



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN
DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES
EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO
NUXAÁ, OAXACA.**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS FORESTALES**

P R E S E N T A:

ROSALBA ORTIZ LÓPEZ

CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO, OCTUBRE DE 2010



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL
MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO NUXAÁ, OAXACA

Tesis realizada por la C. **Rosalba Ortiz López** bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el
grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



Dr. DIODORO GRANADOS SÁNCHEZ

ASESOR:



M.C. JAVIER SANTILLÁN PÉREZ

ASESOR:



Dr. JOSÉ AMANDO GIL VERA CASTILLO

DEDICATORIA

En cada etapa de la vida se conocen y desconocen personas por lo cual el tiempo se vuelve efímero y los recuerdos van yendo más allá de la inconsciencia de ser recordados, pero hay detalles que no se echan de menos por toda la existencia. Dichos detalles hacen referencia a las personas más importantes en mi vida y que en todo momento vienen a mi mente; en ellos encuentro la fortaleza para andar por el camino de la vida y tener esa vela encendida. Por lo tanto, la dedicatoria a:

Padres

Hermanos

Amigos

No olvidando que sobre todas las cosas está **Dios**.

Tanto tiempo esperas para recibir la lluvia que llena de humedad la tierra y crea un nuevo ambiente en breves momentos, cual vegetación anual es la vida. Así que, no dejes pasar cada instante de tu existir porque tienes posibilidades de descubrir nuevas cosas, superar obstáculos, calmar la sed del sediento, minimizar el sufrir de los padecidos y secar las lágrimas de quien no deja de llorar. No sabes qué traerá el mañana, así que ponte de pie y trabaja, crea, motiva y comprende lo que a tu alrededor ocurre. Toma varios segundos para observar y al fin te darás cuenta que alguien te necesita. No dejes que lo superficial te domine, porque lo esencial es invisible a los ojos y los sabios lo aprecian no juzgando sin causa.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de académicos y administrativos que conforman el programa de la Maestría en Ciencias Forestales, por contribuir a mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por las facilidades de financiamiento otorgada durante la estancia académica de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales.

Al comité asesor: Dr. Diodoro Granados Sánchez, M.C. Javier Santillán Pérez y al Dr. José Amando Gil Vera Castillo, por su tiempo, paciencia y comprensión para el asesoramiento de la presente tesis, además por sus excelentes consejos para una superación personal.

A las autoridades locales y productores del municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca, por su gran apoyo y colaboración al facilitar el desarrollo de esta investigación con sus valiosas aportaciones.

A mi familia por su apoyo durante el levantamiento de la información en campo incluyendo la aplicación de entrevistas.

Al Biól. Andrés G. Miranda Moreno y al M.C. Enrique Guízar Nolzco por su apoyo en la determinación del material de herbario.

A mis compañeros por su amistad incondicional

DATOS BIOGRÁFICOS

Rosalba Ortiz López nació en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Nochixtlán, Oaxaca; sus estudios profesionales los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo habiendo obtenido el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal.

Referente a su desarrollo profesional; impartió asesorías técnicas forestales en el municipio de Santiago Tenango, Etla, Oaxaca de Diciembre de 2006 a Febrero de 2007. Participó en la elaboración del Estudio Regional Forestal de la Sierra Norte de Oaxaca en el periodo de Agosto de 2007 a Marzo de 2008. Así como realización de un inventario florístico en Quintana Roo, México en junio 2008.

Actualmente ha venido manejando un vivero familiar con fines de reforestación e investigación, dicho proyecto pretende integrar a las personas interesadas y expandir el enfoque en todo el municipio, lo cual permitirá el desarrollo de la comunidad a largo plazo.

Por lo tanto, ha considerado a la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales como una herramienta muy útil que podrá aplicar en su formación profesional y laboral orientado a la investigación y enseñanza.

CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO NUXAÁ, OAXACA, MÉXICO.

CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF AGROFORESTRY SYSTEMS ON THE MUNICIPALITY SANTO DOMINGO NUXAA, OAXACA, MEXICO.

R. Ortiz López; D. Granados Sánchez

RESUMEN

Se caracterizaron y clasificaron los diferentes sistemas agroforestales del municipio de Santo Domingo, Nuxaá, Oaxaca, con el propósito de definir la forma de aprovechamiento actual. Se estudiaron los siguientes sistemas: sistema silvopastoril, sistema agroforestal de agricultura-terrazas de maguey, sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey-ganadería, sistema agroforestal de franjas arbóreas-agricultura alterna, sistema silvopastoril en bosque de pino-encino, sistema de huerto familiar y sistema de agrobosque. Las especies de mayor distribución y que se encontraron en más de un sistema agroforestal son: *Pinus* sp., *Quercus* sp., *Acacia angustissima*, *Acacia pennatula*, *Calliandra grandiflora*, *Cuphea eaquipetala*, *Simsia amplexicaulis*, *Aristida* sp., *Muhlenbergia* sp., *Rhynchelitrum roseum*, *Persea* sp. y *Prunus prsica*. Con el análisis de agrupamiento, considerando el 50% de la información explicada, permitió formar tres grupos, definidos por la composición de especies. La ordenación indicó que las variables ambientales más importantes fueron: Arena, Calcio, Limo y Arcilla.

Palabras claves: Caracterización y clasificación, sistemas agroforestales, descripción, análisis, agricultor.

SUMMARY

The different agroforestry systems of the Municipality Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca, were characterized and classified, to define the use form. The following systems were studied: silvopastoral system, agroforestry system of agriculture- terrace of maguey plants, agrosilvopastoral system of terrace of maguey plants-livestock, alley cropping, silvopastoral system on pine-oak forest, home gardens system, and agroforest system. The species which have a large distribution and were found in more of one agroforestry system are: *Pinus* sp., *Quercus* sp., *Acacia angustissima*, *Acacia pennatula*, *Calliandra grandiflora*, *Cuphea eaquipetala*, *Simsia amplexicaulis*, *Aristida* sp., *Muhlenbergia* sp., *Rhynchelitrum roseum*, *Persea* sp. y *Prunus persica*. With a cluster analysis, considering 50% of information remaining, it was allowed to form three groups, they are defined by the composition of species. Ordination showed that the more important environmental variables were: Sand, Calcium, Slime and Clay.

Key words: Characterization and classification, agroforestry systems, description, analysis, farmer.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Hipótesis	2
4. Revisión bibliográfica	3
4.1 Agrosistema	3
4.1.1 Concepto de sistema	4
4.2 Definición de Sistemas Agroforestales	5
4.3 Conceptualización de sistemas agroforestales	5
4.4 Ventajas de los sistemas agroforestales	6
4.5 Desventajas generales de los sistemas agroforestales	8
4.6 Clasificación de los sistemas agroforestales	8
4.6.1 Sistemas Agroforestales Secuenciales	9
4.6.1.1 Agricultura Migratoria (barbecho mejorado)	9
4.6.1.2 Árboles en rotaciones agrícolas (Sistema Taungya)	10
4.6.2 Sistemas Agroforestales Simultáneos	11
4.6.2.1 Árboles en asociación con cultivos perennes	11
4.6.2.2 Árboles en asociación con cultivos transitorios	12
4.6.2.3 Huertos caseros mixtos	12
4.6.2.4 Sistemas silvopastoriles	13
4.6.3 Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos	15
4.6.3.1 Cercas vivas	15
4.6.3.2 Cultivos en callejones	16
4.6.3.3 Cortinas rompevientos	17
4.6.3.4 Árboles en contornos o terrazas	18
4.6.4 Otros sistemas agroforestales	22
4.6.4.1 Lotes multipropósito	22
4.6.4.2 Bancos de proteína	22

4.6.4.3	Sistemas y/o arreglos Multiestratales de componentes agrícolas	23
4.6.4.4	Árboles frutales asociados con cultivos	23
4.7	Enfoque y práctica de la agricultura ecológica	23
4.7.1	Principales técnicas y prácticas agrícolas aplicadas	24
4.7.2	Importancia de los árboles.....	25
4.7.3	El papel de los animales	25
4.7.4	La vivienda sustentable, parte del ciclo biológico.....	25
4.7.5	Sistemas de policultivos.....	26
4.7.5.1	Ventajas en la producción.....	27
4.8	La milpa como agroecosistema.....	27
4.9	Hongos.....	30
4.9.1	Características de los hongos	31
4.9.2	Cómo se reproducen los hongos	32
4.9.3	Los macromicetos	33
4.9.4	Hongos benéficos y perjudiciales.....	33
4.9.5	Hongos comestibles	34
4.10	Silvicultura sustentable	35
4.10.1	Interfase entre la naturaleza y la silvicultura	37
4.11	Sostenibilidad de sistemas agroforestales.....	42
4.12	Productividad y redituabilidad de los sistemas agroforestales	43
4. 11	Principios de estadística multivariada	44
4.11.1	Análisis de agrupamiento (Clasificación).....	44
4.11.2	Ordenamiento	45
4.11.2.1	Análisis de componentes principales (PCA)	47
4.11.2.2	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)	48
4.11.2.3	Análisis de correlación canónica (CA).....	49
4.11.2.4	Análisis de correspondencia canónica (CCA).....	50
5.	Metodología	51
5.1	Caracterización de la zona de estudio	51

5.2 Método	54
6. Resultados	61
6.1 Clasificación de las prácticas agroforestales.....	61
6.2 Componente de los sistemas agroforestales	62
6.2.1 Componente arbóreo-arbustivo-herbáceo	62
6.2.2 Componente agrícola.....	63
6.2.3 Componente ganadero	67
6.3 Categoría por uso de los componentes florísticos.....	68
5.4 Estructura de los sistemas agroforestales.....	70
6.4.1 Sistema silvopastoril	70
6.4.2 Sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey	74
6.4.3 Sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey- ganadería.....	78
6.4.4 Sistema agroforestal de franjas arbóreas- agricultura alterna	82
6.4.5 Sistema silvopastoril en bosque de pino-encino	85
6.4.6 Sistema de huerto familiar	89
6.4.7 Sistema de agrobosque	93
6.5 Análisis multivariados canónicos (canoco)	98
6.5.1 Clasificación	98
6.5.2 Ordenación	100
7. Discusión.....	103
8. Conclusiones	109
9. Literatura citada	112
10. ANEXO.....	119

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Rotaciones anuales de los terrenos agrícolas.	64
Cuadro 2. Calendario de las prácticas agrícolas culturales de los cultivos presentes en la zona.	67
Cuadro 3. Calendario de rotación de actividades de pastoreo en el sistema silvopastoril.....	74
Cuadro 4. Resultados del análisis de correspondencia canónica.....	101
Cuadro 5. Correlación entre los dos primeros ejes de la ordenación y las nueve variables ambientales.	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concepto dinámico e integral de Sistemas en la Agroforestería (Navia, <i>et al.</i> , 2003).....	4
Figura 2.Cruce de sección de una cerca viva sobre un banco de suelo, y rodeado de dos zanjas paralelas (Wojtwowski, 2006).	16
Figura 3. Transecto de un terreno a lo largo de la pendiente y localización de setos conformando terrazas (Wojtwowski, 2006).....	18
Figura 4. Representación diagramática de un paisaje de unidades funcionales controlando los flujos de agua en hileras de setos interconectados. Cada unidad funcional está compuesta de un grupo de hileras de setos asociado a zanjas para detener algo de agua (Wojtwowski, 2006).	20
Figura 5. Cambios en el terreno agrícola. (A) Paisaje anterior; (B) Paisaje presente. Las hileras de setos perpendicularmente a la pendiente han sido removidas para extender los campos agrícolas (Wojtwowski, 2006).	21

Figura 6. Ejemplo de un fenómeno de erosión en el nivel del paisaje después de haber removido las hileras de setos. (A) Zanjas e hileras de setos en la meseta; (B) Coincidencia topográfica en el emplazamiento previo de una hilera de seto que acelera el flujo de agua; (C) Erosión del barranco; y (D) Acumulación de partículas de suelo (Wojtwowski, 2006).	21
Figura 7. Localización del área de estudio (modificado de: revistaemet, 2010; interciencia, 2010).	51
Figura 8. Gráfico de temperatura (Observación de 1927 a 2001).	52
Figura 9. Gráfico de precipitación total mensual (Observación de 1927 a 2001).	53
Figura 10. Ubicación de los sitios de muestreo para los tres estratos (Granados y Tapia, 1983).	56
Figura 11. Perfil semirrealista y danserograma del sistema silvopastoril (<i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Acaccia</i> y ganadería) en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	71
Figura 12. Perfil horizontal del sistema silvopastoril, representado por las principales especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.	72
Figura 13. Perfil semirrealista y danserograma del sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey, en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	75
Figura 14. Perfil horizontal del sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey, representado por maíz, como cultivo principal.	76
Figura 15. Perfil semirrealista y danserograma del sistema agroforestal de terrazas de maguey – ganadería en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	80
Figura 16. Perfil horizontal del sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey - ganadería, representado por las principales familias de herbáceas y género arbustivo presentes.	81
Figura 17. Perfil semirrealista y danserograma del sistema agroforestal de fajas arbóreas (<i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> y <i>Prunus sp.</i>) - agricultura alterna, en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	83
Figura 18. Perfil horizontal del sistema agroforestal de fajas arbóreas-agricultura alterna, en el cual se presentan los géneros arbóreas dominantes.	84

Figura 19. Perfil semirrealista y danserograma del sistema silvopastoril en bosque de Pino-Encino en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	87
Figura 20. Perfil horizontal del sistema silvopastoril en bosque de pino-encino, representado por las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dominantes.	88
Figura 21. Perfil semirrealista y danserograma del sistema de huerto familiar en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.....	91
Figura 22. Perfil horizontal del sistema de huerto familiar, característico en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.	92
Figura 23. Perfil semirrealista y danserograma del sistema de agrobosque en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.....	94
Figura 24. Perfil horizontal de sistema de agrobosque, representando las especies principales presentes en la zona.	95
Figura 25. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra las relaciones jerárquicas entre los sistemas agroforestales.	98
Figura 26. Análisis de correspondencia canónica de los 7 sistemas agroforestales con 40 especies vegetales y nueve variables ambientales, en Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.....	100

1. Introducción

El deterioro de la capacidad productiva en la tierra se debe en gran parte a la deforestación y al uso inapropiado de los recursos; esos problemas surgen, en parte, del aumento de la demanda por el uso de la tierra (Duran, 2003). De ahí que se enfatiza a la agroforestería como una alternativa para el mejoramiento de los sistemas de producción que permite conciliar la producción de granos básicos y la producción forestal; en realidad resuelve la competencia entre ambos tipos de usos del suelo. Viene a ser una combinación de prácticas tradicionales y propuestas innovadoras en el manejo de los recursos (Soto, *et al.*, 1997).

Se le identifica con los sistemas de uso de la tierra con los cuales plantas leñosas se integran deliberadamente con cultivos y/o animales en la misma unidad de manejo. Esta integración se materializa como mezcla espacial o como secuencia temporal, e incorpora interacciones tanto ecológicas como económicas, entre los componentes de los sistemas. La agroforestería puede ayudar a reducir la tasa de deforestación. Es evidente que puede ser una mejor opción para el uso de las tierras susceptibles a la desertificación. La agroforestería capaz de operar en pequeña o gran escala, demanda menor energía, maquinaria e irrigación que la agricultura convencional, y está lejos de dañar el ambiente, conserva, mejora el suelo y purifica la atmosfera (Petit y Uribe, 2008).

El municipio de Santo Domingo Nuxaá, que por su estado actual de los recursos naturales; los ecosistemas presentes se encuentran perturbados, por lo que es necesario buscar alternativas de manejo de los recursos con que se cuenta. Para ello, la caracterización de los agroecosistemas ayudará a resaltar las prácticas agroforestales que se han utilizado en la zona, y cómo han contribuido en la conservación del ambiente, al mismo tiempo de presentar un potencial productivo, desde el punto de vista agroforestal.

2. Objetivos

- Objetivo general:

Caracterizar y clasificar los diversos sistemas agroforestales en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Nochixtlán, Oaxaca.

- Objetivos particulares:

- Definir la estructura y forma de aprovechamiento actual de cada sistema agroforestal.
- Definir los usos potenciales de la flora (maderable y no maderable) de éstos sistemas agroforestales.

3. Hipótesis

Si los sistemas agroforestales en el municipio ayudan a la conservación de la diversidad biológica y de los suelos, creando condiciones de sustentabilidad; entonces el manejo y aprovechamiento múltiple de los recursos de manera sustentable motivará a desarrollar prácticas de conservación y fomento de éstos sistemas.

4. Revisión bibliográfica

4.1 Agrosistema

Los agrosistemas (o agroecosistemas) son ecosistemas creados por el hombre que difieren de los ecosistemas naturales por su homogeneidad espacial, su pobreza en especies (en las regiones de grandes monocultivos no queda mas que una sola especie), la uniformidad genética de las especies cultivadas y su dependencia del hombre, en particular en lo que concierne a sus necesidades en elementos minerales (fertilizantes), en agua (irrigación) y en su protección contra las plagas. Los agrosistemas conservan no obstante diversas propiedades de los ecosistemas naturales lo que hace que les podamos aplicar las leyes generales de la ecología (Dajoz, 2002). Son sistemas abiertos que reciben insumos del exterior y dan productos a otros sistemas, son el resultado de las variaciones locales en el clima, suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia, o sistemas agrícolas dentro de pequeñas unidades geográficas.

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 de ecosistema el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos. Cada agricultor maneja de acuerdo a su experiencia los recursos físicos y biológicos del predio para la producción, produciendo cambios en los procesos que se dan dentro de un agroecosistema, los cuales pueden ser energéticos, hidrológicos, biogeoquímicos, sucesionales y de regulación biótica, los cuales pueden evaluarse, en términos de insumos, productos, almacenamiento y transformaciones (Altieri, 1999). Los recursos encontrados comúnmente en un agroecosistema se agrupan en cuatro categorías:

- *Recursos Naturales:* Son los elementos que provienen de la tierra, del agua, del clima y de la vegetación natural siendo explotados por el agricultor para la producción agrícola.

- *Recursos Humanos.* Compuestos por la gente que vive y trabaja dentro de un predio y explota sus recursos para la producción agrícola.
- *Recursos de Capital.* Bienes y servicios creados, comprados o prestados por las personas asociadas con el predio para facilitar la explotación de los recursos naturales para la producción agrícola.
- *Recursos de producción.* Comprenden la producción agrícola del predio, los cultivos y el ganado.

4.1.1 Concepto de sistema

Un sistema es un todo, o una estructura organizada de varios componentes relacionados, que derivan productos para satisfacer las necesidades del hombre.

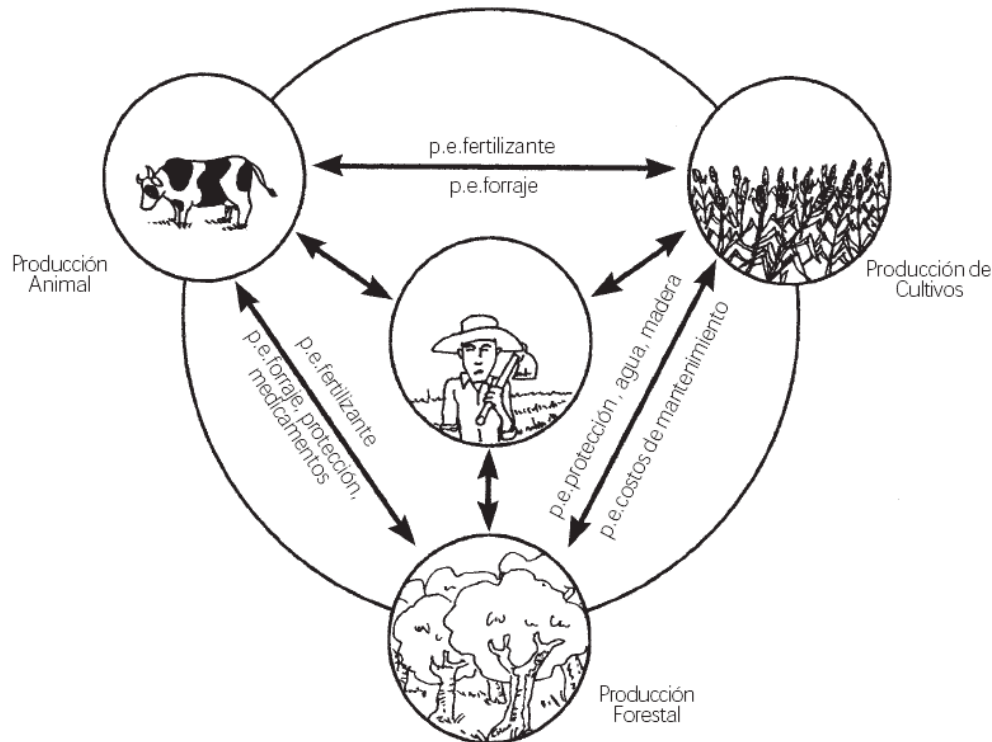


Figura 1. Concepto dinámico e integral de Sistemas en la Agroforestería (Navia, *et al.*, 2003)

Cuando uno de los componentes se altera puede influir sobre el sistema total. El sistema es dinámico: cuando las condiciones de los componentes y sus interacciones cambian a través del tiempo. Por ejemplo, si durante algún tiempo las pasturas no producen suficiente alimento, el agricultor debe buscar otros medios para mantener a su ganado y los animales pueden aprovechar parte del follaje de un cerco vivo para complementar su alimentación (Navia, *et al.*, 2003). También, cuando los árboles son pequeños se pueden cultivar especies anuales entre las hileras; luego de algunos años, la sombra excesiva puede afectar al cultivo (Hart, 1985).

4.2 Definición de Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas perennes son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Navia, *et al.*, 2003) para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida (Fassbender, 1992).

4.3 Conceptualización de sistemas agroforestales

Las numerosas técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales. En regiones con suelos fértiles los sistemas agroforestales pueden ser muy productivos y sostenibles; sin embargo, esas prácticas tienen igualmente un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presentan problemas de baja productividad o escasez de humedad de los suelos (Petit y Uribe, 2008).

También son importantes cuando la falta de infraestructura e ingresos hace que la mayoría de la gente debe satisfacer sus propias necesidades básicas de habitación, alimentos, forrajes y combustibles, siendo oneroso y complicado el uso de insumos tales como abonos, plaguicidas y maquinaria agrícola. En general, la aplicación de técnicas agroforestales puede consolidar o aumentar la productividad de establecimientos

agropecuarios y plantaciones forestales de muy diversas dimensiones o, por lo menos, evitar que haya degradación o disminución de la productividad en el curso de los años.

4.4 Ventajas de los sistemas agroforestales

Mediante la combinación de la producción agrícola y forestal se puede alcanzar mejor diversas funciones y objetivos de la producción de bosques y cultivos alimenticios. Existen ventajas ambientales, como también socioeconómicas, de tales sistemas integrados sobre la agricultura y/o monocultivos forestales.

El beneficio general de los SAF, es aumentar o mantener la productividad vegetal y animal, a través del ciclaje de nutrientes, de una mayor fotosíntesis o materia seca por unidad de área y con esto asegurar la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada en el uso de la tierra y combinar lo mejor de la experiencia tradicional con los conocimientos modernos (Navia, *et al.*, 2003).

Beneficios biológicos y físicos (Duran, 2003)

Existe mejor utilización del espacio vertical y del período de cultivo y se imitan patrones ecológicos naturales en cuanto a forma y estructura y se capta mejor la energía solar. Se regresa mayor biomasa al sistema (materia orgánica), lo cual es de mejor calidad, presentando, una recirculación más eficiente de nutrientes, incluyendo su ascenso desde las capas más profundas del suelo.

Es muy apropiado para zonas marginales ya que es probable que tenga mayor resistencia a la variabilidad de la precipitación y puede practicarse en pendientes más pronunciadas.

Disminuye los efectos perjudiciales del sol, el viento y la lluvia sobre los suelos al mismo tiempo que minimizan la escorrentía del agua y la pérdida de suelo por lo que se mejora la estructura y se evita la formación de capas duras.

Los animales consumen la cobertura herbácea que puede competir con los árboles, dificultar el manejo e incrementar el riesgo de incendios en plantaciones forestales. En el caso de silvopasturas, hasta el 70% de la biomasa producida por los cultivos asociados y el forraje de algunas especies de AFN (árboles fijadores de Nitrógeno) se complementan en su contenido de nutrientes (energía, proteína, vitaminas y minerales) y pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin crear competencia por los productos de consumo humano.

Se favorece la fauna silvestre, la que, en algunos casos puede ser una apropiada fuente de proteína.

Beneficios económicos y sociales

El agricultor (especialmente el de escasos recursos) se autoabastece de leña, postes, madera, flores para miel, productos medicinales, etc., además se evita dependencia de un sólo cultivo y se reducen los problemas asociados con lluvias irregulares, fluctuaciones de precios, dependencia de productos importados (plaguicidas, fertilizantes) y aparición de plagas. Los árboles constituyen un “capital en pie”, un seguro para emergencias; cuando se necesita dinero rápidamente.

Puede proveer beneficios socioeconómicos y culturales, entre los cuales puede mencionarse la disminución de los riesgos económicos para el agricultor al lograr diversificar la producción; el empleo de mano de obra familiar, con una mejor integración de los miembros de la familia al proceso productivo y el mantenimiento de costumbres o prácticas de uso de la tierra, de fuerte arraigo cultural, lo cual puede considerarse en una mejora de la calidad de vida (Navia, *et al.*, 2003).

En relación con las plantaciones puramente forestales, la introducción de cultivos agrícolas junto con prácticas culturales intensivas bien adaptadas, a menudo se introducen en el aumento de la producción forestal y en una merma en los costos del

manejo arbóreo (por ejemplo, la fertilización y desmalezado de los cultivos agrícolas también puede beneficiar el crecimiento de los árboles), y proporciona una serie más amplia de productos (Duran, 2003).

4.5 Desventajas generales de los sistemas agroforestales

Se presenta competencia por los nutrientes: los árboles extraen muchos nutrientes del suelo, un árbol con raíces superficiales compite mucho más con los cultivos asociados, que un árbol con raíces pivotantes (profundas). Para que el balance de nutrientes sea adecuado para los cultivos asociados hay que seleccionar especies y distancias de siembra de las plantaciones adecuadas y practicar podas para incorporar los nutrientes de los árboles al suelo (Navia, *et al.*, 2003). Así como competencia por agua: por su tamaño, el árbol es gran consumidor de agua. En este caso también hay que saber seleccionar las especies y distancias de siembra de las plantaciones; a veces se practican podas en la estación seca para limitar su consumo de agua.

La recuperación económica toma más tiempo (plazo más largo) para personas de pocos recursos económicos (debido al intervalo de tiempo necesario para el cultivo de árboles).

4.6 Clasificación de los sistemas agroforestales

Se presenta una clasificación basada en el tipo de componentes incluidos (cultivos perennes o anuales, animales, etc.) y la asociación (espacial, temporal) que existe entre los componentes. Esta clasificación es descriptiva; al nombrar cada sistema, además de los componentes, se obtiene una idea de su fisionomía y sus principales funciones y objetivos.

Montagnini (1992), los clasifica según su estructura en el espacio y a través del tiempo, dándole importancia a la función de los diferentes componentes y son: sistemas agroforestales secuenciales, Sistemas agroforestales simultáneos, y Sistemas

agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos. Existen otros sistemas agroforestales especializados como de apicultura con árboles; acuicultura en manglares; árboles de multipósitos o específicos.

4.6.1 Sistemas Agroforestales Secuenciales

En ellos existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; es decir, que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo. Esta categoría incluye formas de agricultura migratoria con intervención o manejo de barbechos, y los sistemas taungya, métodos de establecimientos de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con plantaciones de árboles, pero solo temporalmente, hasta que el follaje de los árboles se encuentre desarrollado.

En los sistemas secuenciales, los cultivos y los árboles ocupan sucesivamente buena parte del mismo espacio. Los sistemas empiezan generalmente con cultivos y terminan con árboles. La secuencia temporal reduce al mínimo la competencia. En un sistema secuencial, los árboles deben crecer rápidamente cuando no hay cultivos, reciclar los nutrientes de las capas profundas, fijar el nitrógeno y tener una copa grande para facilitar la eliminación de la maleza.

4.6.1.1 Agricultura Migratoria (barbecho mejorado)

La agricultura migratoria comprende sistemas de subsistencia orientados a satisfacer las necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación; sólo ocasionalmente llegan a construir una fuente de ingresos por medio de la venta de excedentes de algunos productos.

La agricultura migratoria es un sistema en el cual el bosque se corta y quema y la tierra se cultiva por pocos años; luego del período de cultivo continúa una fase de "barbecho". El período de barbecho es bastante más largo que el del cultivo: 5-20 años de barbecho

y 2-3 años de cultivo. Luego de 2 - 3 años de cultivo, al aumentar las poblaciones de plagas y malezas crece la demanda por el uso de nutrientes, se empobrecen los suelos, aumentan los costos de desmalezado y disminuye la productividad de los cultivos. En estos sistemas de uso transitorio de la tierra se realiza una rotación de parcelas, en lugar de rotación de cultivos.

Son los que combinan la agricultura, los bosques y el pastoreo, permitiendo la siembra, la labranza, la recolección de la cosecha por largos períodos vegetativos y el pastoreo dentro de los cultivos y el bosque sin dejar al suelo desprovisto de vegetación.

4.6.1.2 Árboles en rotaciones agrícolas (Sistema Taungya)

El arreglo “taungya” (que significa “agricultura en laderas”) árboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el período de establecimiento de la plantación forestal. Aunque la obtención de madera es normalmente la meta final, en el sistema “taungya” los ingresos a corto plazo constituyen una motivación para los agricultores. Actualmente el sistema se utiliza para disminuir los costos de establecimiento de la plantación. Este sistema combina la producción de árboles con la siembra de cultivos básicos antes y/o durante los primeros años del establecimiento de la plantación (Montagnini, 1992).

En cada país y cada región se tienen características muy definidas de los sistemas. Así en México dentro de los desmontes, tradicionalmente en campesino mantiene algunos árboles con sus cultivos, con el fin de abastecerse de leña, carbón, postes para cerca, etc. En el altiplano es frecuente la combinación de maíz con especies de los géneros *Cupressus*, *Fraxinus* y *Pinus*, correspondiendo mas que a un método agroforestal a un proceso de ampliación de frontera agrícola a expensas del bosque natural (Fassbender, 1992).

4.6.2 Sistemas Agroforestales Simultáneos

Consiste en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería: estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles (Montagnini, 1992).

En los sistemas simultáneos, los árboles y cultivos ó animales están juntos, al mismo tiempo en el mismo terreno. Son sistemas en los cuales los árboles y cultivos compiten más por la luz, el agua y los nutrientes. La competencia se reduce al mínimo mediante espaciamientos y por otros medios. En los sistemas simultáneos, para reducir al mínimo la competencia, los árboles no deben crecer de prisa cuando el cultivo esta creciendo rápidamente. Deben tener raíces más profundas que la de los cultivos. Su copa debe ser pequeña, para que la sombra no robe demasiada luz a los cultivos.

4.6.2.1 Árboles en asociación con cultivos perennes

Los sistemas de explotación comercial de cocoteros, caucho o palma en asociación con cultivos y plantaciones de árboles maderables con café y cacao pertenecen a esta categoría. En estas asociaciones se tiende a optimizar el uso de recursos y a aumentar la productividad por unidad de terreno. Las condiciones de mercado constituyen un gran determinante para el éxito, pues obviamente debe existir un mercado para canalizar la producción.

Estos arreglos representan una alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido al alto costo de productos agroquímicos; es decir, cuando no se puede cubrir el costo del fertilizante necesario en el monocultivo. En estos casos, con la introducción de árboles para sombra de especies adecuadas se puede llegar a suplir parte de las necesidades nutricionales del cultivo. Además se puede manejar la poda de los árboles para sombra de tal manera que se logre una cosecha estacional, lo cual es ventajoso para la comercialización (Montagnini, 1992).

La dinámica del sistema podría incluir cambios en: la densidad de los árboles, la periodicidad y densidad de la poda, en el tipo de cultivos asociados y en la fertilidad de los suelos. Estos cambios influirán en las actividades futuras de manejo del sistema. Los cultivos asociados más comunes son: el café; el cacao; el té; el caucho; los plátanos y bananos, las especias (vainilla, pimienta negra, cardamomo).

Las funciones de los árboles en estos sistemas son múltiples: sombra y protección, fertilización y conservación del suelo, eliminación de malezas, soportes vivos, producción de leña y madera, producción de forraje para los animales y producción de frutas (Krisnamurthy, 1999).

4.6.2.2 Árboles en asociación con cultivos transitorios

Consiste en el manejo integral de especies leñosas perennes (árboles y /o arbustos) de valor económico y especies agrícolas (cultivos agrícolas). El objetivo de este tipo de sistema es aprovechar el espacio disponible y obtener ingresos y /o servicios adicionales (venta de productos, cobertura del suelo, etc.) mientras las especies leñosas (árboles y /o arbustos) se desarrollan (Navia, *et al.*, 2003).

Los principios involucrados en este sistema agroforestal; son la óptima utilización del espacio (vertical y horizontal), mejor captura y utilización eficiente de recursos, aumento de la diversidad productiva y mejoramiento del contenido de materia orgánica del suelo y reciclaje de nutrientes.

4.6.2.3 Huertos caseros mixtos

Como en la agricultura migratoria, los huertos familiares constituyen prácticas agroforestales muy antiguas. Estos sistemas se utilizan para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas; ocasionalmente se venden algunos excedentes de producción. Los huertos caseros mixtos o huertos familiares se caracterizan por su complejidad, presentando múltiples estratos, incluyendo muchas

formas de vidas desde enredaderas, árboles, cultivos rastreros y, algunas veces animales. La mayoría de los huertos contiene entre 2 y 5 estratos de vegetación. Generalmente no existen hileras, bloques o parcelas definidas.

Los agricultores más pobres tienden a sembrar una mayor proporción de tubérculos, verduras y frutas, mientras que los de mejor posición económica se inclinan por las plantas ornamentales y productos para la venta (Catie, 1993).

En general, se producen más cultivos de subsistencia en áreas remotas, y una mayor proporción de productos de mercado en áreas cercanas a las ciudades. Así mismo, cuando la mano de obra es escasa, se siembran más cultivos perennes, mientras que cuando esta es más abundante predominan los cultivos anuales, que requieren más cuidados.

4.6.2.4 Sistemas silvopastoriles

Una forma especial de agroforestería, es la combinación especial de pastos con árboles, se le da a menudo el nombre de sistema silvopastoril. Las funciones de los árboles en pastos son múltiples:

- Protección y mejoramiento del suelo
- Mejoramiento del pasto que crece debajo del árbol
- Producción de madera, forraje, frutas, leña, etc.
- protección de los animales, del sol y del viento.

Los sistemas agroforestales pastoriles o agrosilvopastoriles son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales y cultivos. Los sistemas silvopastoriles son la combinación de especies forestales o frutales y animales, sin la presencia de cultivo.

Muchos agricultores no poseen suficiente tierra como para dedicar grandes extensiones al establecimiento de pasturas, pero sí pueden disponer de espacios para árboles en

pequeños grupos o en cercas vivas, especialmente si se trata de árboles de propósito múltiple, que además de forraje para los animales pueden proporcionar madera, leña, etc., (Catie, 1993).

Por tanto, existen varios tipos de sistemas silvopastoriles y agroforestales con componente pecuario (Montagnini, 1992; Catie, 1993).

- Pastoreo en bosques naturales
- Pastoreo en plantaciones forestales para madera
- Pastoreo en huertos
- Pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales
- Praderas con árboles o arbustos forrajeros en las praderas
- Sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósitos para corte.
- Sistemas agroforestales especializados para la producción animal intensiva

Pastoreo o producción de forraje en plantaciones forestales. En esta modalidad se permite el crecimiento de árboles hasta que alcancen un desarrollo suficiente como para no ser dañados cuando se introduzca el ganado.

Pastoreo o producción de forraje en bosques secundarios. Por lo general se efectúa un raleo del bosque secundario a rastrojo alto permitiendo la aparición de rastreras y gramíneas que permiten el pastoreo de ganado menor, el cual además de consumir el forraje ramonea algunas de las especies.

Arboles en pastizales. En este modelo se introducen maderables de valor comercial, mejoradores de suelo o proveedores de sombra en pastizales ya establecidos. En estos sistemas el objetivo principal es la ganadería; en forma secundaria se puede lograr la producción de madera, leña, o frutas. Los animales se alimentan con hierbas, hojas, frutos, cortezas y otras partes de los árboles, con pasto que crece bajo los árboles en forma natural, o con pasturas, si se siembran bajo los árboles (Duran, 2003).

Arboles y arbustos productores de forraje. A este modelo pertenecen los bancos de proteínas establecidos con leguminosas especialmente de los géneros *Leucaena*, *Gliricidia* y *Erythrina*, así como también *Trichanthera*.

4.6.3 Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos

Consiste en hileras de árboles que puedan delimitar una propiedad o servir de protección para otros componentes u otros sistemas; se les puede considerar como sistemas complementarios de los nombrados anteriormente.

Las hileras de árboles pueden delimitar una propiedad o servir de protección para otros componentes u otros sistemas. Cada modalidad de este tipo de práctica agroforestal debe implementarse según el diseño particular con el fin de cumplir al máximo los objetivos buscados. Entre las prácticas más conocidas en este grupo se encuentran los siguientes descritos a continuación.

4.6.3.1 Cercas vivas

Una cerca viva es una plantación en línea de árboles o arbustos que delimitan una propiedad. El objetivo básico es la delimitación y protección de terrenos, aunque se pueden obtener otros beneficios, tales como producción de leña, forraje, estacas para otros cercos vivos, o con algunas especies, postes y maderas para otros usos.

Los cercos vivos se instalan a lo largo de las divisiones entre fincas o dentro de ellas para separar potreros o tierra dedicada a diferentes usos. Además de la función de protección a las propiedades, pueden actuar como cortinas rompevientos, producir forraje, mulch (abono verde), leña, flores etc.

La organización de cercas vivas

En el caso para control del escurrimiento, inundaciones y evitar la erosión del suelo, de acuerdo a las condiciones climáticas y físicas de las regiones. Las cercas vivas pueden

realizarse sobre un banco de suelo delimitado por dos zanjas paralelas, como se muestra en la figura 2. De esta forma las zanjas cuando son manejados regularmente, interceptan el agua que corre en la pendiente y lo dirigen hacia las corrientes principales.

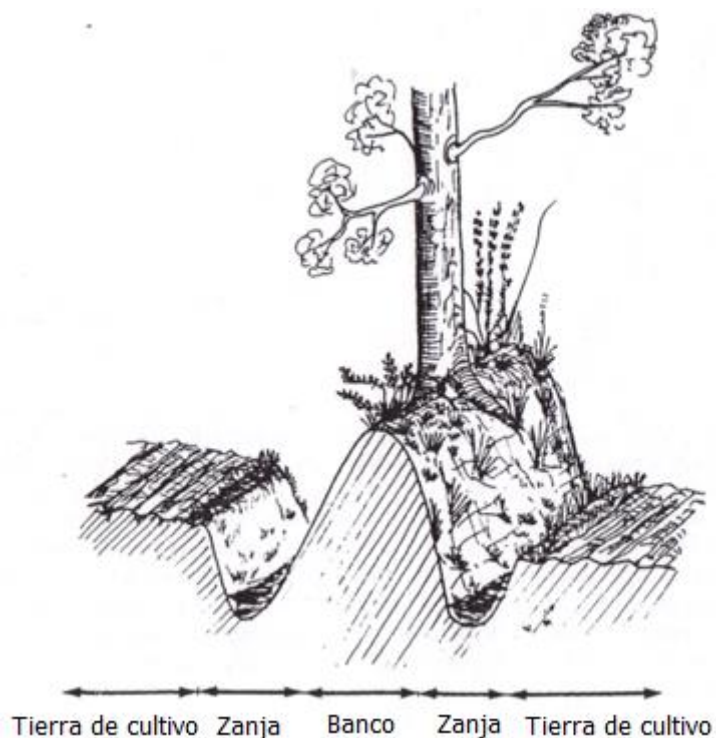


Figura 2. Cruce de sección de una cerca viva sobre un banco de suelo, y rodeado de dos zanjas paralelas (Wojtwowski, 2006).

Esta tecnología agroforestal presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición vertical del componente vegetal es biestratificado o multiestratificado. Es una tecnología principalmente de autoabastecimiento (González, 2003).

4.6.3.2 Cultivos en callejones

Consiste en la asociación de árboles (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales. Los árboles o arbustos se podan periódicamente para

evitar que se produzca sombra sobre los cultivos, y para utilizar los residuos de la poda como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, y como forraje de alta calidad.

El objetivo básico de esta practica es la producción de abono verde (mulch) proveniente de las podas periódicas (3-5/ año), el cual se aplica entre los callejones a los cultivos y a los propios árboles. Este follaje presta el beneficio adicional de controlar las malezas. La disposición de los árboles dentro de los cultivos es uno de los factores críticos en este sistema. Lo más aconsejable es utilizar distancias mayores a 7 metros entre filas y distancias cortas entre árboles (1-3m). El otro factor critico es el espacio que ocupan los árboles, especialmente donde los agricultores disponen de poca tierra apta para los cultivos. En aquellas zonas donde el factor limitante es la tierra, no es posible utilizar este sistema.

El sistema de cultivo en callejones fue inspirado en las prácticas tendientes a la recuperación de barbecho, tales como el uso de coberturas verdes. El uso de las prácticas de cultivos en callejones se basa en el principio de que es posible obtener un uso productivo y sostenido de la tierra.

4.6.3.3 Cortinas rompevientos

Las cortinas rompevientos son plantaciones en líneas con el objetivo principal de proteger las parcelas cultivadas, a demás de producir madera, forraje, abono verde, leña frutos etc. La principal diferencia entre cerca vivas y cortina rompevientos reside en el tamaño: el rompevientos debe incluir árboles grandes. La eficiencia de una cortina rompevientos depende de tres factores, su altura, su permeabilidad y su homogeneidad. Las cortinas rompevientos contribuyen a la producción agrícola en áreas extensas, especialmente donde la protección a los cultivos es indispensable.

4.6.3.4 Árboles en contornos o terrazas

Son especies leñosas dispersas en curvas de nivel o dispuestos en terrazas en áreas de ladera de distinta magnitud que retienen el suelo con sus sistemas radiculares, mientras bajo su cobertura se desarrollan cultivos agrícolas transitorios o pasturas. Su función principal es amarrar el suelo en áreas pendientes para evitar la erosión (principalmente hídrica). Las especies leñosas brindan otros servicios y productos como abonos verdes, frutas, madera, leña, forraje, sombrío y diversificación del paisaje.

Cuando se establecen setos conformando terrazas, éstas pueden tener una conexión funcional, acorde a restricciones físicas como topografía y tipo de suelo. La figura 3 ilustra la distribución de terrazas con setos vivos delimitados por zanjas a lo largo de una pendiente. Así, las partículas de suelo por erosión se acumulan entre esos elementos lineales de las terrazas.

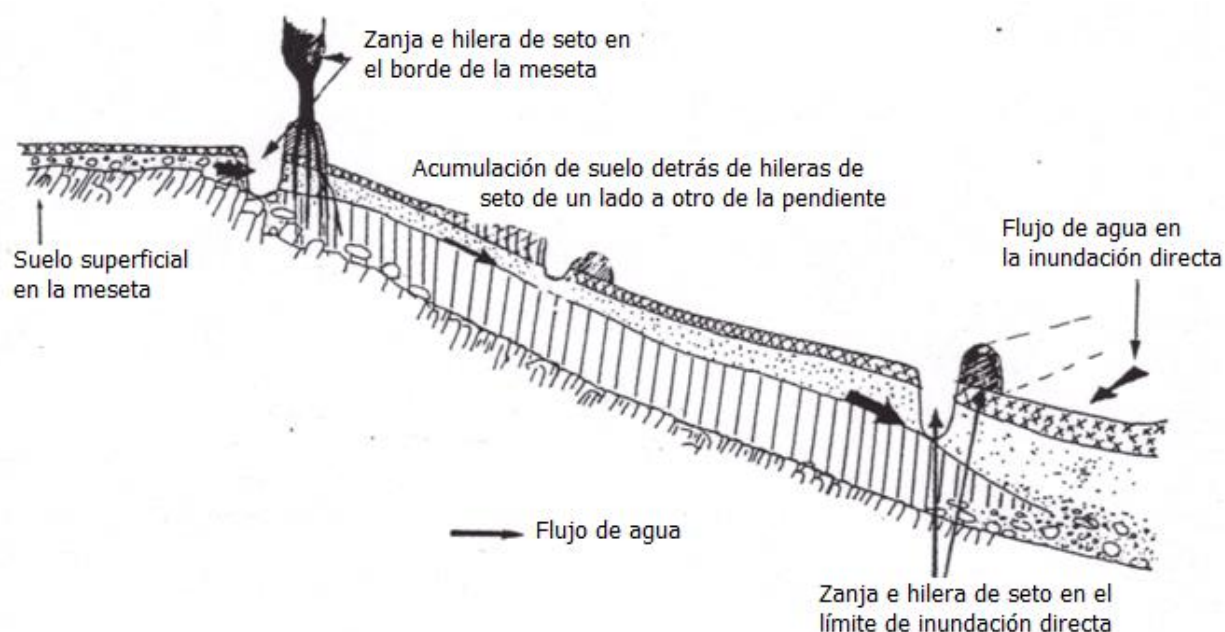


Figura 3. Transecto de un terreno a lo largo de la pendiente y localización de setos conformando terrazas (Wojtwowski, 2006).

Las zanjaz presentes en cada lado de las terrazaz controlan el flujo de agua deteniendo el escurrimiento a lo largo de la superficie o llevándolo dentro de las capas superficiales del suelo, o actuando como un canal para el agua que ha sido concentrado por los elementos previos.

Cada terraza debe conectarse en unidades funcionales. Una unidad funcional es un grupo de elementos del paisaje que controlan un proceso ecológico. Los elementos del paisaje son vinculados por este proceso, por lo que determinan la organización y función del paisaje. En la figura 4 se describen tres tipos de unidades funcionales. El primero, unidad A, controla los flujos de agua en las pendientes; la unidad B, controla en flujo de agua de la meseta y la unidad C, disminuye la intensidad de los flujos y posibles inundaciones, ya que las zanjaz lo evitan.

Efectos en los flujos de agua por cambios en el paisaje

Los cambios en las prácticas agrícolas, tal como eliminar los setos vivos y el uso de maquinaria ampliando los campos agrícolas (Figura 5), provoca que se rompan las unidades funcionales y como consecuencia se genera todo un proceso de erosión del suelo (Figura 6) dependiendo del porcentaje de pendiente de los terrenos.



Figura 4. Representación diagramática de un paisaje de unidades funcionales controlando los flujos de agua en hilas de setos interconectados. Cada unidad funcional está compuesta de un grupo de hilas de setos asociado a zanjas para detener algo de agua (Wojtwowski, 2006).

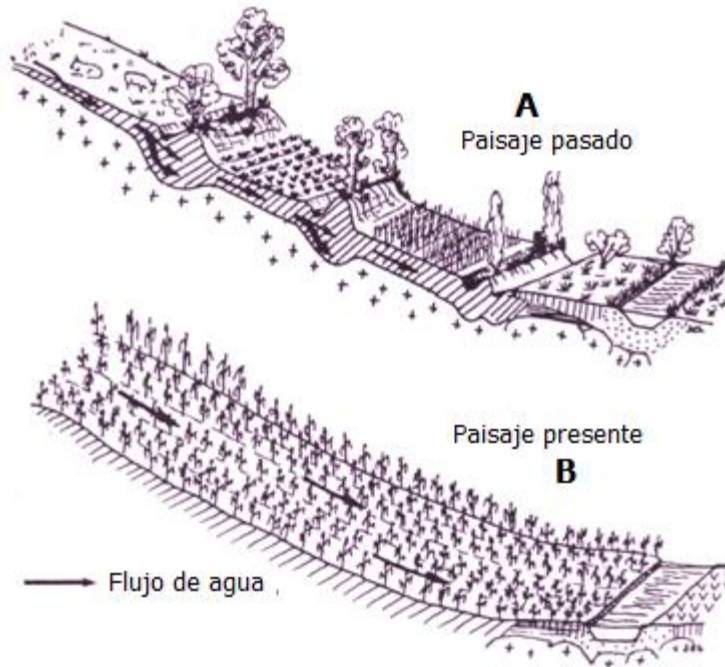


Figura 5. Cambios en el terreno agrícola. (A) Paisaje anterior; (B) Paisaje presente. Las hileras de setos perpendicularmente a la pendiente han sido removidas para extender los campos agrícolas (Wojtwowski, 2006).

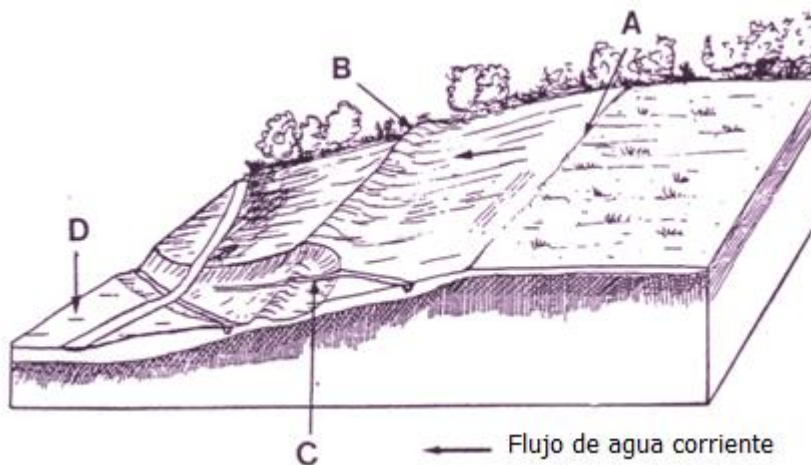


Figura 6. Ejemplo de un fenómeno de erosión en el nivel del paisaje después de haber removido las hileras de setos. (A) Zanjas e hileras de setos en la meseta; (B) Coincidencia topográfica en el emplazamiento previo de una hilera de seto que acelera el flujo de agua; (C) Erosión del barranco; y (D) Acumulación de partículas de suelo (Wojtwowski, 2006).

4.6.4 Otros sistemas agroforestales

4.6.4.1 Lotes multipropósito

Son asociaciones de leñosas multipropósito o leñosas maderables con leñosas de otros usos (forrajeras y frutales). Su función principal es proveer leña o madera a los habitantes rurales. Adicionalmente pueden generar otros productos como forraje y frutas, brindar servicios como acumulación de CO₂, delimitación de áreas, protección de suelos inestables y actuar como barrera rompevientos (González, 2003).

Esta tecnología agroforestal presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición horizontal del componente vegetal es mezclada o zonal. La disposición vertical es multiestratificada. Es una tecnología agroforestal principalmente de autoabastecimiento.

4.6.4.2 Bancos de proteína

Son áreas cultivadas con especies leñosas forrajeras, generalmente asociadas con pasturas o cultivos transitorios circundantes. Su función principal es la producción de forraje fresco, generalmente de leguminosas y otras especies de rápido crecimiento y alta producción de biomasa rica en proteína cruda total y proteína cruda comestible. Este forraje fresco presenta un carácter suplementario en la alimentación de animales estabulados o semiestabulados, como animales de carga, vacas, cabras, ovejas, cerdos, conejos y curíes.

Los bancos de proteína se encuentran distribuidos en regiones tropicales húmedas y subhúmedas. Esta tecnología agroforestal presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición horizontal del componente vegetal leñoso es mezclada o zonal (filas, cuadro, tresbolillo). La disposición vertical del componente vertical es biestratificada o multiestratificada. Es una tecnología agroforestal principalmente comercial.

4.6.4.3 Sistemas y/o arreglos Multiestratales de componentes agrícolas

El concepto de estratificación o compartimentación se refiere al uso complementario de recursos, mediante su utilización de manera diferente por cada componente de una comunidad. Se puede considerar la estratificación en relación con el espacio vertical, el espacio horizontal y los nutrientes.

Estratificación en el espacio vertical: En los sistemas agroforestales, el follaje de los diferentes componentes vegetales se encuentra en distintos niveles verticales. Los árboles más altos requieren elevada radiación solar y poseen altas tasas de evapotranspiración, mientras que los componentes más bajos (árboles más pequeños, cultivos o pasturas) son tolerantes a la sombra y a la humedad relativa más elevada (Navia, *et al.*, 2003).

4.6.4.4 Árboles frutales asociados con cultivos

Las asociaciones de árboles frutales con cultivos anuales, bianuales y permanentes son muy típicas en zonas tropicales, tanto húmedas como semiáridas y áridas. Las diferentes especies arbóreas utilizadas generalmente además de los frutos producen madera, leña y tiene muchas veces una función ornamental. Generalmente los frutos se consumen localmente, en la finca o se venden en el mercado más próximo.

En México, también es habitual el combinar maíz, frijol, calabaza y otros cultivos con plantación de frutales. Las especies más importantes son: *Citrus spp.*, *Carica papaya*, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Manilkara zapota*, *Crysophyllum cainito*, *Byrsonima crassifolia* y *Anacardium occidentale* (Fassbender, 1992).

4.7 Enfoque y práctica de la agricultura ecológica

La agricultura orgánica es un conjunto de prácticas agronómicas basadas en la agroecología, que tiene por objetivo la producción de alimentos sin utilizar agroquímicos, tales como: fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas sintéticos y

hormonas. La agricultura orgánica es una práctica agroecológica cuyo objetivo es hacer producción agropecuaria imitando lo más posible la forma como produce la naturaleza.

4.7.1 Principales técnicas y prácticas agrícolas aplicadas

Para desarrollar una agricultura permanente primeramente se requiere conocer el terreno o parcela en cuanto a sus características agroecológicas. Con base a ello se define un plan de reordenamiento y uso apropiado, definiendo qué plantas sembrar (susceptibles a un rotación de cultivos), sin dejar de lado las especies locales y la diversidad biogenética; debe tener prioridad las plantas que protejan el suelo, como leguminosas nitrificadoras, evitando el monocultivo.

La calidad de los alimentos producidos y su reproducción permanente depende de la estrategia que se desarrollen en la finca familiar para aprovechar el grado máximo los recursos naturales disponibles y las técnicas complementarias que pueden ayudar a incrementar el nivel de producción y de productividad. Por ello, si se quiere producir durante el año y aprovechar eficiente y óptimamente los recursos disponibles es necesario realizar prácticas y técnicas que contribuyan a mejorar el reciclamiento de la energía en el entorno natural, de tal manera que nos restauren los recursos deteriorados, nos conserven los recursos disponibles y nos mantengan el equilibrio ecológico. Algunas de ellas, podrían ser las siguientes:

- Para la conservación del suelo y agua: curvas de nivel, zanjas de ladera, barreras vivas, barreras muertas y represas.
- Para la producción de abonos orgánicos: aboneras, composteras, abonos verdes, lombricultura, y abonos líquidos y foliares.
- Producción biodinámica intensiva de hortalizas y vegetales.
- Manejo integrado de plagas agrícolas mediante el uso de plaguicidas orgánicos.
- Selección del material vegetativo y semillas, así como la clasificación de la biodiversidad natural.

4.7.2 Importancia de los árboles

Los árboles son importantes para la construcción de la bioestructura del suelo; dan sombra, controlan el viento, aportan grandes cantidades de materia orgánica y son el refugio de pájaros e insectos; además nos proporcionan madera, leña y frutos. Pero su actividad principal es mantener el equilibrio ecológico, ya que controlan la temperatura y la precipitación pluvial. Además, la producción forestal puede combinarse con los cultivos y la ganadería, optimizando así el aprovechamiento de los recursos naturales.

4.7.3 El papel de los animales

Los animales controlan el exceso de producción vegetal, mantienen el equilibrio de la naturaleza y evitan las plagas porque actúan como depredadores. También, gracias a los animales del suelo (microorganismos) es eficiente la descomposición de los residuos naturales, permitiendo la producción de grandes cantidades de alimentos nutritivos para otras plantas. Todo este proceso ocurre mediante una cadena de acción, que incluye desde roedores, reptiles, artrópodos (grillos, tijerillas, ciempiés, etc.) y nematodos; y otros microorganismos como las bacterias virus y hongos. Cada uno realiza su función desbaratando y suavizando el material con sus dientes, su saliva y su estómago. Después el estiércol de éstos es el mejor alimento para otros, hasta, gradualmente, convertir la materia orgánica en un material café oscuro de olor agradable y suave que se conoce como tierra de monte o humus. Este a su vez libera lentamente los nutrientes necesarios para la planta y de esta manera se cierra el ciclo biológico, manteniéndose el equilibrio de la naturaleza.

4.7.4 La vivienda sustentable, parte del ciclo biológico

En el concepto de la permacultura, la vivienda es parte integral de los ciclos naturales, pero su diseño debe corresponder a las condiciones ecológicas de la región partiendo del principio de que nada se pierde, nada se crea, todo se recicla, regresándose a la naturaleza lo que nos ha dado. Así, en la vivienda, el flujo de materiales y energía podrían manejarse de la siguiente manera:

- Las aguas jabonosas y negras, sometidas a un proceso de prefiltración y tratamiento, se pueden utilizar para regar las hortalizas y vegetales o para los estanques piscícolas.
- Los lodos, después de un proceso aeróbico o anaeróbico, sirven de fertilizante para las plantas.
- Los residuos de la cocina (hojas vegetales, cáscaras de frutas y todos los materiales biodegradables) se compostean para producir abonos orgánicos.
- Los residuos inorgánicos se clasifican para reciclarlos o venderlos.
- El estanque se habilita para producir peces para alimento, y el agua se refiltra al acuífero subterráneo.
- El agua de lluvia se capta y almacena en cisternas, ahorrando también el agua entubada.
- Se aprovecha la energía solar mediante sistemas de fotoceldas.

Todo esto puede entablarse en la vivienda, considerando siempre el asoleamiento, los vientos dominantes, el clima, el régimen pluvial y demás factores que intervienen para el equilibrio de la naturaleza.

El campesino debe manejar adecuadamente los animales y sus campos agrícolas y forestales, incorporando las técnicas que le ayuden a trabajar armónicamente con la naturaleza. Nada en la naturaleza se encuentra aislado, todo se interrelaciona.

4.7.5 Sistemas de policultivos

En muchos lugares del mundo, especialmente en los países en desarrollo, los agricultores realizan sus siembras en combinaciones (policultivos o cultivos intercalados) más que en cultivos de una sola especie (monocultivos o cultivos aislados).

La enorme variedad de policultivos existentes refleja la gran diversidad de cosechas y prácticas de manejo que usan los agricultores en todo el mundo para suplir las

necesidades de comida, vestido, combustible, medicamentos, materiales de construcción, forraje y dinero. Los policultivos pueden comprender combinaciones de cultivos anuales con otros anuales, anuales con perennes o perennes con perennes. Los cereales pueden cultivarse asociados a leguminosas y los cultivos de raíces asociados a frutales. Los policultivos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de doce o más siembras entremezcladas. Los componentes de un policultivo pueden sembrarse en la misma fecha o en otra diferente (cultivos de relevo); la cosecha de los distintos cultivos puede ser simultánea o a intervalos (Liebman, 1999).

4.7.5.1 Ventajas en la producción

Una de las principales razones por la cual los agricultores a nivel mundial adoptan policultivos, es que frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en la siembra de una determinada área sembrada como policultivo que de un área equivalente, pero sembrada en forma de monocultivo o aislada. Este aumento en el aprovechamiento de la tierra es especialmente importante en aquellos lugares del mundo donde los predios son pequeños debido a las condiciones socioeconómicas y donde la producción de los distintos cultivos está sujeta a la cantidad de tierra que se pueda limpiar, preparar y desmalezar (generalmente en forma manual) en un tiempo limitado (Liebman, 1999).

4.8 La milpa como agroecosistema

La milpa data de tiempos prehispánicos y mantiene su vigencia hasta nuestros días. Aunque el término se aplica comúnmente a cualquier campo cultivado de maíz en asociación con diversas plantas (al menos frijol y calabaza), que se abre dentro de un ecosistema y reproduce muchas de las interacciones y principios ecológicos que en él se dan. Es en sí mismo un ecosistema agrícola sujeto a las limitaciones que cada región ecológica le impone y a las intervenciones humanas que intentan compensar las deficiencias ecológicas y ampliar las posibilidades productivas.

La milpa se ha desempeñado un papel muy importante en el enriquecimiento de nuestra diversidad agrícola. La asociación maíz-frijol-calabaza se encuentra en las milpas de casi todas las zonas ecológicas, aunque cambian las poblaciones, variedades, razas y aún especies de esas plantas, según las características ambientales, las costumbres y los gustos culinarios de cada grupo humano. Así como hay muchas razas de maíz, existen cinco especies de frijol, cuatro de calabaza e infinidad de variedades de esas dos plantas que se siembran en diferentes arreglos dentro de la milpa, para satisfacer las necesidades de la alimentación cotidiana, rituales y festejos especiales (Aguilar, *et al.*, 2003).

En la milpa cada planta cumple una función ecológica. La asociación maíz-frijol es complementaria, ya que el frijol es una planta fijadora de nitrógeno que le aporta este nutriente al maíz, y la caña de maíz proporciona sostén al frijol que se enreda en ella para apoyarse y crecer. También son complementarios por los nutrientes que aportan, particularmente en cuanto a los aminoácidos, que al reunirse en la dieta tradicional proporcionan una alimentación bastante balanceada.

La calabaza sembrada en las parcelas entre el maíz y el frijol limita el desarrollo de malas hierbas, con la sombra de sus grandes hojas pegadas al suelo ayudan a mantener la humedad. El consumo de las semillas, guías, flores y frutos tiernos o maduros de la calabaza aporta carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y fibra. El chile que a menudo se siembra en la milpa. Permite un mejor aprovechamiento del espacio entre las plantas, repele ciertos insectos y aporta muchas vitaminas (Aguilar, *et al.*, 2003).

En una milpa se mantienen funcionando algunos de los principios ecológicos de un ecosistema:

- Diversidad de especies y variedades de una misma especie.

- Interacciones simbióticas o “cooperativas” entre plantas. Unas aportan sostén, otras guardan humedad del suelo, unas dan sombra y controlan arvenses benéficos, otras son repelentes, etc.
- Utilización óptima del espacio, tanto horizontal como verticalmente, propiciando mayor eficiencia en el aprovechamiento de la luz, la humedad, etc.
- Utilización adecuada del tiempo. Con frecuencia, mientras el maíz ya está madurando el frijol está en pleno desarrollo, la cual es aún más acentuado en las milpas que en las fechas de siembra de sus diferentes componentes difieren por meses.
- Las plantas se benefician pues se complementan en la extracción de nutrientes y favorecen el equilibrio entre las poblaciones de insectos y de microorganismos, entre otros (Sepúlveda y Castro, 2001).

La milpa propicia la obtención de productos a lo largo de casi todo el año, sean o no cultivados, en los términos que más convenga a la familia campesina. La milpa es también un hábitat en el cual evolucionan las especies tradicionales y otras nuevas, incrementando la biodiversidad de los ecosistemas en los cuales se da y de las plantas útiles al ser humano.

Sistema de cultivo de maíz en la zona templada subhúmeda

En esta zona montañosa con bosque de pino-encino, se enfrenta una gran limitación ecológica para el cultivo del maíz: la presencia anual de heladas. La agricultura de temporal tiene fuertes raíces prehispánicas y coloniales, como muestra el extenso empleo de semiterrazas o metaplanti, que se delimitan con magueyes plantados en hilera a lo largo de los bordes, conteniendo el suelo y formando el área de cultivo. En las llanuras y pendientes ligeras se usaba un tipo de roza, tumba y quema con periodos de descanso corto, de uno o dos años (Aguilar, *et al.*, 2003).

4.9 Hongos

La humanidad ha consumido hongos desde hace miles de años, y así lo demuestran los jeroglíficos egipcios que datan de hace cuatro mil 600 años en los que se dice que es la comida de la inmortalidad. A los faraones les gustaban tanto los hongos que decretaron que el consumo de éstos era exclusivo para la realeza. Se tienen registros en todo el mundo del consumo de hongos, pero fue en Francia donde se apreciaron más y se comenzaron a cultivar (Rodríguez, 2008).

México es quizá uno de los países más ricos en especies de hongos, así como en sus tradiciones a través de los indígenas. Los famosos hongos alucinógenos tan conocidos ahora en todo el mundo, se descubrieron en México en la década de los 50, y fue gracias a los indígenas que dicho conocimiento llegó a manos de los científicos. Los indígenas mexicanos son grandes conocedores de los hongos; saben diferenciar muy bien las especies comestibles de las venenosas y por supuesto de las alucinógenas (Guzmán, 1980).

Es muy común la venta de hongos comestibles en los mercados populares, durante la época de las lluvias. Dichos hongos son colectados por los indígenas en los bosques y han sido seleccionados a través de muchas manos antes de llegar al mercado, de tal manera que no debemos desconfiar de la correcta identificación de estos hongos. El indígena mexicano desde que es un niño, está acostumbrado a recorrer los bosques en compañía de sus padres o abuelos y ha aprendido a diferenciar los hongos, ya que se le ha transmitido esa experiencia ancestral que data desde la época prehispánica. A cada hongo el campesino le aplica un nombre determinado para identificarlo y diferenciarlo de los demás. Así podemos encontrar gran cantidad de nombres vernáculos, indígenas o castellanos, que se aplican a los hongos (Guzmán, 1980).

4.9.1 Características de los hongos

Los hongos por sus características particulares han sido agrupados en un reino aparte, el reino Fungi. La forma de vida de los hongos es diverso, así, tenemos los que viven en aguas dulces y saladas, en tierra, sobre madera, estiércol, residuos quemados, incluso sobre otros hongos (Diego, 1979). Se caracterizan entre otras particularidades por ser organismos heterotróficos, que están integrados por filamentos conocidos como hifas (Castillo, 1987), por lo que dependen de otros organismos (vivos o muertos) para su alimentación (Ruíz, 2010). Pueden vivir en climas ecuatoriales, tropicales, subtropicales, templados y aun fríos; desde el nivel del mar hasta altitudes de más de 4000 m.s.n.m. y desde lugares muy húmedos hasta regiones semidesérticas en épocas en que puede haber una ligera humedad (Ramos, *et al.*, 2007).

Las diferentes especies de hongos se han adaptado, incorporando cada una enzimas especiales, a descomponer un determinado sustrato orgánico. Por lo tanto, podemos encontrar hongos parásitos, los cuales se nutren de organismos vivos tanto animales como vegetales, sobre los que provocan enfermedades mas o menos graves. Los hongos saprófitos obtienen su alimento de materia orgánica en descomposición y son lo que abundan en la naturaleza. Si en algunos casos provocan grandes trastornos, en general son muy beneficiosos, ya que al desintegrar los materiales muertos, los productos resultantes son fácilmente asimilados por los animales microscópicos y por las plantas (Diego, 1979; Kobold, 2000).

Finalmente los hongos simbioses que viven en asociación con las plantas estableciendo con ellas una relación de dependencia o colaboración nutricional (Kobold, 2000). Tal es el caso de las micorrizas, que es la asociación entre las hifas de algunos hongos y las raíces de algunas plantas vasculares. En ésta asociación el hongo absorbe carbohidratos de las plantas y éstas obtienen del hongo agua y elementos químicos como nitrógeno y fósforo, que son necesarios para su crecimiento. Otro tipo de asociación simbiótica son los líquenes, que se producen cuando hongos y algas entran en contacto. La mayoría de

los hongos que forman esta última asociación son del grupo de los ascomycetes, siendo la minoría basidiomycetes y solo unos cuantos deuteromicetes (Becker, 1980).

Son importantes en el mantenimiento de los ecosistemas, principalmente como organismos descomponedores (Becker 1980), pues permiten el reciclaje de gran cantidad de desechos orgánicos, que luego serán utilizados por otros organismos como plantas y animales (Guzmán, 1997).

Ciertos hongos, particularmente los macrohongos, son utilizados como fuente de alimento en algunos países alrededor del mundo. Los hongos están compuestos por: 90% de agua, 4% de proteínas, 3,3% de hidratos de carbono y 0,15% de grasas. Poseen vitaminas B1, B2, niacina y C, potasio, fósforo, cloro y azufre (Petryk, 2010).

4.9.2 Cómo se reproducen los hongos

Lo que normalmente estamos acostumbrados a reconocer como “hongo”, no es más que el elemento efímero de fructificación del mismo. Los hongos son generalmente filamentosos y casi todo multicelulares, sus núcleos pueden ser observados con facilidad. Sus estructuras somáticas, con excepciones, tienen una ligera diferenciación y prácticamente no presentan división en sus funciones. La parte permanente del hongo está formado por un conjunto de filamentos blancos que constituyen el cuerpo de los hongos que aumentan de tamaño por crecimiento apical. Estos filamentos pueden ser septados o no y se les denomina hifas (Carone, 1986).

Un conjunto de hifas constituye el micelio, que se encuentra en el suelo bajo la hojarasca, la madera u otros restos vegetales. El micelio, a su vez se origina a partir de una espora que es la unidad reproductora del hongo; las esporas son estructuras de tamaño microscópico que se encuentra en grandes cantidades en el cuerpo fructífero. Al germinar, la espora producida por el hongo da origen a filamentos blancos (hifas), que se desarrollan y permanecen en el suelo por muchos años (micelio, verdadero hongo).

En la época de lluviosa dicho conjunto forma los cuerpos fructíferos, que al madurar sueltan las esporas completando así el ciclo de vida de un hongo (Díaz, 1992).

4.9.3 Los macromicetos

El cuerpo de los hongos está formado por largas hifas ramificados que se reúnen en cordones rizomorfos y cuerpos de reproducción (ascomas, basidiomas) visibles y medibles en centímetros. Son organismos saprobios que absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen, o son parásitos de árboles, o viven en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas. Una gran parte de ellos vive en completa oscuridad, y depende para su nutrición de materias orgánicas ya existentes. Los hay comestibles y venenosos. Su ciclo de vida es complejo y varían según las clases de hongos (Carrillo, 2003; Guzmán, 1980).

Los hongos también pueden ser alucinógenos o venenosos. Los primeros pueden causar alucinaciones visuales, auditivas y olfativas, entre otras, debido a las sustancias activas que poseen como por ejemplo la psilocibina, psilocina, baeocistina y norbaeocistina. Los hongos venenosos pueden producir vómitos, diarreas, dolores abdominales, somnolencia, fiebre, taquicardia, e inclusive la muerte si la persona no es tratada a tiempo por un médico. Una de las especies más conocidas en nuestro país es *Amanita muscaria*, que en principio es un hongo alucinógeno, pero que luego de algunas horas presenta efectos tóxicos. Esta especie es reconocida por la coloración rojiza del píleo o sombrero y por las escamas blancas que lo cubren (Ruíz, 2010).

4.9.4 Hongos benéficos y perjudiciales

Desde que existimos como especie con conciencia de sí misma, hemos usado a los hongos para muy diversos propósitos. Por otro lado, muchos de ellos también se han valido de nosotros para lograr sus fines (sobrevivir, ante todo). Por tanto, antes de que la Micología se estableciera como ciencia, las sociedades humanas han interactuado con los hongos. La Etnomicología podría definirse como el estudio de los usos tradicionales

de los hongos por las diversas culturas humanas, un conocimiento que debe ser preservado de la extinción.

Por supuesto, las setas comestibles son conocidas desde tiempo inmemorial. En China se cultivan desde el año 600 a. C., mientras que en Europa se empezó hacia 1650. Hoy son cultivadas muchas especies que crecen en estiércol, paja, desechos de arroz y otros sustratos baratos. Algunas han sido usadas como afrodisíacas (ej.: trufas). Y, por supuesto, hay setas venenosas que pueden llegar a ser mortales. (Ual, 2010).

4.9.5 Hongos comestibles

El consumo de hongos comestibles data desde épocas remotas, se encuentra en tres regiones principales en el mundo, y son: el sureste de Asia, Europa y Mesoamérica. En nuestro país se ha ido transmitiendo esta costumbre en forma hereditaria de padres a hijos hasta nuestros días. En México resulta frecuente observar que los campesinos son expertos en la identificación de hongos que pueden ser consumidos localmente sin peligro, en el medio rural, una persona al coleccionar un hongo le observa todas sus características: forma, color, olor y tamaño; de tal manera que cuando lo vea conozca si se trata de un hongo comestible o no.

Tomando en cuenta la domesticación, puede decirse que hay dos tipos de hongos comestibles: aquellos que han sido domesticados, que se producen comercialmente debido a que son cultivados, y aquellos que solo pueden ser coleccionados en la época de lluvia.

Tan solo se sabe que existen 200 especies de hongos comestibles a los que las comunidades campesinas tradicionales (mestizas y sobre todo indígenas) asignan nombres vernáculos específicos para diferenciarlos. Los principales hongos comestibles en México son: *Agaricus bisporus*, *A. campestri*, *A. silvícola*, *Amanita tuza*, *A. fulva*, *A. caesaria*, *Auricularia delicata*, *A. politricha*, *Boletús edulis*, *B. pinicola*, *B. regius*, *Cokeina*

sulcipes, *Lactarius deliciosus*, *L. indigo*, *Lentinus lepideus*, *Lycoperdum perlatum*, *L. umbrinum*, *Morchella esculenta*, *M. conica*, *M. costata*, *Pleurotus cornupiae*, *P. ostreatus*, *P. djamour*, *Russulla alutacea*, *R. brevipes*, *R. densifolia*, *Tricholoma flavovirens*, *T. sejunctum*, *T. vaccinum*, entre otros (Guzmán, 1978).

4.10 Silvicultura sustentable

En el marco del manejo forestal, la sustentabilidad es definida como el principio que asegura, para las generaciones presentes y futuras, una producción de madera, de beneficios intrínsecos del bosque y de otros bienes en forma perpetua y óptima. Es decir, producción forestal y otros beneficios del bosque que satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (compromiso intra e intergeneracional) (Gayoso, 2010).

El manejo forestal sustentable ha sido definido por la Organización de Agricultura y Alimentación (FAO) (Franklin, 2001) como tarea multidisciplinaria, requiriendo la colaboración entre organismos gubernamentales y organismos no gubernamentales (ONG's), y, encima de todo, personas, especialmente la población rural. Es de preocupación local, regional, nacional y a escalas globales. La actividad de manejo se presenta en términos del proceso de manejo esencial. El manejo forestal sustentable supone por lo tanto (Franklin, 2001):

1. Planeación de producción de madera para fines comerciales, tanto como para las necesidades locales para madera combustible, postes, forraje y otros fines.
2. La protección o por otro lado el entorno de áreas para ser manejados como reservas de plantas o flora y fauna, o para recreación o para propósitos ambientales.
3. Asegurando que la conversión de terrenos forestales a agrícolas y otros usos sea hecho de una forma planeada y controlada apropiadamente.

4. Asegurando la regeneración de terrenos baldíos y bosques degradados, la integración de árboles en terrenos agrícolas, y el fomento agroforestal.

Mientras pueden haber muchas definiciones y descripciones de manejo forestal sustentable, como lo hay bosques y administradores responsables para éstos, muchas definiciones de manejo forestal sustentable se basan en dos sentidos comunes, principios entendidos fácilmente (Franklin, 2001):

1. El manejo forestal sustentable puede ser basado en el entendimiento y manejo de procesos y patrones del ecosistema, en grandes marcos y grandes escalas espaciales.
2. El manejo forestal sustentable puede ser basado en objetivos tanto sociales como ecológicos.

Gestión de ecosistemas

El manejo forestal con ecosistemas y paisajes como la base de la unidad de gestión representa mayor cambio en la forma de pensar y práctica en alguna parte del mundo, mucho más importante es crear, estos es, estímulos requeridos para desarrollar el enfoque de manejo forestal sustentable. La gestión de ecosistemas ha surgido en el ámbito científico, político y económico como quizá uno de los más importantes cambios en la historia humana del manejo del recurso natural. Esta visión del manejo del recurso natural integra las necesidades humanas para productos forestales y servicios con necesidades a largo plazo de la conservación en la calidad y salud del ambiente y ecosistema.

El manejo de ecosistema es un proceso orientado al ámbito de manejo de recursos, con énfasis en manejo que es entender y conservar el proceso esencial que crea y mantiene las condiciones del ecosistema. Desafortunadamente, entendiendo el proceso del ecosistema no es completo ni simple, y esto ha sido difícil para identificar qué es justamente, o podría ser, el manejo de ecosistema.

4.10.1 Interfase entre la naturaleza y la silvicultura

Un aspecto único de la silvicultura es el más estrecho de ambos, la naturaleza y el mundo definido por la actividad humana. Esos son argumentos para presentar una completa protección de los ecosistemas y limitar las actividades en los bosques. Lo que no es deseado y que también con frecuencia ocurre es donde los ecosistemas se trabajan hacia el punto de destrucción. Por lo que en ocasiones es necesario tomar medidas, que a continuación se describen.

Protección

La necesidad para proteger un bosque no requiere justificación. A lo largo de la historia se ha mostrado que la actividad humana debilita su condición original, pero no es importante el bosque sin la clase humana. Por una parte, en el peor caso es que ocurra dentro de una rápida y progresiva destrucción cuando las fuerzas económicas prevalecen. Si la silvicultura existe, es el amplio medio terrestre donde las actividades son contraladas y así se permite tanto el beneficio de las personas como del ecosistema natural (Wojtkowski, 2006).

Para lograr una protección del bosque se puede optar por:

Prohibición completa

Con una completa prohibición, la actividad económica no toma lugar y el ecosistema permanece en un estado esencialmente de no tocar. Las posibles excepciones son: baja intensidad, sin intromisión de estudios científicos o bajo impacto del turismo.

En la esfera de fuertes demandas económicas y sociales, los sistemas naturales merecen de protección completa. Dónde y cuanta área son consideraciones clave. La razón para una casi total prohibición de actividades incluye:

- (1) Proporcionar una muestra estable o estándar, que represente adecuadamente a la dinámica ecológica o un ecosistema específico;
- (2) Un grupo aparte

- (a) Plantas individuales o comunidades de plantas de interés
 - (b) Belleza de ecosistema, o
 - (c) Áreas destacadas o con características inusuales;
- (3) Preservar flora y fauna rara o en peligro de extinción; y/o
- (4) Mantener una faja de cruce de diversidad genética de una o más especies.

Protección parcial

Muchos ecosistemas no pueden ser totalmente protegidos y el enfoque mas pragmático puede permitir actividades limitadas. Hay argumentos para soportar esto. Algunos abogan el uso limitado para asegurar a las personas locales que tienen un interés en los bosques u otros ecosistemas relativamente intactos.

Formas de protección: La Protección parcial toma un número de formas, esos pueden implicar:

- (1) Área,
- (2) Método de cosecha (flora o fauna),
- (3) Especies (Flora o fauna), y/o
- (4) Alguna otra característica

Cada uno tiene ventajas y desventajas y la mejor opción puede ser una combinación de formas que reflejan las fuerzas y debilidades del cuerpo de protección. El argumento para conservación supone que un conjunto de áreas (como con un bosque completamente protegido) esta siendo totalmente salvaguardado.

Silvicultura

Las razones para la silvicultura son muchas y variadas, los económicos son mayores, tienen una justificación ecológica. El más importante puede ser proveyendo de actividades económicas a las personas locales. La protección en alguna forma es una

desventaja cuando las personas locales tienen un interés y reciben beneficios económicos u otros de los bosques cercanos.

La silvicultura y extracción de madera puede no ser una desventaja, pero puede duplicarse parcialmente, lo que ocurre naturalmente. Hay un argumento que, si bien formulado, la explotación obligada puede generar procesos para crear bosques individuales de propiedades únicas u homogéneas.

El bosque natural

Pocos ecosistemas forestados son sin influencias catastróficas y pocos han escapado a actividades humanas. La mayoría, han sido resultado directa o indirectamente por diversas causas. Lejos de ser incidental, los bosques son envueltos bajo esas condiciones. Además cambian continuamente y desde las expectativas evolucionarias del estado actual de los bosques, se podrían guiar las actividades silvícolas.

Un bosque puede tener su origen por la recuperación por el ataque de fuertes vientos, pastoreo de animales, incendio, infestaciones de insectos, tormentas de heladas, nieves pesadas, sequía e inundaciones (cortos y largos periodos), bosques establecidos por la unión de praderas y matorrales.

También puede haber bosques restaurados como resultado de una adversidad. Restauración de claros abiertos dentro del bosque, a través de la sucesión. En los bosques lluviosos claramente exhiben una tendencia evolucionaria, donde el interior es denso y oscuro. La condición del suelo es húmeda, cerrada (a través de inter-enlazamiento de raíces, ramas y brotes) y el crecimiento vegetativo es rápido para resistir o superar los efectos de la naturaleza, por ejemplo, fuego, infestación de insecto y sobre todo de los vientos más fuertes.

En el interior de los bosques existen árboles caídos, los cuales dañan un porcentaje de árboles jóvenes, aunque al paso del tiempo, dejan intacto al ecosistema, ya que finalmente se considera como aclareo natural. Los árboles caídos dejan huecos cuando los vientos o lluvias fuertes derriban grandes árboles podridos internamente, que con el tiempo se regenerará el hueco generado y es así como un bosque evoluciona dando origen a nuevos individuos (Wojtkowski, 2006).

Fauna natural

Claramente, la fauna local tiene pertenencia en el ecosistema y, tienen su hábitat ya sea en la copa de los árboles o sobre el suelo y es así como puede preservarse la fauna natural. La diversidad de fauna es esencial para cuidar muchos ecosistemas ya que integran parte del ciclo del mismo.

Las ardillas entierran las bellotas para consumos futuros y, cuando este proceso no es completado, se genera la germinación de los árboles; otros roedores reservan semillas, ayudando a la regeneración. Las semillas dispersadas por los pájaros son parte de un proceso de resiembra que expande las especies en los bosques.

Mejores prácticas de manejo

El argumento para cosechar madera es predicho en la noción de silvicultura responsable. Si se hace de acuerdo con las prácticas y principios más actuales, el daño hecho es mínimo y dentro de los parámetros de disturbio natural del bosque.

Como una medida de protección, el manejo adecuado requiere realizar el monitoreo de forma efectiva por parte del gobierno y manejadores del bosque y así aprobar un plan de manejo y asegurar que se asume correctamente. Para ello se deben cubrir las siguientes consideraciones:

Planificación

Un prerrequisito necesario para una operación es la planeación. Una buena planeación anticipa una destrucción indebida del ecosistema presente y mejora su productividad futura.

La planeación es puesto en inventarios exactos (ejemplo, muestreo estadístico) y /o enumeración (ejemplo, localización de árboles individuales) para determinar el método apropiado de cosecha. Aquí se especifican los árboles que servirán para observación, los que han sido cortados y los restantes ya derribados, los que se van a cortar y los que no serán removidos, y los que pueden ser para bosques futuros. La planeación también se hace en mapas exactos donde se ubican los árboles destinados a cosecha, cuerpos de agua, plantas raras o en peligro de extinción y otras características concernientes.

Maquinaria adecuada

Un aspecto menos discutido para un mejor manejo es el equipamiento para realizar la cosecha y si son apropiados para la tarea. La maquinaria silvícola es cara y hay una tendencia para una larga vida de servicio. De ahí, optar por versatilidad y costo de mantenimiento considerando el tamaño de las trozas (longitud y/o diámetro) y la maquinaria especializada según la topografía. Dentro de esas restricciones, una planeación adecuada puede ser efectiva, aun si el equipo no es específico para la tarea.

Las medidas de protección del bosque como una parte de la planeación y prueba de evaluación, se deben considerar de si hay áreas que requieran protección especial. Además se debe de considerar las siguientes acciones: densidad adecuada de caminos, protección de cruce de arroyos, áreas riparias, protección de pantanos, protección de laderas, dirección de derribo de árboles, métodos de aclareos y conservación flora y fauna.

Cuando se ha terminado la cosecha, se toman algunas medidas para conservar el sitio, los cuales incluyen: reforestación y el mantenimiento de caminos, principalmente (Wojtkowski, 2006).

4.11 Sostenibilidad de sistemas agroforestales

La sustentabilidad de un sistema de producción rural corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades de la humanidad, sin afectar, las necesidades de la humanidad, sin afectar, y de ser posible, mejorar el recurso base del que depende el sistema.

Un sistema de producción rural sustentable es solo uno de los elementos del concepto global del desarrollo sustentable que incluye una serie de condiciones fuera del sistema rural que se clasifican como economía social, ecología, política e instituciones (Torquebiau e ICRAF, 1990).

Los principales requerimientos de la agricultura sostenible son:

- La conservación del suelo incluyendo el control de la erosión del suelo y el mantenimiento de la fertilidad
- el uso de la conservación eficiente de recursos existentes (suelo, agua, luz, energía, recursos genéticos, trabajo)
- el uso de las interacciones bióticas entre los diferentes elementos del sistema agrícola (por ejemplo, el acolchado, la asociación de plantas trepadoras y soportes, fijación de nitrógeno y el control biológico de malezas y enfermedades)
- el uso de insumos que estén fácilmente disponibles y de insumos y prácticas que asegure la salud y conservación del medio ambiente.

El tipo de agricultura que vaya a ser usado por los agricultores en pequeña escala y que dependen tanto de cultivos comerciales y de subsistencia debe cumplir requerimientos más estrictos para que sea sustentable. Estos son:

- Satisfacer las necesidades energéticas de los agricultores (calor, trabajo)
- Satisfacer las necesidades de subsistencia de los agricultores para que puedan asegurar una dieta balanceada y adecuada
- Fortalecer los vínculos de solidaridad entre los miembros de la comunidad local.

4.12 Productividad y redituabilidad de los sistemas agroforestales

La productividad mejorada, y la consecuente redituabilidad, es el criterio prioritario para las intervenciones agroforestales. La productividad, mejorada con la agroforestería, pueden lograrse de varias maneras, tales como (Krishnamurthy, *et al.*, 2003):

- ***Diversificación de productos:*** La agroforestería cuando está bien diseñada y apropiadamente manejada, contribuye a la satisfacción de las necesidades básicas humanas con alimento, energía, protección, materias primas y dinero en efectivo.
- ***Desempeño mejorado:*** La productividad mejorada de los sistemas agroforestales, como perciben los agricultores de la redituabilidad de una finca, es otro criterio para la selección de la tecnología.
- ***Reducción de insumos externos:*** El aumento de la productividad en la agroforestería también puede deberse a un mejor manejo de los recursos, reduciendo los insumos externos. La incorporación de árboles leguminosos en los sistemas agroforestales, contribuye a una cantidad sustancial de nitrógeno a los cultivos a través de la fijación biológica y una profunda captura de nutrientes. Los sistemas agroforestales bien diseñados pueden proveer insumos de nitrógeno suficientes para satisfacer los niveles moderados de la producción de maíz, sin ningún insumo adicional externo. Ese mejoramiento en la productividad sin insumos externos es especialmente importante para las familias campesinas de escasos recursos, tanto por sus beneficios económicos como ambientales.
- ***Rehabilitación de tierras degradadas:*** El mejoramiento de la productividad a través de la rehabilitación de las tierras degradadas es otro aspecto único para los sistemas agroforestales.

4. 11 Principios de estadística multivariada

La estadística multivariada se refiere a una serie de técnicas que analizan simultáneamente múltiples medidas de cada individuo u objeto de investigación. En este sentido, el análisis multivariado es una extensión de los análisis univariados (distribución de una sola variable), bivariados (que involucran dos variables, como correlación, regresión).

Podemos clasificar a los métodos multivariados en dos grandes grupos:

- 1) Análisis que categorizan o clasifican los objetos de investigación. Aquí encontramos los distintos tipos de análisis de agrupamiento.
- 2) Análisis que reducen los datos a variables sintéticas (Ordenamientos). Entre estos métodos podemos mencionar: Análisis de componentes principales (PCA), Escalamiento multidimensional no métrico (MDS), Análisis de correspondencia canónica (CCA), Análisis de función discriminante (DFA).

4.11.1 Análisis de agrupamiento (Clasificación)

La clasificación es un procedimiento que crea grupos o clases de objetos similares que están definidos por la posesión de ciertos atributos preescritos. Algunas clasificaciones de vegetación se basan en clases que son asignados arbitrariamente usando criterios tales como fisonomía, estructura y florística (Moore & Chapman, 1986).

La clasificación empieza con el supuesto de que las comunidades son entidades relativamente discretas. Esta produce grupo de comunidades relacionadas mediante un proceso conceptualmente similar al de la clasificación taxonómica (Begon, *et al.*, 1999).

Los análisis de agrupamiento se pueden clasificar en:

- a) Jerárquicos: Casi todos los métodos usados en análisis de vegetación son jerárquicos. El Análisis de Asociación es un ejemplo de una clasificación jerárquica, y el significado del término es aparente de la secuencia de divisiones

en diferentes niveles de $\Sigma\chi^2$. La asociación final de observaciones se produce de un número inicial total de observaciones por una serie de divisiones jerárquicas (Causton, 1988).

Se determinan grupos que están compuestos por subgrupos. Hay una jerarquía de niveles.

- Aglomerativos: Los grupos se forman desde abajo. Comienza uniendo los dos objetos más similares.
- Divisivos: la clasificación comienza con la división de los datos de mayor importancia, que luego se vuelven a dividir y así sucesivamente, hasta obtener categorías más pequeñas (Moore & Chapman, 1986).

- b) No Jerárquicos: El objetivo es formar un número predeterminado de grupos (K). Se define el número de grupos y se acomodan los objetos para minimizar la variabilidad dentro del grupo y maximizar la variabilidad entre los grupos.

4.11.2 Ordenamiento

La ordenación es un método matemático que permite organizar las comunidades sobre una gráfica, de tal modo que aquellas que son similares en cuanto a la composición de especies y la abundancia relativa aparecerán más juntas, en tanto que las comunidades que se diferencian significativamente en la importancia relativa de un conjunto similar de un conjunto similar de especies, o que poseen especies muy distintas, aparecerán muy separadas (Begon, *et al.*, 1999).

Los ordenamientos se usan principalmente en ecología para buscar y describir patrones y pueden ayudar a:

- seleccionar los factores más importantes de un conjunto de factores hipotéticos.
- separar patrones fuertes de patrones débiles
- revelar patrones y sugerir posibles procesos.

Reducción de datos

Los ordenamientos son una manera de reducir los datos, esto significa resumir un set de datos que contiene muchas variables en un set de menos número de variables (sintéticas) que son combinaciones de las variables originales. En contraste, los métodos de clasificación reducen un set de datos multivariados en clases discretas.

Comenzamos generalmente con un set de datos de n entidades y p variables (dimensiones) y , usando algún método de ordenación, intentamos representarlo efectivamente en un número menor de dimensiones (k). Estas nuevas dimensiones son variables sintéticas que resultan de la combinación de las variables originales.

Diagramas de ordenación

Típicamente un diagrama de ordenación es un gráfico en dos dimensiones de una variable sintética versus otra variable sintética. Idealmente, la distancia entre los puntos en el diagrama es proporcional a la medida de distancia subyacente en los datos. No se debe ver los puntos como un patrón de regresión; en la mayoría de los métodos de ordenación los ejes, por definición, no están correlacionados. El número de ejes o variables sintéticas depende de la fuerza de la señal de los datos en relación al ruido. Cuando hay un solo patrón claro, la decisión sobre cuantos ejes considerar es clara. Sin embargo, cuando hay varios posibles patrones, dos o tres ejes son adecuados para representar los datos. Si intentamos representar los datos en más de tres dimensiones, la interpretación se vuelve confusa.

Tipos de ordenación

Sin variable dependiente ni variable independiente

- 1) Análisis de componentes principales (Principal Components Analysis – PCA)
- 2) Escalamiento multidimensional no métrico (Nonmetric Multidimensional Scaling – NMS)

Con variable dependiente ni variable independiente

- 1) Canonical correlation analysis (CA)
- 2) Canonical Correspondence Analysis (CCA)
- 3) Discriminant Function Analysis (DFA)

4.11.2.1 Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales busca los ejes principales de una configuración multidimensional de individuos y determina las coordenadas de cada individuo para los ejes principales.

El objetivo es expresar la covariación entre las variables en el menor número de variables sintéticas (componentes). Las covariaciones más fuertes emergen en los primeros ejes y por esto se llaman componentes principales.

PCA es una combinación lineal de variables estadísticas que tienen una propiedad especial en términos de varianzas por lo que es una buena técnica para usar cuando hay una relación aproximadamente lineal entre las variables. En algunos casos se pueden hacer transformaciones para mejorar esta linealidad. En los casos de muchos ceros en la matriz, la distribución de puntos en el diagrama tiene forma de herradura (Anderson, 2003).

Variantes del PCA.

El logaritmo, raíz cuadrada y transformaciones de raíces cúbicas dan algunas mejoras en los resultados. La transformación de presencia/ausencia da varios pero usualmente resultados peores. Los efectos de esas variaciones en PCA son dependientes en las propiedades de grupos de muestreo. La ordenación PCA puede ser mejorada, sin embargo, por los tratamientos de datos que reduce el efecto de especies dominantes en la ordenación, ya sea por estandarización o por logarítmica o por otra transformación.

Esos tratamientos amplían en rango de diversidad beta que pueden ser ordenados sin distorsiones severas (Whittaker 1978).

4.11.2.2 Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS)

El objetivo de NMDS es construir un “mapa” o configuración de las muestras, en un número específico de dimensiones, que intenta satisfacer todas las condiciones de la matriz de similitud (o disimilitud) (por ejemplo, si la muestra 1 tiene mayor similitud con la muestra 3 que con la muestra 2 entonces la muestra 1 estará más cerca de la muestra 3 que de la 2). NMDS es un buen método para usar cuando los datos no son normales o tenemos variables en escalas discontinuas o arbitrarias, por lo tanto funciona bien para datos ecológicos ya que tiene la ventaja de evitar las distorsiones curvilíneas entre especies y los efectos de diversidad beta que causa la ordenación en forma de herradura (Moore & Chapman, 1986).

Este método funciona como una búsqueda iterativa de las mejores posiciones de las n entidades de la configuración de k variables. El “stress” es una medida de la desviación de una relación lineal entre la distancia en la matriz original de datos y la distancia en el espacio de ordenamiento. Valores de stress < 0.05 indican una muy buena representación de los datos en el gráfico. Un stress de < 0.1 indica una buena representación; agregar un tercer eje no va a agregar más información al patrón general. Si el estrés > 0.2 el gráfico no es muy confiable. Si el stress es mayor que 0.3, podemos considerar que la distribución de los puntos es casi al azar. En este método se puede usar cualquier índice de similitud. Por el modo en que funciona el análisis, este método permite trabajar con matrices con diferentes abundancias (por ejemplo, especies muy abundantes y especies raras) ya que en el análisis se baja el peso de las especies raras. La representación gráfica se basa en los rangos de similitud entre las entidades.

Cuando se presentan los resultados de un ordenamiento con NMDS se debe mencionar la medida de similitud usada, el tipo de programa usado (por ejemplo, PCORD) ya que diferentes programas usan diferentes algoritmos para resolver las matrices, el número de dimensiones en la configuración final (número de ejes), la proporción de la variabilidad representada por cada eje basada en los r^2 entre la distancia en el espacio de ordenamiento y la distancia en los datos reales, y una interpretación de la relación entre cada variable y los ejes del ordenamiento (por solapamiento o correlaciones).

4.11.2.3 Análisis de correlación canónica (CA)

El análisis de correlación canónica es un método multivariado que facilita el estudio de las relaciones entre grupos de variables dependientes y varias variables independientes. Este método también es conocido como promedios recíprocos (Reciprocal Averaging, RA). En regresión múltiple podemos predecir una sola variable dependiente a partir de un grupo de variables independientes, la correlación canónica predice simultáneamente múltiples variables dependientes a partir de múltiples variables independientes. Por ejemplo, podemos tener una serie de sitios (variables dependientes) y una serie de variables independientes para explicar la variación entre los sitios (especies).

El análisis de correlación canónica hace una ordenación de la matriz original de n filas x p columnas y obtiene un grupo de ejes (k) con los respectivos valores de cada n para esos ejes. Luego hace una ordenación de la matriz pero las filas como columnas y las columnas como filas y obtiene una serie de ejes (k) con los respectivos valores de cada p para esos ejes. Canónico se refiere al análisis simultáneo de dos o más matrices de datos. Correlación canónica se refiere a la correlación entre dos matrices de datos.

Como resultado de la correlación canónica tenemos como resultado las variables canónicas que representan las combinaciones lineales de las variables independientes y

dependientes, y el índice de correlación canónica R_c que representa la relación entre las variables dependientes e independientes.

4.11.2.4 Análisis de correspondencia canónica (CCA)

El análisis de correspondencia canónica (CCA) restringe la ordenación de una matriz por medio de regresiones lineales múltiples con variables en una segunda matriz; en este sentido este análisis combina los conceptos de ordenación y regresión. Se usa CCA para relacionar por ejemplo una matriz de distribución de especies por sitios y las características ambientales de esos sitios.

El objetivo del CCA es analizar la tabla de frecuencia, pero teniendo en cuenta las variables ambientales; es un análisis donde la matriz X (las variables ambientales) interviene en los cálculos del análisis de los datos de la matriz Y , forzando que los ejes de máxima dispersión sean combinaciones lineales de las variables de X .

El análisis canónico de correspondencias combina dos conceptos diferentes para realizar el análisis: ordenación, es decir, búsqueda de ejes de máxima dispersión, y regresión. El análisis canónico de correspondencias produce ejes ortogonales sobre los cuales se pueden proyectar los datos. También está relacionado con el análisis de regresión múltiple, método que sirve para modelar una variable respuesta usando un grupo de variables explicativas. La regresión múltiple interviene de tal forma que los ejes de dispersión sean combinaciones lineales de las variables de X (Adriyanov, 2010).

Una ventaja de este método es que permite plantear hipótesis ecológicas a priori y testearlas con el análisis. También, al examinar la varianza no explicada se pueden generar nuevas hipótesis.

5. Metodología

5.1 Caracterización de la zona de estudio

Localización del área de estudio. Se localiza en las coordenadas 17° 13' de latitud norte y 97° 07' de longitud oeste, al noreste del estado en el distrito de Nochixtlán a una distancia aproximada de 102 km. de la capital del estado (Figura 7). Colinda con San Andrés Nuxiño, San Juan Tamazola, Santa María Peñoles y San Andrés Zautla. Su altura sobre el nivel del mar es de 2 040 metros y extensión total de superficie es de 14 176 hectáreas dedicada a diferentes usos.

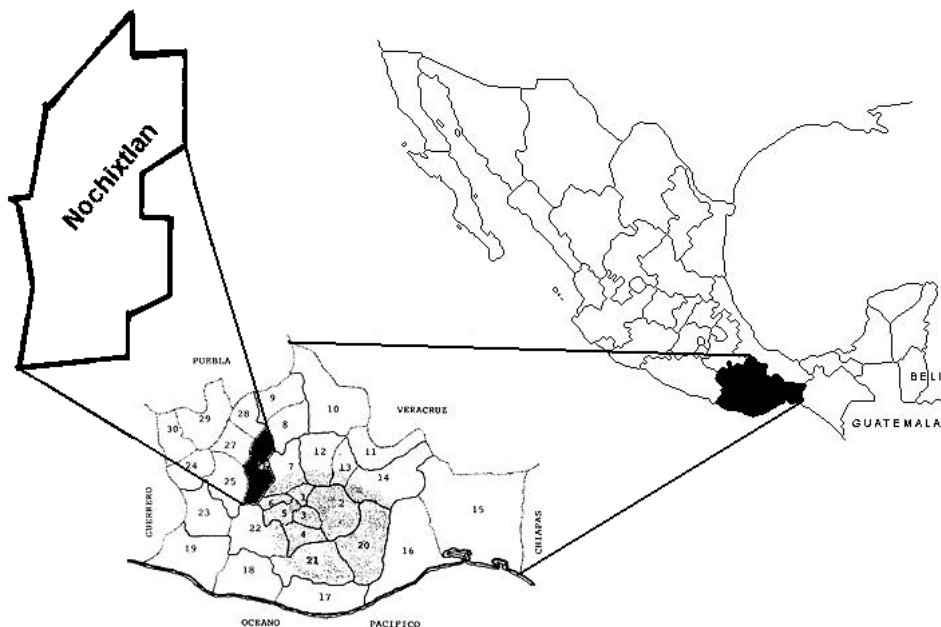
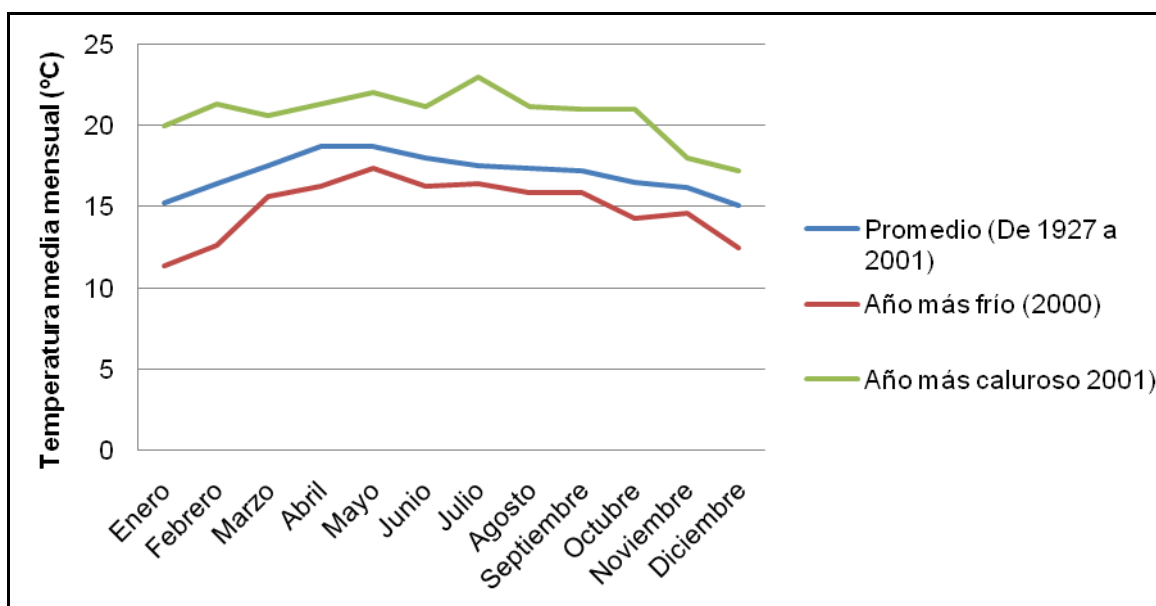


Figura 7. Localización del área de estudio (modificado de: revistaemet, 2010; interciencia, 2010).

Orografía y geología. Las principales alturas están representadas por la Montaña Chinapa, cerro León y cerro Nuuxie. El tipo geológico predominante en la zona es el Terciario sedimentario (INEGI, 2007).

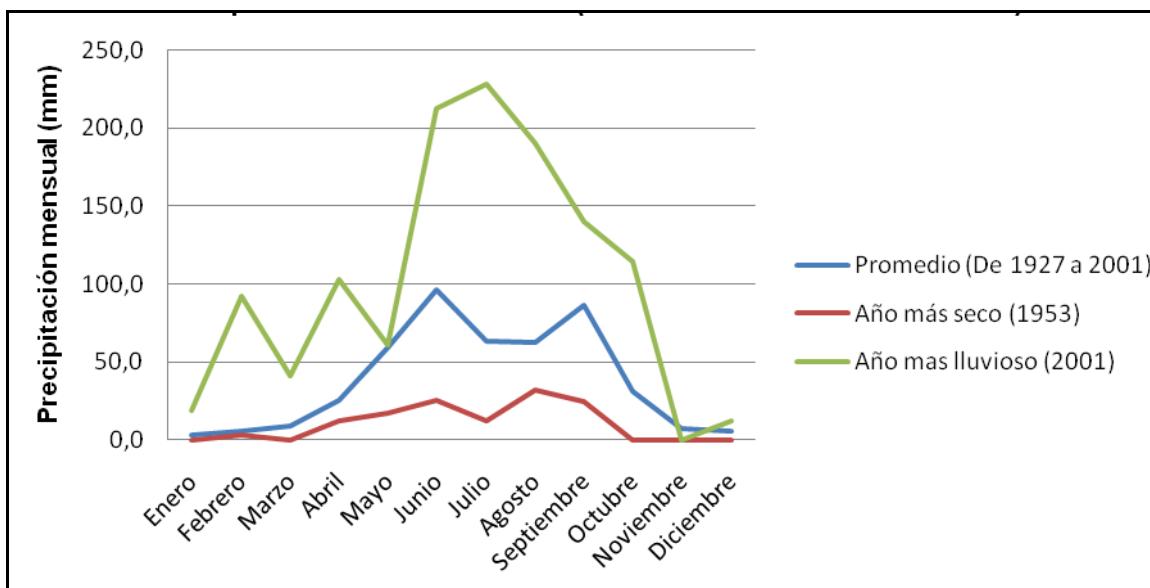
Hidrografía. El sistema hidrográfico está formado por los ríos Garza y Nuxaá, siendo los más importantes, aunque también existen pequeños arroyos.

Clima. El clima es subhúmedo, con lluvias en verano. Presenta una temperatura media anual de 17 °C, siendo la temperatura del año más frío 14.9 °C y la temperatura del año mas caluroso de 20.7 °C. La precipitación promedio de 454.9 mm, la precipitación del año mas seco 125.5 mm y la precipitación del año más lluvioso 1212.6 mm (INEGI, 2007). En la figura 8 y 9 se presentan datos de temperatura y precipitación, respectivamente, con un periodo de observación que va de 1927 a 2001, referidos de la estación meteorológica 20-058 Asunción Nochixtlán.



Fuente: Tomado de INEGI, 2007.

Figura 8. Gráfico de temperatura (Observación de 1927 a 2001).



Fuente: Tomado de INEGI, 2007.

Figura 9. Gráfico de precipitación total mensual (Observación de 1927 a 2001).

Principales Ecosistemas. De acuerdo a los usos del suelo, se tiene una extensión de bosque de pino-encino de 1790 hectáreas, vegetación secundaria de 7740 hectáreas, 3579 hectáreas de pastizales y 1066 hectáreas dedicadas a la agricultura (INEGI, 2007).

Fauna. Diversidad de aves como el cuervo, pájaro azul, gavilán, jilguero, gorrión, coyote, zorro, tábano, moscas, zancudo, ranas, charales, víbora de cascabel, coralillo y lagartijas.

Actividades económicas. Se practica la agricultura de temporal empleando maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maguey mezcalero (*Agave angustifolia*), los cuales son destinadas al autoconsumo. Se ubican en total 700 ejidatarios con parcelas individuales, de las cuales 250 son hombres y 450 mujeres (INEGI, 2007).

5.2 Método

Descripción de la zona de estudio y caracterización de los sistemas de producción agroforestales basados en:

1. Revisión bibliográfica que consistió en entrevistas con autoridades municipales y locales, consultas electrónicas, bibliográficas y otras fuentes, temática relacionada con el área de estudio; diseño de una encuesta para el levantamiento de información y aspectos relevantes en relación al estudio de las prácticas agroforestales.
2. Recorrido preliminar de campo en todas las comunidades del municipio de Santo Domingo Nuxaá con el fin de ubicar a los productores con algún tipo de sistema agroforestal y de esta manera definir el tamaño y tipo de muestro.

Definición del tamaño de la muestra. Para la estimación del número de productores a entrevistar y por consiguiente los sitios a muestrear se empleo la siguiente expresión (Triola, 2004):

$$n = \frac{N p q (Z_{\alpha/2})^2}{p q (Z_{\alpha/2})^2 + (N-1) E^2} \dots\dots\dots (1)$$

Donde: n= Tamaño muestral; N= Tamaño de la población; Z= Valor correspondiente a la distribución normal estándar; p= Prevalencia esperada del parámetro a evaluar; q= 1-p y E= Error que se prevé cometer.

Considerando que en el municipio hay 700 productores que cuentan con parcela individual (INEGI, 2007). Por medio del recorrido preliminar, se objetó que aproximadamente el 60% cuenta con algún tipo de sistema agroforestal, resultando 420 productores considerados como el tamaño de la población. Se tomó un nivel de

confianza del 90%, por lo que $Z_{\alpha/2} = 1.645$, y 0.5 como prevalencia esperada. Empleando la expresión (1), dio como resultado 58 productores entrevistados que es el tamaño muestral.

Para el caso del levantamiento de información en campo, se consideró como el tamaño de la población a los 58 productores entrevistados, un nivel de confianza del 90% y 0.5 como prevalencia esperada, de tal forma que de los 58 productores entrevistados, a 31 se le pidió permiso para realizar los muestreos de campo correspondientes en sus predios establecidos con algún tipo de sistema agroforestal. Se usó este criterio debido a que no existe gran heterogeneidad en los sistemas agroforestales presentes.

3. Una vez determinado el tamaño muestral, se procedió al levantamiento de la información general relacionado a la descripción de los sistemas agroforestales mediante entrevistas (Anexo; título 1) con los productores y observación directa, así como muestreo de vegetación, de suelos y hongos, los cuales se describen a continuación.

Muestreo de la vegetación

El muestreo fue dirigido considerando la heterogeneidad de los sistemas agroforestales, los cuales están definidos por las condiciones del terreno, uso del sistema, composición florística, tipo de asociación y frecuencia de especies (Granados y Tapia, 1983).

Para el levantamiento de la información florística, se empleo el método de muestreo de área. En base a la forma de vida de la vegetación presente, se establecieron cuadros de 10m x 10m para árboles, para arbustos cuadros de 4m x 4m y para las herbáceas se definieron cuadros de 1m x 1m (Granados y Tapia, 1983), el cual se muestra en la figura 10. Para el caso de árboles o arbustos formando hileras o terrazas se muestrearon por líneas de 10 m de longitud.

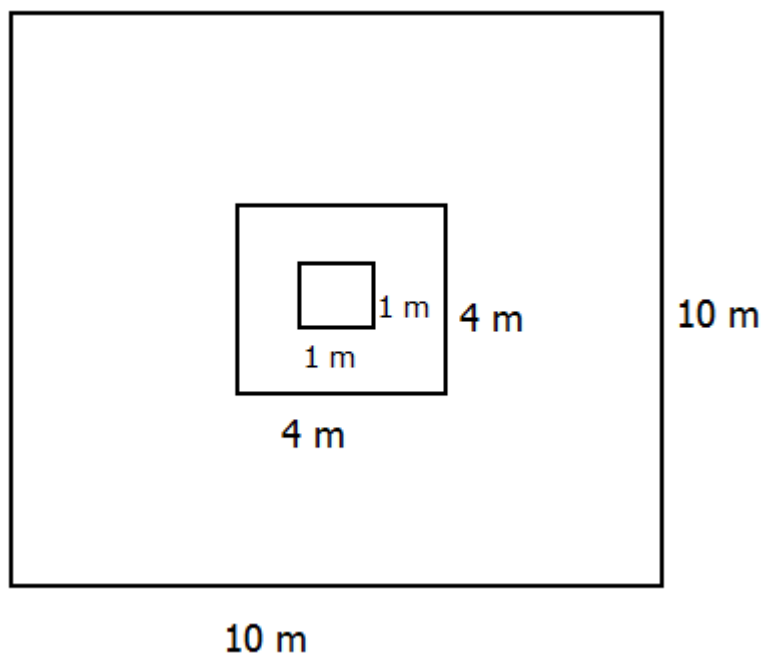


Figura 10. Ubicación de los sitios de muestreo para los tres estratos (Granados y Tapia, 1983).

Una vez establecidos los cuadros de muestreo, se registraron para cada estrato:

- Estrato arbóreo: Número de individuos de cada especie, diámetro normal y altura.
- Estrato arbustivo: Número de individuos de cada especie y diámetro con el fin de determinar la cobertura.
- Estrato herbáceo: Número de individuos por especie y la cobertura.

Una vez obtenido el registro, se realizó la colecta de todas las especies para su identificación en el laboratorio.

Colecta de material botánico

Se colectaron los ejemplares botánicos de los sitios de muestreo para cada sistema agroforestal. Éstos se prensaron con la finalidad de conservarlos en buen estado y así no pierdan sus características principales. Las muestras se colocaron en papel periódico

doblados a la mitad, con su respectiva etiqueta, indicando el número de colecta. Para la bitácora de campo se registraron los siguientes datos: lugar, fecha, tipo de vegetación, posición topográfica, exposición, pendiente del terreno, altitud, nombre del colector, número de colecta, nombre común, características del suelo (materia orgánica, pedregosidad, profundidad y color) y características relevantes de la especie (tamaño, color de las flores, forma del tronco, características de las hojas y se tomaron fotografías) (Granados y López, 1982).

Se llevaron las muestras de vegetación a la secadora del herbario Chap para secar los ejemplares y posteriormente se determinaron con el fin de conocer el nombre científico de las mismas.

Debido a la abundancia del grupo botánico de hongos en el sistema de agrobosque, éstos fueron colectados, secados e identificados.

Para la colecta se utilizó una canasta por ser un medio adecuado para el transporte de hongos. Con el fin de mantenerlos frescos y que no se aplastaran se formaron paquetes con papel encerado. Se seleccionaron los especímenes en mejores condiciones y se limpiaron cuidadosamente de hierbas, tierra, hojarasca y organismos encontrados en ellos.

En la bitácora de campo se registraron los datos de fecha, lugar, altitud, exposición, tipo de vegetación, tipo de suelo o sustrato y coordenadas geográficas. Respecto a los especímenes se registraron las características en fresco como son: tamaño, color, forma del píleo, tipo de cutícula y superficie del píleo, borde y forma del margen del píleo, posición de las láminas con respecto al pie, frecuencia de las láminas, borde del himenio, forma, posición y superficie del estípite, tipo de anillo y tipo de volva (Estrada y Oliver, 1991), además se tomaron fotografías de cada especie.

Muestreo de suelo.

En los sitios más representativos para cada sistema agroforestal, se tomó una muestra de suelo de 0 a 30 cm de profundidad por debajo del horizonte A00 (hojas y residuos orgánicos sin descomponer). Para ello se recabó la información: Lugar, fecha, exposición, altitud, pendiente del terreno, tipo de vegetación, color y profundidad del suelo. De cada muestra se colectó en promedio un kilogramo con el fin de mezclarlo y obtener homogeneidad en cada una de las mismas.

Análisis físico-químico de suelos

Se llevaron las muestras de suelo al laboratorio Central Universitario de la UACH, en donde se determinaron los siguientes parámetros: pH, MO, N, P, K, Ca y textura. El método usado para determinar cada parámetro es el que se menciona a continuación:

pH: Potenciométrico relación suelo agua 1:2

MO: Walkley y Black

N: Extraído con cloruro de potasio 2n y determinado por arrastre de vapor.

P: Bray P-1 en algunas y Olsen para otras.

K: Extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.

Ca: Extraído en acetato de amonio 1.0N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.

Textura: Hidrómetro de Bouyoucos.

La interpretación de dichos parámetros se hizo empleando la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis (SEMARNAT, 2002), y así identificar el estado en que se encuentran los suelos para cada sistema agroforestal.

4. Descripción de los sistemas agroforestales basado en su estructura y función con el método de Sistema fisonómico de Dansereau (Anexo, Cuadro 5), diagramas de perfil semirrealista y mapas con diagramas horizontales (Anexo, cuadro 6).

Diagramas de perfil semirrealista. Este método que fue planteado inicialmente por Davis y Richards (1934), (Granados y Tapia, 2002), describe la estratificación de la vegetación a través de ilustraciones semiesquemáticas llamadas diagramas de perfil.

Sistema fisonómico de Dansereau. Este sistema de descripción relaciona la estructura y función, considerando: forma de vida, altura, cobertura, forma, tamaño y textura de la hoja (Granados y Tapia, 2002). Este sistema utiliza símbolos: letras, números y dibujos de tal forma que la estructura de la comunidad queda expresada por una síntesis gráfica.

5. Análisis de la información basados en los análisis multivariados: Agrupación (clasificación) y ordenación.

Agrupación de las prácticas agroforestales con base a su composición florística basándose en la presencia-ausencia de los componentes mediante el análisis de agrupamiento (CA). Con la matriz de presencia-ausencia (Anexo, cuadro 7) de las especies de cada práctica agroforestal, se realizó la clasificación numérica, con el fin de conocer la similitud florística entre cada sistema con respecto a la composición florística. Se eligió el índice de Sorensen como medida de distancia para definir la similitud entre grupos (McCune y Mefford, 1999) y como método de unión de grupos el de promedio entre grupos. Para determinar el número de grupos en el dendrograma se eligió un nivel de corte donde los sistemas agroforestales fueran interpretables desde un punto de vista natural. Para la clasificación de los sistemas se utilizó el programa PC-ORD.

Con el análisis de correspondencia canónica (CCA) se realizó la ordenación directa por medio de dos matrices que se elaboraron. La primera matriz de presencia-ausencia (Anexo, cuadro 7), consistió de los 7 sistemas agroforestales (filas) y 40 especies (columnas); y la segunda matriz con los mismos 7 sistemas agroforestales y de las 9 variables ambientales edáficas (columnas) (Anexo, cuadro 8). Se empleó el programa PC-ORD para realizar los análisis.

6. Resultados

6.1 Clasificación de las prácticas agroforestales

De acuerdo con los componentes que se encontraron en el área de estudio y considerando las bases teóricas, se definieron los siguientes sistemas agroforestales, ya que cada uno presenta las particularidades que la definen como un sistema de producción y, manejado por cada productor de acuerdo a sus objetivos y uso final que le dan. Por lo que para definir cada sistema se consideraron los componentes principales para dar un término que describa adecuadamente a las unidades de producción agroforestales que llegan a formar un sistema abierto ya que influyen a nivel local y regional, dependiendo del beneficio que se obtenga de ellos. Bien si se trata de servicios ecosistémicos o como conservación de suelos, entre otros beneficios que se obtienen de los mismos.

En la zona no siempre el productor puede percatarse de todos los servicios que pueden proporcionar, por lo que fue necesario hacer énfasis sobre la importancia, manejo e implementación de sistemas agroforestales en todo el municipio. Y más aun, porque es una zona con problemas de deforestación debida a varias causas, entre ellas, la falta de recursos económicos para realizar proyectos productivos, asesoría técnica, conciencia ambiental, etc.

De acuerdo a las bases teóricas, un sistema agroforestal está constituido por componentes arbóreo, arbustivo, herbáceo, agrícola y ganadero. De ahí que se tienen los siguientes:

- Sistema silvopastoril.
- Sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey.
- Sistema agroforestal de franjas arbóreas - agricultura alterna.
- Sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey- ganadería.

- Sistema silvopastoril en bosque de pino-encino.
- Sistema de huerto familiar.
- Sistema de agrobosque.

6.2 Componente de los sistemas agroforestales

Para la clasificación de cada sistema se consideraron las características estructurales dados por los diferentes componentes, que son los arbóreos, arbustivos, herbáceos, agrícolas y ganaderos. De ahí que se presentan las especies con mayor presencia en cada sistema y, que por alguna razón son considerados como de importancia por presentar usos múltiples desde el punto de vista de los productores.

6.2.1 Componente arbóreo-arbustivo-herbáceo

Este componente adquiere importancia en la mayoría de los sistemas ya que representa la diversidad de especies, y como consecuencia evita la presencia de plagas y enfermedades. Por ser un sistema con diversidad lo hace ser único y además posee ventajas y desventajas.

Estos componentes se encuentran en todos los sistemas estudiados, ya que si se trata de huertos familiares, sistemas silvopastoriles, etc., siempre hay presencia de éstos componentes, aunque para el caso de herbáceas anuales, incide en el sistema en una época corta del año, sobre todo en periodos de lluvia, y para el caso de las perennes, se manifiesta de forma diferente ya que están presentes todo el año cambiando únicamente su fenología.

De las especies arbóreas presentes en los sistemas agroforestales sobresalen las especies de *Pinus lawsonii*, *Pinus pringlei*, *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Quercus rugosa*, *Quercus magnoliifolia*, *Persea spp.*, *Casuarina equisetifolia* y *Jacaranda mimosifolia*.

Entre las arbustivas están *Acacia angustissima*, *Acacia pennatula*, *Ipomea murucoides*, *Lysiloma acapulcensis*, *Prunus pérsica*, *Leucaena spp.*, *Psidium guajava*, *Ricinus communis* y *Yucca aloifolia*.

De las especies herbáceas más representativas se encuentran *Arnica sp.*, *Cuphea eaquipetala*, *Eryngium longifolium*, *Melampodium divaricatum*, *Tagetes lucida*, *Aristida ternipes*, *Rhynchelitrum roseum*, *Bougainvillea glabra*, *Canna indica*, *Pelargonium zonale*, *Chrysanthemum leucanthemum* y *Rosa sp.*

6.2.2 Componente agrícola

Se practica la agricultura de temporal ya que no hay potencial para otro tipo de agricultura. La producción se destina al autoconsumo porque se practica en superficies pequeñas que van desde una a 3 hectáreas y no hay excedente. Las especies que se cultivan son maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), trigo (*Triticum sp.*) y chícharo (*Pisum sativum*). En asociación se encuentran otras especies como calabaza (*Cucurbita sp.*), haba (*Vicia faba*) y frijol negro grueso (*Phaseolus sp.*). En agricultura de riego se cultiva alfalfa en superficies menores a una hectárea que representa solo el 6% de los productores que la practican, los cuales tienen cuerpos de agua cercanos para realizar el riego. Así que, no se considera como actividad predominante en la región por las condiciones y restricciones que presenta en especial en zonas con problemas de agua.

Los terrenos dedicados a la agricultura son barbechados con empleo de la yunta, debido a que todos los sitios presentan pendientes pronunciadas que van desde 20% a 60 % y en algunos a más del 100%. Cada productor cultiva en las superficies disponibles y con las que cuenta para tal fin, que bien puede ser con pendientes poco o muy pronunciadas, ya que en la zona se busca la supervivencia, con el cultivo de los productos básicos de maíz y frijol. La agricultura es de temporal y se realiza un solo ciclo por año. La producción total cubre las necesidades de alimentación anual, además de que se obtiene zacate para alimentar al ganado vacuno y asnal generalmente en las

épocas secas, los cuales se emplean para labrar la tierra y carga respectivamente. En cada terreno se realiza la rotación de cultivos con alternancia de maíz y frijol entre otros granos básicos que se cultivan en menor proporción cada año respectivamente, y un año de descanso, o ninguno, dependiendo de las superficies disponibles para la agricultura.

Los sistemas de cultivo que se practican para los cultivos básicos son los siguientes:

Preparación de la tierra. La preparación de la tierra es fundamental para lograr un mejor rendimiento de los cultivos.

Barbecho. Se realiza con yuntas empleando arados hechos de madera generalmente de encino por ser más resistente que se obtienen en la zona. Se realiza en los meses de enero y febrero y hasta marzo, o bien una o dos semanas antes de realizar la siembra. Tiene el objetivo de disminuir de forma natural las malezas, incorporar vegetación natural para mantener la estructura del suelo y acumular agua.

Rotación de los cultivos. La rotación de los cultivos se practica por evitar plagas y enfermedades específicas de los cultivos, evitar la extracción de nutrientes del suelo, evitar el crecimiento excesivo de malezas y disminuir la erosión del suelo. Aquí se realiza la rotación del maíz y frijol, y en baja frecuencia con chícharo y trigo ya que se practican en un 15% en el municipio. En el cuadro 1 se generalizan las rotaciones anuales en los terrenos agrícolas por ciclos anuales.

Cuadro 1. Rotaciones anuales de los terrenos agrícolas.

1 ^{er.} ciclo	2 ^{do.} ciclo	3 ^{er.} Ciclo
Maíz	Frijol	
Trigo	Maíz	Frijol
Maíz	Chícharo	Frijol

Policultivos. Este sistema consiste en la siembra de dos a más cultivos en el mismo terreno y al mismo tiempo. Tiene por objetivo dar el uso al espacio que el cultivo principal no ocupa en cierto momento, aprovechar los tallos del cultivo principal como soporte para otro cultivo que requiera soporte o tutoraje, como es el caso del frijol empleado con los cultivos de maíz, el cual lo practican en el 50% de los productores. Además de cultivar en otros espacios haba y algunas cucurbitáceas.

Técnicas de cultivo para el maíz

Luego de la preparación de la tierra se procede la siembra. La siembra se realiza en grupos de dos a tres semillas y a distancias uniformes de 30 cm en promedio, en la apertura de los surcos realizados con los arados que están en 50 a 60 cm en promedio de separación.

La fertilización se realiza cuando las milpas de maíz tienen aproximadamente 20 cm de altura, depositando una cantidad en cada grupo de plantas, con la apertura de un hoyo para que no se corra el fertilizante.

Labra o deshierbe: Se realiza cuando las plantas tienen un mes de germinado, o bien 15 cm de altura, esto con el fin de eliminar las malezas y arrimar la tierra a las matas de maíz, al mismo tiempo reducir la competencia por malezas y tomar ventaja sobre ellos, al ser eliminados las de primer crecimiento, mientras las tardías se presentarán en etapas que la milpa ya ha desarrollado y no tiene el riesgo de competir con ellos. Aquí también se puede aprovechar para realizar la fertilización, o bien, el método antes mencionado, dependiendo del tiempo y consideraciones de cada producto. Esta actividad se realiza con yuntas y arado.

Control de hierbas: Durante la etapa de crecimiento de la milpa de maíz se realiza frecuentemente la eliminación de las hierbas por método manuales empleando la hoz y se extraen a las orillas del terreno ya que con frecuencia se emplean como forraje para

el ganado en los casos cuando no existen áreas suficientes para el pastoreo, de manera que las hierbas tienen un uso final y no quedan como simples malezas.

Cosecha: Consiste en quitar las mazorcas con el 90% del totomoxtle (hojas), posteriormente se deshoja y desgrana una cierta cantidad cada vez que se necesite el maíz. En seguida se corta el zacate y se hacen manojos para un mejor manejo y apilamiento del mismo porque se emplea como forraje.

Técnicas para cultivo de frijol

En este cultivo se llevan a cabo dos barbechos, la primera para eliminar las hierbas y formar la capa de crecimiento algo gruesa de una profundidad de 14 cm y la segunda para preparar la cama de semillas ya que se emplea la siembra al voleo.

La fertilización se realiza al mismo tiempo de la siembra y se realizan al voleo, ya que después de sembrar la semilla y fertilizar se lleva a cabo la ultima labranza de la tierra con el fin de tapar la semilla. Las labores culturales posteriores a la siembra son; el deshierbe por métodos manuales para reducir la competencia con las matas de frijol y la protección contra roedores como conejos y ratones que prevalecen en la zona.

Respecto al cultivo del trigo y el chícharo, se aplican las mismas técnicas que en el cultivo del frijol, solo hay variantes en las épocas de siembra de cada grano que está dado por sus características fisiológicas, para que se tengan las cosechas a finales de año. Cada productor define qué meses en mejor realizar la siembra de los mismos. En el cuadro 2 se calendarizan las actividades agrícolas.

Cuadro 2. Calendario de las prácticas agrícolas culturales de los cultivos presentes en la zona.

Prácticas Culturales	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Barbecho				X	X							
Surcado y siembra					X ¹	X ¹	X ²	X ²				
Labra						X ¹	X ¹					
Fertilización						X ¹	X ^{1, 2}	X ²				
Deshierbe								X	X	X		
Cosecha											X	X
Descanso	X	X	X									

¹ Para el caso del cultivo de maíz.

² Para el caso del cultivo del frijol y chícharo, aunque no incluye el surcado, únicamente siembra.

Descanso. Durante los meses de descanso de los terrenos dedicados a los diferentes tipos de granos básicos, se deja a la ganadería para alimentarse de los restos de cosecha y de la vegetación que no se eliminó en el periodo de producción.

6.2.3 Componente ganadero

Está integrado por los ganados vacuno (*Bos taurus*), ovino (*Ovis aries*), caprino (*Capra hircus*) y asnal (*Aquus asinus*). El ganado vacuno se cría con el propósito de realizar las labores de barbecho y en general para arar la tierra durante la siembra de cultivos agrícolas, de ahí que si se tienen excedentes en cabezas, se venden, pero no significa en sí que se tenga el fin de comercialización. La venta se da porque no se cuenta con la capacidad para mantener muchas cabezas de ganado, sino como máximo 4 cabezas y además depende de la superficie con que se cuenta para el pastoreo, y de la cantidad

de zacate que se obtiene en la cosecha del maíz y de paja, en el caso del frijol para alimentar al ganado.

Referente al ganado ovino y caprino, éstos se venden cuando hay necesidades urgentes de recursos económicos o bien, cuando se rebasa la capacidad de carga de las áreas de pastoreo. Representan el 40 % de las familias que los crían y no rebasan 20 cabezas, o en otros casos están combinados la ovinos y caprinos por ser complementarios en la forma en que obtienen su alimento. En el caso del ganado asnal, se tiene de 1 a 3 cabezas, los cuales se emplean para la carga de leña combustible, insumos de cosecha y demás actividades de cargas que se necesitan con frecuencia como carbón y madera para la venta que son arrimados a los caminos.

Las aves que incluyen gallinas y guajolotes, se crían en menor frecuencia, el 50% de los productores los mantienen en corrales todo el tiempo y el 50% los mantienen fuera de los corrales durante el día. Los productores que mantienen en corrales a las aves es debido a que consideran que en el caso del huerto familiar, dañan a la vegetación, sin embargo forma parte de un sistema ya que sus heces se usan para abonar la tierra y la carne como alimento para la familia. El número de cabezas va desde 3 hasta 12 en etapa de adultos. El ganado porcino (*Sus domesticus*) lo crían un 5% de los productores y está conformado de 1 a 3 cabezas, el cual se alimentan de los desperdicios del hogar, principalmente comida. Además se le proporciona hierba en épocas de lluvia y maíz en épocas secas, que se mantienen en corrales para una mejor atención y manejo.

6.3 Categoría por uso de los componentes florísticos

El uso de las especies desempeña una categoría importante en los sistemas, ya que refleja el grado de manejo y uso a la que están sujetos algunos de los sistemas mencionados y sus componentes, ya que no todos tienen la misma intensidad de uso acorde a sus características e importancia en la zona. Como en el caso de apertura de terrenos para cultivos agrícolas, se han dejado fajas arbóreas que sirven como barreras

para protección de suelos, sombra, entre otras funciones al haber un cambio de uso del suelo. En los sistemas silvopastoriles ocurre lo mismo, los bosques abiertos y secundarios tienen impacto de la ganadería y con ello se modifican todos los componentes, tanto herbáceas, arbustivos y la regeneración natural de algunas especies de importancia comercial de los géneros *Pinus* y *Quercus*.

El enfoque radica en la permanencia de áreas de bosque y a la vez obtener otro beneficio como pastoreo, recolección de leña, hongos y algunas especies medicinales de manera que sea un sistema interactivo. Aunque en épocas actuales se ha ido perdiendo el conocimiento empírico sobre el uso de especies silvestres, que ha traído como consecuencia la destrucción de los mismos y por consiguiente la pérdida de la biodiversidad. Lo que se busca al hacer el enfoque de sistema es restaurar cada componente y asegurar la permanencia durante el tiempo por medio de lograr el equilibrio.

Tipos de usos y/o servicios que presentan las principales especies presentes en los sistemas agroforestales:

- Producción de madera para construcción y venta, leña, elaboración de carbón, obtención de implementos agrícolas, madera para postes y horcones, forraje para ramoneo, frutos, medicinal y ornamental.
- Protección y servicios, considerándose el de conservación del suelo, sombra para cultivos y/o animales, cercas vivas, cortinas rompevientos y hábitat de fauna.

5.4 Estructura de los sistemas agroforestales

Se hace la descripción y caracterización de cada uno de los sistemas agroforestales encontrados en la zona de acuerdo a sus componentes.

6.4.1 Sistema silvopastoril

Consiste en la integración de áreas de pastizales con árboles y arbustos dispersos, en una disposición mixta e irregular, en el cual estos sistemas en general pueden presentar entre 3 a 15 árboles por hectárea. En los casos donde hay predominancia de especies arbustivas, es posible encontrar hasta 25 individuos cuando se trata de una mezcla entre especies arbóreas y arbustivas.

Entre las especies arbóreas más importantes están *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Quercus magnoliifolia* y *Quercus rugosa*, y de especies arbustivas están *Acacia angustissima*, *Acacia pennatula* y *Lysiloma acapulcensis* (Figura 11 y 12). La presencia de vegetación arbórea y arbustiva en los terrenos dedicados a este fin tiene el propósito de dar sombra al ganado y a los pastores, además de crear un microclima, lo cual se ve reflejado ya que cerca de los troncos de los arbustos, los pastos y hierbas crecen mejor y se conservan verde por más tiempo (observación directa).

Las especies herbáceas principales presentes y que tienen el potencial de ser palatables para la ganadería mixta son *Arnica sp.*, *Cuphea eaquipetala*, *Malva parviflora* y *Simsia amplexicaulis*, sin dejar de mencionar a las gramíneas que son la base del sistema, entre las más representativas están *Aristida sp.*, *Aristida ternipes*, *Bouteloua sp.* y *Rhynchelitrum roseum* (Figura 12).

La topografía de los predios en que se practica el sistema silvopastoril va desde 25% a 80% de pendiente, en exposiciones de norte, sur y suroeste en la mayoría de los casos. Los terrenos presentan predegradación del 25 al 35%, los suelos son medianamente

profundos, de textura arena francosa, un pH neutro, el porcentaje de materia orgánica es media, por lo que la cantidad de nitrógeno presente es bajo y lo mismo ocurre con la cantidad de fósforo. Referente a la cantidad de potasio y calcio suelen ser muy bajos. Estos parámetros indican que el suelo en su generalidad presenta algunas deficiencias por lo que será necesario hacer un manejo adecuado para recuperar la fertilidad de los mismos.

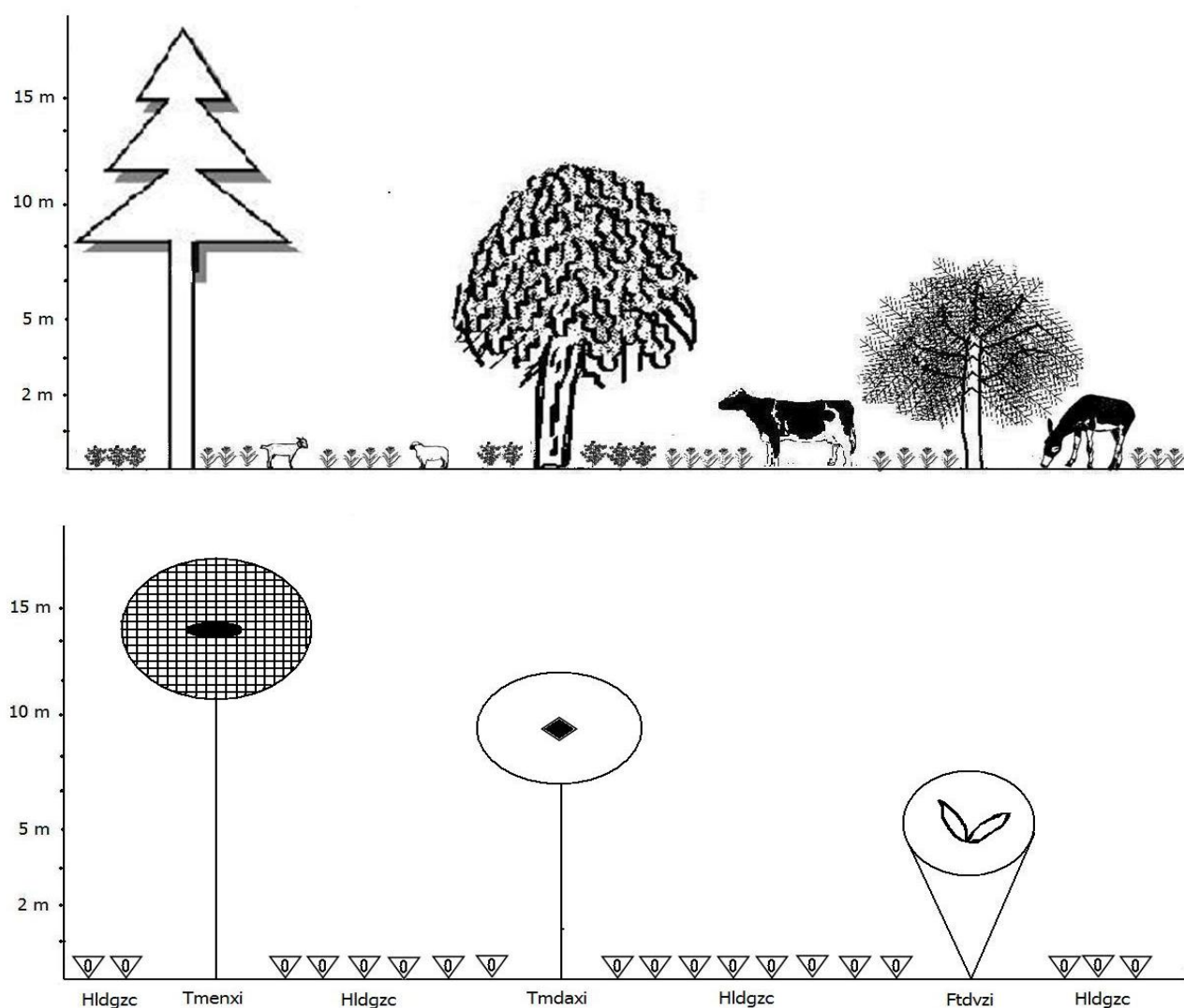


Figura 11. Perfil semirrealista y danserograma del sistema silvopastoril (*Pinus*, *Quercus*, *Acacia* y ganadería) en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

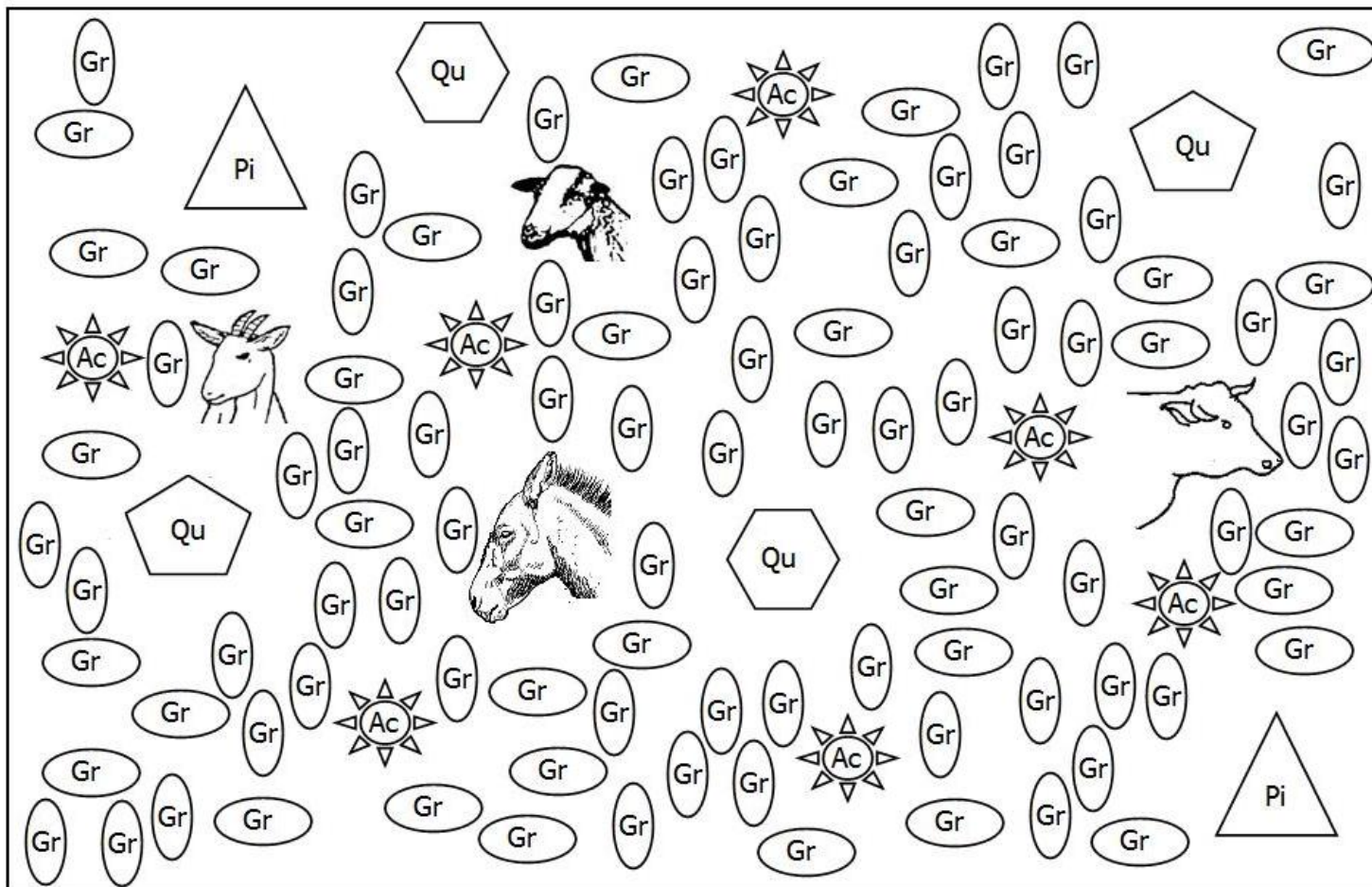


Figura 12. Perfil horizontal del sistema silvopastoril, representado por las principales especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

La ganadería está representada por ganado ovino, caprino, vacuno y asnal. Cada uno de éstos con cabezas de entre 5 a 20 en ganado ovino, de entre 5 a 10 en caprino, de entre 2 a 6 en ganado vacuno y de 1 hasta 3 en ganado asnal. El 55% de los productores crían ganado vacuno y asnal; 30% de productores crían ganado vacuno, ovino y asnal; 10% crían ganado vacuno, asnal y caprino, y solo el 5% crían ganado vacuno, ovino, caprino y asnal.

La proporción en el número de cabezas de ganado está acorde a las superficies disponibles para el pastoreo, así como la mano de obra disponible para su mantenimiento. Todo ganado es para autoconsumo y venta en el caso de alguna emergencia o bien, exceso en el número de cabezas. Sin dejar de menos la importancia que tiene el ganado vacuno, por ser un medio de trabajo agrícola para el productor empleados para arar la tierra destinada a la agricultura. Lo mismo sucede con el ganado asnal, que tiene como finalidad el trabajo de carga, por tanto, la mayoría se ve en la necesidad de criar estos dos tipos de ganado, porque resulta mas positivo y además evita la renta de animales para cada trabajo. En ocasiones no es fácil obtener la renta cuando se trata de temporadas altas como el caso de las actividades agrícolas lo que genera retrasos en las etapas agrícolas y como consecuencia pérdidas en las cosechas.

Se realizan rotaciones en las áreas de pastoreo por periodos de una a 3 semanas, de acuerdo al tipo de especies palatables prevalecientes en los sistemas silvopastoriles. Cuando las superficies de pastizales son reducidas, en épocas de lluvia, se les alimenta con las hierbas eliminadas en los terrenos establecidos con agricultura y, en las épocas secas, se alimentan de los restos de las cosechas que son el zacate y las hojas de mazorca y en baja frecuencia se suplementa con maíz. En el cuadro 3 se calendarizan los periodos de mayor intensidad de uso del sistema silvopastoril por medio de rotaciones que van de uno o dos semanas de descanso de cada terreno dedicado a tal fin y dependiendo de la superficie.

Cuadro 3. Calendario de rotación de actividades de pastoreo en el sistema silvopastoril.

Meses Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Primera rotación					--	--						
Segunda rotación							--	---				
Tercera rotación									---	----		
Cuarta rotación	--										---	---

6.4.2 Sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey

Este sistema se caracteriza por presentar especies agrícolas con especies perennes de *Agave angustifolia* y *Agave sp.* El arreglo es lineal siendo las distancias entre plantas de Agave de 2 a 3 metros y entre hileras que van desde 5 hasta 50 metros acorde a la pendiente de los terrenos. En algunos sitios están establecidos en forma de terrazas que tienen como objetivo reducir la erosión del suelo y mantener la productividad del sitio. En donde las pendientes van del 10% al 30% hay una separación entre hileras de 20 a 30 metros y en pendientes más abruptas hay menor separación siendo en algunos terrenos de hasta 8 m para que sea más efectivo.

El arreglo lo ha establecido cada productor de acuerdo a sus criterios y además de la superficie disponible para el cultivo agrícola de modo que no se reduzca al mínimo la superficie dedicado a tal fin, porque se tiene como prioridad el cultivo de los granos básicos ya que de ahí se obtienen los alimentos de la dieta básica de las familias.

Los cultivos agrícolas establecidos son de maíz, frijol, policultivos, siendo el maíz como principal y de ahí el frijol, haba, y algunas cucurbitáceas en la misma unidad de terreno, o bien la combinación de éstas en diferentes porcentajes (Figura 13 y 14).

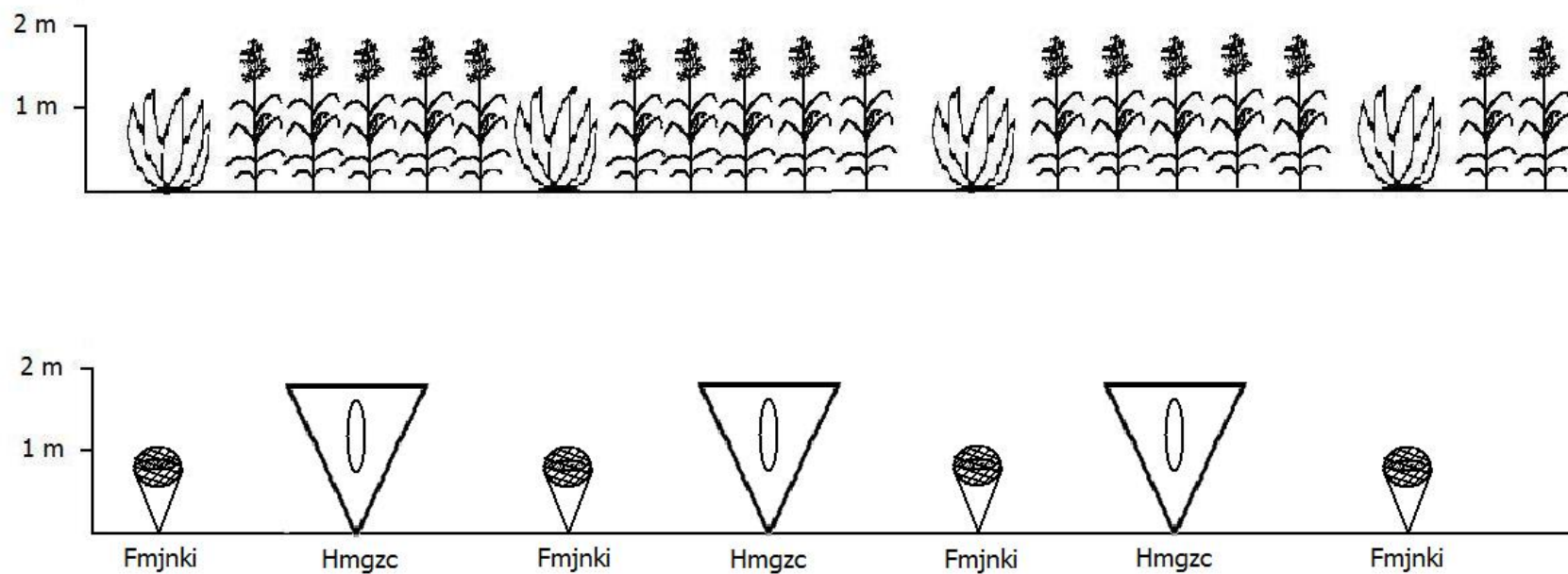
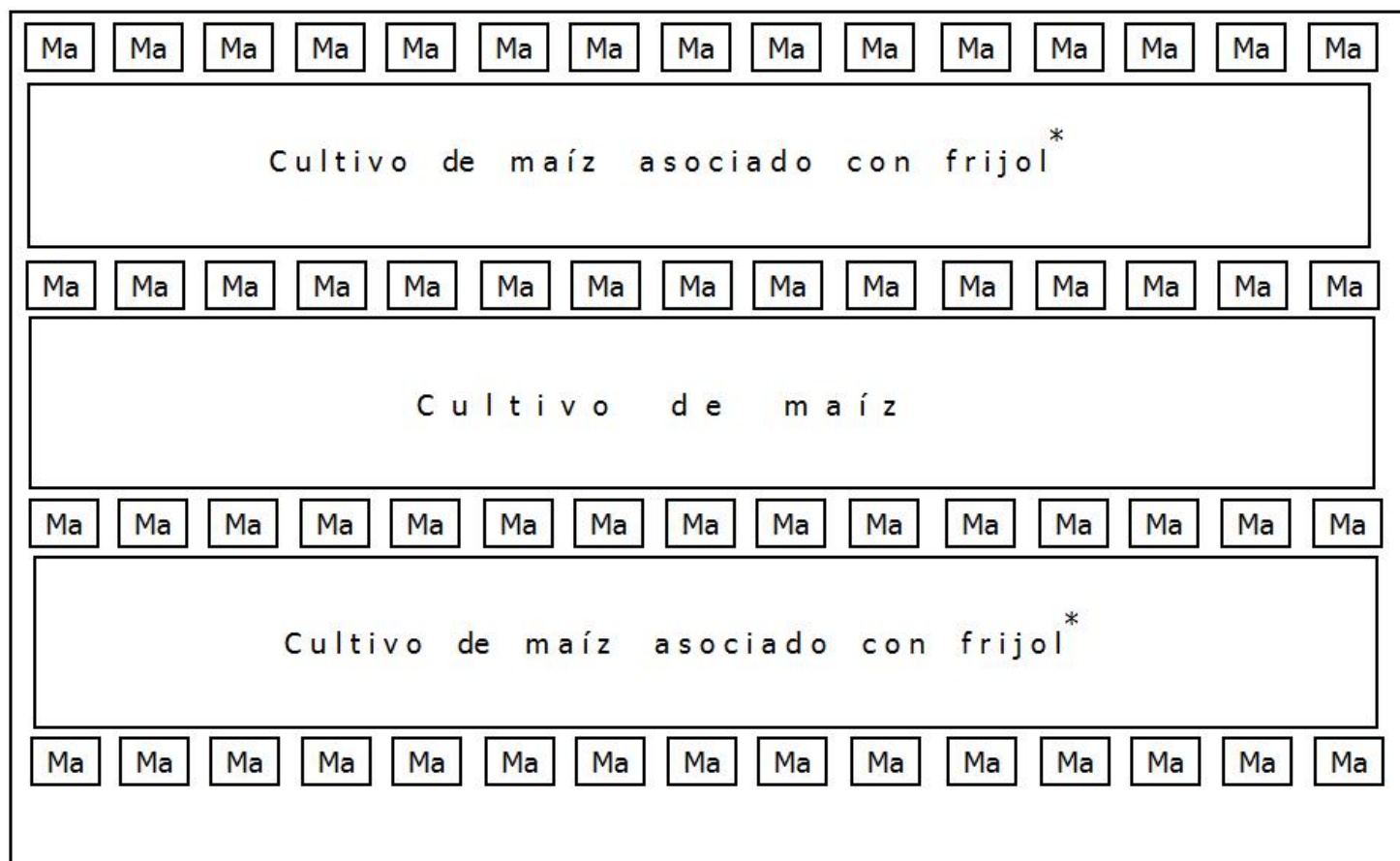


Figura 13. Perfil semirrealista y danserograma del sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey, en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.



* El frijol como cultivo secundario para emplear mejor el espacio, además de algunas cucurbitáceas.

Figura 14. Perfil horizontal del sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey, representado por maíz, como cultivo principal.

Las especies principales de arvenses que se establecen en los sitios son *Cuphea eaquipetala*, *Malva parviflora*, *Melampodium divaricatum*, *Simsia amplexicaulis*, *Tagetes lucida*, *Bouteloua sp.* y *Rhynchelitrum roseum*.

Los terrenos son de poco a medianamente profundos, con pedregosidad del 10% al 30%, las exposiciones que predominan son norte, sur, noreste y suroeste con pendientes que van desde el 10% al 65%. Los suelos presentan textura franco arenoso con pH neutro, el porcentaje en contenido de materia orgánica es medio, la presencia de nitrógeno se encuentra en el nivel medio, el contenido de fósforo es medio y de potasio muy bajo pero el contenido en calcio es moderadamente alto lo que indica que los suelos no han sido lixiviados. Para mejorar las condiciones de los terrenos se requiere aplicar algunas técnicas de manejo que ayuden a mejorar la profundidad y así se facilite la penetración de las raíces de las plantas que se establezcan.

El manejo que se le ha proporcionado a las plantas de maguey es el aporque en los primeros 3 años de su establecimiento, el cual se realiza en conjunto con las actividades de cultivo de los granos básicos, además de reemplazo de las plantas donde no sobrevivieron en los primeros años de la plantación, por lo que en cada terraza e hilera se presentan individuos de diferentes edades al presentar una sobrevivencia del 60% de las plantas.

El manejo de los granos básicos es el descrito anteriormente y aun cuando se trate de policultivos, aunque queda claro que puede haber alguna variante por ser más complejo el sistema. Durante el periodo de producción del cultivo se obtienen en las diferentes épocas productos de rápido acceso como flor de calabaza, calabacitas, huitlacoche, ejotes, elotes, quelite (*Amaranthus hibridus*) y verdolaga (*Portulaca oleracea*) y es así como las familias se alimentan en un periodo que va de agosto a octubre dependiendo de las condiciones climáticas y fechas de establecimiento de los cultivos.

6.4.3 Sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey- ganadería

Consiste en la interacción entre especies perennes de maguey y ganadería mixta que pastan en la misma unidad de terreno durante algunos meses del año. Se ha establecido *Agave* en líneas en el cual cada productor ha definido la distancia entre hileras y entre plantas de maguey, que van de 5 hasta 10 metros de ancho entre hileras y de 2 a 3 metros de distancia entre plantas. De ahí, que los espacios disponibles se dedican al pastoreo de la ganadería principalmente en épocas que van de junio a diciembre mediante rotaciones de periodo cortos que van de dos a tres semanas y se regresan al mismo sitio.

La especie de maguey es *Agave angustifolia*, que se introdujo en la zona por medio de programas gubernamentales de apoyo municipal, de donde se obtuvo la planta y cada productor lo estableció de acuerdo a sus criterios propios. El objetivo es restaurar los terrenos abandonados por la agricultura o poco productivos y al mismo tiempo obtener a mediano plazo productos derivados del maguey y, a corto plazo la disposición de forraje para la ganadería. Otra especie de maguey empleada es el llamado de miel o ixtle (*Agave sp.*), ya que como lo denominan localmente, tiene el objetivo de uso para la extracción del ixtle y también se usa como material para la cocción bajo tierra de la barbacoa, una tradición ancestral pero muy rica.

Los terrenos se ubican en la parte media y baja de las laderas con exposiciones norte, sur y sureste, en pendientes del 10% al 50%, con pedregosidad de hasta el 40% en algunos sitios. El suelo es de textura arena francoso con un pH neutro, rico en materia orgánica, bajo contenido de nitrógeno y fósforo, y con cantidades muy bajas de potasio y calcio.

Además del maguey se presentan algunas especies arbustivas que se establecen de forma natural con un arreglo irregular que sirven de sombra y a la vez como forraje. Las especies más comunes que se pueden encontrar son *Acacia angustissima*, *Acacia*

pennatula y *Lysiloma acapulcensis*, todas éstas leguminosas que también ayudan a la fijación del nitrógeno. Entre las herbáceas se han registrado *Arnica sp.*, *Cuphea eaquipetala*, *Malva parviflora*, *Melampodium divaricatum* y *Simsia amplexicaulis* y como gramíneas principales están *Bouteloua sp.* y *Rhynchelitrum roseum* (Figura 15 y 16).

Referente al manejo, el ganado se encarga de realizar el deshierbe al consumir la vegetación que crece cerca de la base, al mismo tiempo que le agrega materia orgánica en un bajo porcentaje dejando sus heces durante el pastoreo. La labor cultural realizado fue el de aporque en los primeros dos años de su establecimiento y de ahí en adelante ya no se llevan a cabo labores culturales, porque se considera que se ha establecido y no hay posibilidades de morir. Cuando los terrenos no son lo suficientemente profundos o muy pedregosos, el 30% de las plantas van muriendo a los 3 o 4 años y el 30% disminuye su tasa de crecimiento (Observación directa). Por lo tanto, en estos casos se hace necesario agregar materia orgánica o realizar aporques para formar suelo y aumentar la sobrevivencia de las plantas. Se trata de dedicar tiempo y esfuerzo en el manejo de este sistema para que pueda tener éxito y servir como base para lograr la sustentabilidad entre los componentes.

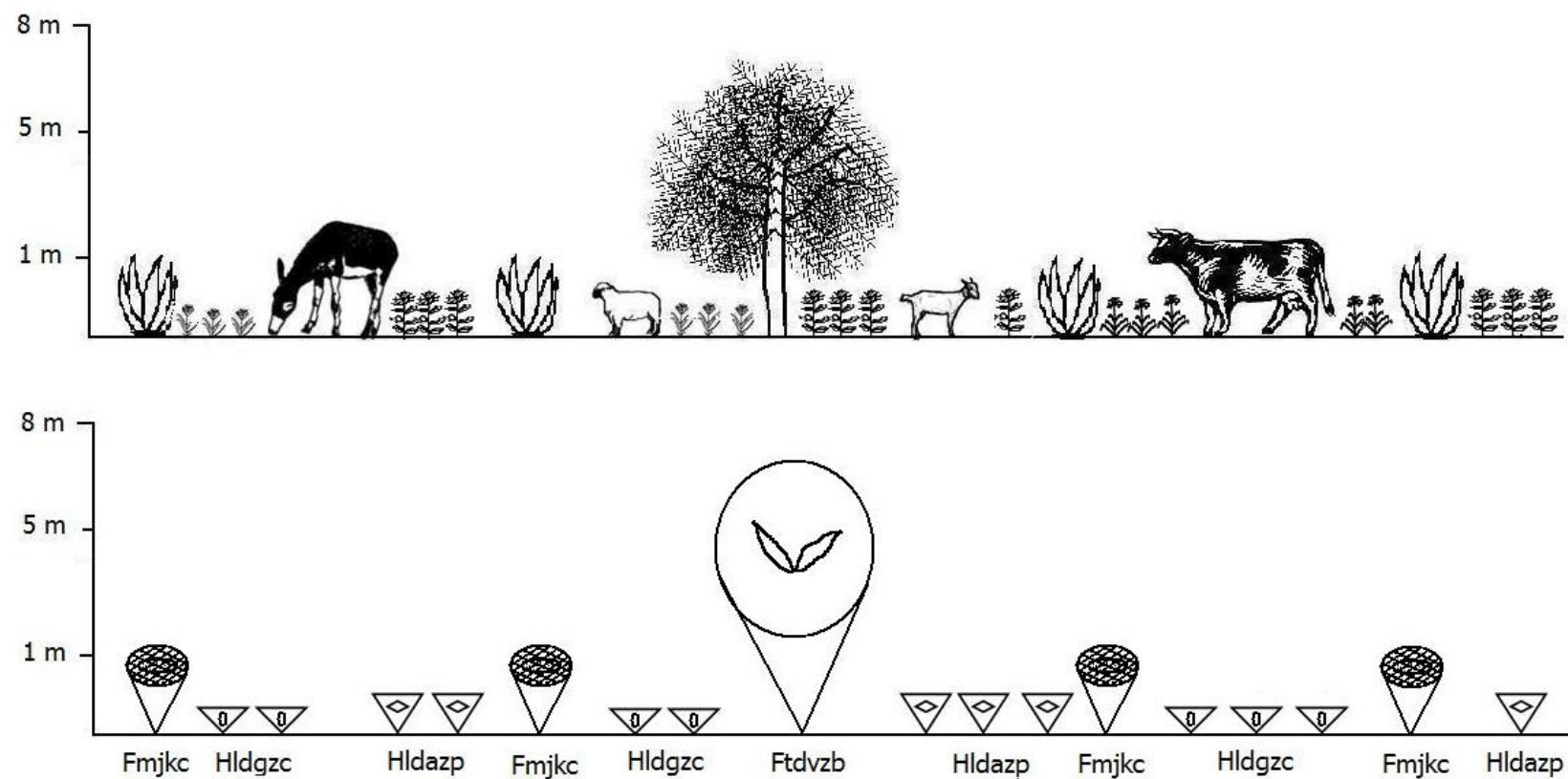


Figura 15. Perfil semirrealista y danserograma del sistema agroforestal de terrazas de maguey – ganadería en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

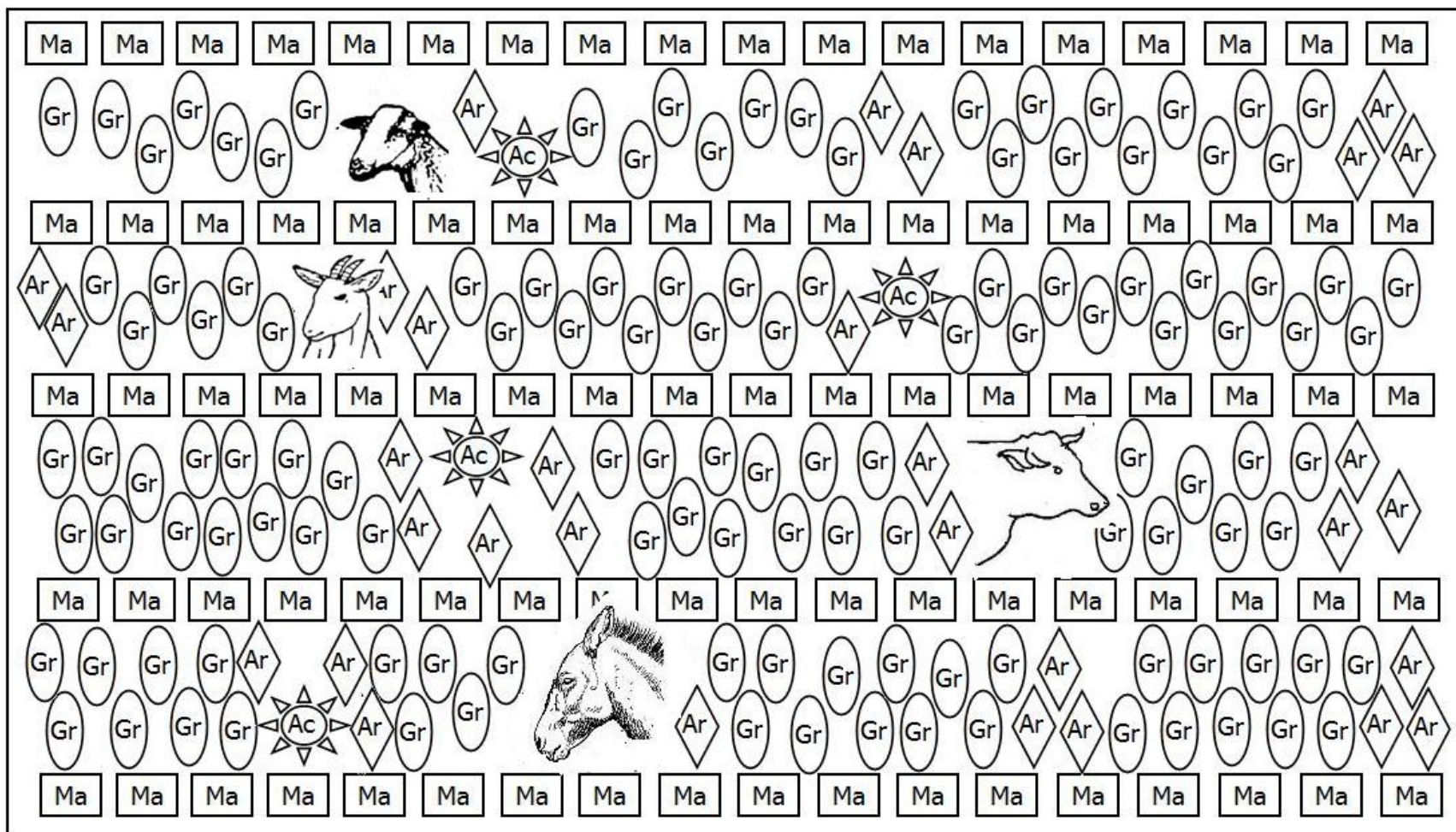


Figura 16. Perfil horizontal del sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey - ganadería, representado por las principales familias de herbáceas y género arbustivo presentes.

6.4.4 Sistema agroforestal de franjas arbóreas- agricultura alterna

Este sistema se practica en las zonas más húmedas del municipio donde las pendientes van del 40% al 70%, es por ello que se dejan franjas de masas arbóreas establecidas de forma natural, conformados principalmente por los géneros *Pinus* y *Quercus*, y en menor proporción por árboles frutales de duraznales y manzanales y en los espacios donde se hizo un cambio de uso del suelo se cultivan los granos básicos, siendo el maíz como dominante (Figura 17 y 18).

Los beneficios que proporcionan los árboles son múltiples entre los que podemos mencionar están: barreras contra vientos, disminución de la erosión del suelo, sombra para ganadería y como uso final madera para combustible, construcción, carbón, etc. Además representa hábitat para la fauna silvestre que en ocasiones puede ser benéfico o perjudicial para el cultivo. Por ejemplo, en el caso del cultivo del maíz en etapa de producción, la presencia de ardillas, ratones y aves principalmente, se alimentan de los elotes o mazorcas en etapas de madurez, que pueden llegar a causar cierto grado de impacto negativo, aunque no llegan a representar mas del 2% de daños en la producción.

Los terrenos dedicados a este sistema presentan pendientes pronunciadas con pedregosidad menor al 10%, ubicados en las partes altas y medias de las laderas con exposiciones dominantes de norte y sur. Los suelos son profundos de textura franco arenoso con un pH moderadamente ácido y contenido medio de materia orgánica. La cantidad de nitrógeno y fósforo es bajo y las de potasio y calcio resultan ser muy bajas, por lo tanto el suelo presenta una baja fertilidad y con problemas de erosión hídrica y eólica al dejar los terrenos sin vegetación en las épocas secas y expuestas a las primeras lluvias. Una alternativa es dejar un porcentaje de los restos de las cosechas para adicionar materia orgánica y a la vez servir como protección al suelo.

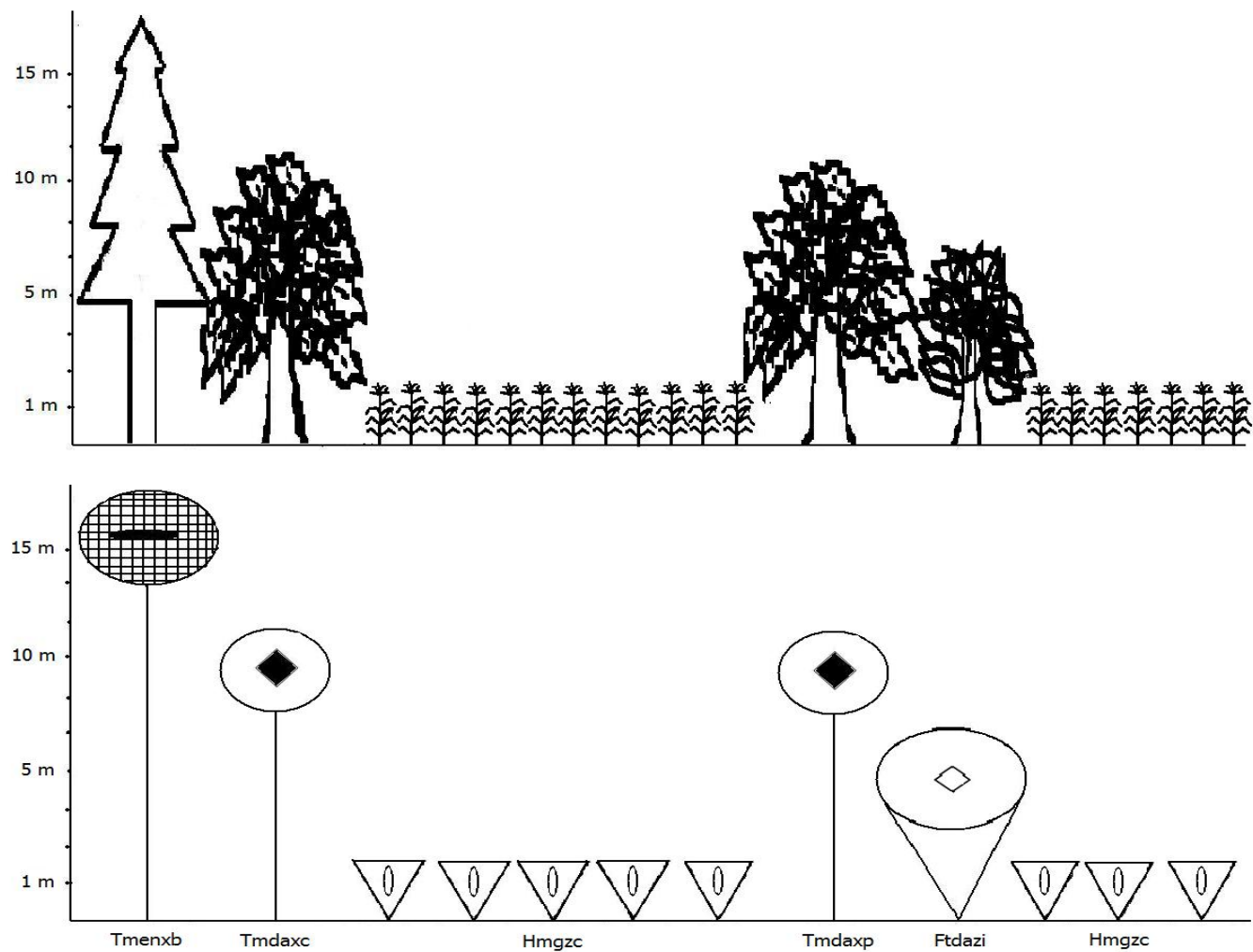
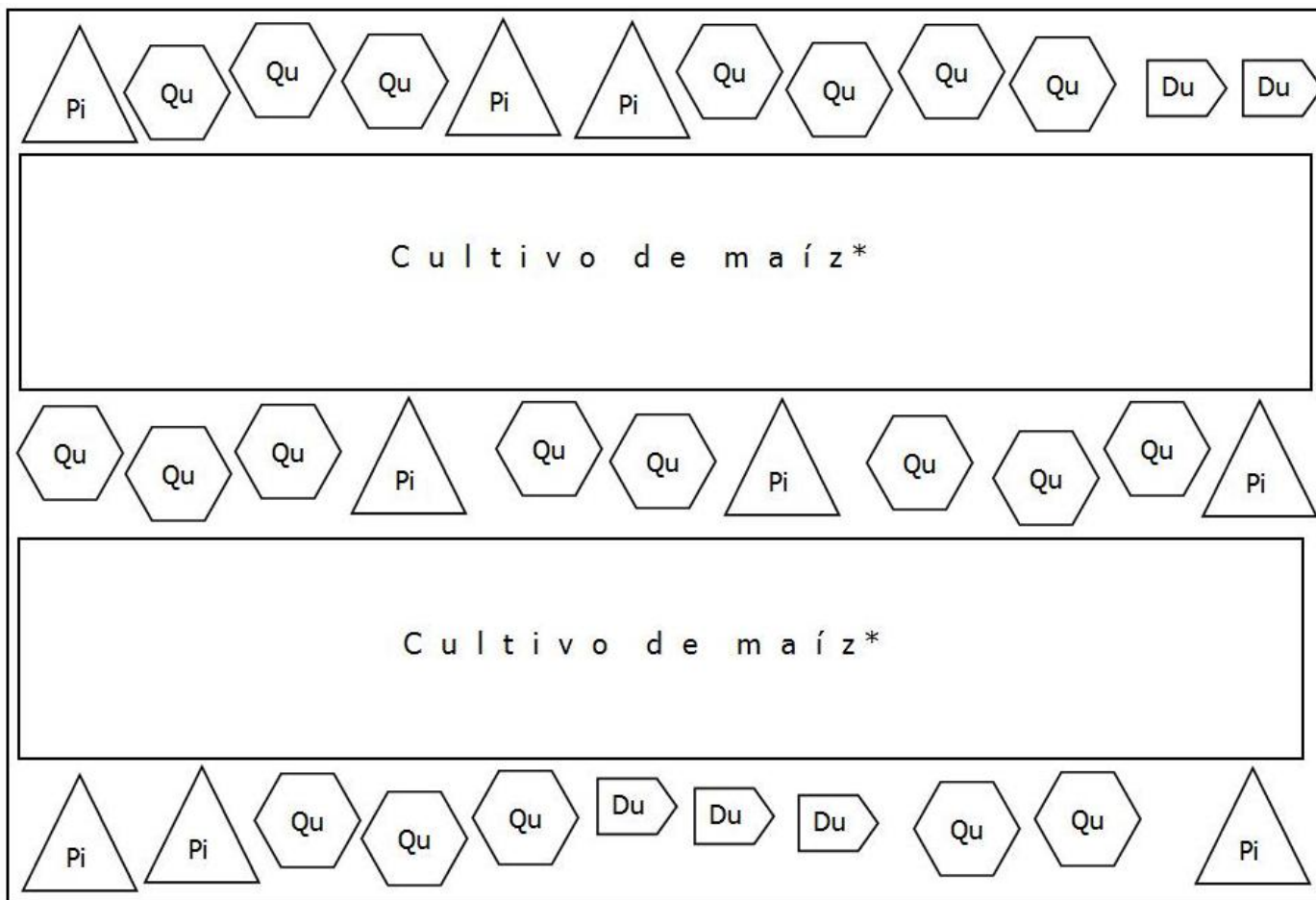


Figura 17. Perfil semirrealista y densiograma del sistema agroforestal de fajas arbóreas (*Pinus*, *Quercus* y *Prunus sp.*) - agricultura alterna, en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.



* El cultivo de maíz como principal, en el cual se encuentra asociado con cucurbitáceas.

Figura 18. Perfil horizontal del sistema agroforestal de fajas arbóreas-agricultura alterna, en el cual se presentan los géneros arbóreas dominantes.

El en el sistema están presentes las especies arbóreas de *Pinus lawsonii*, *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Quercus laeta* y *Quercus rugosa* y entre las especies frutícolas se encuentran *Persea sp.* *Prunus pérsica* y *Malus domestica*. Las especies de arvenses más comunes que crecen en este sistema son *Malva parviflora*, *Melampodium divaricatum*, *Simsia amplexicaulis* y *Calliandra grandiflora*. Entre las gramíneas presentes están *Aristida ternipes*, *Bouteloua sp.*, *Muhlenbergia sp.* y *Rhynchelitrum roseum*.

Referente al manejo, en general no se le da manejo cultural alguno a las especies arbóreas ya que se trata de árboles grandes de más de 15 metros de altura y diámetros mayores a 15 cm. El caso de especies frutícolas, se les realizan cercados, cajeteos, deshierbes y riegos poco frecuentes en épocas secas. Durante la plantación las aperturas de las cepas es de 40 a 50 cm de profundidad por 30 a 40 cm de ancho y 30 cm de largo, también dependerá de las condiciones climáticas y del sitio. Antes de la plantación se le agrega abono vegetal o animal a cada cepa para aumentar el contenido de materia orgánica. Los cultivos son maíz, frijol y policultivos de maíz-cucurbitáceas-haba. El manejo empleado y las técnicas de cultivo son las mencionadas anteriormente.

Los productos para consuno familiar que se obtienen durante la época de producción de los granos básicos son calabacitas, elotes, huitlacoques, quelite (*Amaranthus hybridus*) y verdolaga (*Portuloca oleracea*) además de forraje para el ganado.

6.4.5 Sistema silvopastoril en bosque de pino-encino

Se realizan actividades de pastoreo en los bosques de pino-encino en forma libre durante las estaciones húmedas del año que abarca los meses de junio a noviembre con mayor intensidad y en las estaciones secas se realiza con menor intensidad. La mayoría de los bosques de pino-encino son abiertos por lo tanto, existe vegetación herbácea para alimentación de la ganadería. Cuando escasea el forraje para el pastoreo, el ganado vacuno se deja amarrado en los establos y se les alimenta de los esquilmos de las cosechas y el resto de los ganados menores pastan por los bosques durante todo el

año mediante rotaciones de pequeñas áreas que van de 0.5 a 2 hectáreas porque no se cuenta con suficiente forraje para todos como para mantenerlos en establos o corrales. Como se ha mencionado, el excedente en cabezas se llega a vender en las zonas aledañas o por medio de un intermediario que llega hasta los productores, lo cual facilita la venta, aunque a precios más bajos y este recurso se emplea para beneficio de las familias o para comprar forraje si es necesario.

Las especies arbóreas están representadas por *Arbutus xalapensis*, *Pinus lawsonii*, *Pinus pringlei*, *Pinus teocote*, *Quercus castanea*, *Quercus crassifolia*, *Quercus magnoliifolia* y *Quercus rugosa*. Además de especies arbustivas de *Arctostaphylos sp.* y *Montanea arborescens*. Las especies herbáceas más comunes que se pueden encontrar son *Calliandra grandiflora*, *Rubus shiedeanis*, *Cyperus sp.*, *Salvia mexicana*, *Senecio bractatus* y *Trasdecantia crassifolia*. Entre las gramíneas destacan *Aristida sp.*, *Aristida ternipes* y *Muhlenbergia sp.*, que son palatables para el ganado, ya que al ser ganadería mixta, se aprovecha toda la vegetación presente en el sotobosque (Figura 19 y 20).

Se complementa el manejo de la ganadería con los sistemas silvopastoriles y los sistemas silvopastoriles manejados con maguey. Estos sistemas son complementarios por presentar un objetivo en común, como lo es el pastoreo de la ganadería mixta durante periodos definidos y con rotaciones cortas en superficies de 0.5 a 2 hectáreas, o bien delimitados por la topografía y exposición del terreno. Cada productor define las rotaciones acorde a sus criterios y ubicación de los predios, de tal manera que no existe un criterio en específico.

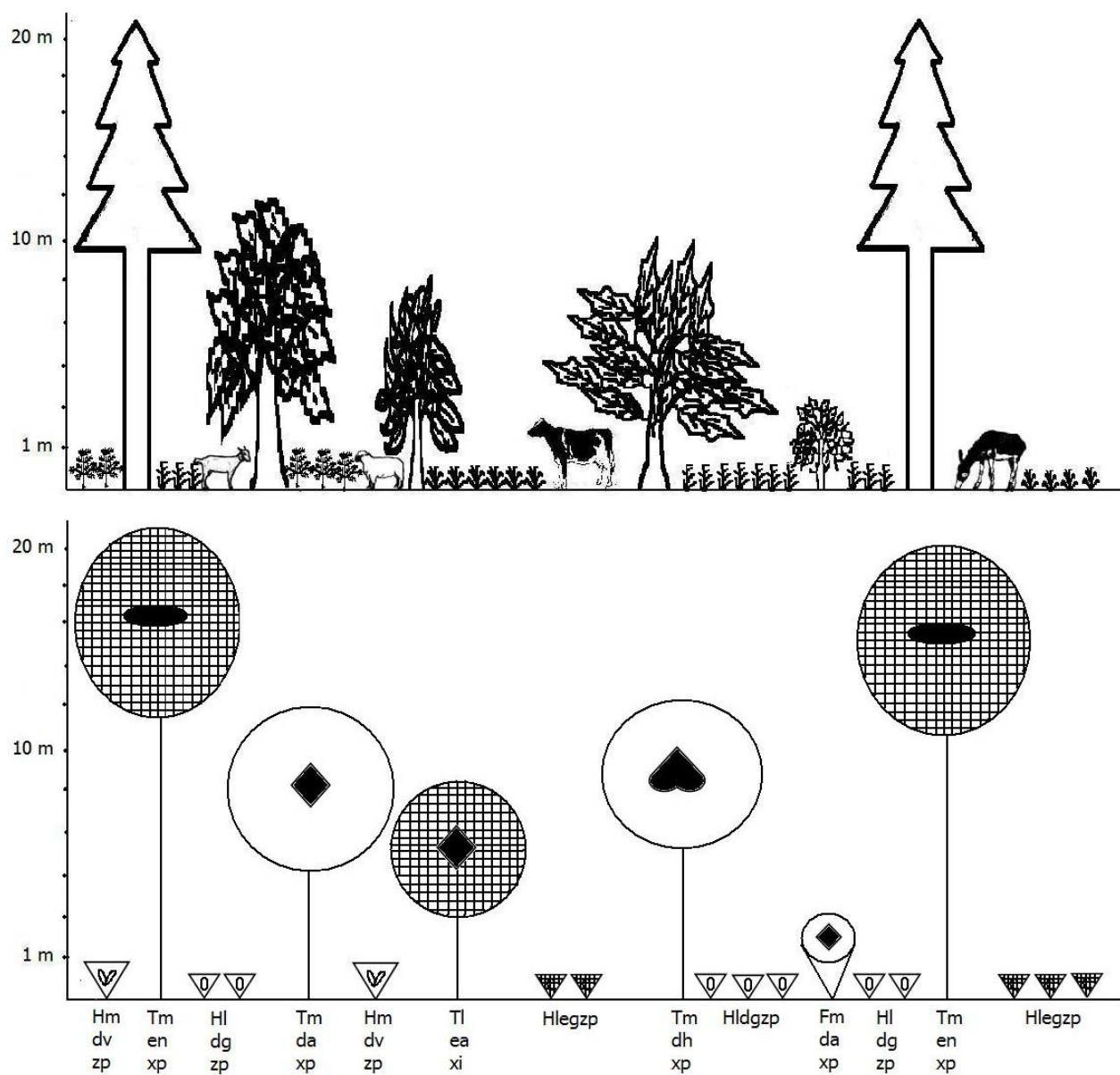


Figura 19. Perfil semirrealista y danserograma del sistema silvopastoril en bosque de Pino-Encino en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

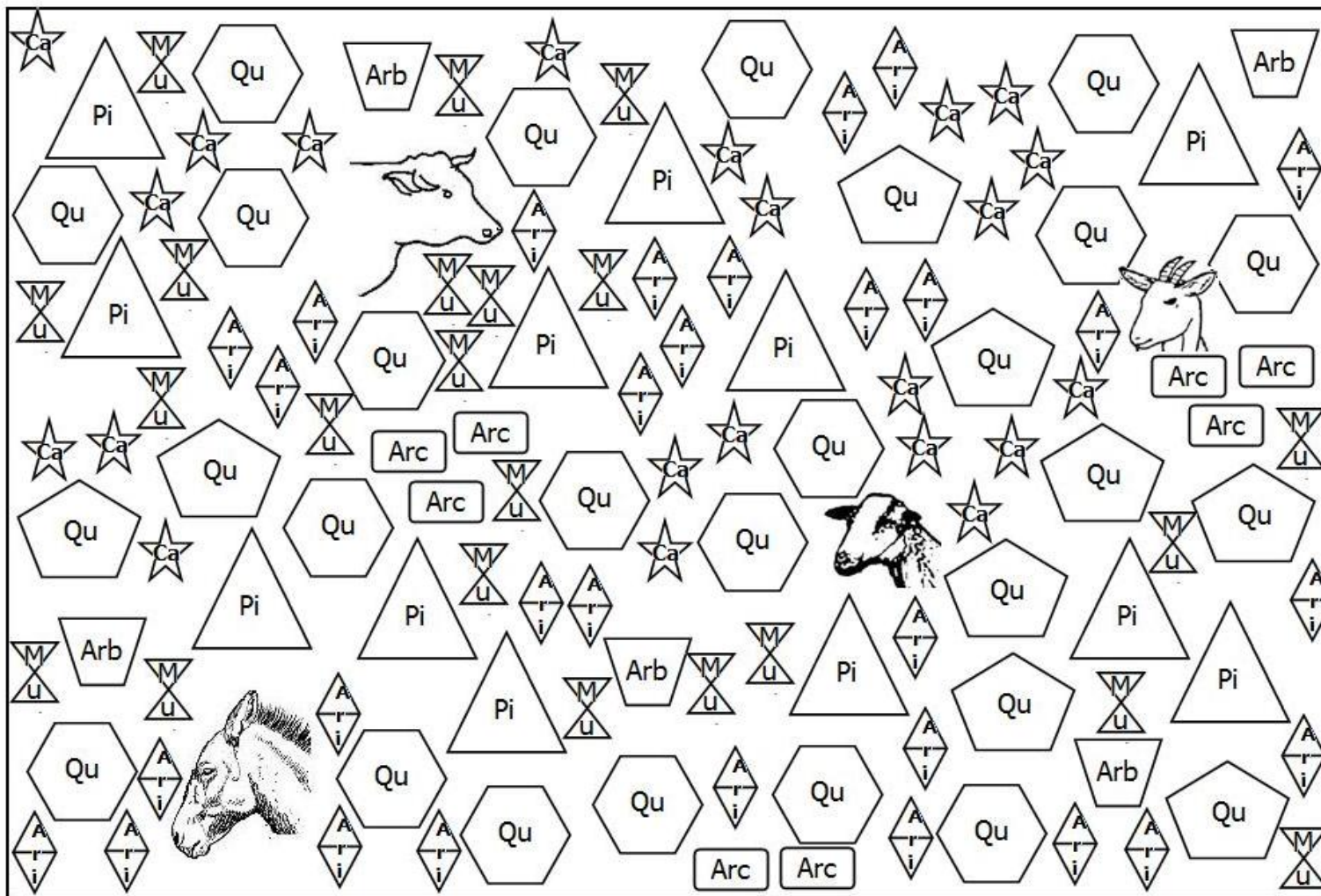


Figura 20. Perfil horizontal del sistema silvopastoril en bosque de pino-encino, representado por las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dominantes.

Los terrenos presentan pendientes desde 30 al 80% y en algunos sitios están a más del 80%, aunque representan menores superficies y es donde pueden acceder los ganados caprinos y ovinos. Las exposiciones norte y sur son predominantes, presentando suelos profundos de textura franco arenoso y pH moderadamente ácido, rico en materia orgánica con cantidad baja de nitrógeno y fósforo y el caso del potasio y calcio es muy bajo. Aquí se refleja una fertilidad media del suelo, e indicaría que es necesario reducir el impacto causado por la ganadería para que se mejoren los suelos al integrarse mejor la materia orgánica y acelerar el proceso, modificando la estructura que en ocasiones llega a compactarse cuando existe sobrepastoreo. No existe manejo alguno para mejorar los bosques, salvo en casos donde actualmente se están llevando a cabo reforestaciones.

6.4.6 Sistema de huerto familiar

Los huertos familiares son sistemas tradicionales agroforestales múltiples que reciben una atención específica. Se trata de un complejo de plantas perennes o semiperennes que se encuentran en los alrededores de las casas de los finqueros o agricultores integrando la producción agrícola (tubérculos, fibras, hortalizas y frutas), ganadería (animales menores) y forestal (madera, leña, postes) e incluye generalmente plantas medicinales y ornamentales.

El huerto representa un intento de aprovechar al máximo el espacio disponible; su estructura en varios pisos asegura un aprovechamiento muy complejo de nutrientes, la luz y el agua. La producción puede sostenerse sin mayor necesidad de insumos tales como abonos y pesticidas.

Estos sistemas tienen presencia en un 80% en el municipio, por lo que toman interés para su caracterización. Desde el punto de vista estructural están definidos por los siguientes estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo, conformados por la diversidad de especies y de ahí que se presenta la dominancia de algunas.

La dominancia de las diferentes especies esta dado por el uso que presentan, o bien por el servicio que proporcionan, de tal forma que son considerados como recursos y están disponibles en diferentes épocas del año.

Las superficies representados por este sistema son variables que van desde 100 m² a 1500 m². Los componentes florísticos están dados por el área disponible para tal fin y que depende de la superficie con que cuenta el productor. Así, se encuentran especies anuales y perennes, presentando diferentes categorías de uso, entre las cuales se encuentran como frutales, ornamentales, medicinales y de servicios ambientales.

Las especies frutales dominantes encontrados fueron aguacate (*Persea sp.*), durazno amarillo (*Prunus pérsica*), guayaba (*Psidium guajava*), tejocote (*Crataegus pubescens*), lima (*Citrus aurantifolia*), limón (*Citrus limón*), níspero (*Eriobotrya japonica*) y guaje (*Leucaena sp.*). De uso ornamental están flor platanilla (*Canna indica*), yuca (*Yucca aloifolia*), bugambilia (*Bougainvillea sp.*), bugambilia (*Bougainvillea glabra*), geranio (*Pelargonium zonale*), geranio (*Geranium sp.*), margarita (*Chrysanthemum leucanthemum*) y rosa (*Rosa sp.*). Las especies medicinales comúnmente cultivados en los huertos caseros son eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), guayaba (*Psidium guajava*), bugambilia (*Bougainvillea sp.*), rosa de castilla (*Rosa centifolia*), ruda (*Ruta chalapensis*), siempreviva (*Sedum praeallum*) y zábila (*Aloe vera*). Especies empleadas para proporcionar servicios ambientales, principalmente sombra y cortina rompevientos son: casuarina (*Casuarina equisetifolia*), cedro blanco (*Cupressus sp.*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), grevilla (*Grevillea sp.*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) e higuera roja (*Ricinus communis*). En la figura 21 están representadas las especies arbóreas y arbustivas más representativas de los huertos familiares y, en la figura 22, se incluyen además de especies arbóreas y arbustivas, las herbáceas.

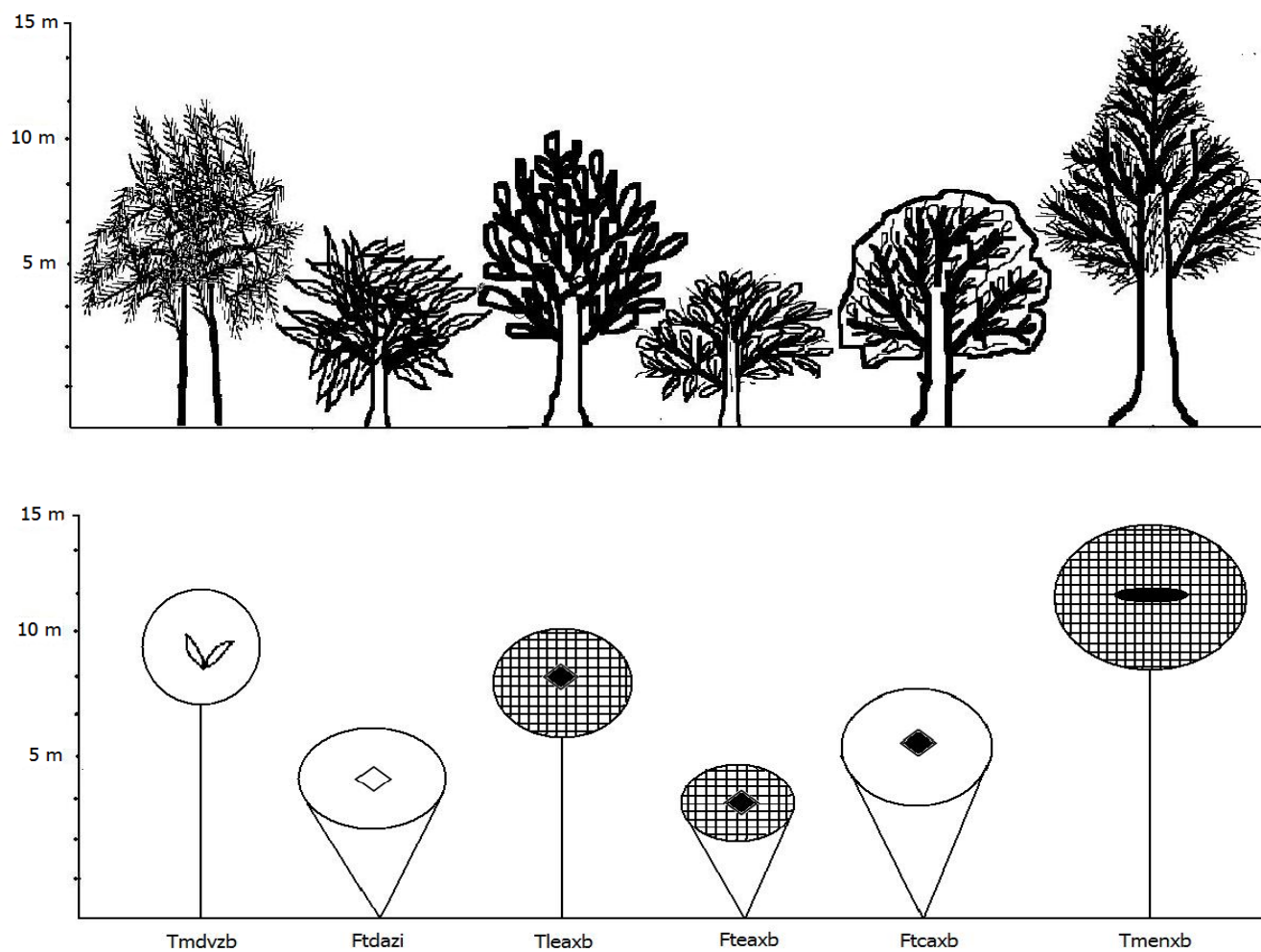


Figura 21. Perfil semirrealista y danserograma del sistema de huerto familiar en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

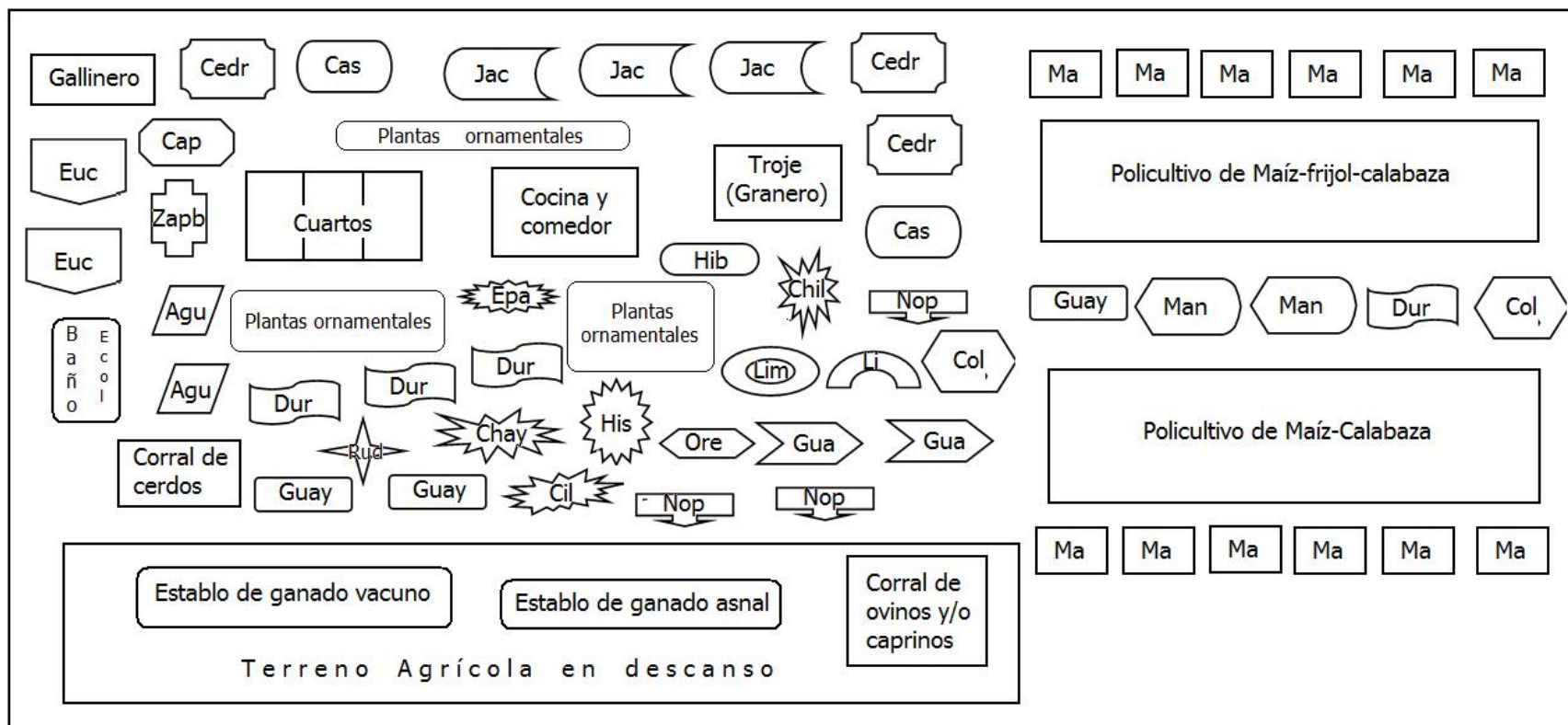


Figura 22. Perfil horizontal del sistema de huerto familiar, característico en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

El estrato dominante con 40 especies presentes es la herbácea y es debido a que por ser de porte pequeño, en un área reducida puede haber varias especies e individuos. El estrato arbustivo con 24 especies y finalmente el arbóreo representado por 12 especies, los cuales por su tamaño, suelen encontrarse de 3 a 4 especies con uno a dos individuos y depende del área ocupado por el huerto familiar. Referente al uso, se tiende a preferir el cultivo de especies arbustivas comestibles, principalmente frutos y como segunda preferencia están las ornamentales dominadas por especies herbáceas.

El suelo es profundo de textura franco arenoso con pH neutro, muy rico en materia orgánica con un bajo contenido de nitrógeno, siendo el contenido de fósforo muy alto, de potasio medio y de calcio es muy bajo. En estos sistemas la fertilidad del suelo es media ya que hay deficiencias de algunos elementos y de otros, cierto nivel de exceso. En este caso, la variedad de especies hace que en el suelo se encuentren grandes cantidades de materia orgánica además que se tiene un manejo intensivo para algunas especies de mayor importancia y se les adiciona abono vegetal o animal cada periodo de tiempo.

El manejo de los huertos es de bajo insumo ya que a la mayoría de los mismos se les proporciona riego poco frecuente, fertilización con abonos vegetales y animales durante su plantación, y dependiendo de la especie que se trate representa un manejo diferente.

6.4.7 Sistema de agrobosque

Los componentes florísticos del bosque de pino-encino, han sido objeto de aprovechamiento por parte de las comunidades (madera, leña, forraje, plantas medicinales, hongos, abono vegetal, carbón, herramientas de trabajo agrícola, etc.). Las comunidades vegetales predominantes están constituidas por especies del género *Pinus* y *Quercus*, como dominantes y especies como *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos sp.* y *Juniperus sp.*, en menor frecuencia (Figura 23 y 24).

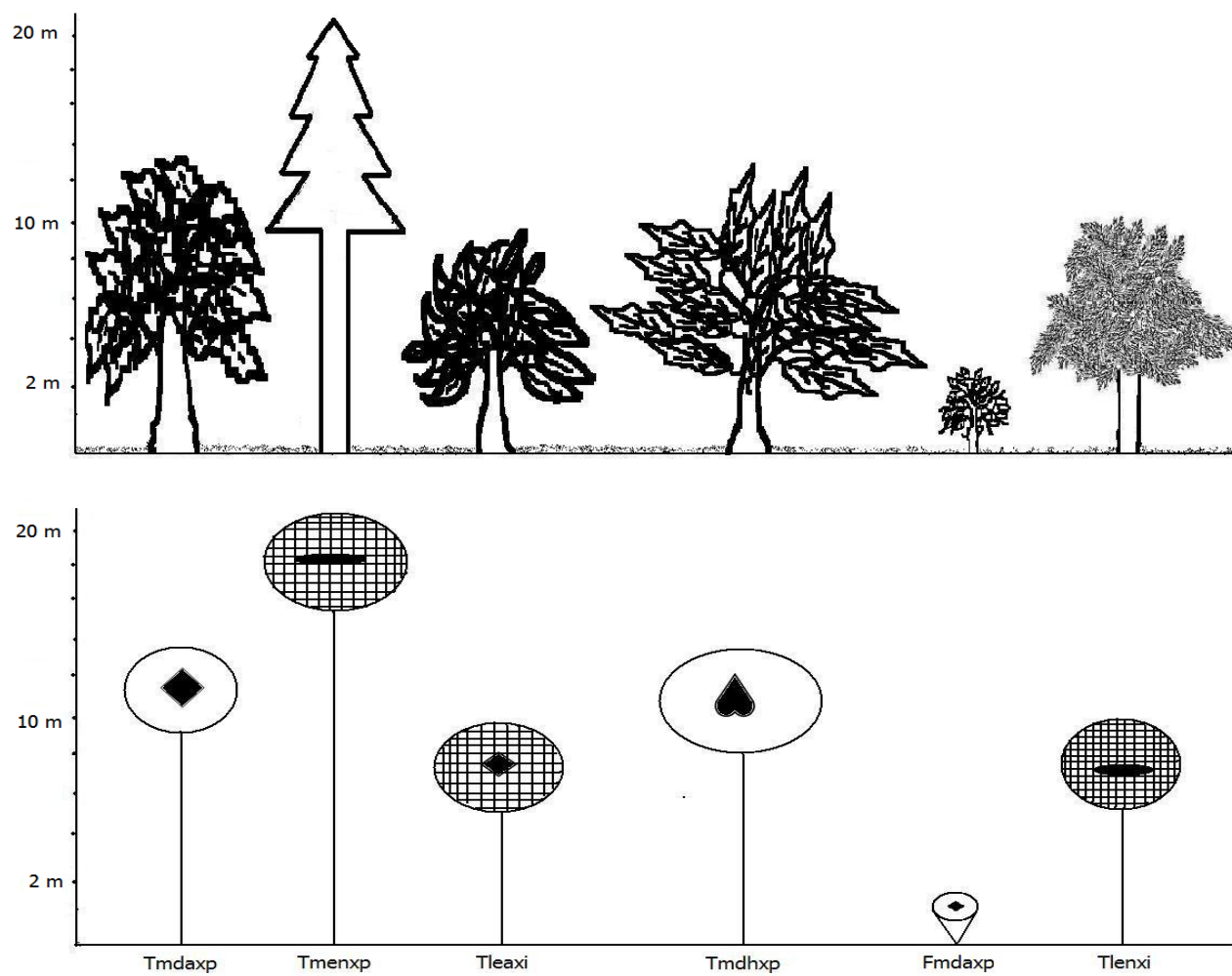


Figura 23. Perfil semirrealista y danserograma del sistema de agrobosque en el municipio de Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

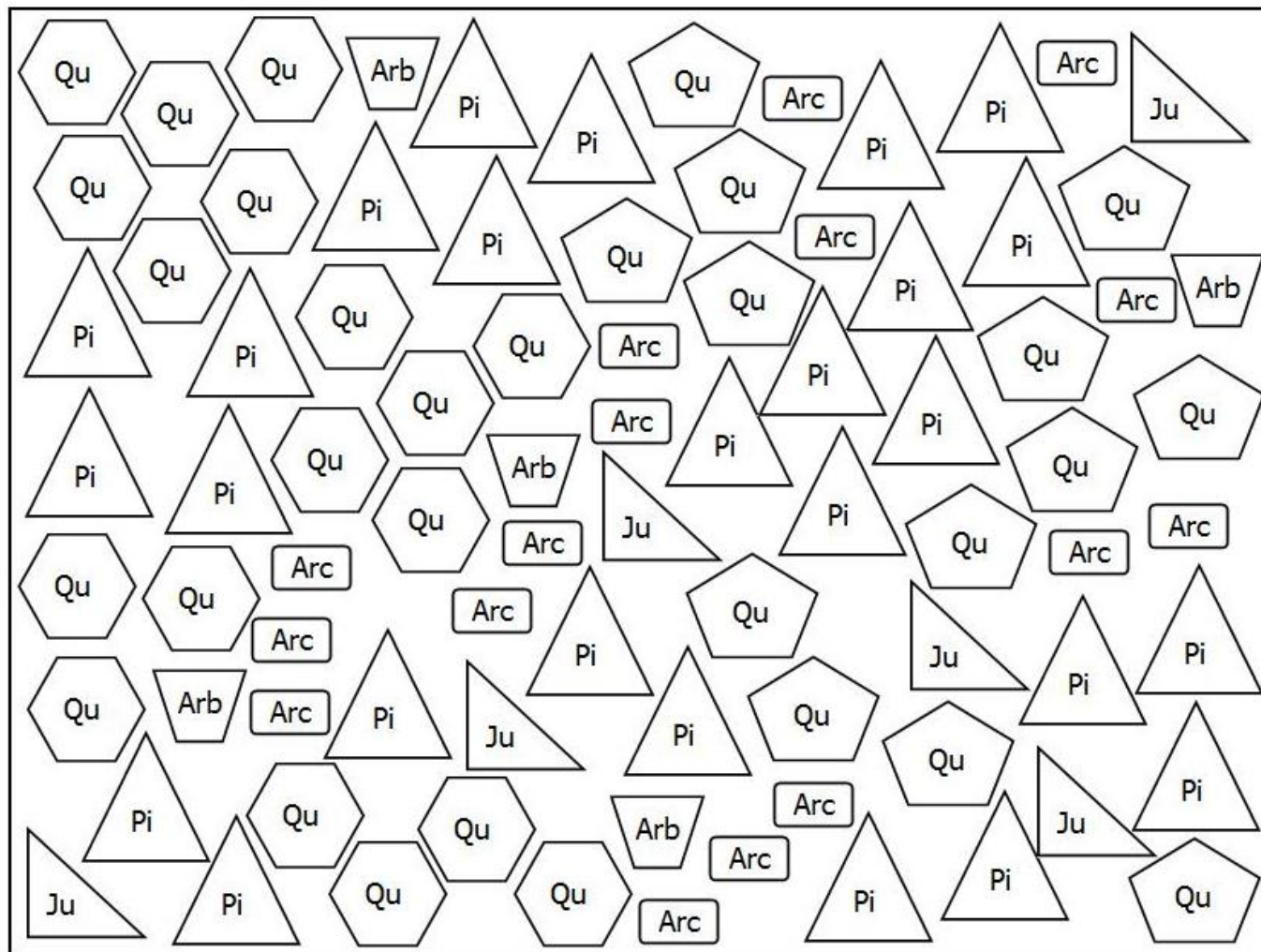


Figura 24. Perfil horizontal de sistema de agrobosque, representando las especies principales presentes en la zona.

Los usos más comunes son para pastoreo, obtención de carbón, madera y leña y en menor proporción recolección de hongos y plantas medicinales. La venta de carbón y madera se hace a baja escala.

Con el paso de los años se han ido deteriorando las especies mas preferidas para aprovechamiento ya que no existen programas de manejo forestal por lo que actualmente se realizan programas de reforestación para la recuperación de las zonas de bosque y con ello la permanencia de los bienes y servicios que de ellos se obtienen.

Todas las especies *de Quercus* se usan para la elaboración de carbón. Dicha actividad lo realizan los agricultores o campesinos de acuerdo a las necesidades económicas. La venta se realiza por medio de intermediarios por lo que muchas veces se venden a precios bajos y además depende de la demanda en el mercado. La intensidad de producción de carbón esta dado por el material disponible, o sea, la cubierta boscosa.

La extracción de madera se realiza a mediana escala utilizando las especies del género *Pinus* y, la intensidad esta dado con la calidad de bosque y su disponibilidad ya que no esta regulado por programa de manejo forestal alguno. Referente a la leña para combustible, se extrae de los restos de la extracción de madera y de la elaboración del carbón así como de otras especies maderables arbóreas y arbustivas que no tienen mercado, y solamente son de uso local. Además se extrae madera para construcción de casas y herramientas de trabajo como arados, yugos, postes y mangos para herramientas. Así que, el bosque es muy útil para la población al presentar usos múltiples que van más allá de recursos materiales.

Otro aprovechamiento importante es la recolección de hongos en temporadas de lluvias que va de junio a septiembre y puede variar en semanas dependiendo de la consistencia de las lluvias. La cantidad de hongos comestibles por especie varía de acuerdo a las condiciones climáticas y edafológicas así como la cobertura vegetal dentro

del bosque, ya que cuando disminuye, los hongos crecen en menor cantidad y frecuencia. Por lo tanto, es importante que se mantenga en buen estado el estrato herbáceo y exista suficiente hojarasca y materia orgánica en el suelo para evitar la extinción de algunas especies.

Los terrenos presentan pendientes que van desde el 30% al 80% con exposiciones de norte, sur y sureste. Se tiene de forma general que el suelo es profundo, de textura franco arenoso con un pH moderadamente ácido, rico en materia orgánica, bajo contenido de nitrógeno y fósforo así como muy bajo contenido de potasio y calcio. El proceso de integración e incorporación del nitrógeno es lento que se resume en un contenido bajo del mismo.

Las especies arbóreas que componen el bosque son: *Juniperus flaccida* var. *flaccida*, *Pinus lawsonii*, *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Quercus laeta*, *Quercus magnoliifolia* y *Quercus rugosa*. Además de *Arctostaphylos sp.*, una especie arbustiva. Las herbáceas que forman parte del bosque son: *Calliandra grandiflora*, *Rubus shiedeanis*, *Aristida sp.*, *Aristida ternipes* y *Muhlenbergia sp.*

Los hongos más comunes que se usan como alimento son *Amanita caesarea* y *Cantharellus cybarius*. *Amanita caesarea* se colecta desde los meses de Julio a septiembre en los bosques mixtos de pino-encino y *Cantharellus cybarius* se colecta en los meses de agosto a septiembre en las zonas de predominancia de encinos. Ambas especies crecen en suelos con abundante cantidad de materia orgánica y en donde el impacto de la ganadería es casi nula. La frecuencia en que se pueden encontrar éstas especies depende de la cantidad y frecuencia en las lluvias. Los hongos con mayor cantidad en población en las épocas de lluvias son *Amanita muscaria*, *Amanita caesarea*, *Hygrophorus russula*, *Russula olivácea*, *Boletus edulis* y *Boletus sp.*

6.5 Análisis multivariados canónicos (canoco)

6.5.1 Clasificación

De acuerdo a las especies vegetales más comunes que se presentan en cada sistema agroforestal se han agrupado los mismos por medio del análisis de agrupamiento de la clasificación numérica.

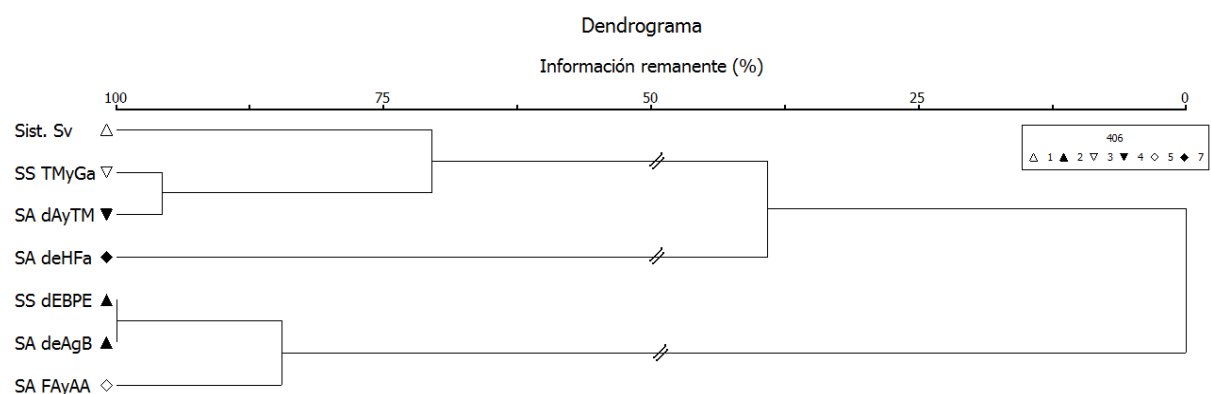


Figura 25. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra las relaciones jerárquicas entre los sistemas agroforestales.

El análisis de agrupamiento (CA) con un nivel del 50% de la información agrupada, permitió formar tres grupos, los cuales están definidos por la composición de especies vegetales en los sistemas agroforestales (Figura 25). El grupo 1 está conformado por: sistema silvopastoril, sistema agroforestal de terrazas de maguey-ganadería y sistema agroforestal de agricultura-terrazas de maguey; el segundo grupo únicamente incluye al sistema de huerto familiar; el tercer grupo por el sistema silvopastoril en bosque de pino-encino, sistema de agrobosque y sistema agroforestal de fajas arbóreas - agricultura alterna.

Los sistemas agroforestales del grupo 1 están ubicados en alturas que van de 1780 msnm a 1930 msnm, exposiciones dominantes de norte y sur, con terrenos pedregosos de hasta 40% y pendientes del 10% al 65% en algunas zonas. Suelos relativamente

profundos, de pH neutro y contenido de materia orgánica medio a rico, bajo contenido de nitrógeno y muy bajo contenido de potasio. Clima subhúmedo a seco con lluvias en verano.

De la composición florística, las especies comunes para éstos sistemas son *Arnica sp.*, *Cuphea eaquipetala*, *Malva parviflora*, *Simsia amplexicaulis*, *Bouteloua sp.* y *Rhynchelitrum roseum*.

El segundo grupo incluye al sistema de huerto familiar que se practica en todo el municipio presentando condiciones climáticas de subhúmedo a templado húmedo con lluvias en verano y presencia de heladas en las zonas de mayor elevación de diciembre a enero. Altitudes de 1780 m a 2400 m con pendientes del 5% al 60%, terrenos profundos, poco pedregosos y suelos ricos en materia orgánica.

Los sistemas del tercer grupo se practican en altitudes de 2000 m a 2400 de clima templado con presencia de heladas de diciembre a enero. Terrenos con pendientes muy pronunciadas que van de 30 al 80%, exposiciones predominantes de norte y sur. Suelos poco pedregosos, profundos, de textura franco arenoso con pH moderadamente ácido, bajo contenido de nitrógeno y fósforo y muy bajo contenido de potasio y calcio.

La composición florística consiste en *Pinus lawsonii*, *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Quercus laeta*, *Quercus magnoliifolia*, *Quercus rugosa*, *Calliandra grandiflora*, *Rubus schiedeianus*, *Aristida ternipes* y *Muhlenbergia sp.*

6.5.2 Ordenación

Con el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se correlacionaron las variables de vegetación (especies) y ambientales. La figura 26 muestra la ordenación de los sistemas, las especies y los factores ambientales obtenida mediante el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).

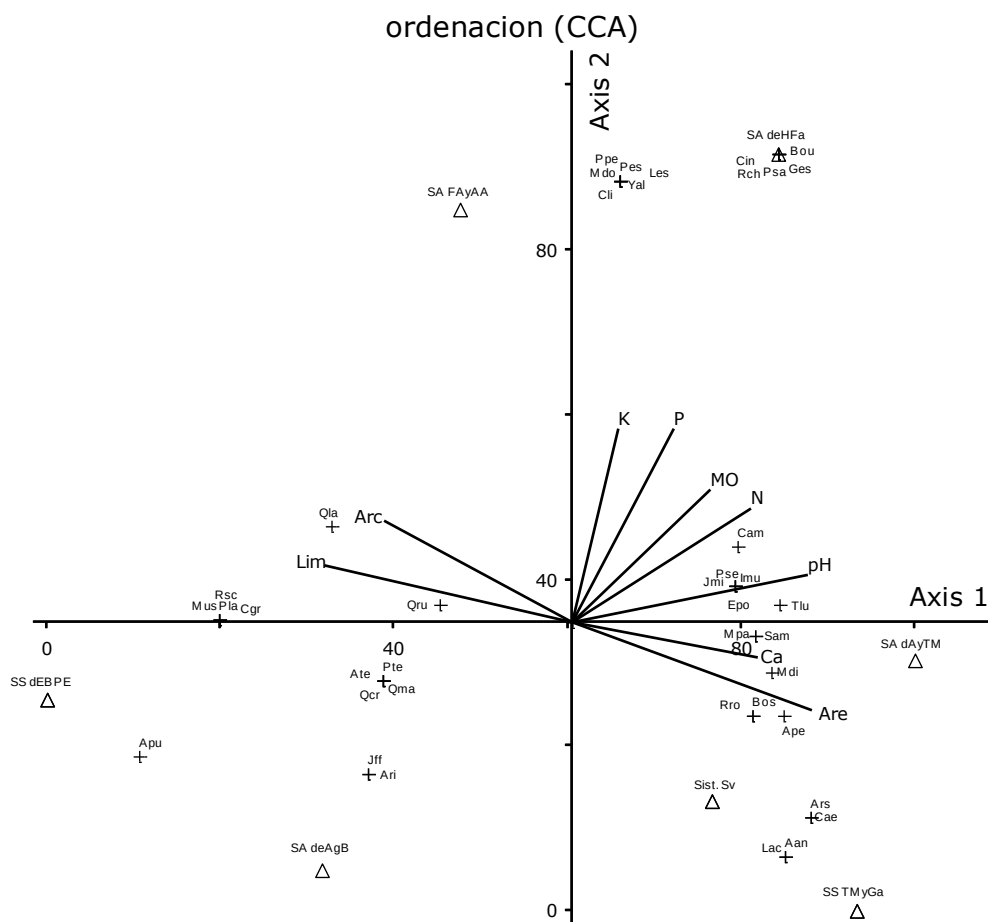


Figura 26. Análisis de correspondencia canónica de los 7 sistemas agroforestales con 40 especies vegetales y nueve variables ambientales, en Santo Domingo Nuxaá, Oaxaca.

La selección de las variables ambientales más importantes indica que las de mayor correlación positiva con el primer eje de la ordenación son: Arena, pH, Calcio y Nitrógeno. Las variables con mayor correlación negativa para el mismo eje son: Limo y

Arcilla. En el segundo eje, las variables ambientales de mayor correlación positiva son el Fósforo y Potasio y la variable de mayor correlación negativa es la Arena y Calcio. Por lo tanto, considerando los dos primeros ejes, las variables ambientales más importantes que influyen en los sistemas agroforestales son Arena y Calcio y en menor importancia el Limo, Arcilla, Fósforo y Potasio.

La varianza (Inercia) entre las especies es de 1.42. El valor de las raíces características para los tres primeros ejes de ordenación (Cuadro 4), indica que hay una separación mayor en el eje 1 que en los ejes 2 y 3 que presentan separaciones similares, lo cual indica que hay una buena separación entre los sistemas agroforestales, asociada a los factores ambientales lo largo del eje 1 y 2. A lo largo de los primeros dos ejes de ordenación (Figura 26), se distingue un grupo formado por el sistema silvopastoril en bosque de pino-encino y el sistema de agrobosque, un segundo grupo formado por el sistema silvopastoril, sistema silvopastoril de terrazas de maguey - ganadería y el sistema agroforestal de agricultura-terrazas de maguey, finalmente el sistema de huerto familiar y el sistema agroforestal de fajas arbóreas- agricultura alterna separados entre sí y de los demás sistemas agroforestales.

Cuadro 4. Resultados del análisis de correspondencia canónica.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalue (Raíces características)	0.611	0.295	0.218
% de varianza explicada en especies	43.1	20.8	15.3
Porcentaje acumulado	43.1	63.8	79.1
Correlación Pearson Especies-Ambientes*	0.970	0.948	0.941

* Correlación entre resultados del muestro por un eje derivado de los datos de especies y los resultados de muestras que son combinaciones lineares de las variables ambientales.

En los dos primeros ejes hay una correlación alta por lo que es posible explicar la mayoría de variación en especies tomando las variables ambientales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Correlación entre los dos primeros ejes de la ordenación y las nueve variables ambientales.

Variable	Correlación	
	Eje 1	Eje 2
1 pH	0.850	0.259
2 MO	0.481	0.628
3 N	0.616	0.474
4 P	0.355	0.801
5 K	0.136	0.856
6 Ca	0.663	-0.280
7 Arena (Are)	0.850	-0.222
8 Limo (Lim)	-0. 857	0.155
9 Arcilla (Arc)	-0.690	0.247

7. Discusión

Los cercos vivos de maguey proporcionan productos y servicios como conservación la humedad del suelo, protección de la radiación solar, alimento, forraje y combustible. Es una alternativa viable establecerlos en zonas áridas como lo muestra el estudio hecho por López (1990) en el desierto chihuahuense, lo que significa que también es posible emplearlos en las regiones semiáridas por ser una especie de fácil reproducción y adaptable en las zonas con poca humedad.

El empleo de nopal conformando cercos vivos puede desempeñar funciones tales como circundar los campos de cultivo, en huertos familiares, proteger la entrada y salida de animales y personas, restaurar el suelo y delimitar solares. Además proporciona beneficios como alimento, medicinal, forraje, conservación de la humedad del suelo y protección contra el frío. De tal manera que es posible optar por manejar esta especie en las zonas semiáridas de la zona en estudio ya que no requiere de muchos cuidados y es de fácil reproducción.

En el caso de zonas templadas es posible restaurar y mejorar el suelo estableciendo especies forestales tales como pino, eucalipto, casuarina y cedro blanco (*Pinus* sp., *Eucalyptus* sp., *Casuarina* sp. y *Cupressus* sp.) a cierta distancia entre árboles e hileras, con el fin de establecer agricultura en los espacios disponibles durante cierto periodo de tiempo, mientras no haya efecto de sombra. Un estudio hecho por Pimentel (1989), donde establece cultivo de frijol en los espacios disponibles y evalúa el periodo en que no se produce sombra, aunque también dependerá de la separación entre hileras de árboles. Así, se observó que durante los primeros tres años no se produce efecto de sombra, ya a los cuatro años el efecto de sombra se deja sentir, pero esto es porque las hileras están a 3 metros de separación.

Lo cual significa que es posible establecer este tipo de sistema en las zonas templadas, aunque dependerá de la superficie con la que cuenta el productor, ya que si desea que el terreno sea permanente con este tipo de manejo del suelo, las hileras de árboles se establecerán a mayor distancia para que el efecto de sombra no se manifieste por varios años y solo se verá reducida la superficie destinada a la agricultura. Es así como no se puede optar por un patrón único, porque puede haber una gran diversidad de criterios para el manejo de un sistema agroforestal según las limitaciones del productor.

Los sistemas agroforestales con integración de árboles frutales y ganadería puede ser una opción viable sobre todo en las zonas templadas del municipio, ya que se pueden obtener beneficios paralelos, tanto la ganadería, las especies frutícolas y el productor. Un estudio hecho por Osorio (2007), analiza el sistema de Aguacate-bovinos y concluye que dicha asociación presenta ventajas tales como: Adición de nutrimentos en el suelo al ser incorporadas las heces de los animales y la hojarasca; conservación del agua al disminuir la evaporación y además la materia orgánica aumenta la retención de agua en el suelo; control de arvenses y como consecuencia reducción de los costos de producción al reducirse la mano de obra para las labores culturales en el manejo del aguacate y mejoramiento ambiental del sistema ya que la sombra generada por la copa del aguacate permite que los ovinos se desarrollen en mejores condiciones.

Captación de agua

Con respecto a las cuencas existentes en el municipio se debe considerar la dinámica en el ciclo de agua, ya que es importante no alterar la cubierta vegetal (sobre todo el estrato arbóreo) evitando las actividades humanas inadecuadas. Cuando esto sucede, la evaporación, y en el caso de las laderas, la velocidad del agua y su descarga superficial aumenta de modo significativo, de manera que aún con índices de precipitación alta las cuencas se vacían con rapidez.

De la integridad de los ecosistemas depende la calidad de la captación de agua, la infiltración, la evapotranspiración y los escurrimientos superficiales y subsuperficiales. La velocidad del vaciamiento de la cuenca depende, asimismo, de la calidad de la cubierta vegetal.

Por otro lado, la remoción de la vegetación genera erosión del suelo, acelera el escurrimiento y el vaciamiento de la cuenca, así como el azolvamiento de los cuerpos de agua naturales y artificiales, incluyendo ríos y presas, lo que pone en entredicho la sustentabilidad y funcionamiento a mediano y largo plazos de las mismas.

Diversidad de especies

Las estrategias productivas basadas en policultivos se impulsan principalmente para minimizar riesgos y garantizar la suficiente bioenergía para satisfacer las necesidades básicas de la población durante el ciclo anual. La cultura del maíz se adapta a las distintas situaciones ambientales. De este proceso se deriva la enorme variedad de especies, razas y adaptaciones de diversas plantas usadas dentro del sistema alimentario. En los sistemas de comunidades hay por lo menos tres espacios de domesticación: 1) el espacio con vegetación natural donde se seleccionan y manejan culturalmente algunas especies; 2) la milpa en todas sus variantes y 3) el huerto familiar.

La interacción de tres espacios: el área natural intervenida, la milpa y el huerto familiar

Los procesos de domesticación de las plantas útiles, especialmente las comestibles, abarcan tres espacios: 1) el área de vegetación natural e intervenida: vegetación primaria y secundaria; 2) la milpa fija o itinerante, y 3) los huertos familiares. Se interacciona en los tres espacios, se modifican y se utilizan distintas áreas para aprovechar la diversidad de condiciones físicas y se intercambia germoplasma 1 con 2, 2 con 3 y 1 con 3. Los paisajes rurales son una mezcla de comunidades naturales de vegetación, seminaturales y artificiales cuya combinación alberga una riqueza biológica

extraordinaria. Como espacios de domesticación, el huerto familiar y la milpa son dos áreas en constante transformación. El huerto familiar tiene plantas medicinales, plantas útiles, hortalizas anuales, perennes y semiperennes, animales de corral, árboles frutales y plantas ornamentales. Las milpas tienen una función múltiple: producir alimentos básicos y cultivos para el mercado, forrajes, material para construcción, hierbas, especias y plantas alimenticias toleradas que en la agricultura industrial se consideran “hierba mala”.

La producción agrícola depende de la disponibilidad de semilla o de los cultivares en general. Pero no se trata de cualquier semilla o cultivar genérico. Los agricultores campesinos siembran tal o cual semilla que ha sido sometida a la adaptación de los microhábitat y a las preferencias y necesidades culturales.

La agricultura tradicional se caracteriza por el uso de un gran número de especies y variedades de las mismas en una parcela. Se desarrolla con la habilidad práctica de cada agricultor y se transmite de generación a generación de agricultores de manera directa. Es decir, los campesinos reproducen el germoplasma ancestral sin recurrir mayormente al mercado nacional de semillas. Son los intelectuales de su propio proceso, tanto en la producción, distribución y consumo.

Silvicultura comunitaria: manejo forestal sustentable y de no maderables

En los bosques arbolados se registran varias actividades, desde el aprovechamiento de maderables y leña hasta la recolección de plantas medicinales, manejo de fauna, recolección de paxtle, hongos, así como pastoreo extensivo de ganado menor y mayor, y el aprovechamiento de la madera para el autoconsumo.

La silvicultura social o comunitaria sostenible es una experiencia importante para vincular la conservación y el aprovechamiento sostenible con la organización social indígena y campesina.

Métodos cuantitativos para estimar el valor de uso de los recursos para las familias rurales

Intentar estimar el valor económico del uso de los recursos ambientales para las familias rurales es debida a tres razones. En primer lugar, las familias rurales a menudo hacen un uso extensivo de recursos ambientales (y estos son en gran medida recursos vegetales), por lo que tales recursos pueden ser críticos para el bienestar de esas familias, especialmente durante sequías u otros periodos de crisis.

En segundo término, dado el uso extendido de recursos ambientales, muchas formas de degradación del ambiente rural, tales como la deforestación, pérdida de biodiversidad, erosión del suelo y degradación de los acuíferos, pueden estar relacionados con las elecciones de las familias respecto al uso de estos recursos. Las familias rurales optan por degradar ambientes o, alternativamente, por invertir en la protección ambiental a través de la siembra, el manejo o el cambio de las prácticas de uso, siempre que exista un interés económico en hacerlo. Sus acciones reflejan parcialmente el impacto que producen las políticas nacionales, las condiciones de tenencia y las instituciones, en los individuos y las familias. Pero por otra parte, sus acciones también están fuertemente vinculadas a las condiciones económicas individuales y familiares en el plano local, por ejemplo, su pobreza, sus oportunidades económicas, su estatus educacional, etc.

En tercer lugar, establecer estos valores es importante por razones políticas. Estos recursos importan y son relevantes para ciertos grupos. La comprensión de estos valores puede tener gran importancia en los debates políticos, por ejemplo, sobre el valor de la intensificación agrícola, en propuestas de privatización, en el diseño de sistemas de recursos, en el diseño de sistemas de manejo de recursos, en la provisión de medidas asistenciales de emergencia, en el mejoramiento de la seguridad alimentaria, entre otros.

Una taxonomía del uso de recursos ambientales

Los usos ambientales acorde al número de especies, la función o funciones económicas que posee cada producto se pueden ver desde tres puntos. El primero es el espectro de los recursos ambientales descubiertos como disponibles para uso por las familias. Incluye una amplia variedad de alimentos; numerosos usos directos no alimenticios; una gran cantidad de usos de madera, incluyendo combustible, materiales de construcción y varios implementos; otros usos de los árboles, tales como mantillo vegetal y forraje para ganado; el uso de pastos; suelos para fertilización y alfarería.

En segundo lugar, a menudo existe un conjunto de especies utilizables por cada tipo de recurso. La relevancia de la diversidad de especies en términos económicos depende del tipo de recurso considerado. En algunos casos esto implica cierto número de diferentes conveniencias del recurso, que las familias pueden aprovechar al interior de cada tipo de recurso ambiental. Este sería el caso de los alimentos silvestres, donde las especies indígenas son tan diferentes entre ellas que son tipos de alimentos bien conocidos. Sin embargo, también existen casos en los que la diversidad de especies para un recurso dado se parece mas a la existencia de "marcas" que de conveniencias diferenciales. Por ejemplo, este sería el caso de la madera para leña o construcción, donde varias de las especies ofrecen el mismo servicio económico a la familia pero difieren en la calidad que tal servicio provee.

En tercer lugar, los recursos ambientales ofrecen un espectro de funciones económicas a las familias rurales. Por lo tanto, son utilizados en todas las áreas del alcance económico familiar: como bienes de insumo, como bienes durables, como ingresos en la formación de capitales, como entradas en la producción agrícola y no agrícola, como productos excedentes o bienes de comercio, como valores indirectos o de no uso.

8. Conclusiones

Se cumplieron satisfactoriamente el objetivo general y los objetivos particulares.

Se acepta la hipótesis, debido a que los sistemas agroforestales en la zona de estudio, ayudan a la conservación del suelo y mantener el equilibrio en el ecosistema con las interacciones de los diferentes componentes. Además de proporcionar recursos de uso y no uso a los productores durante todo el año.

La técnica empleada en las labores culturales para cada cultivo agrícola ha intervenido positivamente en la reducción de la erosión hídrica principalmente, considerando que la zona estudiada presenta pendientes muy pronunciadas.

La regulación en el número de cabezas de ganado ha contribuido en evitar el sobrepastoreo y sus efectos negativos en el municipio.

Referente al sistema silvopastoril en bosque de pino-encino es necesario realizar estudios más específicos respecto a los impactos a largo plazo que causa la ganadería considerando los factores ambientales prevalecientes en la zona y proponer alternativas de manejo que sean sustentables para este sistema.

Se requieren estudios específicos acerca de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de usos múltiples para integrarlos a cada sistema, así como realizar talleres con los productores para introducirlos en la implementación de sistemas agroforestales mejor diseñados.

La integración de árboles en los terrenos dedicados a la agricultura reduce el área definido para este fin y es considerado por la mayoría de los productores como barrera que crea sombra a los cultivos reduciendo el rendimiento en la cosecha. Por lo tanto, es

necesario realizar estudios con el fin de analizar las ventajas y desventajas de este sistema y proponer mejoras para reducir los efectos negativos.

El manejo de árboles frutales conformando hileras o por medio de terrazas puede ser una buena opción para el productor ya que le generará ingresos en ciertas épocas del año al mismo tiempo que tendrá la función de conservar el suelo. Emplear especies adecuadas puede ser objeto de investigación, con el fin de asociarlas y crear interacciones ecológicas benéficas.

En el sistema de huerto familiar, a pesar de que existe diversidad de especies frutales, se ve reducido el número que cada productor cultiva. De tal forma que será necesario diseñar huertos familiares con un mayor número de componentes tanto en número de individuos como en especies, dependiendo de las características de cada una y de espacios mínimos requeridos, así como nivel de insumo y demanda de mano de obra entre otros factores para que este sistema sea rentable y tenga la importancia que merece.

El recurso hongo es muy importante en la zona y falta realizar estudios mas a fondo de todas las especies que pueden llegar a presentarse e investigar con las personas mayores de las comunidades el uso que presentan ya que se ha ido perdiendo la cultura del consumo de varias especies con potencial comestible además de otros usos que podrían tener. Se presenta desconocimiento de la gran riqueza y cultura en el uso de los hongos sobre todo en las personas jóvenes, lo cual es un problema al no valorar los recursos con que se cuenta porque el hábitat en que crecen se vuelve susceptible a ser destruido.

En el municipio existe el potencial para establecer otras variantes de sistemas agroforestales por medio de asociar especies considerando el arreglo espacial y temporal. El problema radica en introducir y organizar a los productores para mejorar e

implementar otras técnicas de manejo de los terrenos con el fin de obtener mayores beneficios económicos, ecológicos y sociales y ser un ejemplo a seguir por los municipios aledaños.

Se necesitan asesorías técnicas en las áreas de manejo de ganadería, agricultura, especies maderables y frutales, con el propósito de atender las necesidades de los productores porque resulta incosteable solicitar asesorías de forma individual a diferencia de si se hace de forma colectiva. Cabe mencionar que es un municipio que esta dispuesto a recibir alumnos para la realización de estancias preprofesionales lo cual queda abierto como una opción a alumnos interesados en las áreas antes mencionadas.

Referente al análisis multivariado, el método de ordenación ha sido más útil ya que ha interpretado las variables ambientales y la composición florística de cada sistema agroforestal formando grupos acorde a características que pueden ser observables desde el punto de vista natural de distribución de cada práctica agroforestal.

El método de clasificación es importante ya que no se presentó gran variabilidad entre la agrupación usando este método comparado con el resultado obtenido con el método de ordenación, por lo tanto, se puede usar cuando no se cuenta con datos de factores ambientales.

9. Literatura citada

- Aguilar, J.; C. Illsley; C. Marielle. 2003. Los sistemas de maíz y sus procesos técnicos. En: Esteva G.; C. Marielle. Sin maíz no hay país. México, D.F., Dirección General Culturas populares e indígenas. Pp. 83 – 117.
- Altieri, M.A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay, Nordan-Comunidad. 338 p.
- Anderson, T.W. 2003. An introduction to Multivariate Statistical Analysis. 3rd ed. USA, Wiley & Sons. 721 p.
- Becker, G. 1980. Setas. Madrid, España, Susaeta. 223 p.
- Begon, M.; J.L. Harper; C.R. Townsend. 1999. Individuos, poblaciones y comunidades. 3 ed. Barcelona, España, Omega. 685 p.
- Carone, D.M. 1986. Micología. La Habana, Cuba, Pueblo y Educación. 327 p.
- Castillo, T.J. 1987. Micología general. México, D.F., Limusa. 518 p.
- CATIE. 1993. Curso internacional: "Desarrollo de Sistemas Agroforestales". Documento JICA. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 210 p.
- Causton, D.R. 1988. An introduction to vegetation analysis. Principles, practice and interpretation. London, UK, Unwin Hyman. 342 p.
- Dajoz, R. 2002. Tratado de Ecología. 2 ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. 600 p.

- Díaz, B.H. 1992. Hongos comestibles y venenosos en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Morelia, Michoacán, Centro de Investigación y Desarrollo del Edo. de Michoacán (CIDEM). 147 p.
- Diego, C.F. 1979. Setas. Madrid, España, Mundi-Prensa. 315 p.
- Estrada, T.A.; G. Oliver, A. 1991. Micología. Manual de Botánica II. Tlannepantla, Edo. de México, UNAM, Iztacala. 137 p.
- Fassbender, H.W. 1992. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 530 p.
- Franklin, S.E. 2001. Remote sensing for sustainable forest management. Boca Raton, Florida, USA, Lewis Publishers. 407 p.
- González, A.M. 2003. Pensamientos y experiencias: aportes a la agroecología colombiana. Calí, Colombia, ACASOC. Pp. 217-248.
- Granados S.D.; R. Tapia, V. 2002. Comunidades vegetales. Texcoco, México, UACH. Serie de Agronomía No. 19. 235 p.
- Granados, S.D.; R. Tapia, V. 1983. Métodos de estudio de la vegetación. Chapingo, México, UACH. Cuadernos URUZA No. 2. 68 p.
- Granados, S.D.; G.F. López, R. 1982. El herbario y su proyección. Chapingo, México, UACH. 84 p.
- Guzmán, G. 1978. Hongos. México, D.F., Limusa. 194 p.

- Hart, R. D. 1985. Agroecosistemas: conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 160 p.
- INEGI. 2007. Anuario estadístico del Estado de Oaxaca. Aguascalientes, Mex. Tomo I, II y III.
- Kobold, M. 2000. Setas de prados y bosques. Madrid, España, Susaeta. 126 p.
- Krishnamurthy, L.; K. Krishnamurthy; I. Rajagopal; A. Arroyo G. 2003. Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural. México, D.F., SEMARNAT. 105 p.
- Krismanurthy, L. 1999. Agroforestería básica. Chapingo, México, UACH. Serie textos básicos para la formación ambiental, No. 3. 335 p.
- Liebman, M. 1999. Sistemas de policultivos. En: Altieri, M.A. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay, Nordan-Comunidad. Pp. 190 – 202.
- López. Y.L. 1990. Cercos vivos en zonas áridas (Agrosilvicultura en el desierto chihuahuense). Tesis profesional Ing. Ftal. Chapingo, México, UACH. 194 p.
- McCune, B. Y.; M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0. MjM Software Design. Oregon, USA, Gleneden Beach. 237 p.
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. 2 ed. San José, Costa Rica, Organización para estudios tropicales. 622 p.
- Moore, P.D.; S.B. Chapman. 1986. Methods in Plant Ecology. 2nd ed. Palo Alto, California, USA, Blackwell Scientific Publications. 563 p.

- Navia, E.J.F.; J.M Restrepo, M.; D.E. Villada, Z.; P.A. Ojeda, P. 2003. Agroforestería: Opción Tecnológica para el Manejo de Suelos en Zonas de Ladera. Santiago de Cali, Colombia. Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola – FIDAR. 80 p.
- Osorio, M.G. 2007. Caracterización de sistemas agroforestales en el municipio de Ayutla de Los Libres, Guerrero. Tesis profesional Ing. en Agroecología. Chapingo, México, UACH. Depto. de Enseñanza, Investigación y Servicio en Agroecología. 86 p.
- Pimentel, B.L. 1989. Agrosilvicultura de zonas templadas y frías. Resumen del I Congreso Forestal de Cuba y Simposio Internacional sobre técnicas agroforestales. La Habana, Cuba. 22 p.
- Sepúlveda, C.; M. Castro. 2001. Elementos de agroecología de suelos. Programa Nacional de Agricultura Orgánica. San José, Costa Rica, Editorial del Norte. 24 p.
- Soto, P.M.L.; F. Jiménez, G.; H. de Jong. B. 1997. La agroforestería en Chiapas. El caso de la región Los Altos. En: Parra, V.M.R.; B.M. Díaz H. Los Altos Chiapas: Agricultura y crisis rural. Chiapas, México, ECOSUR. Tomo I. Pp. 167 – 186.
- Torquebiau, E.; ICRAF. 1990. Conceptos de agroforestería: Una introducción. Chapingo, México, Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sustentable, UACH. 92 p.
- Triola, M.F. 2004. Probabilidad y estadística. 9 ed. México, D.F., Pearson Educación. 648 p.
- Whittaker, R.H. 1978. Ordination of Plant Communities. USA, Dr. W. Junk Publishers. 388 p.

Wojtwowski, P.A. 2006. Undoing the Damage: Silviculture for Ecologists and Environmental Scientists. New Hampshire, USA, Science Publishers. 313 p.

Referencias electrónicas

Adriyanov, K.B. 2010. Aportación del análisis canónico de correspondencias al análisis textual. (Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6539/1/Memoria.pdf>. Consultado el: 02 de Agosto de 2010).

Carrillo, L. 2003. Microbiología agrícola. Hongos. Disponible en: <http://www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micagricap7.pdf>. Consultado el: 16 de Mayo de 2010).

Duran, V.Y. 2003. Sistemas agroforestales. (Disponible en: www.agroforesteriaecologica.com. consultado el: 03 de Noviembre de 2009). Universidad Abierta y a Distancia. 148 p.

Gayoso, A.J. 2010. Mejores prácticas para un Manejo Forestal Sustentable. (Disponible en: <http://www.uach.cl/proforma/gcampo/bmp.pdf>. Consultado el: 15 de junio de 2010).

Guzmán, G. 1980. Un gran desconocido: el Hongo. México desconocido No.48. (Disponible en: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/notas/3779-Un-gran-desconocido:-el-hongo>. Consultado el: 16 de Mayo de 2010).

Guzmán, G. 1997. Los hongos y el hombre: Biodiversidad e impacto ecológico, social y económico. ALEPHZERO 11, (septiembre – Octubre) (Disponible en:

<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az11/hongos.htm>. Consultado el: 16 de Mayo de 2010).

Interciencia. 2010. Imágenes de Oaxaca. (Disponible en: http://www.interciencia.org/v20_01/art02/v200102_01.gif. Consultado el: 10 de Agosto de 2010).

Petit, A.J.; G. Uribe, V. 2008. Agroforestería, cambio climático, desertificación y biodiversidad. (Disponible en: www.agroforesteriaecologica.com, consultado el: 03 de Noviembre de 2009).

Petryk, N.E. 2010. Hongos-setas. (Disponible en: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/chef/hongos.ht>. Consultado el: 16 de Mayo de 2010).

Ramos, S. E.; A.B. Hernández, G.; I. Cinta, F. 2007. Los hongos silvestres: una alternativa para el desarrollo regional. México, D.F., INE. (Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/154/hongos.html>. Consultado el: 15 de Mayo de 2010).

Revistaemet. 2010. Imágenes de Oaxaca. (Disponible en: http://www.revistaemet.net/new_emet/admin/imagenes_notas/12650oaxaca.gif. Consultado el: 10 de Agosto de 2010).

Rodríguez, J.P. 2008. Hongos silvestres. (Disponible en: <http://www.informador.com.mx/suplementos/2008/26364/1/hongos-silvestres.htm>. Consultado el: 15 de Mayo de 2010).

Ruíz, B.A. 2010. Los hongos y su importancia. San José, Costa Rica. (Disponible en: http://www.museocostarica.go.cr/en_en/ent-rese-/los-hongos-y-su-importancia.html?Itemid=62. Consultado el: 15 de Mayo de 2010).

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. (Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf>. Consultado el: 04 de agosto de 2010).

UAL (Universidad de Almeria). 2010. Hongos beneficiosos y perjudiciales. (Disponible en: <http://www.ual.es/GruposInv/myco-ual/beneperj.htm>. Consultado el: 15 de Mayo de 2010).

10. ANEXO

1. FORMATO DE ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO NUXAÁ, OAXACA.

Datos generales:

1. Fecha: _____
2. Localidad: _____
3. Nombre del productor: _____
4. Cuántos miembros conforman la familia o viven en esta vivienda: _____
5. Cuántos miembros trabajan en la propiedad con usted:
a) permanentemente: _____ b) temporalmente: _____
6. Tipo de tenencia de la tierra:
a) Privada b) Comunal c) Otro, cual: _____
7. Superficie total del predio: _____ has
8. De esa superficie, cuánta dedica a:
a) Agricultura: _____ c) Bosque: _____
b) Ganadería: _____ d) Otro, cuál: _____
9. Qué actividad es la principal para usted
a) Agrícola b) Ganadera c) Otra, cuál: _____
Por qué _____

Referente a los sistemas agroforestales

1. Cómo maneja sus terrenos dedicados a diferentes usos:
a) Ganadería con árboles y arbustos ()
b) Ganadería en bosque de pino-encino ()
c) Ganadería en cultivo de maguey ()
d) Aprovechamiento de bosque ()
e) Agricultura en terrazas establecidas con Maguey ()
f) Agricultura alternada con fajas arbóreas ()
g) Huerto familiar ()

Si la respuesta es a):

A. Ganadería con árboles y arbustos

2. Cuánta superficie dedica a este tipo de manejo del suelo: _____
3. Cuáles son las épocas del año en que integra al ganado en este predio: _____

4. Cuál es el método que emplea para que no escasee el alimento (Por ejemplo, rotaciones por pequeñas áreas, etc.): _____

Referente al ganado:

5. Qué tipos de ganado maneja en el predio bajo este sistema:

Tipo de ganado	No. mín de cabezas	No. máx de cabezas	Objetivo de la producción*	Destino de la producción**	Forma de venta***	Ingresos de venta/año
Vacuno						
Asnal						
Caprino						
Ovino						
Otro						

* a) Producción de carne; b) producción de leche; c) Arar; d) Carga

** a) Autoconsumo; b) Venta local; c) Mercado regional; d) Otro

*** a) Directa; b) Intermediario; c) Cambio (trueque); d) Otro

6. Sistema de manejo para la alimentación del ganado.

Tipo de ganado	Forma de alimentación ¹	Suplemento alimenticio ²	Tipo de suplemento ³	Origen del suplemento ⁴	Costo/unidad
Vacuno					
Asnal					
Caprino					
Ovino					
Otro					

¹ a) Libre; b) suministro en corral o establo; c) Otra (Especificar)

² a) Si; b) No

³ a) Zacate; b) Totomoxtle; c) Maíz; d) Otro (Especificar)

⁴ a) Autoabastecimiento; b) Compra

Nota: Anotar la unidad en que se miden los suplementos: Por ejemplo: Zacate por manojo, Totomoxtle por costales, Maíz por Kg, etc.

7. Con que frecuencia y en qué temporadas se les suministra algún suplemento alimenticio (Especificar para cada tipo de ganado)_____

Referente a las especies arbóreas y arbustivas

8. Qué tipos de árboles y arbustos están presentes en el predio y qué usos les da:

Especies	Usos					
	Madera ¹	Forraje ²	Alimento ³	Servicios ecosistémicos ⁴	Medicinal ⁵	Otros ⁶

¹ a) Leña; b) Postes; c) madera p/construcción; d) horcones

² a) Hojas; b) Flores; c) Frutos

³ a) Flores; b) frutos; c) Otro

⁴ a) Sombra; b) cortina rompevientos; c) conservación de suelo; d) Fijador de nitrógeno; e) Protección a cuerpos de agua

⁵ a) Hojas, b) Flores; c) corteza

⁶ a) Taninos; b) Ornamental; c) ritual

Referente a las especies herbáceas

9. Cuales son las especies preferidas por el ganado:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

10. Existen especies de importancia para el productor:

a) Si

b) No

Si la respuesta es a), Mencione cuales y qué uso (s) les dan:

Especies	Usos

Si la respuesta es b)

B. Ganadería en bosque de pino-encino

11. Cuánta superficie dedica a este tipo de manejo del suelo: _____

12. Cuáles son las épocas del año en que integra al ganado en este predio: _____

13. Cuál es el método que emplea para que no escasee el alimento (Por ejemplo, rotaciones por pequeñas áreas, etc.): _____

Referente a la ganadería:

14. Qué tipos de ganado maneja en el predio bajo este sistema:

Tipo de ganado	No. mín de cabezas	No. máx de cabezas	Objetivo de la producción*	Destino de la producción**	Forma de venta***	Ingresos de venta/año
Vacuno ¹						
Asnal ²						
Caprino ³						
Ovino ⁴						
Otro ⁵						

* a) Producción de carne; b) producción de leche; c) Arar; d) Carga

** a) Autoconsumo; b) Venta local; c) Mercado regional; d) Otro

*** a) Directa; b) Intermediario; c) Cambio (trueque); d) Otro

15. Sistema de manejo para la alimentación del ganado:

Tipo de ganado	Forma de alimentación ¹	Suplemento alimenticio ²	Tipo de suplemento ³	Origen del suplemento ⁴	Costo/unidad
Vacuno					
Asnal					
Caprino					
Ovino					
Otro					

¹ a) Libre; b) suministro en corral o establo; c) Otra (Especificar)

² a) Si; b) No

³ a) Zacate; b) Totomoxtle; c) Maíz; d) Otro (Especificar)

⁴ a) Autoabastecimiento; b) Compra

Nota: Unidad en que se miden los suplementos: Zacate por manojo, Totomoxtle por costales, Maíz por Kg.

16. Con que frecuencia y en qué temporadas se les suministra algún suplemento alimenticio (Especificar para cada tipo de ganado) _____

Referente a las especies arbóreas y arbustivas

17. Qué tipos de árboles y arbustos están presentes en el predio y qué usos les da:

Especies	Usos					
	Madera ¹	Forraje ²	Alimento ³	Servicios ecosistémicos ⁴	Medicinal ⁵	Otros ⁶

¹ a) Leña; b) Postes; c) madera p/construcción; d) horcones

² a) Hojas; b) Flores; c) Frutos

³ a) Flores; b) frutos; c) Otro

⁴ a) Sombra; b) cortina rompevientos; c) conservación de suelo; d) Fijador de nitrógeno; e) Protección a cuerpos de agua

⁵ a) Hojas, b) Flores; c) corteza

⁶ a) Taninos; b) Ornamental; c) ritual

Referente a las especies herbáceas:

18. Cuales son las especies preferidas por el ganado:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

19. Existen especies de importancia para el productor:

a) Si

b) No

Si la respuesta es a), Mencione cuales y qué uso (s) les dan

Especies	Usos

Si la respuesta es c)

C. Ganadería en cultivo de maguey

20. Cuánta superficie dedica a este tipo de manejo del suelo: _____

21. Cuáles son las épocas del año en que integra al ganado en este predio: _____

22. Cuál es el método que emplea para que no escasee el alimento (Por ejemplo, rotaciones por pequeñas áreas, etc.):_____

23. Hace cuantos años que se ha implementado esta forma de uso del suelo:_____

Referente al ganado

24. Qué tipos de ganado maneja en el predio bajo este sistema:

Tipo de ganado	No. mín de cabezas	No. máx de cabezas	Objetivo de la producción*	Destino de la producción**	Forma de venta***	Ingresos de venta/año
Vacuno ¹						
Asnal ²						
Caprino ³						
Ovino ⁴						
Otro ⁵						

* a) Producción de carne; b) producción de leche; c) Arar; d) Carga

** a) Autoconsumo; b) Venta local; c) Mercado regional; d) Otro

*** a) Directa; b) Intermediario; c) Cambio (trueque); d) Otro

25.Sistema de manejo para la alimentación del ganado.

Tipo de ganado	Forma de alimentación ¹	Suplemento alimenticio ²	Tipo de suplemento ³	Origen del suplemento ⁴	Costo/unidad
Vacuno					
Asnal					
Caprino					
Ovino					
Otro					

¹ a) Libre; b) suministro en corral o establo; c) Otra (Especificar)

² a) Si; b) No

³ a) Zacate; b) Totomoxtle; c) Maíz; d) Otro (Especificar)

⁴ a) Autoabastecimiento; b) Compra

Nota: Unidad en que se miden los suplementos: Zacate por manojo, Totomoxtle por costales, Maíz por Kg.

26.Con que frecuencia y en qué temporadas se les suministra algún suplemento alimenticio (Especificar para cada tipo de ganado)_____

27.Hay presencia de arbustos en el predio:

a) Si

b) No

29. Cuál o cuales son las especies de maguey cultivada en el predio: _____

a) Manual b) Empleo de c) Otro, cuál:

yuntas

- a) Apoyo de los integrantes de la familia
- b) Contrato de personal

34.Objetivo de la plantación: _____

35. Cuales son las especies preferidas por el ganado:

a) Si b) No

Especies	Usos

Si la respuesta es d)

D. Aprovechamiento de bosque

37. Cuánta superficie dedica a este tipo de manejo del suelo: _____

Referente a las especies arbóreas y arbustivas

38. Qué tipos de árboles y arbustos están presentes en el predio y qué usos les da:

Especies	Usos					
	Madera ¹	Forraje ²	Alimento ³	Servicios ecosistémicos ⁴	Medicinal ⁵	Otros ⁶

¹ a) Leña; b) Postes; c) madera p/construcción; d) horcones; e) Carbón; e) madera aserrada

² a) Hojas; b) Flores; c) Frutos

³ a) Flores; b) frutos; c) Otro

⁴ a) Sombra; b) cortina rompevientos; c) conservación de suelo; d) Fijador de nitrógeno; e) Protección a cuerpos de agua

⁵ a) Hojas, b) Flores; c) corteza

⁶ a) Taninos; b) Ornamental; c) ritual

39. De los productos que obtiene, cuáles se destinan a la venta, qué cantidad y con qué frecuencia (especifique para cada producto: _____

Referente a las especies herbáceas y otros organismos

40. De las herbáceas presentes en el bosque, cuales son importantes para usted y qué usos les da (alimenticio, medicinal, ritual, ornamental, otros), especifique para cada especie: _____

41. De todos los hongos encontrados en el bosque, cuales son consumidos por su familia: _____

Además, mencione otros hongos que considera importantes, y qué usos tienen: _____

42. Realiza la venta de hongos en algún momento: Si (), No (),
Si la respuesta es, Si; qué especies, a que precio y hacia dónde: _____

Si la respuesta es e)

E. Agricultura en terrazas establecidas con Maguey

43. Cuánta superficie dedica a este tipo de manejo del suelo: _____

Referente a los cultivos agrícolas

44. Cuáles son las especies que cultiva: _____

45. Cuál es el patrón de cultivo:

a) Monocultivo

b) Policultivo

Si la respuesta es b), mencionar las especies que se combinan: _____

Para el cultivo de Maíz

46. Cuáles son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros).

Cuál es el método empleado para la siembra, especificar distancia entre surcos y entre matas de plantas de maíz: _____

Para el cultivo de frijol

47. Cuáles son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros).

Para el cultivo del trigo

48. Cuáles son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros).

49. La mano de obra empleada para la producción agrícola la obtiene de:

- a) Los integrantes de la familia
- b) Contrato de personal

Si la respuesta es b), cual es el costo/hectárea: _____

50. Mencione algunos productos que obtiene durante la etapa intermedia de producción del cultivo _____

Referente a las herbáceas (arvenses)

51. Mencione algunas herbáceas comestibles que crecen en el cultivo: _____

52. Mencione algunas hierbas que crecen en el cultivo y a los cuales les da algún uso (Por ejemplo, forraje para ganado):

Referente al cultivo de Maguey

53. Cuál o cuáles son las especies de maguey cultivadas en el predio: _____

54. Son especie(s) nativa(s) o introducida(s), especifique para cada especie: _____

55. Qué labores culturales realiza en el cultivo de maguey durante cada etapa de desarrollo (Desde antes de la plantación y hasta el momento)

56. Forma en que lleva a cabo dichas labores culturales:

a) Manual

b) Empleo de juntas

c) Otro, cuál:

57.Mano de obra utilizada:

a) Apoyo de los integrantes de la familia

b) Contrato de personal

Si la respuesta es b), cuál es el costo/hectárea: _____

58.Objetivo de la plantación: _____

59.Productos que obtiene de la planta de maguey:_____

60. Qué especies de hierbas crecen sobre las terrazas, mencione las que tengan importancia para usted y por qué: _____

Si la respuesta es f)

F. Agricultura alternada con fajas arbóreas

61. Cual es la superficie con este tipo de manejo de suelo: _____

62. Qué especies de árboles se encuentran en las fajas arbóreas:_____

63. Cuáles son las ventajas de dejar las fajas arbóreas en las áreas dedicadas a la agricultura:

64. Cuáles son las desventajas de dejar las fajas arbóreas en las áreas dedicadas a la agricultura:

Referente a las especies arbóreas y arbustivas

65. Cuáles son los productos que obtiene de los árboles y arbustos

Especies	Usos					
	Madera ¹	Forraje ²	Alimento ³	Servicios ecosistémicos ⁴	Medicinal ⁵	Otros ⁶

¹ a) Leña; b) Postes; c) madera p/construcción; d) horcones; e) Carbón; e) madera aserrada

² a) Hojas; b) Flores; c) Frutos

³ a) Flores; b) frutos; c) Otro

⁴ a) Sombra; b) cortina rompevientos; c) conservación de suelo; d) Fijador de nitrógeno; e) Protección a cuerpos de agua

⁵ a) Hojas, b) Flores; c) corteza

⁶ a) Taninos; b) Ornamental; c) ritual

66. Realiza la venta de algunos productos: Si (); No (),

Si la respuesta es Si, mencione cuales, qué cantidad y con qué frecuencia: _____

Referente a los cultivos agrícolas

67. Cuáles son las especies que cultiva: _____

68. Cuál es el patrón de cultivo:

a) Monocultivo

b) Policultivo

Si la respuesta es b), mencionar las especies que se combinan: _____

Para el cultivo de Maíz

69. Cuales son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros). _____

Cuál es el método empleado para la siembra, especificar distancia entre surcos y entre matas de plantas de maíz: _____

Para el cultivo de frijol

70. Cuáles son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros). _____

Para el cultivo del trigo

71. Cuáles son las labores culturales que realiza desde antes de la siembra hasta la cosecha (Especifique en qué periodos realiza cada una): _____

Mencione la forma que realiza cada labor cultural (Manual, tracción animal, maquinaria, otros). _____

72. La mano de obra empleada para la producción agrícola la obtiene de:

- a) Los integrantes de la familia
- b) Contrato de personal

Si la respuesta es b), cual es el costo/hectárea: _____

73. Mencione algunos productos que obtiene durante la etapa intermedia de producción del cultivo: _____

Referente a las herbáceas (arvenses)

74. Mencione algunas herbáceas comestibles que crecen en el cultivo: _____

75. Mencione algunas hierbas que crecen en el cultivo, los cuales les da algún otro uso (Por ejemplo, forraje para ganado): _____

Si la respuesta es g)

G. Huerto familiar

76. Cuál es la superficie que ocupa su huerto familiar: _____

77. Qué especies vegetales conforman su huerto

Especie	Forma biológica	No. de individuos	Dist. entre plantas

78. Cuales son los usos/productos que obtiene en su huerto:

Especie	Usos y/o productos					
	Alimento ¹	Forraje ²	Ornamental	Servicios ecosistémicos ³	Medicinal ⁴	Otro ⁵

¹ a) Hojas; b) Flores; c) Frutos; d) condimento

² a) Hojas; b) Flores; Frutos

³ a) Sombra; b) conservación de suelo; c) Fijador de nitrógeno; d) Cortina rompevientos

⁴ a) Hojas; b) Flores; c) Frutos; d) Corteza; e) tallo

⁵ a) Madera p/ leña; b) Ritual; c) Taninos

79. Cuál es el destino de la producción:

a) Autoconsumo

c) Ambos

b) Venta

d) Otro

Si la respuesta es b); especifique para cada producto:

Producto	Cantidad*	Épocas del año	Unidad en que se mide*	Precio/unidad	Mercado

* Puede especificar: por Kg, manojo, decenas, etc.

80. Mencione las labores culturales que realiza en el huerto, desde la siembra y plantación, según sea el caso.

81. Forma que realiza las labores culturales:

- a) Manual
- b) Tracción animal
- c) Maquinaria

82. Cuáles son las especies que tienen mayor interés para usted, por qué:

2. Lista florística

Cuadro 1. Listado florístico indicando el uso potencial de las especies vegetales encontrados en los sistemas agroforestales.

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Acacia angustissima</i>	Palo de tinta	Arbusto	Sist. Sv, SS TMyGa	Mle, Mho, Mpo, Fho, Ffl, Ffr, SE So, SE FN, SE CS, SE HF
<i>Acacia greggii</i>	Uña de gato	Herbácea	SA deHFa	Med
<i>Acacia pennatula</i>	Roble	Arbusto	Sist. Sv, SS TMyGa, SA deHFa	Mle, Ffr, SE So, SE FN, SE CS
<i>Agaphantus umbellatus</i>	Agapando	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Aloe vera</i>	Zábila	Herbácea	SA deHFa	Med
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quelite	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA, SA deHFa	Cho
<i>Annona cherimola</i> Miller	Anona	Árbol	Sist. Sv, SS TMyGa, SA deHFa	Cfr
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Modroño	Árbol	SS dEBPE, SA deAgB	Mle, SE So, SE HF
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	Manzanita	Arbusto	SS dEBPE, SA deAgB	Mle, Cfr, Med
<i>Aristida sp.</i>	ND	Pastos	Sist. Sv, SS dEBPE, SA deAgB	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Aristida ternipes</i> Cav	ND	Pastos	Sist. Sv, SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Arnica sp.</i>	Árnica	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Med, Fho, Ffl
<i>Arundo donax</i> L.	Carrizo	Arbusto	SA deHFa	SE CS, SE CR, SE HF
<i>Asclepias glaucensces</i> Kunth	ND	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA	NE
<i>Asclepias sp.</i>	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM	NE

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Baccharis sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Baccharis sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Bugambilia	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Bougainvillea sp.</i>	Bugambilia	Herbácea	SA deHFa	Orna, Med
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag.	ND	Pastos	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Bouteloua sp.</i>	ND	Pastos	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Bouvardia cf. Cardiflora</i> DC.	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA FAYAA	NE
<i>Brickellia cf. Secundiflora</i> (Lag.) A. Grey	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Brickellia grandiflora</i> (Hook) Nutt.	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Brickellia sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Buddleia parviflora</i> H.B.K.	ND	Arbusto	Sist. Sv, SS TMyGa	SE So
<i>Buddleia sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Her) Benth	Hierba de liendre	Herbácea	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Fho, Ffl
<i>Calliandra sp.</i>	Hierba de liendre	Herbácea	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Fho, Ffl
<i>Canna indica</i>	Flor platanillo	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Capsicum annuum</i>	Chile canario	Herbácea	SA deHFa	Cond
<i>Capsicum sp.</i>	Chile	Herbácea	SA deHFa	Cond
<i>Carica papaya</i>	Papaya	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Casimiroa edulis</i> Llave & Lex.	Zapote blanco	Árbol	SA deHFa	Cfr, SE So

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Castilleja arvensis</i> Cham Co. Schtdl.	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Castilleja sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina	Árbol	SA deHFa	Mle, SE So, SE CR
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Epazote	Herbácea	SS TMyGa, SA FAYAA, SA deHFa	Cond
<i>Chloris virgata</i> Sw	ND	Pastos	Sist. Sv, SA dAyTM, SA FAYAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	Margarita	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	Crisantemo	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Citrus aurantifolia</i>	Lima	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Citrus limon</i> Risso	Limón	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr, Bho
<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr
<i>Commelina coelestis</i> Willd	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Cilantro	Herbácea	SA deHFa	Cond
<i>Crataegus pubescens</i> (Kunth) Steudel	Tejocote	Árbol	SA deHFa	Cfr
<i>Crinum sp.</i>	Azucena	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Cunila sp.</i>	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Cuphea eaquipetala</i>	ND	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Fho, Ffl
<i>Cupressus sp.</i>	Cedro blanco	Árbol	SA deHFa	SE So
<i>Cymopogon citratus</i>	Zacate limón	Herbácea	SA deHFa	Bho
<i>Cyperus esculentus</i>	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Cyperus hermaphroditus</i>	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Cyperus sp.</i>	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	ND	Pastos	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAyAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Datura stramonium</i> L.	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM, SA deHFa	NE
<i>Dhalia pinnata</i> Cav.	Dalia	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Dhalia</i> sp.	Dalia naranja	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Dianthus caryophyllus</i>	Clavel	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem. & Schult.	ND	Pastos	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAyAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Dodonaea viscosa</i>	ND	Arbusto	Sist. Sv, SS TMyGa	SE So
<i>Echeveria</i> sp.	Oreja de elefante	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Eleusine indica</i> L.	ND	Pastos	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAyAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc	ND	Pastos	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	Níspero	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Eryngium longifolium</i> Cav.	ND	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA FAyAA	NE
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Colorín	Árbol	Sist. Sv, SA deHFa	Fho, Cfl, SE So, SE FN, SE CS, SE HF
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto	Árbol	SA deHFa	SE So, SE CR, Med
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd.	Noche Buena	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Fuchsia</i> aff. <i>cylindraceae</i> Lundl.	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Fuchsia</i> sp	Aretillo	Arbusto	SA deHFa	Orna
<i>Geranium seemannii</i> Peyr	Geranio	Herbácea	SA FAyAA	Orna
<i>Geranium</i> sp.	Geranio	Herbácea	SA deHFa	Orna

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Gibasis sp.</i>	Magueysillo	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	Fho, Ffl, Fta
<i>Gladiolus sp.</i>	Gladiola	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Gnaphalium cf. Attenuatum</i> DC.	ND	Herbácea	SA FAYAA	NE
<i>Grevillea sp.</i>	Grevilla	Árbol	SA deHFa	SE So
<i>Ipomea murucoides</i>	Casaguate	Arbusto	Sist. Sv, SA deHFa	Mle, SE So
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	Árbol	Sist. Sv, SA deHFa	SE So, SE CS, SE CR, SE HF
<i>Jasminum sp.</i>	Jazmín	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Juniperus flaccida</i> var. <i>flaccida</i>	Enebro	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA deAgB	Mle, SE So, SE CS, SE HF
<i>Lamauroxia dasyantha</i>	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	NE
<i>Leucaena sp.</i>	Guaje	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr
<i>Lilium candidum</i> L.	Lirio	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	ND	Arbusto	Sist. Sv, SS TMyGa	Mle, Mho, SE So, SE FN, SE CS, SE HF
<i>Malus domestica</i>	Manzana	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr
<i>Malva parviflora</i> L.	Malva	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA, SA deHFa	Fho, Ffl
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA	NE
<i>Mentha piperita</i> L.	Hierbabuena	Herbácea	SA deHFa	Cond, Med, Bho
<i>Montanea arborescens</i> DC.	ND	Arbusto	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB, SA deHFa	Mle, SE So
<i>Montanea sp.</i>	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA deAgB, SA deHFa	NE

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Morus sp.</i>	Mora	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA deAgB, SA deHFa	Cfr, SE So
<i>Muhlenbergia sp.</i>	ND	Pastos	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Musa spp.</i>	Plátano	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Oplismenus setarius</i> (Lam.) Roem and Schielt	ND	Pastos	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal de castilla	Arbusto	SA deHFa	Cho
<i>Opuntia sp.</i>	Nopal tunero	Arbusto	SA deHFa	Cho, Cfr
<i>Origanum vulgare</i> L.	Orégano	Herbácea	SA deHFa	Cond
<i>Paspalum sp.</i>	ND	Pastos	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Pelargonium zonale</i>	Geranio	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Penstemon sp.</i>	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAyAA	Fho, Ffl, Fta
<i>Persea sp.</i>	Aguacate	Árbol	SA FAyAA, SA deHFa	Cfr, Cond, SE So, SE HF
<i>Phaseolus sp.</i>	Frijol blanco	Herbácea	SA dAyTM, SA FAyAA, SA deHFa	Cfr
<i>Phaseolus sp.</i>	Frijol ojo de cabra	Herbácea	SA deHFa	Cfr
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Frijol negro	Herbácea	SA dAyTM, SA FAyAA, SA deHFa	Cfr
<i>Pinus devoniana</i>	Pino	Árbol	Sist. Sv	Mle, SE So, Aho, Afr
<i>Pinus lawsonii</i>	Pino	Árbol	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	Mco, Mle, Mim, Mpo, SE So, SE CS, SE CR, SE HF
<i>Pinus leiophylla</i>	Pino	Árbol	SS dEBPE, SA deAgB	Mle, SE So, SE HF

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Pinus pringlei</i>	Pino	Árbol	SS dEBPE, SA deAgB	Mle, SE So, SE CS, SE HF
<i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	Pino	Árbol	SS dEBPE, SA deAgB	Mco, Mle, Mpo, SE So, SE CS, SE HF, Bfl, Afr
<i>Pinus teocote</i>	Pino	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Mco, Mle, Mpo, SE So, SE CS, SE HF
<i>Piper sanctus</i> (Mig) Schl.	Hierba Santa	Herbácea	SA deHFa	Cond
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAYAA	Cho, Fho, Ffl
<i>Prunus domestica</i>	Ciruela	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Prunus persica</i>	Durazno amarillo	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr
<i>Prunus serotina</i> Ehrh	Capulín	Árbol	Sist. Sv, SA deHFa	Fho, Cfr
<i>Prunus sp.</i>	Chabacano	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Prunus sp.</i>	Durazno blanco	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Prunus sp.</i>	Durazno prisco	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Cfr
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Arbusto	SA deHFa	Cfr, Med, Bho
<i>Punica granatum</i> L.	Granada	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Punus sp.</i>	Durazno Azteca Oro	Arbusto	SA deHFa	Cfr
<i>Quercus castanea</i>	Encino	Árbol	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Mle, Mca, Mim, Mho, SE So, SE CR, SE HF
<i>Quercus crassifolia</i>	Encino	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	Mle, Mca, SE So, SE CR SE HF

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	Encino	Árbol	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB, SA deHFa	Mle, Mca, Mim, Mho, Mpo, SE So, SE CR, SE HF
<i>Quercus magnoliifolia</i> Neé	Encino amarillo	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	Mle, Mca, Mim, Mho, Mpo, SE So, SE CR, SE HF
<i>Quercus rugosa</i> Neé	Encino	Árbol	Sist. Sv, SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB, SA deHFa	Mle, Mca, Mim, Mho, Mpo, SE So, SE CR, SE HF
<i>Rhynchelitrum roseum</i>	Seda	Pastos	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM, SA FAyAA	Fho, Ffl, Fse, Fta
<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla roja	Arbusto	SA deHFa	SE So
<i>Ricinus sp.</i>	Higuerilla blanca	Arbusto	SA deHFa	SE So
<i>Rosa centifolia</i> L.	Rosal de castilla	Herbácea	SA deHFa	Orna, Med
<i>Rosa sp.</i>	Rosas	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Rubus shiedeanis</i> Steud.	Zarzamora	Herbácea	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	Fho, Cfr
<i>Ruta chalapensis</i> L.	Ruda	Herbácea	SA deHFa	Med
<i>Saguaro cactus</i>	Cactus (casaguate)	Arbusto	SA deHFa	Orna
<i>Salvia elegans</i> Vahlg.	ND	Herbácea	SS dEBPE, SS TMyGa, SA FAyAA, SA deAgB	NE
<i>Salvia leucantha</i> Cav.	Santa María	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Salvia mexicana</i> L.	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA FAyAA, SA deAgB	NE
<i>Salvia sp.</i>	ND	Herbácea	SS TMyGa, SA dAyTM	NE
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Chayote	Herbácea	SA deHFa	Cfr

Continuación...

Nombre científico	Nombre común	Fisonomía	Sistema agroforestal en que se encontró	Usos
<i>Sedum praeallum</i> DC.	Siempreviva	Herbácea	SA deHFa	Orna, Med
<i>Senecio bractatus</i> Klatt.	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Senecio salignus</i>	Chamizo	Arbusto	Sist. Sv, SA deAgB	Mle
<i>Senecio sp.</i>	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	Girasol rasposo	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA FAYAA, SA deHFa	Fho, Ffl
<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomatillo rojo	Herbácea	SA deHFa	Cfr
<i>Solanum sp.</i>	Tomatillo amarillo	Herbácea	SA deHFa	Cfr
<i>Stevia aff. ovata</i> Willdo	Hierba amarga	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa	NE
<i>Stevia micrantha</i> Lag.	ND	Herbácea	Sist. Sv, SS dEBPE, SA deAgB	NE
<i>Tagetes erecta</i> L.	Cempazuchitl	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Pericon	Herbácea	Sist. Sv, SA dAyTM, SA deHFa	Bho, Bfl
<i>Tagetes lunulata</i>	Cempazuchitl silvestre	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	Orna
<i>Taxodium muchronatum</i>	Sabino	Árbol	Sist. Sv, SA FAYAA	Mle, SE So, SE CS, SE CR, SE HF
<i>Trasdecantia crassifolia</i> Cav.	ND	Herbácea	SS dEBPE, SA FAYAA, SA deAgB	NE
<i>Verbesina cf. oncophora</i> Rub. & Seat	ND	Arbusto	Sist. Sv	SE So
<i>Yucca aloifolia</i>	Yuca	Arbusto	SA FAYAA, SA deHFa	Orna, Cfl
<i>Zantedeschia aethiopica</i> Spreng.	Alcatraz	Herbácea	SA deHFa	Orna
<i>Zinnia peruviana</i>	ND	Herbácea	Sist. Sv, SS TMyGa, SA dAyTM	NE

3. Abreviaturas

Cuadro 2. Abreviatura usada para asignar los usos y/ productos, y en algunos casos, indicando las partes de la planta que se aprovechan.

Madera para construcción = Mco	Forraje: hoja = Fho	Condimenticia = Cond
Madera para leña = Mle	Forraje: flor = Ffl	Medicinal = Med
Madera para carbón = Mca	Forraje: fruto = Ffr	Artesanía: hoja = Aho
Madera para implementos = Mim	Forraje: semilla = Fse	Artesanía: tallo = Ata
Madera para horcón = Mho	Forraje: tallo = Fta	Artesanía: fruto = Afr
Madera para poste = Mpo	Comestible: flor = Cfl	Artesanía: flor = Afl
Servicio ecosistémico: sombra = SE So	Comestible: fruto = Cfr	Bebida: hoja = Bho
Servicio ecosistémico: fijador de nitrógeno = SE FN	Comestible: raíz = Cra	Bebida: flor = Bfl
Servicio ecosistémico: conservación de suelo = SE CS	Comestible: semilla = Cse	No especificado = NE
Servicio ecosistémico: cortina rompeviento = SE CR	Comestible: hoja = Cho	
Servicio ecosistémico: hábitat de fauna = SE HF	No determinado = ND	

Cuadro 3. Abreviatura asignada para nombrar cada sistema agroforestal

Sistema agroforestal	Abreviatura
Sistema silvopastoril	Sist. Sv
Sistema silvopastoril en bosque de pino-encino	SS dEBPE
Sistema agrosilvopastoril de terrazas de maguey- ganadería	SS TMyGa
Sistema agroforestal de agricultura - terrazas de maguey	SA dAyTM
Sistema agroforestal de franjas arbóreas- agricultura alterna	SA FAYAA
Sistema de huerto familiar	SA deHFa
Sistema de agrobosque	SA deAgB

4. Listado de hongos

Cuadro 4. Listado de hongos indicando el uso potencial

Nombre científico	Usos
<i>Agaricus campestris</i>	Alimento
<i>Agaricus sp.</i>	No especificado
<i>Albatrellus sp.</i>	No especificado
<i>Amanita abrupta</i>	No especificado
<i>Amanita aff. bisperigera</i>	No especificado
<i>Amanita battarrae</i>	No especificado
<i>Amanita caesarea</i>	Alimento
<i>Amanita fulva</i>	Alimento
<i>Amanita jacksonii</i>	No especificado
<i>Amanita muscaria</i>	Medicinal
<i>Amanita silvicola</i>	No especificado
<i>Boletus aereus</i>	No especificado
<i>Boletus calopus</i>	No especificado
<i>Boletus edulis</i>	Alimento
<i>Boletus frostii</i>	No especificado
<i>Boletus sp.</i>	No especificado
<i>Boletus subappendiculatus</i>	No especificado
<i>Bovista sp.</i>	No especificado
<i>Cantharellus cybarius</i>	Alimento
<i>Clavaria botrytis</i>	Alimento
<i>Clavaria flava</i>	Alimento
<i>Clavaria sp.</i>	No especificado
<i>Clitocybe gibba</i>	Alimento, medicinal
<i>Collybia cookei</i>	No especificado
<i>Cortinarius acutus</i>	No especificado
<i>Cortinarius anomalus</i>	No especificado
<i>Cortinarius aurantiobasis</i>	No especificado
<i>Cortinarius camphoratus</i>	No especificado
<i>Cortinarius cf. brunneus</i>	No especificado
<i>Cortinarius hinnuleus</i>	No especificado
<i>Gymnopus acervatus</i>	No especificado
<i>Gymnopus dryophilus</i>	No especificado
<i>Gymnopus hariolorum</i>	No especificado
<i>Hydnum imbricatum</i>	No especificado
<i>Hygrophorus russula</i>	Alimento
<i>Hyphomycetes lactifluorum</i>	Alimento
<i>Inocybe aff. Lilacina</i>	No especificado

Continuación...

Nombre científico	Usos
<i>Laccaria sp.</i>	No especificado
<i>Laccaria sp.</i>	No especificado
<i>Lactarius deceptivus</i>	No especificado
<i>Lactarius deliciosus</i>	Alimento
<i>Lactarius intermedius</i>	No especificado
<i>Lactarius sp.</i>	No especificado
<i>Lactarius sp.</i>	No especificado
<i>Lepiota sp.</i>	No especificado
<i>Lycoperdon perlatum</i>	Alimento
<i>Lycoperdon sp.</i>	No especificado
<i>Marasmius alliaceus</i>	No especificado
<i>Marasmius cohaerens</i>	No especificado
<i>Marasmius oreades</i>	Alimento
<i>Marasmius quercophilus</i>	No especificado
<i>Mycena sp.</i>	No especificado
<i>Russula brevipes</i>	Alimento
<i>Russula olivácea</i>	Alimento
<i>Russula sp.</i>	No especificado
<i>Russula sp.</i>	No especificado
<i>Strobilomyces floccosus</i>	Alimento
<i>Tricholoma sp.</i>	No especificado

5. Simbología

Cuadro 5. Simbología para la descripción de la vegetación empleando el sistema fisonómico de Dansereau (Granados y Tapia, 2002).

1. Forma biológica

T		árboles
F		arbustos
H		hierbas
M		briofitas
E		epífitas
L		lianas

2. Tamaño

t	alto (T: mínimo 25 m) (F: 2–8 m) (H: mínimo 2 m)
m	mediano (T: 10–25 m) (F, H: 0.5–2 m) (M: mínimo 10 cm)
l	bajo (T: 8–10 m) (F, H: 50 cm máximo) (M: 10 cm máximo)

3. Función

d		caducifolio
s		semicaducifolio
e		perenne
j		perenne succulenta o perenne sin hojas

4. Forma y tamaño de la hoja

n		acicular o espina
g		de gramínea
a		mediana o pequeña
h		ancha
v		compuesta
q		taloide

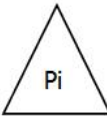
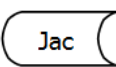
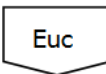
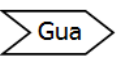
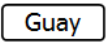
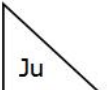
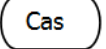
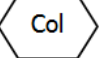
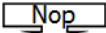
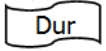
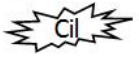
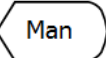
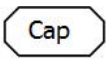
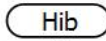
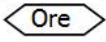
5. Textura de la hoja

f		pelicular (delgada)
z		membranosa
x		esclerófila
k		suculenta o fungoide

6. Cobertura

b		inexistente o muy escasa
i		discontinua
p		en manchones o en grupos
c		continua

Cuadro 6. Simbología empleada para la representación horizontal de los componentes de los sistemas agroforestales (Elaboración propia)

	Pinus		Jacaranda		Aguacate		Chile
	Quercus sp.1		Eucalipto		Guaje		Ruda
	Quercus sp.2		Cedro blanco		Guayaba		Gramínea
	Juniperus		Casuarina		Lima		Gramínea 2
	Arbutus		Colorín		Nopal		Calliandra sp.
	Arctostaphylos		Durazno		Chayote		Muhlenbergia sp.
	Acaccia		Durazno 2		Cilantro		Aristida sp.
	Maguey		Manzana		Epazote		Árnica
			Capulín		Hierba santa		
			Zapote blanco		Hierbabuena		
					Orégano		
	Ganado asnal		Ganado vacuno		Ganado caprino		Ganado ovino

Cuadro 7. Matriz de presencia-ausencia (Sistemas agroforestales y especies).

Especie	Simbología	Sistemas agroforestales						
		Sist. Sv	SS dEBPE	SS TMyGa	SA dAyTM	SA FAyAA	SA deAgB	SA deHFa
<i>Juniperus flaccida</i> var. <i>flaccida</i>	Jff	1	1	0	0	0	1	0
<i>Pinus lawsonii</i>	Pla	0	1	0	0	1	1	0
<i>Pinus teocote</i>	Pte	1	1	0	0	1	1	0
<i>Quercus crassifolia</i>	QCr	1	1	0	0	1	1	0
<i>Quercus laeta</i>	Qla	0	1	0	0	1	1	1
<i>Quercus magnoliifolia</i>	Qma	1	1	0	0	1	1	0
<i>Quercus rugosa</i>	Qru	1	1	0	0	1	1	1
<i>Acacia angustissima</i>	Aan	1	0	1	0	0	0	0
<i>Acacia pennatula</i>	Ape	1	0	1	0	0	0	1
<i>Arctostaphylos pungens</i>	Apu	0	1	0	0	0	1	0
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Lac	1	0	1	0	0	0	0
<i>Ipomea muricoides</i>	Imu	1	0	0	0	0	0	1
<i>Arnica</i> sp.	Ars	1	0	1	1	0	0	0
<i>Calliandra grandiflora</i>	Cgr	0	1	0	0	1	1	0
<i>Cuphea eaquipetala</i>	Cae	1	0	1	1	0	0	0
<i>Malva parviflora</i>	Mpa	1	0	1	1	1	0	1
<i>Melampodium divaricatum</i>	Mdi	0	0	1	1	1	0	0
<i>Rubus schiedeanus</i>	Rsc	0	1	0	0	1	1	0
<i>Simsia amplexicaulis</i>	Sam	1	0	1	1	1	0	1
<i>Tagetes lucida</i>	Tlu	1	0	0	1	0	0	1
<i>Aristida</i> sp.	Ari	1	1	0	0	0	1	0

Continuación...

Especie	Simbología	Sistemas agroforestales						
		Sist. Sv	SS dEBPE	SS TMyGa	SA dAyTM	SA FAyAA	SA deAgB	SA deHFa
<i>Aristida ternipes</i>	Ate	1	1	0	0	1	1	0
<i>Bouteloua sp.</i>	Bos	1	0	1	1	1	0	0
<i>Muhlenbergia sp.</i>	Mus	0	1	0	0	1	1	0
<i>Rhynchelitrum roseum</i>	Rro	1	0	1	1	1	0	0
<i>Persea sp.</i>	Pes	0	0	0	0	1	0	1
<i>Prunus serotina</i>	Pse	1	0	0	0	0	0	1
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Epo	1	0	0	0	0	0	1
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jmi	1	0	0	0	0	0	1
<i>Prunus persica</i>	Ppe	0	0	0	0	1	0	1
<i>Leucaena sp.</i>	Les	0	0	0	0	1	0	1
<i>Citrus limon</i>	Cli	0	0	0	0	1	0	1
<i>Malus domestica</i>	Mdo	0	0	0	0	1	0	1
<i>Yucca aloifolia</i>	Yal	0	0	0	0	1	0	1
<i>Bougainvillea sp.</i>	Bou	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Cam	0	0	1	0	1	0	1
<i>Canna indica</i>	Cin	0	0	0	0	0	0	1
<i>Geranium sp.</i>	Ges	0	0	0	0	0	0	1
<i>Piper sanctus</i>	Psa	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ruta chalapensis</i>	Rch	0	0	0	0	0	0	1

0: indica ausencia

1: indica presencia

Cuadro 8. Matriz de factores ambientales para cada sistema agroforestal

SISTEMAS	PARÁMETROS (Factores ambientales edáficos)								
	pH	MO (%)	N (mg/Kg)	P (Mg/Kg)	K (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Sist. Sv	6,96	1,48	16,80	9,87	74,00	975,00	76,30	14,00	9,70
SS dEBPE	5,86	1,48	13,80	11,24	90,00	406,00	62,30	22,00	15,70
SS TMyGa	7,07	2,69	14,40	12,31	68,00	1010,00	78,30	16,00	5,70
SA dAyTM	6,14	1,88	15,60	22,67	68,00	2377,00	68,00	14,00	18,00
SA FAYAA	6,36	1,91	14,57	12,13	81,05	863,43	64,20	21,20	14,60
SA deAgB	5,64	2,02	12,80	10,40	98,00	390,00	62,00	22,40	15,60
SA deHFa	7,32	3,36	18,40	38,55	252,00	617,00	72,30	16,00	11,70