meses; las reacciones se producen en la materia orgánica residual para dar lugar al producto estable del humus o los ácidos húmicos. Durante este periodo se produce una intensa competencia por el alimento entre los microorganismos; se generan antagonismos, se forman antibióticos y el montón es invadido por macrofauna (ácaros, lombrices, etc.) que contribuyen a la descomposición mediante la maceración de las partículas físicas Gray y Biddlestone, (1988), citado por Lampkin (1998).

Los objetivos del compostaje son:

- Supresión de olores desagradables
- Mejora de las condiciones higiénicas
- Reducción de la capacidad germinativa de malezas
- Mantenimiento y mejora del valor del abono
- Aumento de la actividad biológica de los suelos
- Influencia positiva sobre la calidad de las plantas
- Pérdida mínima de nutrientes durante la aplicación
- Gastos de inversión mínimos
- Condiciones aceptables de trabajo
- Necesidades mínimas de energía externa con respecto a la elaboración y uso.

Para que se efectúe el proceso descrito, un buen montón de compost necesita tener los siguientes elementos:

- 1) la estructura correcta para permitir una aireación suficiente del montón
- 2) el contenido correcto de humedad
- 3) el nivel de nutrientes correcto para permitir a los microorganismos trabajar.

El balance del material entre energía y nutrientes viene determinado por la relación entre el carbono y el nitrógeno (C/N). La relación C/N ideal está entre 25 y 35/1, si la relación C/N es demasiado pequeña, entonces no habrá suficiente carbono para que los microorganismos utilicen todo el nitrógeno presente, con lo que aumentarán las pérdidas por volatilización; por el contrario, si la relación C/N es demasiado alta, no habrá suficientes nutrientes, especialmente nitrógeno, disponibles para el desarrollo de los microorganismos.

El contenido de humedad es también muy importante, la humedad es esencial para que funcione el proceso de compostaje, pero demasiada humedad excluirá el aire, provocando el desarrollo de una descomposición anaerobia; el contenido de humedad ideal es del orden

de 55-70%. Esto se puede comprobar con la mano, cuando se aprieta el material, si no surge agua, es que el montón está demasiado seco y necesita que se le añada agua, si el agua gotea, es que el montón está demasiado húmedo. Con un contenido óptimo de humedad, las gotas de agua deben aparecer entre los dedos, y el material apretado debería mantener su forma cuando se deja de presionar. Cuanto menos paja haya en el material, lo más probable es que el contenido de humedad sea mayor. La cantidad de humedad aumentará también como resultado del proceso de descomposición.

El otro aspecto fundamental para el montón de compost es que el aire pueda llegarle en suficiente cantidad. Un montón estrecho y alto que permite que el aire alcance el centro desde los lados es preferible a uno ancho que puede permanecer anaerobio en el centro.(Lampkin, 1998).

Pasos para la preparación del compost:

La preparación del compost consiste básicamente en los siguientes pasos:

- 1) Preparación del terreno donde se va a establecer la compostera: se afloja el suelo a 30 cm. de profundidad, el propósito es exponer la parte inferior de la pila a los organismos del suelo y para que el agua se cuele. Si se cuenta con mucha materia que descomponer, lo más conveniente es construir dos o tres aboneras, esto permitirá conservar las aboneras bien aireadas.
- 2) Colocación de la abonera. Es importante escoger un lugar que considere el transporte (la pila de ubicarse tan cerca como sea posible de la fuente de materia orgánica y cerca del lugar donde va a usarse, para ahorrar tiempo y trabajo en el transporte del material orgánico y el compost), el espacio en torno a la pila (un espacio dos o tres veces mayor que el que ocupa la pila es el más práctico para poder voltear el compost), el aire(el material debe poder recibir aire suficiente), y la humedad
- 3) Recolección de materiales: algunos materiales se descomponen más rápidamente que otros en la pila de compost, por ello es importante usar una combinación de varios tipos. El material orgánico puede dividirse, en términos generales, en dos grupos:
 - Material orgánico que se descompone fácilmente; por lo general material joven y vivo: partes de plantas verdes, estiércol de animales, frutos dañados, y desechos de cocina
 - Material orgánico que se descompone con dificultad, por lo común material resistente y a menudo muerto: restos de poda de árboles, rastrojos, mazorcas, etc.
 - Se pueden utilizar también: cenizas, huesos molidos, cal, cáscaras de huevos, la cama de paja utilizada en la estabulación de los animales.
- 4) Mezclas de materiales: de ser posible se deben triturar finamente los materiales por utilizar, mientras más finos o reducidos se encuentren, más rápida será su descomposición y utilización.
- 5) Colocación de los materiales: a) Se depositan de 15 a 20 cm. de una mezcla de materia seca y materia verde (zacates, rastrojos, paja, malezas, residuos

de podas, desperdicios de cocina) es decir carbono y nitrógeno que permita la circulación del aire, la capa debe quedar pareja sobre toda la extensión del área aflojada, b) luego se extiende una capa de 10 cm. de estiércol animal, c) se coloca una capa de 2 cm. de tierra, la tierra puede ser de cualquier clase, pero entre más fértil sea es mejor, d) se rocía de agua hasta que quede bien empapada

- 6) Se agregan capas a la abonera en el mismo orden, cada vez que se añade una capa de materiales se debe mojar un poco para que se humedezca uniformemente (que esté húmeda y no le escurra agua). Cuando se llega a 1.5 o 2 m. de altura aproximadamente, se termina con una capa de tierra, se humedece y se cubre la pila con un plástico negro, paja u hojas después de 10 a 14 días, una vez que haya tenido lugar el proceso de calentamiento intenso, es recomendable retirar el plástico en tiempo seco para permitir que el montón respire. La pila puede reducirse en la superficie superior de modo que sea más redonda que angular.
- 7) Después de tres o cuatro semanas tendrá que voltearse el montón, para después, cada dos semanas estarlo volteando. Entre más veces se voltee, el proceso se volverá más rápido y la abonera dará mejores resultados.(Fig. 75)

Cuando el compost esté maduro, generalmente a los 4-6 meses, puede esparcirse sobre los cultivos que lo necesitan, mezclándolo con la capa de tierra superficial antes del barbecho, también puede aplicarse directamente en los surcos antes de la siembra, o en las cepas donde se sembrarán árboles. Un buen compost debe ser tolerado rápidamente por los cultivos en cualquier etapa de desarrollo. La relación óptima de C/N del compost terminado es de alrededor de 15/1. (Caballero y Montes, 1997)

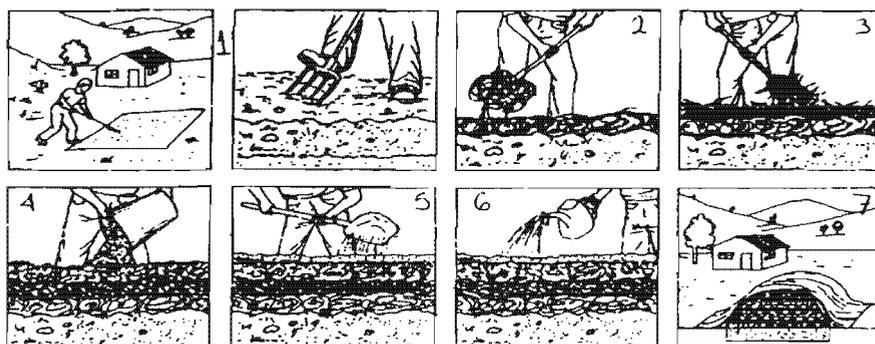


Figura 75. Ilustración que describe los pasos que se deben realizar para preparar una abonera

4.1.2.3.3. Lombricompost

El lombricompost puede definirse como la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices composteadoras. Es una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y mineralización de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono para las plantas (Capistrán, 2001).

A diferencia de otras técnicas convencionales de compostaje, el proceso de lombricompost toma provecho de las cualidades biológicas y fisiológicas de las lombrices para potenciar la descomposición aeróbica de la materia orgánica. Con este principio pueden procesarse prácticamente cualquier residuo orgánico ya sea urbano, agroindustrial o pecuario.

El abono de lombrices no es sino el conjunto de las excretas, turriculos o heces de las lombrices: tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aereación, drenaje y capacidad de retención de humedad. Durante el proceso no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables, además no requiere de equipos costosos, ni controles estrictos.

Especies de lombrices apropiadas.

No cualquier especie de lombriz puede ser utilizada para transformar los residuos orgánicos, ya que éstas cuentan con características diferentes a las lombrices de "tierra común". Las lombrices composteadoras son, esencialmente comedoras de materia orgánica, se distinguen por vivir y desarrollarse en sitios de alta concentración de materia orgánica, como pueden ser excretas de animales, cavidades naturales y suelos con gruesas cubiertas de restos vegetales; aún dentro de este grupo, sólo unas cuantas especies son las más usadas y difundidas por el hombre para el lombricompostaje.

Las lombrices composteadoras tienen una coloración más oscura y pigmentada que las comunes, crecen y se reproducen más rápidamente, pueden alimentarse de materia orgánica sin presencia de suelo, pueden alcanzar mayores densidades de población y pueden ser cultivadas por el hombre en sitios y condiciones artificiales.

Las principales características que debe reunir una lombriz de tierra para la producción de lombricompost son.

- a) Ciclo biológico corto y rápido desarrollo
- b) Alta voracidad
- c) Prolífica o de gran multiplicación
- d) Muy vivaz o que transforme mucha materia orgánica
- e) Tolerante a situaciones de estrés y manipulación
- f) Adaptabilidad
- g) Estar acostumbrada o adaptadas a vivir en cautividad y en altas densidades de población

De las lombrices estudiadas, las más eficientes y productivas para el aprovechamiento de residuos orgánicos han demostrado ser *Eisenia andrei*, la “lombriz Roja de California”; *Eisenia fetida*, la “lombriz tigre”; *Perionyx excavatus*, la “lombriz Oriental de las compostas” y *Eudrilus eugeniae* “lombriz Africana de las compostas”. Con todo, *Eisenia andrei* ha sido la más utilizada para lombricompostaje en todo el mundo, incluyendo también en México, por ser la más manejable, eficiente y fácil de cultivar. (Capistrán, 2001).

Desarrollo y reproducción.

En todos los casos, las lombrices composteadoras tienen un ciclo de vida muy sencillo, que transcurre siempre dentro de la materia orgánica en la que se desarrollan. Asimismo, requieren de mantenerse siempre en un medio húmedo y no pueden sobrevivir por mucho tiempo a la intemperie, pues se pueden deshidratar y morir rápidamente ya que son fotofóbicas (los rayos ultravioleta pueden perjudicarla gravemente), las lombrices acostumbran siempre mantenerse en las capas más cercanas a la superficie, entre los 2 y los 20 cm. de profundidad del nivel de la materia orgánica. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra con la faringe evaginada o bulbo muscular, digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra.

Una de las razones por las cuales las lombrices se reproducen tan rápida y profusamente, es el hecho de que cada lombriz es hermafrodita. Sin embargo, aún así requieren de la participación de dos individuos para realizar la copulación, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Ambos ejemplares pueden generar entonces progenie y descendencia por medio de la formación de capullos o cocones, cuya forma y tamaño se asemeja a la de una gota de agua. Los capullos se forman exteriormente a partir de una mucosidad en el clitelo, que al avanzar hacia el extremo anterior arrastra varios óvulos y espermatozoides, una vez expulsado el capullo completamente, se endurece su superficie, pero permite reconocer los cambios de coloración de su interior.

Al cabo de una o dos semanas de ser depositado, cada capullo puede dar emergencia a una o varias lombrices que salen por uno de los extremos, después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación, temperatura y los cuidados, con un peso de uno o dos miligramos al nacer, cada lombriz puede llegar a crecer hasta alcanzar en 30 a 45 días, el peso de 2 a 3 gramos, es decir 2000 a 3000 veces más que su peso al nacer.

Su crecimiento es gradual y continuo, sin mayor modificación que el solo cambio de tamaño y peso corporal; al cabo de aproximadamente un mes puede alcanzar el estado adulto, reconocible a simple vista por la presencia de un anillo o silla de montar, más claro en el tercio anterior, de mayor grosor al resto de su cuerpo, conocido como clitelo, que alberga los órganos reproductivos de las lombrices, cuando alcanza la madurez sexual, se aparean una vez a la semana.

Cada lombriz puede alcanzar una vida de 15 años y cada año puede producir, en ciertas condiciones, hasta 1500 lombrices al año. (Anónimo, 2001).

Acción de las lombrices en el sustrato.

En cantidades de decenas de miles por metro cuadrado, comen y se desarrollan en la materia orgánica, con su metabolismo y su interrelación con microorganismos, convierten los residuos orgánicos en abonos fertilizantes, humus y factores de crecimiento de gran valor para el desarrollo de las plantas y el mejoramiento de la fertilidad del suelo. La acción de las lombrices no es aislada, sino que se realiza en múltiples vías, junto con los microorganismos degradadores aeróbicos a los cuales favorece y multiplica.

Las lombrices, en su acción de transformación física y química movilizan, trituran, mezclan y airean la materia orgánica y contribuyen a la proliferación de los microorganismos, quienes a su vez metabolizan y transforman muchas sustancias que la lombriz no podría digerir por sí misma; de tal forma se da esta asociación lombrices-microorganismos, en donde ambas partes se benefician y en conjunto dan lugar a un proceso de alta eficiencia y rapidez. De hecho, el procedimiento dura el justo tiempo que la lombriz tarda en comer y defecar la materia orgánica, lo que se ha calculado en no más de 4-5 horas.

Durante el lombricompostaje de la materia orgánica, es posible reconocer muchos mecanismos de acción, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Las lombrices fabrican galerías en la materia orgánica, lo que favorece la aireación y ventilación, y por lo tanto la entrada de oxígeno y la salida del bióxido de carbono; de esta manera se impide la generación de malos olores y se promueve la degradación aeróbica.
- Mientras recorren y se trasladan dentro de los residuos, las lombrices recubren las paredes de las galerías con un muco gelatinoso, que favorece el desarrollo de microorganismos, mismos que inician desde allí la degradación de la materia orgánica.
- Con su aparato digestivo las lombrices trituran y muelen la materia orgánica, incrementando en miles de veces la superficie de exposición a los microorganismos, lo que facilita también su acceso y degradación.
- Reducen o en algunos casos eliminan patógenos de plantas y animales, favoreciendo en cambio la microflora y microfauna natural de los suelos fértiles. El abono sale del intestino de la lombriz con una carga bacteriana mayor que la que ellas mismas ingirieron.
- Durante su digestión, mezclan los diferentes componentes de la materia orgánica, permitiendo una uniforme composición y homogenización de los elementos nutritivos contenidos en el sustrato.
- Cada turriculo o excreta, se recubre de una membrana gelatinosa y nutritiva conocida como “membrana peritrófica”, que proporciona cohesión y soporte a la materia orgánica, además de un medio de crecimiento favorable al desarrollo de los microorganismos.
- Al colocar sus excretas superficialmente, cubren la materia orgánica más fresca, lo que abate la generación de olores y mantiene alejadas a moscas, cucarachas, ratones y otros organismos indeseables.

- Durante el proceso, se generan compuestos bioactivos de importancia para los procesos bioquímicos y reguladores de los suelos, como son: enzimas, antibióticos, vitaminas, hormonas y sustancias húmicas, de gran valor para la nutrición vegetal.(Fig. 76).
- Los turriculos conservan su estructura y porosidad, lo que asegura una liberación lenta y regulada de los nutrientes, sin pérdidas por erosión, lavado o lixiviado. (Capistrán, 2001).

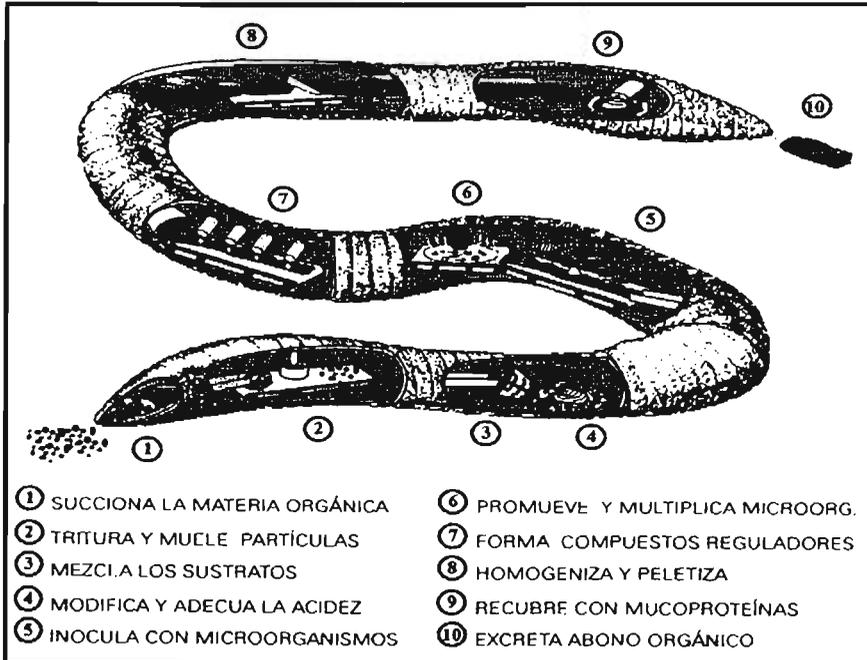


Figura 76. Esquema general del procesamiento de la materia orgánica por la lombriz composteadora *Eisenia andrei*.

Condiciones ambientales para su desarrollo.

El control de los factores ambientales, así como la correcta alimentación con el sustrato orgánico, son los determinantes para una correcta y eficiente crianza de lombrices. Por lo que se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

Temperatura.

El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12 a 25°C, siendo los 20°C el rango óptimo, para la formación de cocones el rango se encuentra entre 12 y 15°C.

Humedad.

Todas las lombrices necesitan humedad, ya que respiran a través de su cuerpo y éste debe mantenerse húmedo para que el intercambio de gases se efectúe, además un contenido de humedad adecuado permite la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material, las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto la falta de humedad les imposibilita dicha operación. En este sentido la humedad promedio más favorable para las lombrices es de 85%.

Aireación.

Las lombrices al igual que los microorganismos aeróbicos, respiran como nosotros, por lo cual el sustrato debe permitir la suficiente ventilación interna para que éste proceso se lleve a cabo sin entorpecimientos. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

pH.

Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre 5, ligeramente ácido y 8, ligeramente alcalino; es decir en un rango cercano al 7. De hecho, durante la descomposición orgánica de la materia, los cambios químicos que se presentan, modifican el pH fuertemente, pasando desde valores ácidos hasta alcalinos y terminando en valores cercanos al neutro. Sólo si los valores de pH del sustrato se encuentran persistentemente inclinados hacia uno u otro extremo, se puede tratar de neutralizar añadiendo pequeñas cantidades de cal disuelta para casos de acidez o vinagre en forma disuelta para reducir alcalinidad.

Alimentación.

El alimento que se les proporcionará será materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. Si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 65°C), matarán a las lombrices. Generalmente, las lombrices consumen lo que pesan y más de la mitad de lo que ingieren se transforma en humus, se debe colocar el alimento cada 10-15 días. Para incorporar el sustrato se debe hacer una pequeña excavación, depositar el sustrato picado y remezclarlo con el abono del fondo, al terminar se debe cubrir la mezcla con el mismo abono que se retiró al efectuar la excavación, con esta práctica se evita la presencia de material fresco expuesto en la superficie, que pueda generar olores o atraer moscas. Cabe mencionar que las lombrices no podrán procesar un material entero o que se encuentre sobresaliendo de la superficie del depósito, pues esto implicaría para ellas tener que salir de la superficie y quedar expuestas a la desecación o a los predadores. En este caso, se limitarán solamente a consumir el material desde abajo, en la fracción que se encuentre enterrada bajo el nivel de la superficie.

Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando entre otros:

- restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera
- desperdicios de mataderos
- residuos vegetales procedentes de explotaciones agrícolas
- estiércol de especies domésticas
- frutas y tubérculos no aptos para el consumo humano
- fangos de depuradoras (Capistrán, 2001).

Manejo productivo.

En términos generales, un sitio o planta de lombricompostaje comprende los siguientes componentes primordiales:

- 1) Una fuente continua y disponible de residuos orgánicos
- 2) Una población de lombrices en la cantidad y de la especie correcta
- 3) Un diseño o instalación eficiente, con el equipo apropiado para cultivarlas
- 4) Un lugar o sitio cómodo o apropiado
- 5) Un manejo correcto de las poblaciones y las condiciones ambientales.

Para dar una referencia aproximada del espacio necesario para procesar residuos orgánicos con lombrices, se puede considerar que se requieren en término medio un área de 0.16 a 0.20 m² (0.45 x 0.45) por cada kilogramo de residuo orgánico generado por semana, (Ver cuadro 18).

Cuadro 18. Áreas estimadas para la construcción del alojamiento de acuerdo a la cantidad de desechos orgánicos generados.

Desechos orgánicos generados Kg/semana	Área del depósito (cm ²)	Tipo y materiales recomendables (Opcional)
2	4000	4 taras plásticas o cajón de madera
4	8000	Construcción en piso o cajón de madera
6	12000	Construcción en piso
8	16000	Construcción en piso
10	20000	Construcción en piso

Fuente: Capistrán, 2001.

Ya que las lombrices tienden a comer y desarrollarse cerca de la superficie, por ello, en la medida que el recipiente sea proporcionalmente más amplio que profundo, permitirá alojar una mayor población de lombrices y el proceso podrá ser más eficiente. Por el contrario, los recipientes profundos, tienden a sostener menores poblaciones y tienden a compactar el sustrato, dando lugar a condiciones anaeróbicas, indeseables y generadoras de malos olores.

Las dimensiones por lo tanto, deben dar siempre preferencia a una superficie mayor, contra profundidades menores, que no sobrepasen los 40 o 60 cm. La anchura está

determinada en cambio por el alcance cómodo que podamos tener al trabajar en dicha superficie con los brazos extendidos.

Cuando los volúmenes de los residuos orgánicos son altos como en el caso de estiércoles de animales en grandes establos o de residuos vegetales de cosechas como podría ser en la granja integral, resulta más conveniente utilizar diseños modulares estableciendo camellones directamente al suelo para un manejo más sencillo y menos costoso. Un ejemplo apropiado para procesar volúmenes de sustrato que van de los 7 m^3 (el equivalente a un camión de volteo) hasta 20 o 30 camiones de volteo, está formado por camellones modulares, con espacios para calles de aproximadamente 1m. de anchura para uso y circulación de carretillas. Sus dimensiones más comunes son de 1m. de ancho por 0.40m. de profundidad, con longitudes variables para adaptarse a la distribución en el terreno, (Anónimo, 2001).

Este tipo de diseño se recomienda complementarlo con una cobertura de sombreado vegetal, además de cortinas rompevientos, son muy importantes pues brindan amparo contra los vientos fuertes y también contra el frío, ya que pueden aumentar en 2 o 3 °C la temperatura dentro del predio (Fig. 77). Al igual que se utiliza block o gravilla, pueden ser utilizados otros materiales accesibles de la región, y que pueden ser igualmente útiles como son, costados de madera, bandas de hules, bambú o mallas plásticas, (Fig 78) UNCADER, (1996), citado por Capistrán (2001).

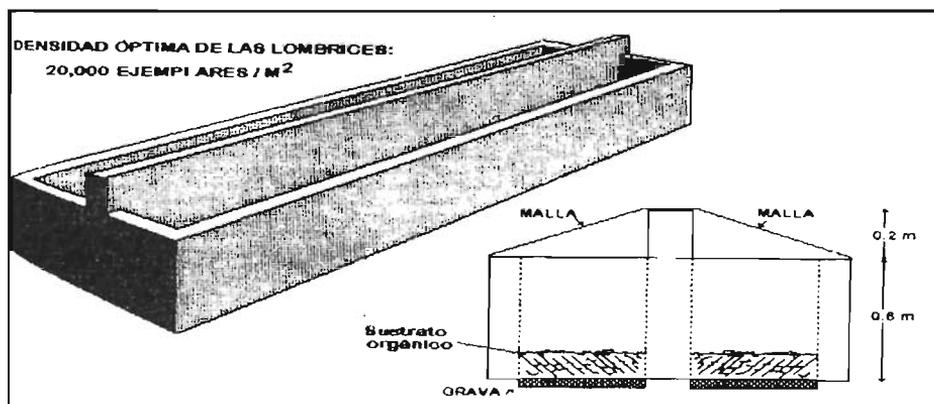


Figura 77. Modelo de cama para volúmenes de sustrato de 7 m^3 , la pared intermedia de mayor altura sirve para colocar sombra y el desvío de la lluvia.

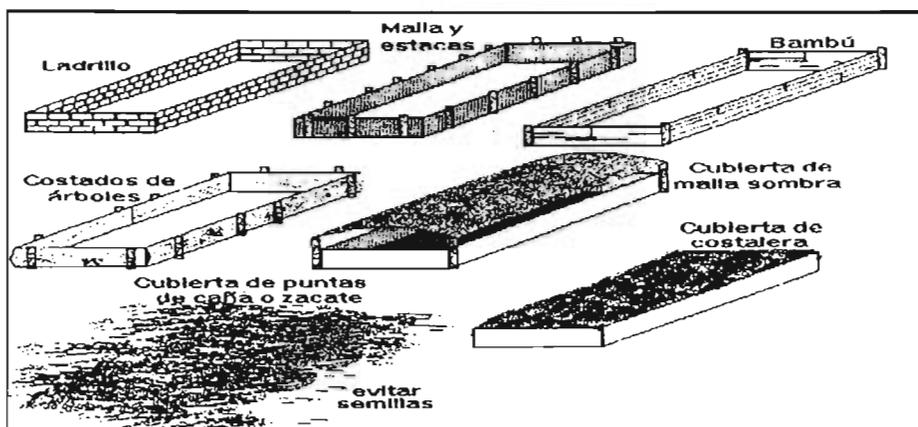


Figura 78. Construcción de las camas de lombricompostaje utilizando diversos materiales. UNCADER, (1996), citado por Capistrán (2001).

Pie de cría.

Un pie de cría se le conoce a una cantidad definida de lombrices, usualmente 10,000 ejemplares, que se utiliza como unidad de venta y traspaso para el establecimiento de un nuevo sitio de lombricompostaje. Dependiendo del tamaño del nuevo sitio a establecer, podrán ser necesarios más o menos cantidades, pues cada pie de cría sirve para inocular más allá de 4m², es decir 2,500 ejemplares por metro cuadrado. Una población en su nivel de estabilidad se encuentra en aproximadamente 20,000 individuos/m².

Cuando la superficie total de la futura planta de lombricompostaje es grande y la cantidad de lombrices necesaria resulta alta para adquirirse como pie de cría inicial, conviene entonces realizar un proceso de escalonamiento o reproducción gradual del pie de cría inicial, para ir ampliando progresivamente la superficie de trabajo. En cambio, cuando la superficie total a cubrir es pequeña, lo mejor es inocular el área en su totalidad, de esta manera se tendrá una población suficiente para trabajar sin contratiempos.

Escalonamiento.

Durante el escalonamiento se debe atender con mayor prioridad a la reproducción de las lombrices, más que a la producción de abono que pudiera generarse en ese mismo lapso. El escalonamiento es el procedimiento mediante el cual se extiende la superficie y por ende la capacidad de procesamiento de los residuos orgánicos, para estimular la proliferación de las lombrices; implica duplicar en cada etapa el área de lombricompostaje.

En términos generales un camellón de lombricompostaje puede ser duplicado en su superficie cada tres meses, esto quiere decir que del valor de superficie inicial cubierta por el pie de cría, se duplicará la población a los tres meses. La volveremos a duplicar a los seis meses y haremos una tercera duplicación a los nueve meses, mismos que al concluir el año alcanzarán su nivel de estabilidad poblacional. Esto equivale a pasar de 1 a 2 veces, después a 4 veces y finalmente a 8 veces el área inicial.

El sitio adecuado.

La mejor ubicación para cultivar las lombrices, es un sitio ventilado, fresco, de preferencia sombreado, que permita un ambiente estable, sin extremos de altas o bajas temperaturas y con disponibilidad de agua permanente.

Una vez que se han tomado en cuenta los factores anteriores de la producción, se diseña el proyecto considerando cuatro fases o etapas de desarrollo:

- Fase 1. Precompostaje: es la fase en la cual se estabiliza el desecho a utilizar, de ello depende el éxito del proyecto. Un mal manejo del desecho al inicio retarda la reproducción de la lombriz y el proceso como tal, por lo tanto, se debe trabajar adecuadamente con el compostaje.
- Fase 2. Siembra de la lombriz: Encontrándose el desecho en su punto óptimo de la fase 1: temperatura de 25°C, pH de 7, y humedad del 80 a 85% hay condiciones favorables para la siembra de la lombriz. El desecho deberá colocarse en el lugar definitivo donde trabajará la lombriz antes de realizar la siembra. Una vez sembrada se llevará un tiempo reconociendo el material y luego comenzará su trabajo, en esta fase se inicia la multiplicación de la lombriz. Un pie de cría debe llevar lombrices de todas las edades, pero principalmente que estén iniciando la etapa reproductiva, también debe tener cocones. Si reúne estas características deberá incrementarse hasta 6 veces en 12 semanas.
- Fase 3. Proceso de transformación: la fase de transformación inicia posterior al reconocimiento que hace la lombriz al desecho y se acelera conforme se incrementa la densidad poblacional, a mayor cantidad de individuos menor tiempo de transformación.
- Fase 4. Cosecha: concluida la fase de transformación, el material está en condiciones de ser cosechado como abono, razón por la cual es necesario separar a la lombriz, esto se realiza modificando ligeramente el ritmo y método de alimentación al depósito, para facilitar la cosecha, colocando por algunos días el sustrato más superficialmente en toda el área de la cama, para atraer la mayor cantidad de lombrices hacia la superficie. Esto permitirá retirar a las lombrices del abono, una vez retiradas se siembran para continuar con la fase 2, cosechada la lombriz se procede a la cosecha del abono. Cosechado el abono se procede a su aplicación en campo o bien se empaca y se almacena. La cosecha se realizará dos veces al año. (Martínez, 2001).

Características más importantes del humus de lombriz:

- El humus de lombriz es de color negruzco, granuloso, homogéneo y con olor agradable a tierra de monte
- Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta 5 años.

- Alta carga microbiana del orden de los 20 mil millones por gramo seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nemátodos.
- Produce hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas.
- Es un abono bioorgánico activo, que ejerce en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas
- Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas, la química del humus de lombriz es tan equilibrada que permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo
- El humus de lombriz es un abono de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas de suelo (haciéndolo más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada. (Ver cuadro 19).
- Neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas y herbicidas) debido a su capacidad de absorción. (Martínez, 2001).

Cuadro 19. Composición del humus.

Humedad	30-60%
pH	6.8-7.2%
Nitrógeno	1-2.6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácidos fúlvicos	14-30%
Ácidos húmicos	2.8-5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10-11%

Fuente: Martínez, 2001

4.1.2.3.4. Letrina abonera seca

La contaminación fecal constituye un importante problema de salud pública en áreas rurales de los países en vías de desarrollo. La inadecuada disposición de las excretas provoca la diseminación de enfermedades. Este es el motivo por el cual la diarrea es considerada la principal causa de mortandad infantil. Al observar las limitaciones de las letrinas convencionales, se inició la búsqueda de alternativas que salvaran estos inconvenientes y a la vez proporcionarán a las comunidades rurales beneficios adicionales como el abono.

Una alternativa sensata y eficaz de disposición de desechos orgánicos humanos es la letrina seca, una opción que consta de una doble cámara compostera, impermeable y un excusado especial para separar las heces de la orina, en la cámara de las heces se agrega ceniza, cal o tierra para ayudar en el proceso de degradación en seco. (Van Lengen, 2002).

Ventajas de la letrina abonera seca.

- Degradan las excretas humanas y permiten la producción de abonos sanitarios seguros
- Son económicas, se adaptan a las condiciones de la vivienda rural, es fácil aprender a construirlas, se utilizan materiales locales y una familia puede mantenerla sin dificultad
- Eliminan los microorganismos patógenos, evitan las enfermedades transmitidas por las heces
- No requieren agua para funcionar (escasa en muchas áreas rurales)
- La inversión se recupera y, en el corto plazo produce beneficios comprobables
- El abono que se produce mejora los suelos por la adición de materia orgánica, microbiota, así como micronutrientes contenidos en heces y cenizas
- Ocupa poco espacio, no produce olores desagradables ni propicia la proliferación de moscas, lo cual permite colocarla cerca de la vivienda, incluso dentro de ella. (Lesur, 1998).

Características.

Se construye sobre un firme de cemento de 10 cm. para evitar que el interior de las cámaras se humedezca y que el excremento este en contacto con la tierra. En lugares donde el nivel freático sea muy superficial, o que se inunde fácilmente, es recomendable construir el firme sobre una base de piedra de 20 cm.

Se puede construir de tabique, barro cocido, tabicón piedra o ferrocemento, es fundamental que el interior de las cámaras cuente con un recubrimiento pulido, para contrarrestar la acción del excremento sobre los muros, y si es posible también el exterior, para evitar que la humedad penetre a las cámaras. Cada cámara es de unos 500 litros de capacidad, en la parte trasera o a un lado de cada cámara se coloca una puerta hermética

que sólo se abre para vaciar el excremento hecho composta en más o menos un año de reposo.

Sobre las cámaras va una losa de concreto con dos agujeros, uno sobre cada una. En uno de ellos se instala una taza separadora de orina, la manguera se acopla a la cámara de retención de orina y se introduce en un recipiente de plástico o vidrio con boca angosta, (Fig. 79), la remoción de los recipientes, dependiendo su tamaño se debe hacer regularmente, se puede utilizar rebajándolo con agua, en una dilución de entre 10 y 20% como fertilizante para las plantas. Es importante vigilar que se lleve a cabo la separación de la orina y las heces, si se moja la cámara se producen malos olores y se impide la compostación seca, en el otro se coloca una tapa hermética.

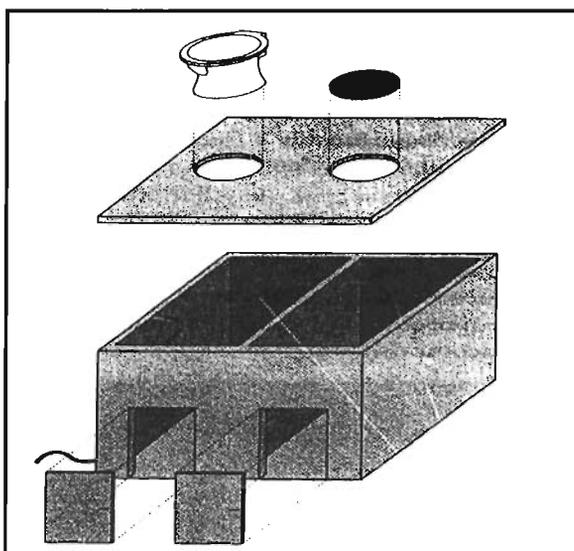


Figura 79. Diseño de las cámaras donde se compostará el excremento

Las cámaras se usarán alternadamente: cuando se llene una, se sella la parte superior y la compuerta lateral, y se deja reposar,; mientras tanto se utiliza la otra. Durante el tiempo que la cámara permanece cerrada los parásitos del excremento son destruidos por la acción de la cal o ceniza. La taza se pasa al orificio de la otra cámara, cuando las dos cámaras se han llenado, o un poco antes, se habrá la compuerta hermética de la primera cámara, se vacía y sus contenido se emplea como abono. Antes de volver a usar esa cámara, se debe sellar la compuerta para que no entre humedad. Nunca están en uso simultáneo las dos cámaras.

Antes de iniciar el uso de la primera cámara, se echa en su interior una capa de unos 5 cm. de tierra vegetal, seca y cernida, para proporcionar al excusado una base para iniciar la descomposición. Cada vez que se usa el excusado seco, en vez de jalar la manija del agua, se echa una dosis o medida de cal y tierra o de ceniza, cernida y seca, para que cubra el

excremento y lo seque. Los procesos de descomposición que ocurren en el interior de las cámaras son:

- 1) Descomposición aeróbica: mientras la cámara esta en uso, los organismos presentes en la tierra colocada antes de usar el excusado empiezan a descomponer el excremento.
- 2) Deseccación alcalina: durante el tiempo que el excremento permanece tapado, sin la presencia de agua, luz y aire, la cal y la ceniza "queman" y quitan el agua a los parásitos, de manera que al cabo de unos meses se encuentra libre de enfermedades. (INSO, 1998).

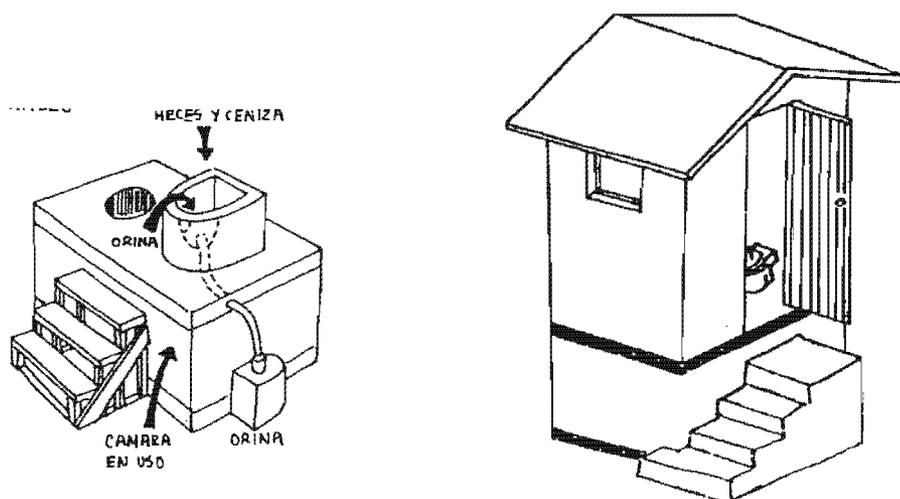


Figura 80. Diseño y construcción de la cámara de 500 Lts y caseta

Para no impedir la evaporación de la humedad del excremento, la taza debe permanecer abierta la mayor parte del tiempo. Este sanitario no contamina el agua ni el aire, no produce olores desagradables, no propicia la reproducción de moscas u otros insectos dañinos. Puede mantenerse en uso por tiempo indefinido y producir un buen abono orgánico. (Fig. 80).

Uso y mantenimiento:

- Sentarse de manera que el excremento caiga en la cámara y la orina en el separador
- Se puede arrojar el papel sanitario a la cámara (de preferencia blanco) si se usa papel con tinta se debe separar y quemar
- El excremento fresco se debe cubrir con una mezcla de tierra y cal o tierra y ceniza cada vez que se use el sanitario

- Cada dos o tres semanas se debe comprimir el contenido de la cámara en uso con un pisón de madera o una duela
- Cuando el contenido de la cámara este a 10 cm. del borde, se debe de terminar de llenarla con tierra seca bien compactada
- Si acaso se perciben malos olores o se producen moscas, es porque el interior está húmedo a causa de filtraciones por las compuertas, la taza o el separador de la orina. Para secarlo se agrega una cantidad suficiente de cal con tierra y ceniza, y se corrigen las fugas
- Para limpiar la taza se pasa una esponja o estropajo húmedo por dentro y por fuera, evitando que caiga agua dentro de la cámara. Se puede arrojar agua jabonosa (de jabón de pasta) al separador de orina. No use detergentes. (INSO, 1998)

4.1.3. Catalogo de Conceptos de Ecotecnologías.

En este apartado se mencionarán los precios relacionados con la los materiales y construcción de las ecotecnologías que se planea colocar en la granja, así como los costos de cada una de ellas que estén relacionadas con la infraestructura de la granja, desde el módulo de la vivienda hasta el de ciclaje

Los precios fueron investigados con personas relacionadas con estas técnicas (maestros albañiles y arquitectos), asociaciones civiles y organizaciones no gubernamentales relacionadas con la conservación y manejo de recursos naturales; el resto de los precios se investigaron en tiendas comerciales, ferreterías, tiendas de materiales para la construcción, forrajerías, empresas relacionadas con energías alternativas y tianguis de animales.

Los precios considerados fueron consultados en establecimientos del Distrito Federal y área metropolitana y fueron comparados con los del lugar a donde se desea establecer el proyecto, existiendo en muchos de los precios una similitud en los mismos. Los precios fueron obtenidos de los meses de Julio-Agosto del 2004.

Los precios se describen para cada uno de los módulos empezando por el de vivienda. (Ver cuadros. 20, 21, 22 y 23).

Cuadro 20. Módulo vivienda:

Descripción	Costo
Tanque de ferrocemento de 2.40m øx2.20m h	\$ 4,318.00
Calentador de agua con energía solar	\$ 1,018.00
Sistema fotovoltaico de 7 celdas	\$75,000.00
Sistema de fosa séptica	\$ 9,955.00
Entramado de raíces	\$ 3,754.00
TOTAL	\$ 94,045.00

Cuadro 21. Módulo agrícola:

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Sub-Total
palas	4	\$ 80	\$ 320.00
picos	2	\$ 100.00	\$ 200.00
azadón	3	\$ 80.00	\$ 240.00
bielidos	3	\$ 145.00	\$ 435.00
carretillas	2	\$ 370.00	\$ 740.00
mochila aspersora	1	\$ 540.00	\$ 540.00
rastrillos	2	\$ 80.00	\$ 160.00
TOTAL:			\$ 2,635.00

Cuadro 22. Módulo pecuario:

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Sub-Total
Compra de conejos *	11	\$ 50.00	\$ 550.00
Compra de gallinas *	30	\$ 60.00	\$ 1,800.00
Compra guajolotes *	6	\$ 220.00 par	\$ 660.00
Compra de borregos	11 hembras	\$ 1,500.00	\$ 16,500.00
	1 macho	\$ 3,400.00	\$ 3,400.00
Compra de cabras *	11 hembras	\$ 450.00	\$ 4,950.00
	1 macho	\$ 550.00	\$ 550.00
Compra de cerdos *	5	\$15Kgx60Kgx5animales	\$ 4,500.00
gallinero	1	\$ 3,480.00	\$ 3,480.00
conejas	3	\$ 332.00	\$ 996.00
Corral para borregos	1	\$ 4,110.00	\$ 4,110.00
Corral para cabras	1	\$ 4,110.00	\$ 4,110.00
Corral para cerdos	1	\$ 3,900.00	\$ 3,900.00
TOTAL:			\$ 49,506.00

Nota: * Los precios que aquí se mencionan son de animales "criollos" con excepción de los borregos que son de la raza Pelibuey.

Cuadro 23. Módulo ciclaje:

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Sub-Total
Pie de cría lombriz roja de California	1 libra	\$ 565.00	\$ 565.00
Construcción en piso	1	\$ 500.00	\$ 500.00
Equipo para el manejo compost/vermicompost	varios	\$ 800.00	\$ 800.00
Letrina seca	1		\$ 3,048.00
TOTAL:			\$ 4,913.00

GRAN TOTAL: \$ 151,099.00

4. Conclusiones.

4.1. Que el proyecto pueda ser utilizado como una alternativa al modelo de producción actual, para que en la granja integral el productor logre satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, además de obtener un excedente para destinarlo a los mercados y con esto lograr capitalizarse para que pueda alcanzar un nivel de vida digno y satisfactorio.

4.2. Para la revalorización de usos y técnicas tradicionales que, complementadas con las que se citan en este trabajo sean utilizadas para lograr una explotación de los recursos sostenida y sustentable, conservando así la integridad y funcionalidad de los procesos vitales de la Naturaleza; que permitan también servir de estímulo y arraigo al productor.

4.3. Las ecotecnologías pueden ser una opción viable para las necesidades de agua, salud, vivienda y producción de alimentos para productores de escasos recursos, lo cual les puede permitir vivir adecuadamente y producir en cantidad y calidad sin verse en la necesidad de utilizar insumos externos; ya que varias de estas técnicas se pueden utilizar, fabricar y adaptar a materiales y condiciones de la región, así como el aprovechar la propia mano de obra del productor y su familia, reduciendo de esta forma los costos.

4.4. El proyecto es factible de llevarse a cabo, ya que comparando, si se realizará de una manera convencional, los costos serían mayores, además la ventaja que tiene esta forma de producción es que, se empieza con las necesidades más apremiantes, para después desarrollarlo de acuerdo a las inquietudes y exigencias de cada productor, sin tener que implementarlo de manera inmediata.

4.5. Una vez establecida la granja integral, además de la producción agropecuaria, se pueden adoptar otro tipo de actividades relacionadas con ella que permitan la entrada de ingresos por otros conceptos, como el de la educación ambiental, fauna silvestre, ecoturismo, etc.

4.6. Que genere condiciones adecuadas para los productores de la región, lo cual signifique formas de producción alternativas, aprovechando, integral y adecuadamente los recursos de la zona; la creación de autoempleos y empleos, la organización de los ejidatarios; así como mecanismos de comercialización más justos para sus productos.

. Bibliografía:

- 1.-Altieri, Miguel. (1987). AGROECOLOGY: THE SCIENTIFIC BASIS OF ALTERNATIVE AGRICULTURE. Boulder:Westview Press, London, UK, 338 pp.
- 2.-Altieri, Miguel, Hecht B. Susana. (1990). AGROECOLOGY AND SMALL FARM DEVELOPMENT, CRC Press, U.S.A.
- 3.-Altieri, Miguel, Nicholls I. Clara. (2000). AGROECOLOGÍA. TEORÍA Y PRÁCTICA PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), México, 246 pp.
- 4.-Anónimo Centro de Estudios Agropecuarios (2001).MANUAL DE LOMBRICULTURA, Grupo Editorial Iberoamérica, 58 pp.
- 5.-Anónimo, Centro de Estudios Agropecuarios (2001). MANUAL DE CRIANZA DE CAPRINOS, Grupo Editorial Iberoamérica, 67 pp.
- 6.-Arias Chávez, Jesús. (1978). CARTILLAS DE ECOTECNICAS PARA LA VIVIENDA AUTOSUFICIENTE, Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), México, 83 pp.
- 7.-Burbach Roger,FlynnPatricia.(1983). LAS AGROINDUSTRIAS TRASNACIONALES: EU Y AMÉRICA LATINA, ERA, México, pp 23-70.
- 8.-Buxadé, Carlos. (1998). ZOOTECNIA BASES DE PRODUCCIÓN ANIMAL, MONOGRAFÍA II, ALOJAMIENTOS E INSTALACIONES, Mundi-Prensa, España, 416 pgs.
- 9.-Caballero C. Alejandra, Montes R. Joel. (1997). AGRICULTURA SOSTENIBLE. UN ACERCAMIENTO A LA PERMACULTURA. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), México, 234 pgs.
- 10.-Calva José Luis. (1997). EL CAMPO MEXICANO: AJUSTE NEOLIBERAL Y ALTERNATIVAS, Juan Pablos Editor, México, pp 123-143.
- 11.-Calvillo Unna, Jorge. (1999). LA CASA ECOLÓGICA. Tercer milenio, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), México, 63 pgs.
- 12.-Capistrán, Fabricio.(2001). MANUAL DE RECICLAJE, COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE. Instituto de Ecología A.C., México, 150 pgs
- 13.-Collado Lara Ramón. (1992). DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS COMUNIDADES, Colección Seinor no. 12, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España, 128 pgs.

- 14.-Darrow Ken, Pam Rick. (1980). MANUAL DE TECNOLOGÍA ADECUADA. Vol I. Centro de Estudios Económicos y Sociales del tercer Mundo (CEESTEM), México, 346 pgs.
- 15.-Deffis Caso, Armando. (1989). LA CASA ECOLÓGICA AUTOSUFICIENTE PARA CLIMA TEMPLADO. Editorial Concepto, México, 354 pgs.
- 16.-De Grammont C. Hubert. (1996). LA SOCIEDAD RURAL MEXICANA FRENTE AL NUEVO MILENIO, VOL I, LA INSERCIÓN DE LA AGRICULTURA MEXICANA EN LA ECONOMÍA MUNDIAL, UAM-A, UNAM, INAH, Plaza y Valdés, México, pp 323-409.
- 17.-De Grammont C. Hubert, Tejera Gaona, Hector. (1996). EL ACCESO A LOS RECURSOS NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE. Vol. III, INAH, UAM, UNAM, Plaza y Valdés, México, 1996, pp 213-323.
- 18.-De Silguy, Catherine. (1999). LA AGRICULTURA BIOLÓGICA, Acribia, España, 127 pp.
- 19.-Dickson, David. (1984). TECNOLOGÍA ALTERNATIVA Y POLÍTICAS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO, H. Blume, España, 196 pgs.
- 20.-Elliot, David. (1980). DISEÑO, TECNOLOGÍA Y PARTICIPACIÓN, Editorial Gustavo Gili, España, 188 pgs.
- 21.-Enkerlin C. Ernest. (1997). CIENCIA AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE, International Thomson Editores, México, pp 341-649.
- 22.-ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO. (2000). Centro Estatal de Desarrollo Municipal, Secretaría de Educación Pública (SEP), México, pp 215-219.
- 23.-FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). (2000). MEJORANDO LA NUTRICIÓN A TRAVÉS DE HUERTOS Y GRANJAS FAMILIARES. MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA TRABAJADORES DE CAMPO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Roma, Italia, 357 pp.
- 24.-FAO. (1987). MANUAL DE AUTO-INSTRUCCIÓN EN PRODUCCIÓN CASERA DE CONEJOS. Santiago Chile, 231 pgs.
- 25.-García Chávez, Roberto. (2000). HACIA UNA ARQUITECTURA ECOLÓGICA Y SUSTENTABLE. Seminario internacional, UAM- Azcapotzalco, México, pp 129-142.
- 26.-García Trujillo R. A. (1996). LOS ANIMALES EN LOS SISTEMAS AGROECOLÓGICOS. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC), Universidad de Córdoba, España, 129 pp.
- 27.-Gasquet, Héctor. (2000). CONVERSIÓN DE LA LUZ SOLAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA. MANUAL TEÓRICO Y PRÁCTICO SOBRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, El Paso Solar Energy Asociation, El Paso Texas, UUSA, 247 pgs

- 28.-Guerra E. Guillermo, et al. (1997). LA ECONOMÍA DEL AGRONEGOCIO. Limusa, México, pp 21-32.
- 29.-Gliessman R. Stephen. (2001). AGROECOSISTEM SUSTAINABILITY, DEVELOPING PRACTICAL STRATEGIES, CRC Press, USA, pp 3-13.
- 30.-Granados Sánchez Dióodoro, López Ríos Georgina Florencia.(1996). AGROECOLOGÍA, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México, 409 pgs.
- 31.- Instituto Internacional de Agricultura Tropical.(2000). MANUAL DE PRÁCTICAS INTEGRADAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. Boletín de tierras y aguas de la FAO no. 8, pp 93-176.
- 32.- Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca (INSO). (1998). MANUAL DE TÉCNICAS DE DEFENSA ECOLÓGICA, 2 ed, Fundación Friedrich Ebert, México, 130 pgs.
- 33.-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (1990). GUÍAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE CARTOGRAFÍA. EDAFOLOGÍA, México, 46 pgs.
- 34.-Kraemer Bayer, Gabriela. (1993). UTOPIA EN EL AGRO MEXICANO, CUARENTA PROYECTOS DE DESARROLLO EN ÁREAS MARGINADAS, UACH, México, 582 pgs.
- 35.-Krishnamurthy L. Ávila Marcelino. (1999). AGROFORESTERÍA BÁSICA. TEXTOS BÁSICOS PARA LA FORMACIÓN AMBIENTAL no. 3, PNUMA, México, 340 pgs.
- 36.-Lacki Polan, Gaitán Arciniegas, Jorge(1993) LA MODERNIZACIÓN DE LA AGRICULTURA: LOS PEQUEÑOS TAMBIÉN PUEDEN. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), serie desarrollo rural no. 11, Chile, 67 pgs.
- 37.-Lampkin, Nicolas. (1998).AGRICULTURA ECOLÓGICA, Mundi-Prensa, España, 725 pgs.
- 38.-Leff, Enrique y Carabias, Julia.(1999). CULTURA Y MANEJO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES. Vol II, PNUMA, Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa, México, pp 297-772.
- 39.-Lesur, Luis. (1998). MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CISTERNAS, TINACOS Y FOSAS SÉPTICAS, trillas, México, 84 pgs.
- 40.-Limón Navarro, Enrique. (1990). PRODUCCIÓN DE BORREGO PELIBUEY, Trillas, México, 137 pgs.
- 41.-Louise E. Buck.(1999). AGROFORESTRY IN SUSTANIABLE AGRICULTURAL SYSTEMS, CRC Press, USA, pp 33-125.

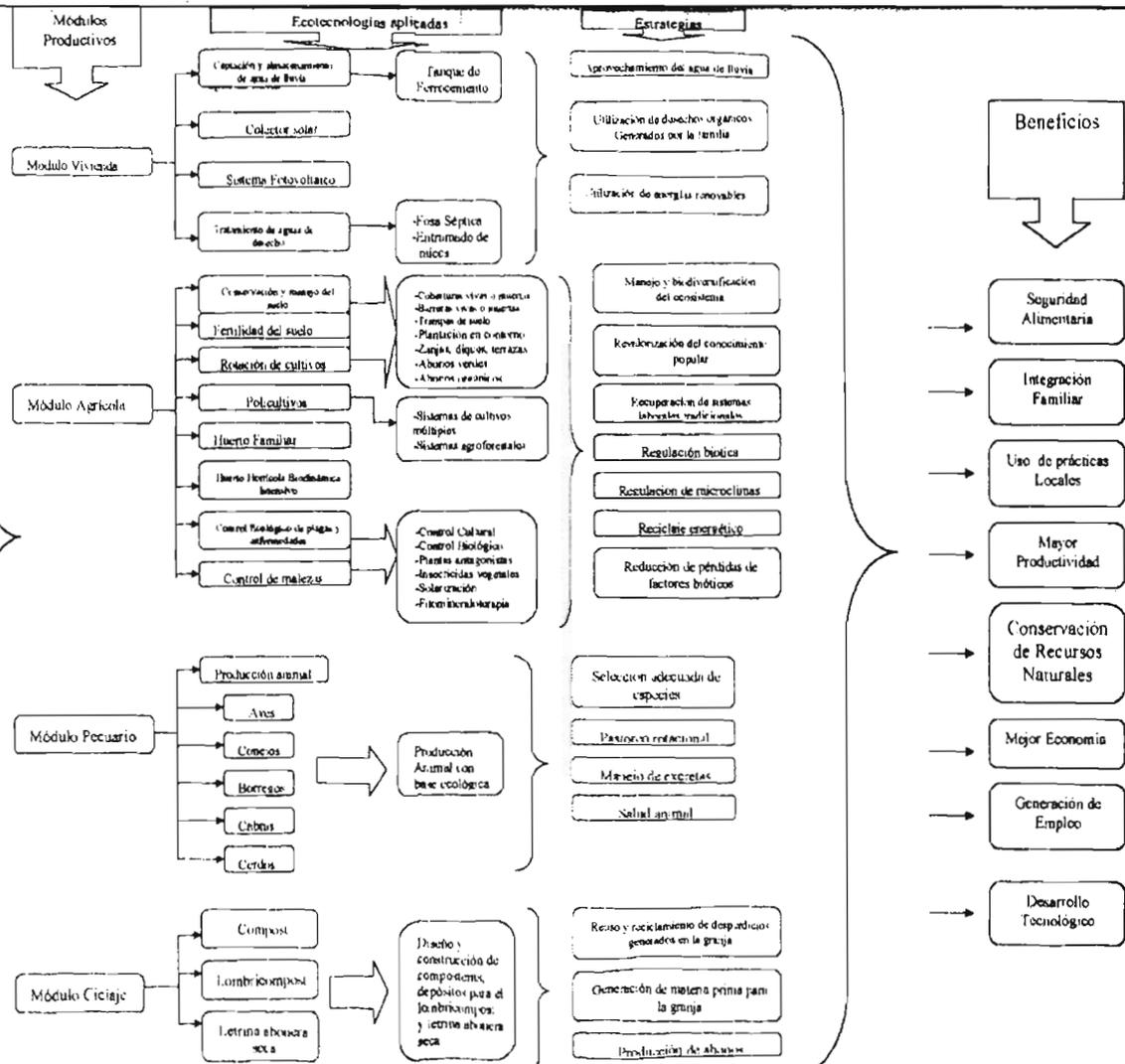
- 42.-Martínez Cerdas, Claudia.(2000). LOMBRICULTURA Y DESARROLLO SUSTENTABLE Futura, México, 236 pgs.
- 43.-Nuñez, Miguel Ángel. (2000). MANUAL DE TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS. Manuales de Capacitación Ambiental no. 4, PNUMA, México, 94 pgs.
- 44.-Powers E. Laura, McSorley, Robert. (2001). PRINCIPIOS ECOLÓGICOS EN AGRICULTURA. Paraninfo Thomson learning, España, 421 pgs.
- 45.-R. W. Widdowson. (1987). TOWARDS AGRICULTURE A SCIENTIFIC APPROACH. Pergamon Press. UK, 187 pgs.
- 46.-Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). (1997). DIRECCIÓN DE INGENIERÍA SANITARIA. MANUAL DE SANEAMIENTO, VIVIENDA, AGUA Y DESECHOS, Limusa, México, 212 pgs.
- 47.-Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP).(1980). AUTOCONSTRUCCIÓN: ESTUDIOS E INVESTIGACIONES APLICADAS, México,pp 69-108
- 48.-Seymour John. LA VIDA EN EL CAMPO Y EL HORTICULTOR AUTOSUFICIENTE. (1999). Blume, 4ª reimpresión, España, pp 90-173.
- 49.-Toledo M. Victor, Carabias, Julia. (1993). LA PRODUCCIÓN RURAL EN MÉXICO: ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS, no. 6, Fundación Universo Veintiuno, México, pp 141-286
- 50.-Trujillo Arriaga, Javier.(1996). ECOLOGÍA APLICADA A LA AGRICULTURA, TEMAS SELECTOS DE MÉXICO UAM-Xochimilco, México, 183 pgs.
- 51.-Tudela, Fernando.(1989). SISTEMAS DE FOSA SÉPTICA, Cuaderno divisional no. 5, UAM- Xochimilco, México, 95 pgs.
- 52.-Tyler Miller Jr.(1994). ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. Grupo Editorial Iberoamérica, México, 827 pgs.
- 53.-Tyler Millar Jr. (2002). INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA AMBIENTAL, DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA TIERRA, UN ENFOQUE INTEGRADO. Sed, Thomson, España, 449pgs
- 54.-Van Lengen, Johan.(2002). MANUAL DEL ARQUITECTO DESCALZO. COMO CONSTRUIR CASAS Y OTROS EDIFICIOS. Pax, 1ª reimpresión, Colombia, 541 pgs.
- 55.- Voisin, André.(1994) PRODUCTIVIDAD DE LA HIERBA, Hemisferio Sur, Argentina, 501 pgs.
- 56.-Wenhua, Li. (2000). AGRO-ECOLOGICAL FARMING SYSTEMS IN CHINA. MAN AND BIOSPHERE SERIES Volume no. 26, UNESCO, Italy, 423 pgs.

ANEXOS



Anexo 1. Maqueta que representa la distribución de los módulos en la granja Integral

GRANJA INTEGRAL



Anexo 2. Esquema que representa la estructura de la Granja Integral, así como las estrategias y beneficios.