



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**Conservación de biodiversidad en sistemas agroforestales de matorral
rosetófilo y palmar en el Valle de Tehuacán.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

NADIA CAMPOS SALAS

TUTOR(A) PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Alejandro Casas Fernández
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dr. Oswaldo Téllez Valdés
Facultad de Estudios Superiores Iztacala,
UNAM

Dr. Eduardo García Frapolli
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad, UNAM.

México, D.F., agosto de 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**Conservación de biodiversidad en sistemas agroforestales de matorral
rosetófilo y palmar en el Valle de Tehuacán.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

NADIA CAMPOS SALAS

TUTOR(A) PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Alejandro Casas Fernández

**Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad, UNAM**

COMITÉ TUTOR: Dr. Oswaldo Téllez Valdés

**Facultad de Estudios Superiores Iztacala,
UNAM**

Dr. Eduardo García Frapolli

**Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y
Sustentabilidad, UNAM.**

México, D.F., agosto de 2015

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente.-

Por medio de la presente, me permito informar a usted, que en reunión ordinaria del Subcomité por Campo de Conocimiento de (Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas) del Posgrado en Ciencias Biológicas, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de Maestra en Ciencias Biológicas de la alumna **Nadia Campos Salas** con número de cuenta **406036159** con la tesis titulada: "**Conservación de Biodiversidad en sistemas agroforestales de matorrales rosetófilos y palmares del Valle de Tehuacán**" bajo la dirección del Dr. Alejandro Casas Fernández.- Tutor principal:

Presidente:	Dra. Marta Astier Calderón
Vocal:	Dra. Ana Isabel Moreno Calles
Secretario:	Dr. Eduardo García Frapolli
Suplente:	Dr. Rafael Lira Saade
Suplente:	Dr. Carlos Ernesto González Esquivel

Sin otro particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 19 de junio de 2015

Maria del Coro Arizmendi Arriaga

Dra. Maria del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la grandiosa oportunidad de formarme profesionalmente y académicamente como Maestra en Ciencias Biológicas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante mis estudios ya que sin su ayuda este logro no hubiera sido posible. También agradecer a los apoyos PAEP que me permitieron asistir a cursos y congresos, así como a la beca EURICA-ERASMUS que me permitieron conocer el manejo forestal en España.

Un especial agradecimiento al Dr. Alejandro Casas Fernández por la dirección de esta tesis junto con el comité tutorial formado por el Dr. Eduardo García Frapolli y el Dr. Oswaldo Téllez Valdez por todo su apoyo brindado para la realización de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL

Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (antes CIEco) por hacer que mi sueño académico fuera posible, a la Universidad Nacional Autónoma de México por mostrarme el camino que quería seguir para convertirme en lo que ahora es mi logro, ser maestra en ciencias biológicas.

Al Dr. Alejandro Casas Fernández que ha sido un excelente ser humano, por su paciencia, su personalidad, su pasión por la ciencia, su esencia de persona, por escucharme, guiarme y ser un pilar esencial para el logro de esta tesis, en verdad muchas gracias, siento que me faltan palabras para decirte cuan agradecida estoy contigo.

Agradezco al jurado que me fue asignado, la Dra. Marta Astier, Dra. Ana Isabel Moreno, Dr. Rafael Lira y Dr. Carlos González por las aportaciones hechas, el tiempo dedicado y sus valiosos comentarios.

Al personal administrativo del IIES, Janik, Lola, Claudia así como a Heberto y Alberto por el apoyo en telecomunicaciones.

Al Laboratorio de Ecología y Evolución de Recursos Naturales por darme un espacio para desarrollar este trabajo, así como a Edgar Perez-Negron por su disponibilidad, solidaridad y ganas de ayudar en todo el trabajo de campo. Y a las personas que he conocido dentro del IIES, un verdadero placer.

Quiero agradecer a mis Padres porque a pesar de todo siempre estuvieron para apoyarme incondicionalmente, a mi hermano por sus consejos y sus ánimos para seguir con este sueño que ahora puedo compartir con ellos también.

Sin olvidar a las personas de la localidad de San Nicolás Tepoxtitlán, Doña Camerina, Don Olegario, Doña Blanca, María, Ana y todas las personas que estuvieron dispuestas a compartir su conocimiento y su tiempo a pesar de las dificultades que nos enfrentamos en el trabajo de campo.

A todas las personas que he conocido aquí en Morelia, gracias por hacerme sentir en casa, por su amistad, por compartir tantos momentos tan maravillosos. A David, Martin y Carlos por contagiar ese amor por la música y por ser tan excelentes personas y decirles que siempre pueden contar conmigo.

A la Universidad de Valladolid en Palencia, España por alojarme durante 5 meses, en los cuales encontré grandes investigadores: María José, Martin Pinto, Elena Hidalgo y otros más que por ahora no recuerdo; así como personas lindísimas como Sara, Alina, Fraenkie y amigos en general que hicieron que mi estancia en España fuera una de las experiencias más inolvidables y que estoy segura que nos volveremos a encontrar.

Y a todos aquellos, que han quedado en los recintos más escondidos de mi memoria, pero que fueron partícipes en lograr todo esto, GRACIAS

ÍNDICE

	1
	3
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	16
2. OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL	18
OBJETIVOS PARTICULARES	18
3. MARCO TEÓRICO	19
CRISIS AGROALIMENTARIA EN MÉXICO	19
DIVERSIDAD CULTURAL Y BIOLÓGICA	22
AGROECOLOGÍA	23
SISTEMAS AGROFORESTALES	26
4. METODOLOGÍA	30
ÁREA DE ESTUDIO	30
VEGETACIÓN	30
MUESTREOS DE VEGETACIÓN	32
PARÁMETROS ECOLÓGICOS	35
5. RESULTADOS	37
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL EN SAN NICOLÁS TEPOXTITLÁN.	37
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES.	41
MUESTREOS DE VEGETACIÓN	44
IZOTAL	44
MEXICAL	50
VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA	56
COBERTURA DE VEGETACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	58
IZOTAL	58
MEXICAL	63
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	68
ÍNDICE DE SHANNON	68

ÍNDICE DE SIMPSON	68
6. DISCUSIÓN	72
CARACTERIZACIÓN DE PRÁCTICAS Y MANEJO AGROFORESTAL	72
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES	73
PROCESOS SOCIALES ECONÓMICOS Y CULTURALES	75
7. CONCLUSIONES	77
8. LITERATURA CITADA	79
9. ANEXOS	91
ANEXO 1	91
ANEXO 2	97

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio dentro del municipio de Atexcal, Puebla.	30
Figura 2. Familias de plantas mejor representadas en los Sistemas Agroforestales (SAF) y vegetación natural de izotal y mexical en San Nicolás Tepoxtitlán, Atexcal.	41
Figura 3. Géneros de plantas más representativos de los Sistemas Agroforestales SAF y bosques de izotal y mexical en San Nicolás Tepoxtitlán, Atexcal.	42
Figura 4. Especies perennes y herbáceas presentes en Sistemas Agroforestales y bosques; así como el total de especies en el área de estudio.	43
Figura 5. Valor de Importancia de las especies presenten en vegetación natural de izotal (izquierda) y de mexical (derecha).	57
Figura 6. Mapeo de prácticas agroforestales presenten en la parcela 1 de SAF derivada de izotal.	58
Figura 7. Mapeo del área y prácticas agroforestales de la parcela 2 de SAF derivado de izotal.	60
Figura 8. Mapeo de la parcela 3 de SAF derivados de izotal donde también se muestran las distintas practicas agroforestales presentes.	62
Figura 9. Mapeo y prácticas agroforestales de la parcela 1 de SAF derivada de mexical.	63
Figura 10. Mapeo de la parcela 2 de SAF derivados de mexical donde se muestran también las practicas agroforestales.	65
Figura 11. Mapeo de la parcela 3 y de sus prácticas agroforestales presentes en el SAF derivado de mexical.	66
Figura 12. Comparación del Índice de diversidad de Shannon entre Bosque (naranja) y Sistemas Agroforestales (azul).	68
Figura 13. Comparación del Índice de Diversidad de Simpson entre Bosque (naranja) y Sistemas Agroforestales (azul) del mexical y del izotal.	69

Figura 14. Dendograma de comparación de los sistemas agroforestales y bosques de izotal y mexical. IAFS (sistemas agroforestales de izotal), IFS (Bosque de izotal), MAFS (Sistemas agroforestales de mexical) y MFS (Bosque de mexical)	71
--	----

TABLAS

Tabla 1. Número total de especies presentes en los SAF y porcentaje de especies nativas derivados del izotal y mexical.	43
Tabla 2. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 1 (árboles y arbustos)	44
Tabla 3. Muestreo efectuado en el izotal 1 (herbáceas). Los valores representan el número de individuos por m ² en cada intervalo del cuadrante de 50 x 10 y la densidad total.	46
Tabla 4. . Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 2 (árboles y arbustos)	47
Tabla 5. Muestreo efectuado en el Izotal 2 (Herbáceas)	48
Tabla 6. . Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 3 (árboles y arbustos)	49
Tabla 7. Muestreo efectuado en el izotal 3 (herbáceas)	50
Tabla 8. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el Mexical 1 (árboles y arbustos)	50
Tabla 9. Muestreo efectuado en el mexical 1 (herbáceas)	52
Tabla 10. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el mexical 2 (árboles y arbustos)	53
Tabla 11. Muestreo efectuado en el mexical 2 (herbáceas)	54
Tabla 12. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el Mexical 3 (árboles y arbustos)	55
Tabla 13. Muestreo de vegetación en el cuadrante 3 de la vegetación de mexical (herbáceas).	56
Tabla 14. Área total y de cobertura de la parcela 1 de SAF derivada de Izotal.	58
Tabla 15. Prácticas agroforestales presentes en los SAF derivados de izotal de la parcela 1	59
Tabla 16. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 2 del SAF derivada de izotal.	60
Tabla 17. Prácticas agroforestales y su área dentro de la parcela 2 de SAF derivados de izotal.	61
Tabla 18. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 3 de SAF derivados de Izotal.	61
Tabla 19. Cobertura de las prácticas agroforestales en la parcela 3 de los SAF derivados de izotal.	62
Tabla 20. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 1 de SAF derivado de mexical.	64
Tabla 21. Cobertura de las prácticas agroforestales presentes en la parcela 1 de SAF derivado de mexical.	64
Tabla 22. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 2 de SAF derivado de mexical.	64
Tabla 23. Cobertura de las prácticas agroforestales de la parcela 3 de SAF derivadas de mexical.	65
Tabla 24. Cobertura de vegetación de las prácticas agroforestales presentes en la parcela 3 de SAF derivados de mexical.	67

Tabla 25. Diversidad y recambio de especies en los diferentes sitios. IAFS (sistemas agroforestales derivados de izotal), IFS (Bosque de izotal), MAFS (sistemas agroforestales derivados de mexical) y MFS (Bosques de mexical)

70

RESUMEN

El Valle de Tehuacán es una importante zona árida en México, constituyendo uno de los principales reservorios de biodiversidad y riqueza de culturas, con una historia cultural de 12 a 14 mil años de antigüedad. Ambos aspectos han dado como resultado una interacción entre los recursos naturales y los habitantes de la zona que la hacen una de las regiones con mayor riqueza biocultural de México. La estrategia de subsistencia de los pueblos campesinos de la región se basa en la agricultura de riego y de temporal, la ganadería, principalmente la caprina, y el aprovechamiento de una gran riqueza de productos forestales. No obstante su carácter de área natural protegida, esta región es afectada por problemas como cambios en el uso de la tierra, deforestación, saqueo de especies, sobreexplotación de recursos, degradación de tierras de cultivo, incremento de pobreza y migración. Es relevante la búsqueda de propuestas para mantener y recuperar la diversidad biológica y cultural del área y mejorar la calidad de vida de la gente que la habita.

Este trabajo documenta el papel de los sistemas agroforestales (SAF) en el mantenimiento de la diversidad biológica, así como los factores que favorecen los procesos de intensificación de la producción agrícola y cómo ésta afecta tales capacidades de conservación. El estudio se realizó en San Nicolás Tepoxtitlán y Las Cumbres de Chicometepc pertenecientes al municipio de Atexcal en el estado de Puebla. Se seleccionaron tres parcelas de SAF derivados de izotal y tres de SAF derivados de mexical. En dichas parcelas se caracterizaron las prácticas agroforestales y en las áreas de cada una de éstas, mediante muestreos de vegetación, se evaluó la riqueza, diversidad y composición de especies de plantas, para posteriormente compararlas con los bosques aledaños (se muestrearon seis parcelas de 500 m², tres en cada uno de los tipos analizados). Se analizó la diversidad alfa y beta de las especies encontradas en los diferentes sitios, así como el valor de importancia de las especies. Se realizaron entrevistas a los propietarios para documentar los factores sociales, económicos y culturales con base en los cuales la gente decide mantener las especies vegetales dentro de sus SAF.

Se registró un total de 204 especies de plantas, de las cuales 89 se encuentran en los SAF derivados de izotal y 113 en los bosques aledaños, así como 64 en los SAF derivados de mexical con 96 especies en los bosques aledaños. Los SAF muestreados mantienen el 76% y 88% de las especies nativas presentes en los bosques de los cuales se derivan, respectivamente. De acuerdo con el Índice de Diversidad de Shannon, en la vegetación natural la diversidad es de 3.99 y en los SAF es de 3.36, por lo que los SAF son en gran medida parecidos a los bosques de los cuales derivan. Los SAF ubicados en la localidad de Las Cumbres cuentan con una mayor cobertura de vegetación debido a franjas de *Agave salmiana* que los campesinos manejan para la producción de pulque. Las principales prácticas agroforestales que se encuentran son las cercas vivas para delimitar el terreno y las franjas de vegetación para evitar la erosión del suelo. Las razones por las que la gente decide dejar ciertas especies en pie son por beneficios como los árboles para sombra, forraje y alimento. En los SAF de mexical también deciden dejar especies por su valor estético.

Los SAF mantienen una alta riqueza y diversidad de especies, aunque significativamente menor que los bosques de los cuales derivan, por lo cual dichos SAF pueden enriquecerse en composición y tener una contribución aún más sustancial en las estrategias regionales de conservación de biodiversidad.

ABSTRACT

The Tehuacan valley is an important arid zone in Mexico, being one of the main reservoirs of biodiversity and human cultural richness, it has a cultural history of nearly 12 to 14 thousand years old. The result of both aspects is an interaction between natural resources and the habitants of the zone has determined that the region is one of the richest biocultural areas of Mexico. The strategy of subsistence of peoples of the regional towns is based on irrigated and rainfed agriculture, livestock, mainly of goats, and the extraction of a great variety of forest products. Even though its status of natural protected area, this region has been affected by different factors like change in land tenure, deforestation, overexploitation of natural resources, degradation of human culture and lands, increasing of poverty and migration of people to other regions seasonally or definitely. The searching of proposals for maintaining and recovering both human cultural and biological diversity in the region and enhancing the quality of life of the inhabitants should be central issues of research and development policies.

This thesis documents the role of the agroforestry systems (AFS) to maintain the biological diversity, and the factors that favor the process of intensification of agricultural production, and how this process affects such conservation capacities. The study was conducted in the villages of San Nicolás Tepoxitlán and Las Cumbres de Chicometepc in the municipality of Atexcal in the state of Puebla. We selected three plots of AFS from izotal and three plots of AFS derived from mexical. In such plots we characterized the agroforestry practices and in the area of each practice type we sampled the vegetation, the richness, diversity and species composition was evaluated to compare it with the forest (6 plots to 500 m² each). The alpha and beta diversity of the founding species was analyzed in the different sites; also, the ecological importance value of the species was calculated. The interviews were made to document the social, economic and cultural factors influencing the local people to decide how and why to keep certain species inside their AFS.

We recorded a total of 204 plant species, 89 of them in the AFS of Izotal and 113 in the forest, and 64 in the AFS of Mexical and 96 in the forest; this AFS maintain the 76% and 88% respectively of the native species present in the forest. According with the Shannon Index the diversity in the natural vegetation is 3.99 and 3.36 in the AFS, we can say that the AFS are similar to the forest they derive from. The AFS sampled in Las Cumbres have more vegetation cover because of the presence of *Agave salmiana* that the peasants use for the production of pulque. The main agroforestry practices are fringes against soil erosion and the borders surrounding AFS plots where vegetation is maintained. The reasons of why the people decide to leave some plants species are for benefits like trees for shadow, fodder and food. In the AFS for the Mexical the people also leave some plant species for their aesthetic value.

The AFS maintain a high richness and diversity of plant species, but significant less that the forest that they derive from, we can say that this AFS can get a better composition and have a more substantial contribution in the regional strategies of biodiversity conservation.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una de las regiones del Continente Americano en donde se han documentado las interacciones más antiguas entre los humanos y las plantas (MacNeish, 1967; 1992; Smith, 1965). En esta zona se encontraron vestigios humanos de más de 12 mil años de antigüedad y se estima que hace aproximadamente 9 mil años sus habitantes comenzaron a domesticar y cultivar algunas especies de plantas, y a practicar la agricultura (Smith, 1967; MacNeish, 1967). Actualmente, junto a numerosas comunidades mestizas en la región coexisten ocho sociedades culturales indígenas, mixtecos, popolocas, chochos, chinantecos, nahuas, cuicatecos, ixcatecos y mazatecos (Casas et al., 2001)

Actualmente en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se intercambian numerosas especies de plantas con distintos tipos de aprovechamiento, algunos de los cuales posiblemente ponen en riesgo la permanencia de los recursos y el conocimiento local sobre las técnicas de uso y manejo. De los estudios realizados en el Valle de Tehuacán dentro de este contexto destacan los realizados por Moreno-Calles et al. (2010, 2012) en la zona árida del Valle encontrado que estos SAF tienen la capacidad de mantener en promedio el 59% de las especies de plantas de la cual cerca del 94% son especies nativas. Otros estudios han encontrado que en estos SAF mantienen en promedio el 94% de la variación genética de las poblaciones de especies arbóreas en vegetación natural (Otero-Arnaiz et al., 2005; Casas et al., 2006; Parra et al., 2010; Cruse-Sanders et al., 2013).

Así también se han realizado estudios en la zona templada del Valle de Tehuacán, encontrado el 86% de especies arbóreas y arbustivas en los SAF que representan el 43% de la vegetación natural de las cuales derivan.

Por lo tanto, para contribuir a un análisis regional del papel de los Sistemas Agroforestales este estudio se centró en la zona oriente del Valle de Tehuacán, del cual, hasta ahora no se tienen estudios registrados. En particular, se centró la atención en los SAF asociados a tipos de vegetación como los matorrales rosetófilos y los palmares, de los cuales se carece de información y en donde el presente proyecto buscó hacer una contribución. Es pertinente decir que los estudios previos han reconocido una tendencia a la pérdida de cobertura vegetal en los sistemas agroforestales ligado a procesos complejos como cambios en la tenencia de la tierra, programas gubernamentales, procesos migratorios, entre otros (Moreno-Calles et al. 2010), de manera que entender estos sistemas y los procesos que los afectan resulta fundamental en el diseño de estrategias regionales de conservación.

Este trabajo documenta el papel de los sistemas agroforestales en el mantenimiento la diversidad biológica, analiza qué factores favorecen los procesos de intensificación de la producción agrícola y cómo ésta afecta tales capacidades de conservación. Pretende analizar posibles alternativas para que estos sistemas mantengan importantes atributos como productividad, estabilidad y resiliencia, los cuales son determinantes en la sustentabilidad de los sistemas.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar el nivel de riqueza y diversidad de especies vegetales que se mantiene en los sistemas agroforestales que se derivan de matorrales rosetófilos y palmares en la localidad de San Nicolás Tepoxtitlán. Asimismo, documentar los procesos culturales y socio-económicos que motivan su mantenimiento. Con ello se puede contribuir a entender la dinámica y el papel de estos sistemas en el aprovechamiento, conservación y restauración de la biodiversidad y aportar criterios para la conservación y recuperación de ecosistemas regionales.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Caracterizar las prácticas agroforestales y de manejo de plantas en los sistemas agroforestales estudiados.
- 2) Evaluar la riqueza y diversidad de especies vegetales en sistemas agroforestales derivados del matorral rosetófilo y palmar, así como en los bosques de los cuales derivan.
- 3) Analizar procesos sociales, económicos y culturales con base en los cuales la gente decide mantener plantas en los sistemas agroforestales.
- 4) Contribuir al diagnóstico regional del papel de los sistemas agroforestales en la conservación de biodiversidad.

3. MARCO TEÓRICO

CRISIS AGROALIMENTARIA EN MÉXICO

La agenda de Seguridad Humana (FAO, 2011), como un nuevo paradigma de la seguridad centrado en el bienestar de los individuos, está conformada por diversos referentes de la vida social. Entre éstos, el tema de la alimentación resalta por la eminente crisis alimentaria que se aprecia ya de manera preocupante a escala global y cuyo futuro se torna con altos niveles de incertidumbre. Se estima que en la actualidad hay 925 millones de personas que consumen menos los requerimientos mínimos necesarios para mantener una vida digna; otros 2000 millones presentan deficiencias en nutrimentos específicos; esta es propiamente la población mundial que padece hambre, de las cuales 52.2 y 120 millones, respectivamente viven en América Latina (FAO, 2002).

La situación es crítica y contradictoria al mismo tiempo. Hoy en día existe suficiente capacidad para abastecer 3 o 4 veces, la cantidad de alimentos para la población hambrienta del mundo. Sin embargo, son las grandes empresas transnacionales y los intereses que controlan el libre mercado, los que determinan el futuro alimentario de millones de personas en el mundo. Además, se estima que en la actualidad, por distintas razones, se pierde entre el 30 y 40% de los alimentos que se producen en el mundo (Godfray et al 2010).

A pesar de reconocerse el problema alimentario, las políticas de producción y abasto en el mundo han avanzado lentamente y en dirección inadecuada. Hoy en día, las instituciones internacionales, el sector privado y los gobiernos dirigen sus planes y

políticas hacia el logro de la seguridad alimentaria, pero la concepción es limitada. La seguridad alimentaria se avoca a las dimensiones de disponibilidad y acceso, es decir que exista la producción suficiente de alimentos para cubrir las necesidades de las poblaciones, pero que también existan mecanismos para que esos alimentos lleguen a las personas. La seguridad alimentaria es un problema complejo, multidimensional. No sólo requiere de abasto suficiente, sino además de acceso seguro y estable (variables que tienen que ver con el acceso a la tierra y al empleo, por ejemplo), así como condiciones adecuadas de consumo (variables que tienen que ver con condiciones de salud adecuada, abasto de agua, acceso a la educación, entre otros aspectos) (Gregory P et al. 2005).

México ha tenido proyectos en materia de seguridad alimentaria. Por ejemplo a finales del sexenio de López Portillo (1976-1982) se implementó el Sistema Alimentario Mexicano (SAM) con el propósito de apoyar la agricultura de temporal, impulsar agroindustrias campesinas, facilitar el acceso a la tierra, la tecnología y los insumos, así como promover una canasta básica de alimentos; todo ello con el fin de establecer una relación entre producción, abasto, consumo y nutrición. Este programa promovió lo que el gobierno lopezportillista denominó autosuficiencia alimentaria (Suárez y Pérez-Gil, 1999). Sin embargo, para numerosos analistas, el SAM no dejó de ser un programa de reactivación agrícola basado en fuertes subsidios y carente de una visión a largo plazo (Appendini, 2001).

Toledo et al. (2000) consideraron que si bien al SAM debe reconocérsele su interés por integrar procesos productivos primarios, aplicar tecnologías apropiadas y cambiar la

actitud de los extensionistas agrícolas, las acciones de este programa se redujeron a operar como estimuladores de la producción de granos básicos con un criterio productivista y modernizante. Se trató, por lo tanto, de un intento por realizar lo que Wellhausen (1976) denomina "la segunda revolución agrícola" de México; es decir, la extensión del modelo tecnológico especializado hacia las áreas de temporal y, en especial, hacia las áreas menos apropiadas para la agricultura moderna (las tierras bajas del trópico calido-humedo y subhúmedo).

En la actualidad no se han logrado los objetivos de reducir la población hambrienta del mundo, las cifras muestran una disminución engañosa, ya que hoy más personas acceden a ciertos alimentos; sin embargo, estos no tienen los requerimientos nutricionales adecuados, son alimentos importados, procesados por las agroindustrias, con componentes transgénicos y ajenos a la dieta tradicional local (Roger, 1996; González, 2007).

Además, deben mencionarse los altos costos de la globalización en los sectores agrícolas locales, la destrucción del conocimiento y los modos de producción tradicionales locales, junto con la desvalorización de los campesinos y su conversión a obreros en las industrias. Es así como los gobiernos pierden su control sobre los agroecosistemas y son las grandes transnacionales las que controlan los precios, supeditando los mercados de alimentos y dejando sin oposición a los consumidores (León et al., 2004; Torres, 2008).

DIVERSIDAD CULTURAL Y BIOLÓGICA

México es uno de los países con mayor diversidad biológica y cultural del mundo (Toledo, 2008). En los casi dos millones de kilómetros cuadrados que abarca el territorio mexicano se encuentra alrededor del 10% de la diversidad biológica del mundo, destacando por su riqueza de especies los grupos de vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), las plantas vasculares y algunos otros grupos taxonómicos (Mittermeier, 1988; Mittermeier et al. 1997).

Las interacciones e interrelaciones entre biodiversidad y la diversidad cultural se han desarrollado por más de 12,000 años (MacNeish 1967, 1992) y ello ha conformado un extraordinario patrimonio biocultural (Boege, 2008) que coloca a nuestro país en una posición única en el mundo. Tal riqueza representa al mismo tiempo grandes oportunidades para el desarrollo de estrategias de manejo sustentable de los recursos, para su conservación y el mejoramiento del bienestar humano, pero también una seria responsabilidad ante el mundo para resguardar tan importante patrimonio.

Los intercambios materiales que realizan los seres humanos con la naturaleza y con ellos mismos, involucra procesos socio-ecológicos complejos, cuya comprensión requiere abordajes científicos desde distintos ángulos por diferentes disciplinas (Toledo, 2008). Cada una de éstas tiene potencialmente aportes cruciales a preguntas comunes, y tal es el sentido del pensamiento interdisciplinario. Por ejemplo, la ecología aporta al estudio de los intercambios considerando al ser humano como una especie biológica que forma parte de la naturaleza, la economía lo hace sobre el reconocimiento implícito de que el hombre es un ente social (Toledo, 2008). Y la integración de tales enfoques permite una

comprensión más profunda de los procesos que los que aporta cada disciplina por separado.

La principal característica de la economía campesina es su alto grado de autosuficiencia, para lo cual se adopta una estrategia productiva que maximiza la variedad de bienes producidos y que evita la especialización productiva (Toledo et al., 2002). La toma de decisiones de los campesinos sobre la forma de manejar sus recursos es una respuesta a la influencia de factores externos que tienen que ver con las variaciones generales de la economía, y no necesariamente ni exclusivamente con la racionalidad ambiental (Arellanes et al., 2013; Blancas et al., 2013)

AGROECOLOGÍA

Los sistemas tradicionales o de “modernidad alternativa” han sido caracterizados como sistemas de uso de la tierra a pequeña escala, con poco uso de insumos externos dirigidos a la autosubsistencia, e integrados a estrategias de manejo más amplias (Toledo, 1990; Pretty, 1995; Berkes y Folke, 2002; Toledo y Barrera-Bassols, 2008)

Durante siglos la agricultura campesina e indígena en América Latina, África y Asia se construyó sobre los recursos locales de tierra y agua, así como las variedades locales y el conocimiento indígena. Esto ha nutrido cultural, biológica y genéticamente fincas de una solidez y una capacidad de resistencia que les ha ayudado a adaptarse a través de los tiempos a climas que cambian rápidamente, así como a plagas o enfermedades e incluso variaciones del mercado (Toledo y Barrera-Bassols, 2008). En América Latina más de dos y medio millones de hectáreas se encuentran bajo agricultura tradicional, estas

zonas constituyen los mayores reservorios *in situ* del germoplasma de plantas cultivadas y silvestres (Altieri, 2001).

Los modos de producción tradicionales y la sabiduría de los campesinos han sido desplazados por la agricultura industrial, la cual utiliza un sinnúmero de recursos tecnológicos y químicos para producir, provocando no solo la baja calidad nutritiva de los alimentos producidos, sino también causando daños irreparables a la tierra cultivable y por ende al medio ambiente (Altieri, 1999). Sin embargo, la agricultura tradicional existe y constituye un importante reservorio de conocimientos y técnicas que permitirán revertir los procesos destructivos de la agricultura industrial.

Actualmente, la agroecología es tanto una ciencia como un conjunto de prácticas, con bases científicas, metodológicas y técnicas para contribuir a una nueva "revolución agraria" a escala mundial (Altieri, 2002, 2009; Ferguson y Morales, 2010; Wezel y Soldat, 2009; Wezel et al., 2009).

De esta forma, la agroecología está dirigida a promover interacciones biológicas y sinergias benéficas entre los componentes del agroecosistema (Altieri, 2002); mediante dos perspectivas, una visión ecológica en la que el campo de cultivo es un ecosistema con procesos ecológicos, son ecosistemas biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, y una perspectiva social, donde existen factores de esa índole que provocan cambios en los agroecosistemas siendo estos socialmente justos y dando pauta a una estrategia energética y productiva fuertemente ligada a la soberanía alimentaria. (Altieri, 1995, 1999; Gliessman, 1998).

Dentro de este contexto, para atender dicho reto, los agroecólogos y etnoecólogos han identificado a los sistemas agroforestales (SAF) como opciones técnicas viables para

armonizar los propósitos de la conservación de la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas mientras se satisfacen las necesidades humanas y la recreación biocultural (Gordon y Newman, 1997; Quinkenstein et al. 2009).

La agroecología provee bases científicas y metodológicas para poner en marcha la capacidad nacional de producir alimento por medio de la agricultura campesina y familiar. Dadas las limitaciones energéticas, climáticas y financieras, la agroecología se perfila como la opción más viable para generar sistema agrícolas capaces de producir conservando la biodiversidad y la base de los recursos naturales, sin depender del petróleo ni de insumos caros y contaminantes. Esta agricultura de base agroecológica es diversificada, con mayor capacidad de resiliencia frente al cambio climático, mayor eficiencia energética que los modelos agroindustriales y constituye una base fundamental de toda estrategia de soberanía alimentaria, energética y tecnológica (Perfecto et al., 2009)

Por esto, es importante resaltar la importancia de documentar la forma en que la gente se involucra con la tierra y su entorno biótico. Ello contribuye de forma positiva a la interacción de la gente con la naturaleza en general y con la diversidad biológica, ya que la tierra es proveedora de un fuerte sentido de identidad a un grupo social, a una forma de vida, lo cual se encuentra muy presente en las comunidades indígenas americanas, asiáticas y de Oceanía (Berkes, 2001). Documentar todas estas amplias experiencias abre un abanico inmenso de opciones técnicas y éticas para enfrentar los desafíos del futuro.

SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales son técnicas de manejo de la tierra que consisten en intercalar cultivos con especies forestales, de manera que las interacciones entre estos componentes resultan benéficos en procesos como el reciclaje de nutrientes y materia orgánica, y las relaciones tróficas entre plantas, insectos y microorganismos (Altieri y Nicholls, 2000), así como una optimización de las interacciones ecológicas lo que da como resultado una producción más elevada, más diversificada y más sostenible (Nair, 1998). El manejo de la diversidad biológica es una de las características más sobresalientes de los SAF, ya sea a partir del manejo de los paisajes agroforestales, forestales y agrícolas, de la diversidad en prácticas de manejo, de las plantas silvestres y cultivadas e incluso de la diversidad genética de algunas especies en particular (Jackson et al., 2010)

La práctica de los SAF se ha rescatado en las últimas décadas como una expresión nueva para conjunto de viejas prácticas de uso de la tierra. Muchos autores han elaborado definiciones que expresan los objetivos y potencialidades de la agroforestería. Dentro de estos esfuerzos por definir los SAF destacan los de Bene et al. (1977), Combe y Budowski (1979), Lundgren y Raintree (1982), FAO (1984), ICRAF (1993) y Krishnamurty (1998), entre numerosos trabajos clásicos. Lundgren (1982) define a los SAF como “una forma de planear la utilización de la tierra, en la cual se integran deliberadamente especies de plantas perennes leñosas con cultivos anuales y animales en la misma unidad de ordenamiento de la tierra. La integración puede ser por mezcla espacial o por secuencia temporal”. Esta definición implica que entre los componente del sistema se

produzcan interacciones económicas, ecológicas y sociales. Otras definiciones plantean los SAF como sistemas que integran componentes forestales, vegetales y animales, con componentes domesticados, vegetales y animales (Moreno-Calles et al. 2013). Vistos así, los SAF son sistemas de ordenamiento de la tierra que se construyen con base en criterios de productividad, sustentabilidad y que son culturalmente apropiados. Estas características permiten presentarlos como una alternativa viable para contribuir a un desarrollo sustentable en las regiones donde son adoptados.

Esto es posible ya que los SAF generalmente incluyen prácticas de uso de suelo que representan alternativas que diversifican los componentes del sistema de producción, ya sean agrícolas, pecuarios o forestales. En México se puede encontrar una gran variedad de SAF con tres componentes básicos: cultivos, árboles y animales, combinados en los espacios vertical, horizontal y temporal, abarcando el trópico, zonas áridas y zonas templadas como lo son el tlacolol de Guerrero, la kool de la Península de Yucatán, el metepantle de Tlaxcala, las chinampas del Valle de México, el calal del suroeste de Tlaxcala, el sistema milpa-cactáceas columnares del Valle de Tehuacán, el huamil en los cacaotales de la Chontalpa en Tabasco y del Soconusco en Chiapas, el ekuaro de Michoacán, los patios de Oaxaca y los solares de Puebla y Yucatán (Moreno-Calles et al., 2013, 2014)

En este marco se han realizado numerosos estudios con diversos enfoques de investigación. Por ejemplo, en algunas zonas del estado de Veracruz se desarrollaron estudios de diseño, manejo y evaluación financiera de los sistemas agroforestales (Krishnamurthy y Uribe, 2003; Uribe, 1999; Hernández, 2010). Otros más se han enfocado

a la capacidad de los SAF para conservar biodiversidad y otros más en relación con la conservación de servicios ecosistémicos, mientras que otros se han enfocado al potencial para brindar bienestar humano (Sánchez, 2010; Montiel, 2004). Algunos más han centrado sus esfuerzos en analizar estos sistemas como reservorios de diversidad de recursos genéticos y como escenarios de procesos de domesticación (Moreno-Calles et al., 2010, 2012; Vallejo et al., 2014, 2015).

El análisis de diferentes proyectos agroforestales, a nivel mundial, ha demostrado que los proyectos con mayores posibilidades de éxito son aquellos que: 1) proporcionan un mínimo de insumos combinado con una adecuada asistencia técnica, 2) promueven una gama de opciones agroforestales flexibles para que el campesino seleccione la más acorde a sus necesidades y 3) obtienen resultados concretos en un periodo relativamente corto (Current et al., 1995; Utting, 1996).

También se ha analizado el mecanismo por el cual los SAF contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Schroth et al 2004, McNeely and Schroth 2006; Harvey et al, 2006) en general los SAF juegan 5 papeles importantes en la conservación: (1) proveen hábitat a especies que toleran cierto nivel de disturbio; (2) ayudan a preservar el germoplasma de las especies; (3) ayudan a reducir la tasa de conversión del hábitat natural gracias a que son una alternativa más productiva y sustentable comparado con los sistemas de agricultura tradicional; (4) favorecen la conectividad creando corredores entre remanentes de hábitats que pueden soportar la integridad de estos remanentes y la conservación de especies de flora y fauna en el área; y (5) ayudan a conservar la biodiversidad biológica otorgando servicios ecosistémicos como control de erosión y

recarga de acuíferos lo que a su vez previene la degradación y pérdida del hábitat circundante.

A escala regional estos sistemas favorecen la conectividad y flujo génico entre áreas fragmentadas y conservadas (Bhagwat et al. 2008; Harvey et al., 2008; Perfecto and Vandermeer, 2008; Scales and Marsden, 2008; DeClerck et al., 2010). A escala local estos sistemas conforman un mosaico florístico complejo de especies útiles manejadas a través de una diversidad de prácticas agrícolas y silvícolas (Altieri, 1991; Swift et al 1998; Schroth et al 2004; Casas et al., 2007; Moreno-Calles et al. 2010, 2013, Vallejo et al 2014, 2015). Altos niveles de biodiversidad y conectividad favorecen el mantenimiento de las interacciones entre especies, contribuyen significativamente la resiliencia del sistema a largo plazo, todo lo cual es crucial para los propósitos de evitar la pérdida de vegetación y mejorar las condiciones de la producción sustentable de estos sistemas (Altieri y Nicholls, 2000; Donald, 2004; Perfecto et al., 2007; Perfecto y Vandermeer, 2008).

La capacidad de conservación de la biodiversidad en los SAF está directamente determinado por las decisiones de las personas que los manejan, las cuales están influenciadas por factores sociales, culturales y económicos, así como las condiciones ecológicas de los sistemas agrícolas y del paisaje circundante (Moreno-Calles et al., 2012, Vallejo et al., 2014, 2015).

Por esta razón los SAF se han considerado como formas de uso de la tierra que pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, al mismo tiempo que satisfacen las estrategias de subsistencia local (Altieri, 2001; Schroth et al., 2004).

4. METODOLOGÍA

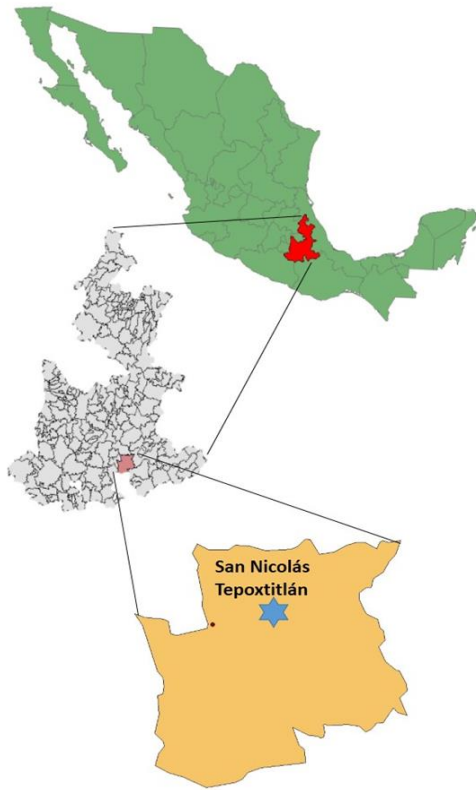


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio dentro del municipio de Atexcal, Puebla.

ÁREA DE ESTUDIO

Nuestro estudio se realizó en la parte occidental del Valle de Tehuacán donde la vegetación principal son el izotal y el mexical descritos por Valiente-Banuet et al. (2009). Particularmente, estudiamos los bosques y Sistemas Agroforestales en la localidad de San Nicolás Tepoxtitlán y Las Cumbres de Chicometepepec dentro del Municipio de Atexcal en el Estado de Puebla (Figura 1), el cual está habitado por

mestizos, originalmente hablantes de náhuatl.

VEGETACIÓN

Uno de los tipos de vegetación presenten es lo que Rzedowski (2006) denomina matorral rosetófilo cuya característica son especies con hojas agrupadas en forma de roseta, prevalecen en amplias extensiones de suelos cerriles derivados de rocas ricas de carbonato de calcio. Miranda y Hernández (1963) describen bajo el nombre de izotales a estas comunidades que se caracterizan por el predominio de especies de *Yucca*, en este caso *Yucca periculosa*. En la mayoría de los casos estas plantas no dominan cuantitativamente en la vegetación, aunque dan la impresión de hacerlo a primera vista

por su porte elevado y aspecto peculiar. Los izotales no son con frecuencia sino matorrales de algún tipo con un estrato de eminencias, al que algunos le confieren la categoría de "dominancia fisonómica": Son comunidades muy vistosas, que probablemente en otros tiempos estuvieron más difundidas que ahora (Miranda y Hernández, 1964).

Los matorrales de *Yucca periculosa* son predominantes en la zona de estudio, Valiente-Banuet et al., (2000) denomina izotales de *Yucca periculosa* estas agrupaciones con densidades de 500 a 1 000 ind/ha con alturas hasta de 4 m, predominando en zonas calizas de suelos superficiales en la porción occidental del valle alrededor de los 1 700 m.

Los palmares no son considerados como una asociación vegetal ya que forma parte del mexical (Matorral de arbustos esclerófilos perennifolios sin espinas)(Valiente-Banuet et al., 2000). El mexical está constituido por arbustos perennifolios que poseen hojas esclerófilas. Su altura, en promedio, no sobrepasa los 2 m, aunque algunas plantas pueden tener mayor tamaño. Se trata de ambientes con una gran diversidad de especies que están ubicados entre los 1900 y los 2400 m de altitud. Las plantas en el matorral esclerófilo perennifolio (Mexical) habitan un ambiente con restricciones de humedad y alta incidencia solar (Ehleringer y Comstock, 1989; Valiente-Banuet et al., 2000).

En algunas regiones los palmares forman masas puras con pocas especies acompañantes, y su origen a menudo está asociado a perturbaciones de origen humano.

En este estudio nos referiremos a la vegetación de Matorral rosetófilo como izotal y al palmar como mexical.

El sistema tradicional de cultivo de milpa (comúnmente cultivando maíz, frijol, calabaza y otras especies domesticadas) es el principal sistema agrícola de los cuales estudiamos los SAF que se practican aquí. Las milpas se cultivan en parcelas de no más de 2 hectáreas. Evaluamos su capacidad de conservar la biodiversidad nativa a través del análisis de la riqueza de vegetación, composición y diversidad por medio del muestreo de la vegetación en dichos SAF y vegetación natural, comparando estos parámetros entre ellos.

MUESTREOS DE VEGETACIÓN

Se seleccionaron 3 SAF derivados de izotal en la localidad de San Nicolás Tepoxtitlán a una altitud de 1700 msnm, así como 3 cuadrantes de bosque alledaño para tener un método de referencia al comparar los SAF. De igual manera, se seleccionaron 3 SAF derivados de mexical en la localidad de Las Cumbres a 2200 msnm y 3 cuadrantes de bosque alledaño (Imagen 2).

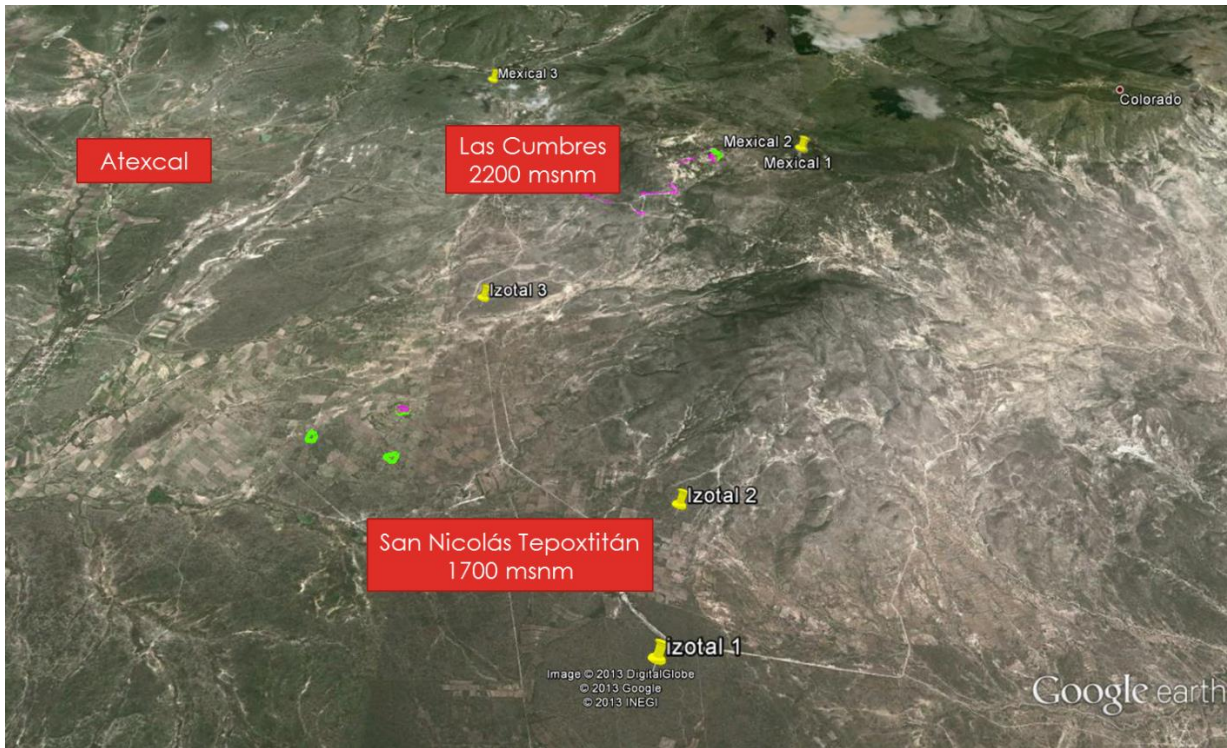


Imagen 2. Ubicación de los SAF y de los bosques aledaños de mexical e izotal en el área de estudio.

El muestreo de vegetación natural (bosques de izotal y mexical) se llevó a cabo por medio de cuadrantes de 50 x 10 m (500 m²), subdividido en 5 cuadros de 10 x 10 m (100 m²) con 3 repeticiones. En total se muestrearon 6 sitios de vegetación natural de los cuales se registraron todos los individuos de especies perennes (árboles, arbustos, agaves, cactáceas) tomando datos de altura y 2 diámetros perpendiculares de su copa y en árboles consideramos el DAP (diámetro a la altura del pecho), posteriormente se realizaron 5 cuadrantes de 1 x 1 m en cada cuadrante para muestrear herbáceas de las que sólo se analizó la riqueza de especies.

Dentro de los sistemas agroforestales se mapearon todas las prácticas agroforestales que se encontraban dentro de las parcelas para estimar el porcentaje de la cobertura

vegetal, se realizaron transectos de 20 x 5 m en cada práctica del cual se registraba la abundancia de cada especie perenne, para el muestreo de herbáceas se realizaron 2 cuadrantes de 1 x 1 m en cada practica agroforestal.

Se colectaron las especies registradas para su posterior identificación y para soporte de nuestro estudio. La nomenclatura de las especies fue verificada en la base de datos TROPICOS (<http://www.tropicos.org/>).

Posteriormente se realizaron entrevistas para documentar en detalle (Anexo 2): (1) Las prácticas agrícolas y agroforestales, así como la composición de los parches que se encuentran en las prácticas agroforestales. Dichas entrevistas también sirvieron para describir los aspectos físicos del terreno, el tamaño y numero de las parcelas, periodo de cultivo. (2) Prácticas agroforestales, manejo de cultivos, periodos de cosecha, rotación de cultivos, instrumentos, herramientas o uso de maquinaria en el terreno, uso de agroquímicos, irrigación y mano de obra utilizada. (3) Técnicas de manejo de vegetación asociada a cada tipo de práctica agroforestal, razones por la que la gente decide mantener o quitar la vegetación y plantas con algún valor para ellos. (4) Programas gubernamentales y no gubernamentales que promueven o no los SAF, reglas comunitarias que regulan el uso y manejo de la vegetación natural. Y (5) prácticas pastorales, como la gente maneja su ganado asociado a los SAF (Moreno-Calles et al., 2010, Vallejo et al., 2014).

PARÁMETROS ECOLÓGICOS

El muestreo de la vegetación efectuado permite calcular la riqueza de especies, la diversidad y la composición, así como el valor de importancia ecológica de las especies, relacionando sus valores de densidad, frecuencia y biomasa en los muestreos.

La densidad se determinó a través de los datos obtenidos por los muestreos de vegetación tanto en vegetación natural como en Sistemas Agroforestales. En cada cuadrante se registró el número de individuos en intervalos de 10 m; con dichos datos también fue posible obtener la frecuencia.

La biomasa se estimó mediante fórmulas de volumen de figuras geométricas en cada muestreo realizado en la vegetación natural. Los datos usados fueron altura, perímetro a la altura del pecho (en árboles) y los diámetros de las copas de las especies de árboles y arbustos.

De acuerdo con Pérez-Negrón y Casas (2007) las figuras geométricas usadas se determinaron de acuerdo con las características fisionómicas de las especies arbóreas y arbustivas. En el caso de los árboles se empleó el cono truncado cuya fórmula es $V = \pi / 12 h (D_2^2 + D_d^2 + d_2^2)$; para los arbustos se empleó la elipsoide $V = 2 (2 \pi r^2 / h / 3)$; en el caso de cactáceas columnares se empleó el cilindro $V = \pi r^2 h$; para las cactáceas globosas se empleó la esfera $V = \pi r^2$ y para algunas especies del género *Opuntia* se empleó el ortoedro rectangular $V = l \times l \times l$.

Para la estimación del valor de importancia se utilizaron los datos finales de frecuencia, densidad y biomasa de cada especie de árboles y arbustos en vegetación natural, la

formula usada fue $VI = (\text{frecuencia}) \times (\text{densidad}) \times (\text{biomasa})$. (Osorio et al., 1996; Valiente-Banuet et al., 2000)

La composición de especies fue evaluada a través del número de familias, géneros y especies de plantas, considerando todas las especies y aquellas especies nativas. La diversidad fue calculada a través del Índice de Simpson (Magurran, 1988) e Índice de Shannon (Shannon and Weaver, 1949) los cuales permiten analizar la homogeneidad-heterogeneidad de la comunidad vegetal. Dichos parámetros se obtuvieron mediante el programa EstimateS

La diversidad beta se determinó mediante la comparación de especies en matrices de similitud, utilizando el inverso del índice de Jaccard. La comparación entre los 12 sitios muestreados (6 de SAF y 6 cuadrantes de bosque) se realizó por medio del análisis de agrupamiento (cluster analysis), con base en datos de riqueza de especies. Como método de unión el de promedio entre grupos (McCune y Grace, 2002). Para la ordenación se utilizó el programa PC-ORD (Mc Cune y Mefford, 1999)

5. RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL EN SAN NICOLÁS TEPOXTITLÁN.

San Nicolás Tepoxtitlán es una comunidad perteneciente al municipio de Atexcal, cuenta con un total de 177 habitantes, todos hablantes de español. Las prácticas agrícolas son la principal actividad de la localidad; los campesinos tienen un promedio de 5 a 7 parcelas para desarrollar dicha actividad. El tiempo de uso de las parcelas es variable ya que estas parcelas fueron heredadas desde hace tres o cuatro generaciones.

La actividad agrícola se realiza en su mayoría dentro de los terrenos ejidales, donde las parcelas o sistemas agroforestales derivan de la vegetación de izotal. Por otra parte, los sistemas agroforestales que se encuentran en la localidad de "Las Cumbres" que se encuentra en la parte más alta (2200 msnm), derivan de la vegetación de mexical.

Dentro del terreno ejidal los principales cultivos que se encuentran son maíz y frijol. En "Las Cumbres" se encuentran cultivos como maíz, trigo y haba junto con el cultivo de maguey para la obtención de pulque. La gente deja descansar sus terrenos por un año y selecciona qué parcelas van a sembrar ese año y cuáles durante el siguiente ciclo.

La variedad de maíz que se cultiva en la zona es el que denominan "criollo", mencionan que es la variedad que mejor se ha adaptado a la zona. Las variedades de frijol que se cultivan son "flor de mayo", "peruano", "bayo" y "negro", la semilla es seleccionada por ellos mismos o intercambiada entre gente de la localidad.

La limpieza del terreno se lleva en los meses de marzo a mayo para que en el mes de junio se comience con la siembra. Algunas personas abonan sus terrenos con estiércol de ganado o haciendo abono orgánico de las plantas que desmontaron en la limpieza de su parcela, las personas entrevistadas comentan que ellos no usan agroquímicos dentro de sus parcelas.

Al momento de comenzar con la limpieza del terreno seleccionan los árboles más grandes con el fin de aprovechar su sombra, siempre y cuando estos árboles no estorben o compitan con el maíz. Por lo general los árboles que se dejan en pie son el guaje (*Leucaena esculenta*) para alimento y sombra; palo blanco (*Leucaena leucocephala*) y mezquite (*Prosopis laevigata*) como forraje para el ganado, así como para sombra y para delimitar el terreno. En la comunidad de las Cumbres (mexical) las especies que se dejan en pie son principalmente el sosocoche (*Dasyllirion serratifolium*), para marcar los límites de la parcela, el maguey pulquero del cual obtienen el pulque para venta (*Agave salmiana*).

Los principales usos que les dan a las plantas que crecen dentro de su parcela son para sombra, los árboles secos para leña, forraje del ganado, control de erosión y fertilidad del suelo al realizar el desmonte para iniciar el ciclo agrícola. Ningún campesino entrevistado mencionó que se comercializaran o intercambiaran las plantas.

El desmonte les ha sido prohibido, lo cual ha dejado que algunas parcelas no se puedan trabajar en su totalidad porque no realizaron la limpieza del terreno a tiempo. Ello explica que algunas parcelas tienen una amplia proporción de cobertura de vegetación. El 30%

de los agricultores entrevistados afirmaron que si se pudiera seguir desmontando quitarían más vegetación en sus parcelas, sobre todo en aquellas que se encuentran en terrenos ejidales (vegetación de izotal). Ello, con la finalidad de tener una mayor área de cultivo y, por lo tanto, mayor producción, pues ellos mismos han notado que la producción en sus parcelas disminuye año con año.

La gente mantiene sus animales dentro de los terrenos comunales que es el sitio donde no hay parcelas agrícolas, al menos en la localidad de San Nicolás Tepoxtitlán, en esta zona sus animales pueden pastar libremente durante la temporada de siembra-cosecha; posteriormente pasan a los animales a los terrenos ejidales para que pasten libremente en las parcelas y se terminen el "rastrojo" que quedo después de la cosecha. Algunos prefieren tener a sus animales en su casa y alimentarlos con el rastrojo o comprarles alimento.

Toda la cosecha es destinada al autoconsumo, aunque en el pasado, cuando la producción era mayor, podían destinar una parte de la producción para el autoconsumo y otra parte para la venta. Pero, de acuerdo con su percepción, ahora las lluvias no les han favorecido y con dificultad alcanza para suministrar el maíz y frijol que requiere la familia para todo el año.

Los propietarios de parcelas en "las Cumbres" alquilan sus magueyes a los pobladores de dicha localidad en \$50.00 pesos por maguey, los cuales se usan para la obtención de aguamiel y la preparación de pulque.

El cultivo de maíz es destinado al autoconsumo familiar y a asegurar las semillas para el siguiente ciclo agrícola. Con el rastrojo se alimenta al ganado.

Los animales domésticos se usan para transportarse (caballos y burros), actividades agrícolas en menor proporción (vacas y burros) y para alimentarse de ellos durante alguna festividad (borregos y chivos), los cuales a su vez sirven como una fuente de ahorro de dinero a utilizarse en alguna emergencia.

A lo largo del tiempo los habitantes han migrado hacia otras ciudades como Tehuacán, Puebla, México y Estados Unidos. Esta situación ha dejado el trabajo de la agricultura a gente mayor, o en algunos casos, algunos de los migrantes jóvenes regresan a la localidad en los periodos de siembra y cosecha. De otra forma, la gente mayor tiene que contratar "peones" para que le puedan trabajar sus tierras y a los cuales les pagan aproximadamente \$120 pesos diarios.

Algunas veces el programa PROCAMPO les otorga algunos recursos monetarios que les ayudan para pagar el tractor o pagarle al peón que les ayuda en sus parcelas, pero esta ayuda, dicen ellos que es insuficiente.

Cada vez es más problemática la agricultura, ya que hay temporadas en las que las lluvias llegan tarde o son tan fuertes que hacen que toda la cosecha se pierda. Pero aseguran que van a seguir sembrando sus parcelas hasta que el clima se los permita ya que es su principal modo de subsistencia.

RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES.

En todos los muestreos efectuados en San Nicolás Tepoxtitlán se registró un total de 204 especies de plantas, pertenecientes a 46 familias y 114 géneros (Anexo 1). Las principales familias (Figura 2) son Asteraceae (48), Fabaceae (33), Poaceae (13), Cactaceae (12), Euphorbiaceae (7), Lamiaceae (7) y Asparagaceae (6).

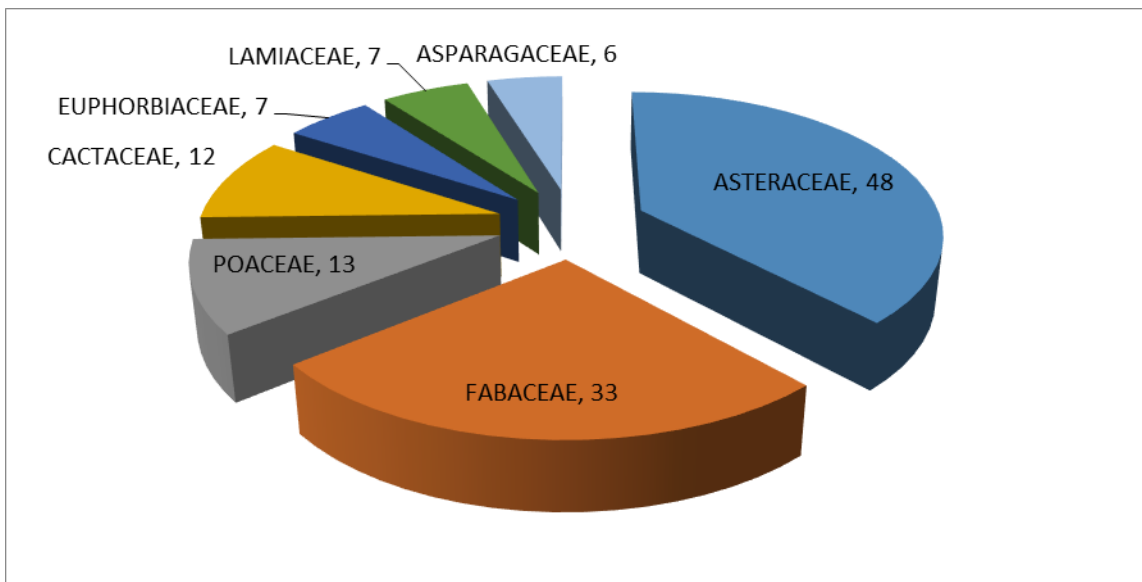


Figura 2. Familias de plantas mejor representadas en los Sistemas Agroforestales (SAF) y vegetación natural de izotal y mexical en San Nicolás Tepoxtitlán, Atexcal.

Los géneros mejor representados (Figura 3) son *Mimosa* (7), *Montanoa* (7), *Salvia* (7), *Acacia* (4), *Bursera* (4) y los demás están representados solo por 3 especies como *Agave*, *Ageratina*, *Dalea*, *Mammillaria*, *Opuntia*, *Rhus* y *Senna*.

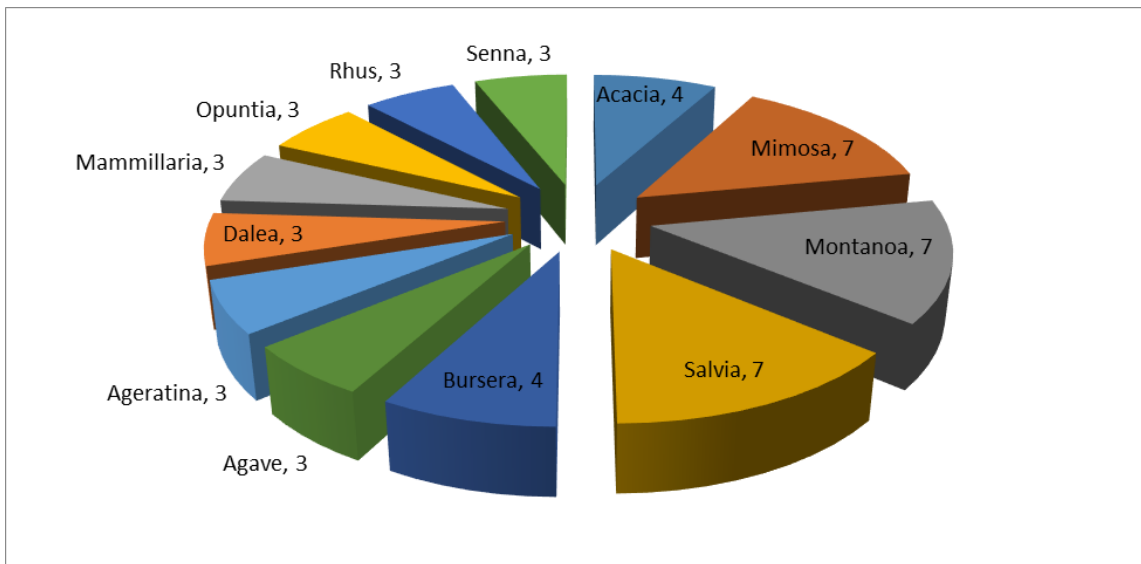


Figura 3. Géneros de plantas más representativos de los Sistemas Agroforestales SAF y bosques de izotal y mexical en San Nicolás Tepoxitlán, Atexcal.

De las 204 especies encontradas dentro de la vegetación natural y los sistemas agroforestales 114 se encuentran en los SAF y 144 en bosques aledaños. Dentro de los sistemas agroforestales derivados de izotal se tiene un total de 89 especies y 113 en los bosques. En los SAF de mexical se tiene un total de 64 especies y 96 en bosques. El izotal y sus SAF comparten 27 especies (23%) y el mexical y sus SAF comparten 41 especies (42%).

En la Tabla 1 se muestra el número de especies que se puede encontrar en los sistemas agroforestales derivados de mexical (64 especies) y de izotal (89 especies); así como los porcentajes de especies silvestres que guardan los SAF derivados de izotal y mexical comparando con la vegetación de la cuales derivan. Se puede ver que los SAF derivados de izotal mantienen un mayor porcentaje (78%) de especies nativas a comparación de los SAF derivados de mexical (66%).

Tabla 1. Número total de especies presentes en los SAF y porcentaje de especies nativas derivados del izotal y mexical.

SAF	Número de especies	% de especies nativas de bosques en SAF
Izotal	89	78.76%
Mexical	64	66.6%

De las 204 especies encontradas 118 son especies perennes y 86 son hierbas (Figura 4). Las especies perennes son mayor en número en la vegetación natural con 96 especies y en SAF es de 56 especies (Figura 4). Con esto se puede decir que los SAF alojan el 58% de especies perennes de la vegetación de la cual derivan. Por otra parte, las especies herbáceas son mayores en los SAF (Figura 4), esto probablemente debido a la perturbación que sufren estos sistemas que permite la colonización de más especies herbáceas.

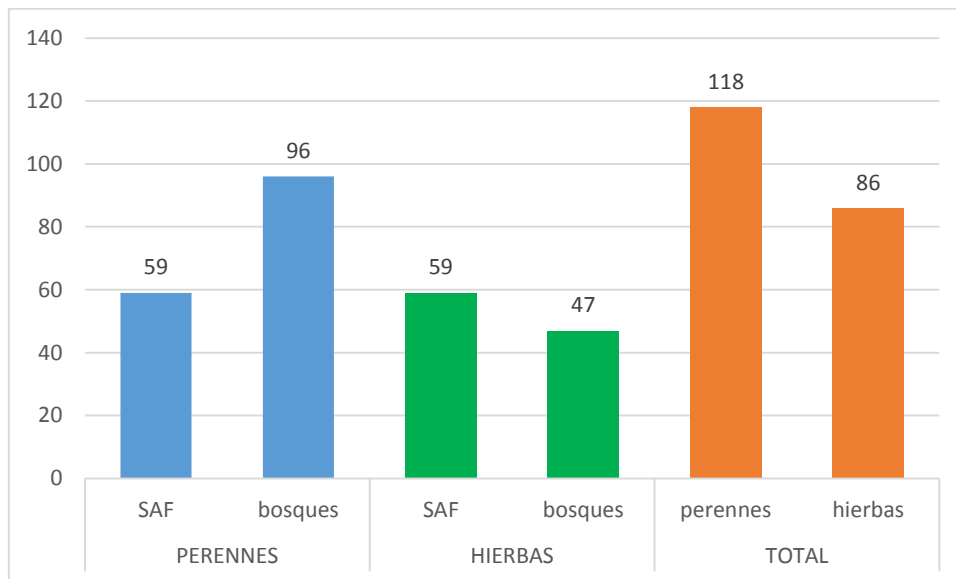


Figura 4. Especies perennes y herbáceas presentes en Sistemas Agroforestales y bosques; así como el total de especies en el área de estudio.

MUESTREOS DE VEGETACIÓN

IZOTAL

En la Tabla 2 se presentan los resultados del muestreo del izotal 1. La especie más importante resulta ser *Baccharis serrifolia*. También se observa que, *Lasiocarpus* sp. y *Aeschynomene compacta* y *Lippia alba* son las especies con mayor biomasa y mayor densidad, lo cual desde el punto de vista sinecológico resultan ser las más importantes dentro del izotal.

Tabla 2. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 1 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Baccharis serrifolia</i>	62	80.29	100	4 977.99
<i>Lasiocarpus</i> sp.	56	44.70	100	2 503.44
<i>Boraginaceae</i> sp.	35	40.81	100	1 428.63
<i>Aeschynomene compacta</i>	45	24.59	100	1 106.56
<i>Lippia alba</i>	34	15.96	100	542.64
<i>Yucca periculosa</i>	27	18.34	60	297.17
<i>Croton ciliatum glandulosum</i>	19	14.18	100	269.50
<i>Acacia subangulata</i>	16	13.84	80	177.21
<i>Mentzelia hispida</i>	10	18.40	80	147.24
<i>Mimosa lacerata</i>	16	7.046	100	112.73
<i>Perymenium discolor</i>	11	5.77	80	50.77
<i>Senna galeottiana</i>	7	33.84	20	47.38
<i>Opuntia tomentosa</i>	10	7.64	60	45.87
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	9	8.44	60	45.59
<i>Bursera aff. Arida</i>	5	12.07	60	36.23

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Turnera diffusa</i>	8	4.82	60	23.14
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	11	2.66	60	17.56
<i>Fouquieria Formosa</i>	3	13.38	40	16.06
<i>Bursera galeottiana</i>	6	4.60	40	11.05
<i>Cnidoscolus tehuacaensis</i>	5	2.26	40	4.53
<i>Salvia thymoides</i>	3	2.35	60	4.24
<i>Karwinskya humboldtiana</i>	4	2.64	40	4.22
<i>Agave peackoki</i>	2	3.40	40	2.72
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	2	3.25	40	2.60
<i>Ipomoea arborescens</i>	2	5.20	20	2.08
<i>Eysenhardtia polystachia</i>	3	1.66	20	1.00
<i>Cognathia hipoleuca</i>	2	1.85	20	0.74
<i>Bursera copalifera</i>	1	3.39	20	0.67
<i>Acacia constricta</i>	1	2.62	20	0.52
<i>Opuntia tomentosa</i>	3	0.63	20	0.38
<i>Agave salmiana</i>	1	1.67	20	0.33
<i>Erodium cicutarium</i>	2	0.36	40	0.29
<i>Senna unijuga</i>	1	1.36	20	0.27
<i>Bursera schlechtendalii</i>	1	0.62	20	0.12
<i>Schaefferia stenophylla</i>	1	0.29	20	0.058
<i>Conzattia multiflora</i>	1	0.20	20	0.041
<i>Hintonia standleyana</i>	1	0.18	20	0.023
<i>Ferocactus latispinus</i>	1	0.03	20	0.005

En la Tabla 3 se muestra la densidad de plantas herbáceas registradas en el izotal 1. La especie más importante debido a su densidad (23,500 individuos/500 m²) y frecuencia (80%) es *Bouteloa* sp.

Tabla 3. Muestreo efectuado en el izotal 1 (herbáceas). Los valores representan el número de individuos por m² en cada intervalo del cuadrante de 50 x 10 y la densidad total.

Especie	Intervalo 0-10 m	Intervalo 10-20m	Intervalo 20-30 m	Intervalo 30-40m	Intervalo 40-50 m	Densidad 500 m ²
<i>Bouteloua sp</i>	52	76	106	1	0	23 500
"pipicha seca"	5	0	0	8	57	7 000
"Pasto delgado"	3	0	0	11	0	1 400
"flor amarilla"	1	0	0	3	8	1 200
<i>Loeselia coerulea</i>	0	0	0	6	5	1 100
<i>Diphysa villosa</i>	5	0	0	0	0	500
<i>Tagetes sp</i>	0	0	0	1	3	400
"flor blanca compuesta"	0	0	0	0	3	300
<i>Melampodium sp</i>	0	0	2	0	0	200
"hoja palida"	0	0	1	1	0	200
"margen blanco"	0	0	0	0	2	200
<i>Tripogandra sp</i>	1	0	0	0	0	100
<i>Brassica sp</i>	0	0	1	0	0	100
<i>Dalea tomentosa</i>	0	0	0	1	0	100
<i>Sanvitalia procumbens</i>	0	0	0	0	1	100

La Tabla 4 muestra los resultados del muestreo del izotal 2. A diferencia de izotal 1 aquí la especie con un mayor valor de importancia es *Salvia thymoides* a pesar de que se esperaba que *Yucca periculosa* tuviera el mayor Valor de Importancia debido a la características del tipo de vegetación, pero debido a la perturbación del sitio se favorece la presencia de malezas.

Tabla 4. . Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 2 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Salvia thymoides</i>	62	44.62	100	2 766.21
<i>Yucca periculosa</i>	33	50.69	80	1 338.10
<i>Lippia alba</i>	34	20.53	60	418.90
<i>Acacia farnesiana</i>	28	8.94	100	250.24
<i>Croton ciliato-glandulosum</i>	26	12.42	60	193.78
<i>Agave salmiana</i>	5	9.54	60	28.61
<i>Acacia subangulata</i>	3	11.21	40	13.45
<i>Ipomoea arborescens</i>	8	3.81	40	12.18
<i>Brickellia veronicifolia</i>	6	4.20	20	5.04
<i>Wimmeria microphylla</i>	4	4.44	20	3.55
<i>Pterostemon rotundifolius</i>	4	2.10	40	3.36
<i>Cordia curassavica</i>	3	2.79	40	3.34
<i>Opuntia tomentosa</i>	4	3.83	20	3.06
<i>Senna galeottiana</i>	4	2.85	20	2.28
<i>Senna pallida</i>	6	0.93	40	2.22
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	3	3.41	20	2.05
<i>Mammillaria zephyrantoides</i>	2	2.15	40	1.72
<i>Cordia curassavica</i>	4	0.82	20	0.65
<i>Baccharis serrifolia</i>	3	1.06	20	0.64
<i>Neobuxbamia mezcalaensis</i>	2	0.54	40	0.43
<i>Mimosa lacerata</i>	2	0.57	20	0.23
<i>Fouquieria formosa</i>	1	0.60	20	0.12
<i>Celtis pallida</i>	4	0.12	20	0.10
<i>Salvia aspera</i>	1	0.41	20	0.08
<i>Ageratina</i>	1	0.36	20	0.07
<i>Aeschynomene compacta</i>	1	0.27	20	0.05

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Celtis caudata</i>	1	0.11	20	0.02

La Tabla 5 presenta los datos de densidad de herbáceas y su importancia, se puede apreciar que nuevamente el pasto *Bouteloua* sp. Presenta la mayor importancia dentro del grupo de las herbáceas con una densidad de 2800 individuos en 500m². Otra especie que se encuentra casi en todos los sitios en *Sanvitalia procumbens*.

Tabla 5. Muestreo efectuado en el Izotal 2 (Herbáceas)

Especie	Intervalo 0-10 m	Intervalo 10-20m	Intervalo 20-30 m	Intervalo 30-40m	Intervalo 40-50 m	Densidad 500 m²
<i>Bouteloua</i> sp.	10	13	0	3	2	2800
<i>Sanvitalia procumbens</i>	6	10	0	0	1	1700
<i>Caesalpinia pringlei</i>	7	6	0	0	0	1300
<i>Tithonia tubaeiformis</i>	1		0	0	1	200
<i>Sanvitalia procumbens</i>	0	1	0	0	0	100
"Pasto delgado"	0	0	60%	0	9	
"Tubos amarillos"	0	0	1	0	0	100
<i>Zinnia peruviana</i>	0	0	0	50%	25	
"Hoja de triangulo"	0	0	0	0	5	500
<i>Tradescantia crassifolia</i>	0	0	0	0	2	200

En la Tabla 6 se muestran los resultados del muestreo del izotal 3, aquí se puede ver que *Yucca periculosa* presenta el mayor Valor de Importancia como es esperado dentro de estos tipos de vegetación, siempre y cuando no tengan un alto grado de perturbación. Las especies más importantes son *Mascagnia pubiflora*, *Ayenia fruticosa* y *Viguiera* sp.

Tabla 6. . Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el izotal 3 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Yucca periculosa</i>	28	39.09	100	1 094.54
<i>Mascagnia pubiflora</i>	18	73.44	80	1 057.58
<i>Ayenia fruticosa</i>	32	35.55	80	910.08
<i>Viguiera sp.</i>	16	48.07	80	615.32
<i>Lippia alba</i>	26	13.05	80	271.44
<i>Zanthoxylum sp.</i>	22	9.94	80	174.94
<i>Mimosa sp.</i>	18	15.49	60	167.28
<i>Senna galeottiana</i>	18	6.64	60	71.68
<i>Mimosa lacerata</i>	10	10.02	60	60.12
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	6	21.78	40	52.28
<i>Fouquieria formosa</i>	13	6.24	60	48.66
<i>Acacia sp</i>	7	14.57	40	40.80
<i>Acacia subangulata</i>	6	12.96	40	31.10
<i>Gaudichaulia galeottiana</i>	12	3.75	60	27.01
<i>Bursera aff. Arida</i>	4	4.68	40	7.48
<i>Ipomoea arborescens</i>	1	4.79	20	0.96
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	1	4.42	20	0.88
<i>Tripogandra sp.</i>	2	1.96	20	0.78
<i>Fabaceae sp.</i>	1	2.08	20	0.42
<i>Opuntia tomentosa</i>	2	0.43	20	0.17
<i>Opuntia pilífera</i>	2	0.15	20	0.06

En la Tabla 7 se pueden ver los datos de densidad de especies herbáceas, aquí una gramínea resulta ser la más abundante con una densidad de 9300 individuos en 500 m².

Seguido de *Sanvitalia procumbens* y *Bidens odorata*.

Tabla 7. Muestreo efectuado en el izotal 3 (herbáceas)

Especie	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Densidad
	0-10 m	10-20m	20-30 m	30-40m	40-50 m	500 m ²
"pasto delgado"	51	10	0	14	18	9 300
<i>Sanvitalia procumbens</i>	11	3	0	0	19	3 300
<i>Bidens odorata</i>	8	7	0	0	17	3 200
<i>Caesalpinia pringlei</i>	1	5	8	0	11	2 500
<i>Sanvitalia procumbens</i>	3	1	8	0	5	1 700
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	2	0	4	0	0	600
<i>Zinnia peruviana</i>	1	0	0	0	0	100
"Hierba del pastor"	0	0	1	0	0	100
<i>Anoda cristata</i>	0	0	0	1	0	100

MEXICAL

Mexical 1

La Tabla 8 muestran las especies del mexical 1 donde la especies con mayor valor de importancia son *Baccharis serrifolia*, seguido de *Mimmosa aculeaticarpa* y *Perymenium discolor*. Cabe mencionar que las 3 principales especies más dominantes son arbustivas e indicadoras de perturbación en el sitio.

Tabla 8. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el Mexical 1 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m ² (No. Individuos)	Biomasa total en 500 m ² (m ³)	Frecuencia en 500 m ² (%)	Valor de importancia
<i>Baccharis serrifolia</i>	34	51.72	100	1758.46
<i>Mimmosa aculeaticarpa</i>	29	54.67	100	1585.50

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Perymenium discolor</i>	34	21.42	100	728.36
<i>Malvaceae</i>	12	55.42	80	532.04
<i>Lippia alba</i>	23	26.87	80	494.38
<i>Acacia subangulata</i>	19	22.71	100	431.48
<i>Euphorbia antiphysilitica</i>	16	41.53	60	398.64
<i>Dalea tomentosa</i>	21	11.55	100	242.61
<i>Karwinskya humboldtiana</i>	11	15.47	80	136.11
<i>Dodonaea viscosa</i>	10	21.61	60	129.67
<i>Wimmeria microphylla</i>	12	15.60	60	112.29
<i>Lasiocarpus sp.</i>	13	10.32	80	107.30
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	12	10.89	80	104.58
<i>Bursera aff. Arida</i>	10	12.21	80	97.64
<i>Agave salmiana</i>	10	7.34	100	73.39
<i>Yucca periculosa</i>	4	77.24	20	61.79
<i>Galphimia glauca</i>	7	6.09	100	42.61
<i>Salvia aspera</i>	9	7.78	60	41.99
<i>Bursera schlechtendalii</i>	10	4.53	60	27.15
<i>Senna galeottiana</i>	4	7.56	80	24.20
<i>Acanthaceae</i>	4	4.32	80	13.84
<i>Croton sp.</i>	6	5.02	40	12.06
<i>Opuntia pilifera</i>	2	11.13	40	8.91
<i>Senna Pallida</i>	4	3.40	40	5.44
<i>Agave peackoki</i>	2	6.73	40	5.39
<i>Ferocactus robustus</i>	2	5.38	40	4.31
<i>Salvia lasiantha</i>	3	3.29	40	3.95
<i>Mentzelia hispida</i>	2	9.58	20	3.83
<i>Cylindropuntia pubescens</i>	4	1.75	40	2.80
<i>Cordia curassavica</i>	3	1.34	40	1.61
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>	1	5.09	20	1.02
<i>Celtis pallida</i>	2	0.94	40	0.75
<i>Ipomoea arborescens</i>	1	3.50	20	0.70
	2	0.86	40	0.69

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Brickellia sp.</i>	2	1.57	20	0.63
<i>Celtis caudata</i>	2	0.42	40	0.34
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	1	1.05	20	0.21
<i>Mammillaria pyramidalis</i>	3	0.08	60	0.15
<i>Lantana achyranthifolia</i>	1	0.73	20	0.15
<i>Asteraceae</i>	1	0.43	20	0.09
<i>Boraginaceae</i>	1	0.12	20	0.02
<i>Eysenhartia sp.</i>	1	0.08	20	0.02
<i>Mammillaria haageana</i>	1	0.01	20	0.002
<i>Coryphanta</i>	1	0.01	20	0.001
<i>Marginatocereus marginatus</i>	1	0.01	20	0.001

Las especies herbáceas mas abundantes son *Euphorbia stictospora* con 4100 individuos en 500 m², seguido de especies de gramíneas y de *Sanvitalia procumbens*. Los nombres comunes corresponden a especies aun no identificadas.

Tabla 9. Muestreo efectuado en el mexical 1 (herbáceas)

Especie	Intervalo 0-10 m	Intervalo 10-20m	Intervalo 20-30 m	Intervalo 30-40m	Intervalo 40-50 m	Densidad 500 m²
<i>Euphorbia stictospora</i>	3	1	5	21	11	4 100
"pasto delgado"	6	8	5	3	6	2 800
<i>Sanvitalia procumbens</i>	0	0	0	8	18	2 600
<i>Bidens odorata</i>	4	6	4	0	5	1 900
"corazon amarillo"	1	4	1	1	5	1 200
<i>Loeselia coerulea</i>	1	2	5	2	1	1 100
"pipicha seca"	0	1	0	5	4	1 000

Mexical 2

En la Tabla 10 se muestra el valor de importancia dentro del mexical 2 la especies más importante resultaron ser *Agave peackoki*, *Gymnosperma glutinosa* y *Brahea nitida*. La especies con mayor densidad fue *Gymnosperma glutinosa* y *Brahea nitida*.

Tabla 10. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el mexical 2 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Agave peackoki</i>	29	974.10	100	28248.90
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	91	214.51	100	19519.97
<i>Brahea nítida</i>	41	129.93	100	5327.24
<i>Galphimia glauca</i>	62	56.01	100	3472.45
<i>Agave salmiana</i>	36	34.44	100	1239.81
<i>Dichondra argentea</i>	12	128.83	20	309.20
<i>Citharexylum tetramerum</i>	19	23.58	60	268.86
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	9	4.59	100	41.34
<i>Salvia sp.</i>	5	39.22	100	39.22
<i>Amelanchier denticulata</i>	12	7.62	40	36.58
<i>Salvia oxacana</i>	11	4.41	60	29.10
<i>Ageratina tomentella</i>	5	4.72	60	14.16
<i>Gochnatia hipoleuca</i>	6	3.37	20	4.05
<i>Leucena leucocephala</i>	1	8.48	20	1.70
<i>Tecoma stans</i>	2	1.10	40	0.88
<i>Dodonaea viscosa</i>	1	3.38	20	0.68
<i>Viguiera sp.</i>	2	0.77	40	0.62
	1	2.39	20	0.48
<i>Calliandropsis</i>	2	0.89	20	0.36
<i>Rhus virens</i>	1	1.71	20	0.34
	2	0.56	20	0.22
<i>Buddleja cordata</i>	1	0.46	20	0.09
<i>Baccharis sp.</i>	1	0.40	20	0.08
<i>Asteraceae</i>	1	0.31	20	0.06

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Salvia thymoides</i>	1	0.23	20	0.05
<i>Opuntia pilifera</i>	1	0.20	20	0.04
<i>Ptelea triflora</i>	1	0.08	20	0.02
<i>Mammillaria haageana</i>	2	0.01	40	0.01

En la Tabla 11 se muestran los datos de especies herbáceas mezclados de densidad y medida del manchón, sin embargo, permiten evaluar la abundancia de herbáceas y su importancia. Las herbáceas más abundantes fueron *Disodia sp* con una frecuencia del 80%, *Parthenium hysterophorus*, *Sanvitalia procumbens* con una frecuencia del 40% y especies de gramíneas con una frecuencia del 60%,

Tabla 11. Muestreo efectuado en el mexical 2 (herbáceas)

Especie	Intervalo 0-10 m	Intervalo 10-20m	Intervalo 20-30 m	Intervalo 30-40m	Intervalo 40-50 m
<i>Disodia sp.</i>	9	5	12	7	
<i>Parthenium hysterophorus</i>	7		4		
"pasto delgado"	15*40	10*5 20*10	8*12		10*14
"pasto 2"	40*30	8*3	40*30		
<i>Zinnia peruviana</i>	1				
"tallo peludo"	2	7	1		3
<i>Tripogandra sp</i>		1			
<i>Euphorbia stictospora</i>			6		1
"Pinillo"			40*35		
<i>Oxalis latifolia</i>				4	
"romerillo"				20*50	67
				7*10 9*5	
"pasto cabello"				28*14	
<i>Dalea sp</i>				38*20	
<i>Sanvitalia procumbens</i>		2	10		
<i>Caesalpina pringlei</i>			6		

Mexical 3

En la tabla 12 se muestra que las especies mas importantes son *Brahea nitida*, *Quercus* sp. con la mayor densidad de individuos y *Rhus chondroloma*. Especies indicadoras de mexical de acuerdo a Valiente-Banuet et al 2000.

Tabla 12. Parámetros de abundancia y dominancia de acuerdo con el muestreo efectuado en el Mexical 3 (árboles y arbustos)

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Brahea nitida</i>	63	179.56	100	11312.49
<i>Quercus</i> sp.	81	139.44	80	9035.64
<i>Rhus chronoloma</i>	61	68.72	100	4191.80
<i>Amelanchier denticulata</i>	8	425.64	60	2043.06
<i>Citharexylum tetramerum</i>	35	33.37	100	1167.81
<i>Pterostemon rotundifolius</i>	33	32.76	80	864.97
<i>Dasyllirion serratifolium</i>	17	14.74	100	250.64
<i>Nolina parviflora</i>	13	17.10	100	222.34
<i>Arbutus jalapensis</i>	14	11.13	60	93.46
<i>Agave potatorum</i>	10	5.41	100	54.07
<i>Calliandropsis</i> sp.	7	6.55	80	36.68
<i>Quercus cubila</i>	9	19.71	20	35.49
<i>Agave peackoki</i>	7	5.38	60	22.59
<i>Brickellia veronicifolia</i>	4	3.62	60	8.70
<i>Perymenium discolor</i>	5	2.33	40	4.66
<i>Stevia</i> sp.	5	1.15	40	2.30
<i>Dichondra argétea</i>	4	1.61	20	1.29
<i>Calliandria grandiflora</i>	3	1.70	20	1.02
<i>Asteraceae</i>	3	0.83	40	1.00
<i>Vernonia</i> sp.	2	0.44	40	0.35
<i>Dodonaea viscosa</i>	3	0.50	20	0.30
<i>Agave salmiana</i>	1	0.84	20	0.17

ESPECIE	Densidad en 500 m²(No. Individuos)	Biomasa total en 500 m² (m³)	Frecuencia en 500 m² (%)	Valor de importancia
<i>Mammillaria haageana</i>	5	0.03	40	0.06
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	1	0.20	20	0.04
<i>Litsea glaucescens</i>	1	0.09	20	0.02
<i>Opuntia pilifera</i>	1	0.04	20	0.008
<i>Salvia oaxacana</i>	1	0.01	20	0.002
<i>Acacia cochilacantha</i>	1	0.01	20	0.002

Tabla 13. Muestreo de vegetación en el cuadrante 3 de la vegetación de mexical (herbáceas).

Especie	Intervalo 0-10 m	Intervalo 10-20m	Intervalo 20-30 m	Intervalo 30-40m	Intervalo 40-50 m
Dalea sp	13	10	16	0	0
Moño	0	0	0	18	0
pasto grueso	0	0	4	3	0
<i>Echeveria subsessilis</i>	0	0	0	0	6
Pajon	65*56 28*34	0	0	0	3
pasto cepillo	0	20*17 5*7	2	0	0
Camotillo	0	0	2	0	0
<i>Arracacia sp</i>	0	0	0	24*30	0

VALOR DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA

De acuerdo con los datos de Valor de Importancia ecológica (Figura 6), las especies más importantes en la vegetación natural de izotal son *Baccharis serrifolia*, *Salvia thymoides*, *Yucca periculosa*, mientras que en el mexical las especies mas importantes son *Bacharis serrifolia*, *Agave peackoki* y *Brahea nitida*.

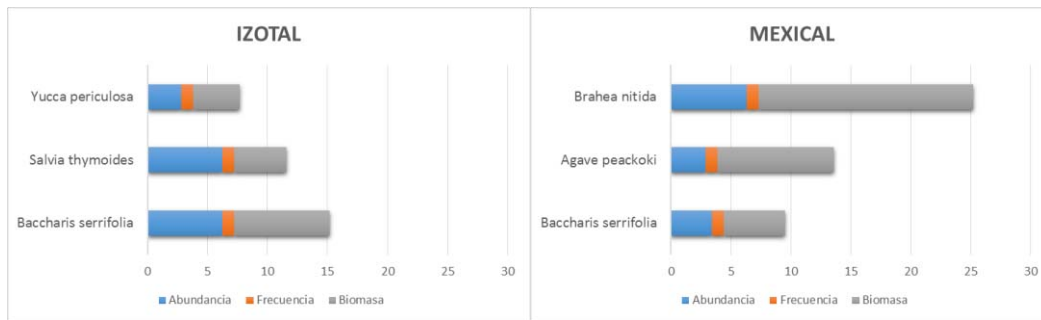


Figura 5. Valor de Importancia de las especies presenten en vegetación natural de izotal (izquierda) y de mexical (derecha).

COBERTURA DE VEGETACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

IZOTAL

Dentro de las parcelas se mapearon las prácticas agroforestales y se calculó el área así como que cobertura de vegetación mantenían. Las parcelas muestreadas dentro de la zona de izotal muestran diferentes coberturas de vegetación. Así, podemos ver que en la parcela 1 (Tabla 14) el área de la parcela es de 1.4 ha. El área que abarca la vegetación dentro de la parcela es de 0.947 ha lo que equivale a una cobertura de vegetación del 64.9%.

Tabla 14. Área total y de cobertura de la parcela 1 de SAF derivada de Izotal.

IZOTAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 1	14582 m ² (1,46 Ha)	9470 m ² (64,94%)



Figura 6. Mapeo de prácticas agroforestales presentes en la parcela 1 de SAF derivada de izotal.

La cobertura de las distintas prácticas agroforestales muestra que la mayor área la tiene el lindero de la parcela con 5684 m², seguido del relicto de vegetación con 2186 m² y por último las cuatro franjas de vegetación con 1600 m².

Tabla 15. Prácticas agroforestales presentes en los SAF derivados de izotal de la parcela 1

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	5684 m ²
FRANJA	1600 m ²
RELICTO DE VEGETACIÓN	2186 m ²

En la Figura 6 se muestran las distintas prácticas agroforestales presentes en la Parcela 1. Dentro de ésta, se distinguen principalmente tres prácticas agroforestales que son lindero, franjas de vegetación y relicto de vegetación.

En la segunda parcela (Tabla 16) muestreada el área total fue de 1.75 ha de los cuales la vegetación ocupa el 62% del total de la parcela (1.09 ha), menos que la parcela 1 por un 2%.

Tabla 16. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 2 del SAF derivada de izotal.

IZOTAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 2	17 546 m ² (1,75 Ha)	10 903,7 m ² (62,14%)

En la Figura 7 se muestran la parcela 2 con las distintas prácticas agroforestales que se encuentran dentro de esta, en total se encuentran cuatro prácticas agroforestales que son lindero, relicto de vegetación, franja de vegetación e individuo aislado



Figura 7. Mapeo del área y prácticas agroforestales de la parcela 2 de SAF derivado de izotal.

La cobertura de las distintas prácticas agroforestales en la parcela 2 es el lindero con 7299 m², relicto de vegetación con 2655 m², franja de vegetación con 884 m² y por último el individuo aislado con 65.7 m².

Tabla 17. Prácticas agroforestales y su área dentro de la parcela 2 de SAF derivados de izotal.

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	7299 m ²
FRANJA	884 m ²
INDIVIDUO AISLADO	65,7 m ²
RELICTO DE VEGETACIÓN	2655 m ²

En la parcela 3 muestreada dentro de los SAF derivados de Izotal el área total fue de 1.75 ha con una cobertura de vegetación del 64.7% que equivale a 1.16 ha.

Tabla 18. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 3 de SAF derivados de Izotal.

IZOTAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 3	17 910 m ² (1,75 Ha)	11 603 m ² (64,78%)

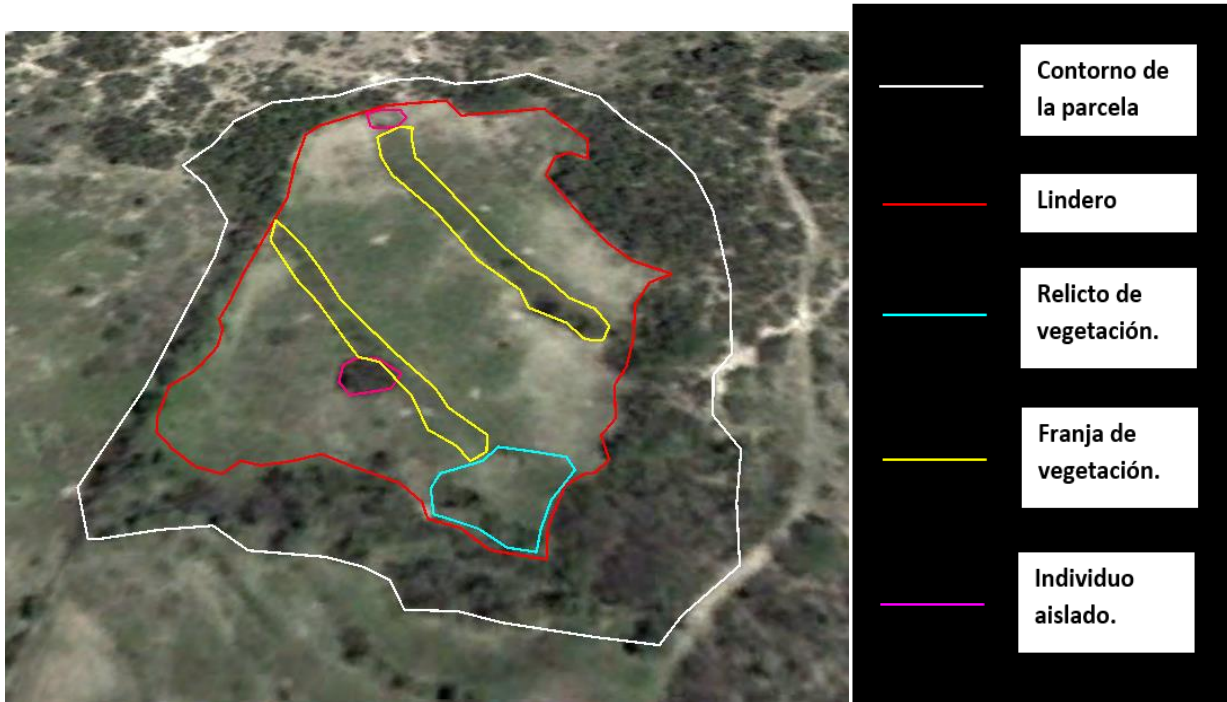


Figura 8. Mapeo de la parcela 3 de SAF derivados de izotal donde también se muestran las distintas practicas agroforestales presentes.

En el mapeo de la parcela se muestra la delimitación del SAF así como las cuatro prácticas agroforestales que se encuentran dentro de esta, las cuales son lindero, relicto de vegetación, franja de vegetación e individuo aislado (Figura 8). La cobertura de cada una de las prácticas agroforestales es (Tabla 19): lindero 9852 m², franja de vegetación, 1138 m², relicto de vegetación, 408 m² e individuo aislado 163.5 m².

Tabla 19. Cobertura de las prácticas agroforestales en la parcela 3 de los SAF derivados de izotal.

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	9852 m ²
FRANJA	1138 m ²
INDIVIDUO AISLADO	163,5 m ²

Dentro de las parcelas muestreadas de los SAF derivados de izotal se puede ver que en general el área promedio de las parcelas es de 1.65 ha y una cobertura promedio de 64% de vegetación.

MEXICAL

Dentro del mexical también se muestrearon tres parcelas. En la parcela 1 (Tabla 20) se puede ver que el área total es de 1.5 ha con una cobertura de vegetación del 82% equivalente a 1.2 ha.

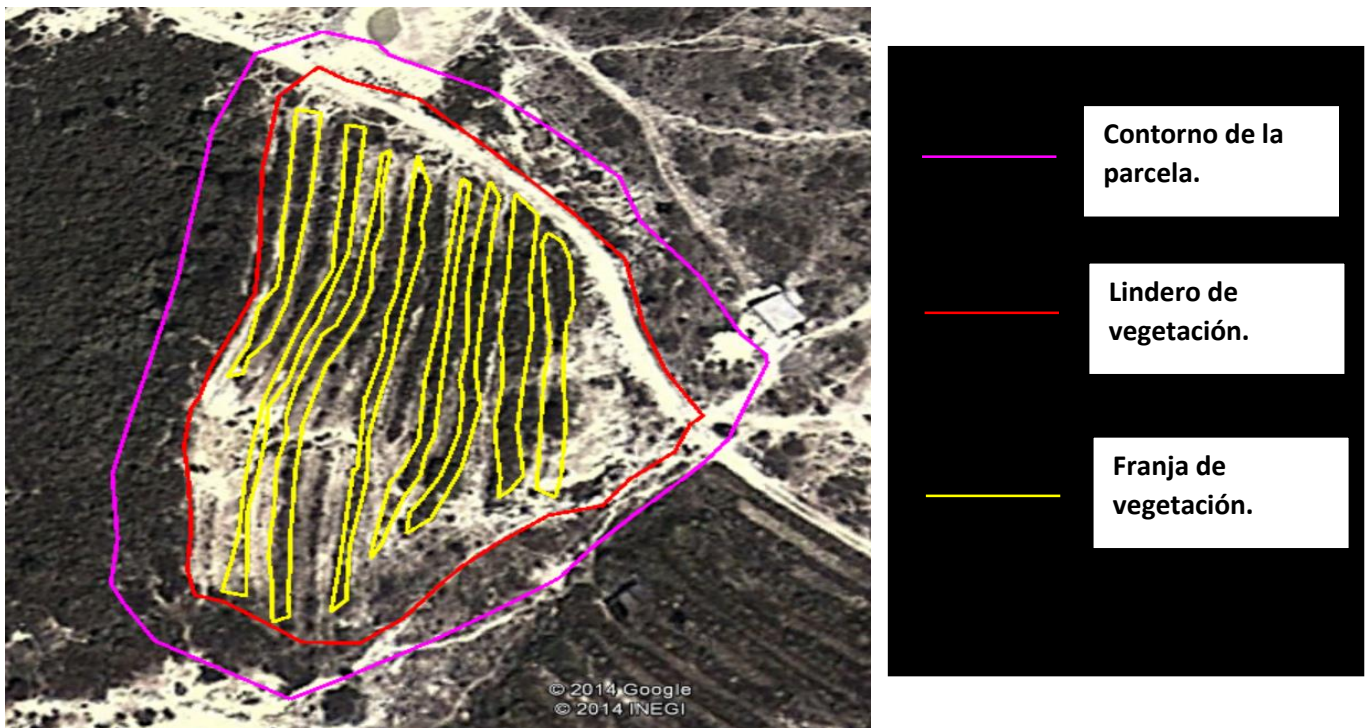


Figura 9. Mapeo y prácticas agroforestales de la parcela 1 de SAF derivada de mexical.

Tabla 20. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 1 de SAF derivado de mexical.

MEXICAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 1	15 504 m ² (1,5 Ha)	12 727 m ² (82.08%)

En el mapeo de la parcela 1 de SAF derivado de mexical (Figura 9) se muestran las dos prácticas agroforestales que se realizan dentro de esta que son el lindero de vegetación y ocho franjas de vegetación.

La cobertura de las prácticas agroforestales en la parcela 1 de mexical (Tabla 21) es: en el lindero de 10,107 m² y en las franjas de vegetación dan un total de 2,620 m².

Tabla 21. Cobertura de las prácticas agroforestales presentes en la parcela 1 de SAF derivado de mexical.

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	10 107 m ²
FRANJA	2 620 m ²

En la parcela 2 del SAF derivado de mexical (Tabla 22) el área total es de 0.3 ha aproximadamente con una cobertura de vegetación del 89.6% equivalente en área a 0.25 ha. Esta parcela es mucho menor que la parcela 1 pero la cobertura de la vegetación es mucho mayor en cuanto a porcentaje.

Tabla 22. Área total y cobertura de vegetación de la parcela 2 de SAF derivado de mexical.

MEXICAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 2	2 795 m ² (0.279 Ha)	2 504.3 m ² (89.59%)

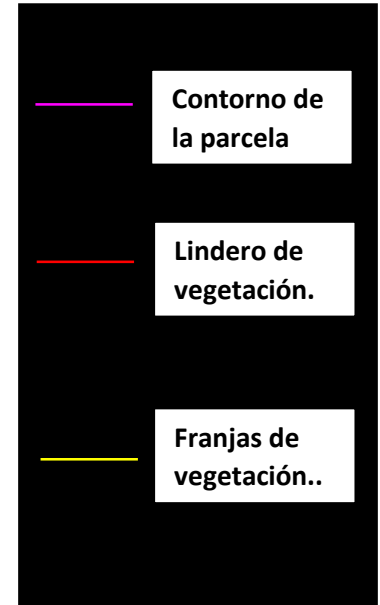


Figura 10. Mapeo de la parcela 2 de SAF derivados de mexical donde se muestran también las practicas agroforestales.

En la Figura 10 se ve el mapeo de la parcela 2 del SAF derivado de mexical, aquí se pueden ver solo dos prácticas agroforestales como es el lindero de vegetación y tres franjas de vegetación.

La cobertura de estas prácticas agroforestales (Tabla 23) es: lindero con 1817 m² y las franjas de vegetación con 687.3 m².

Tabla 23. Cobertura de las prácticas agroforestales de la parcela 3 de SAF derivadas de mexical.

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	1 817 m ²
FRANJA	687.3 m ²

En la tercer parcela se tiene un área total de muestreo de 0.19 Ha aproximadamente con una cobertura del 83.5% equivalente a 0.15 hectáreas.

MEXICAL	ÁREA TOTAL	COBERTURA
PARCELA 3	1 855 m ² (0.19 Ha)	1 555 m ² (83.5%)

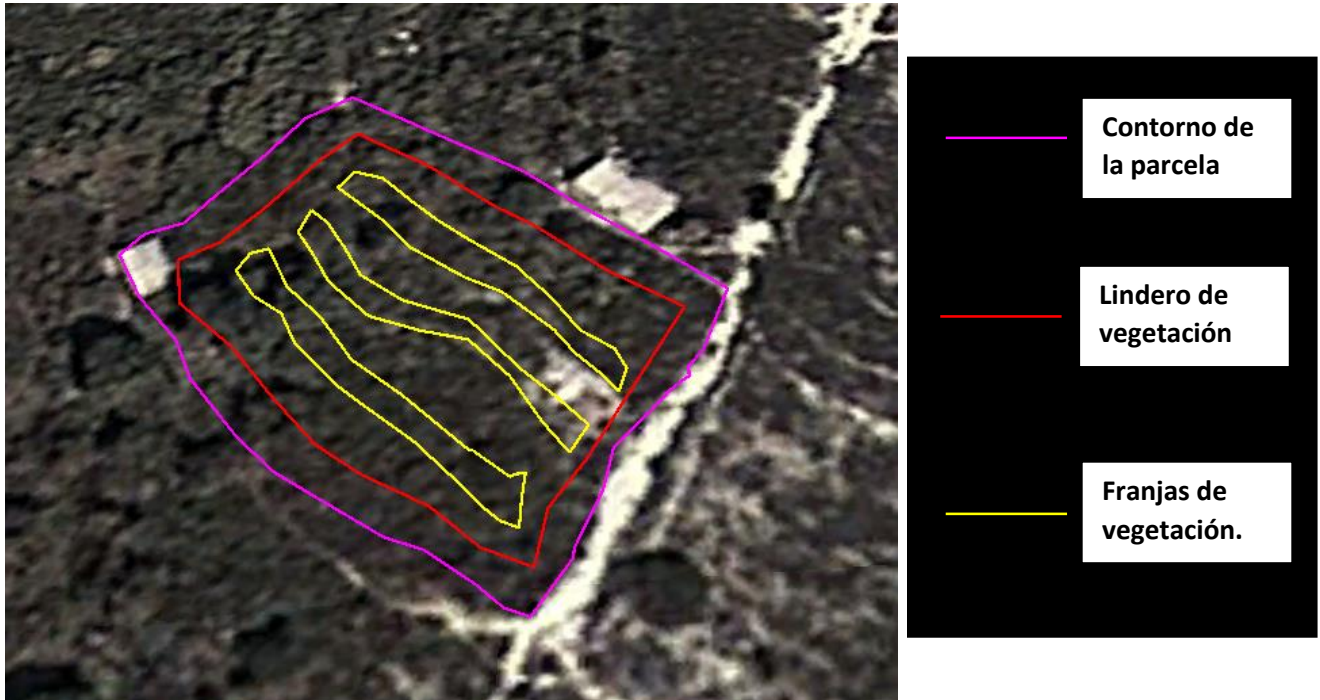


Figura 11. Mapeo de la parcela 3 y de sus prácticas agroforestales presentes en el SAF derivado de mexical.

En la Figura 11 se muestra la parcela 3 así como las prácticas agroforestales que se encuentran dentro de esta, las principales prácticas son el lindero de vegetación y tres franjas de vegetación que a diferencia de las otras parcelas tienen un ancho mayor de vegetación.

La cobertura de vegetación de las practicas agroforestales es: en el lindero 1230 m² y las tres franjas de vegetación dan un total de 325.5 m².

Tabla 24. Cobertura de vegetación de las prácticas agroforestales presentes en la parcela 3 de SAF derivados de mexical.

PRACTICA AGROFORESTAL	ÁREA
LINDERO	1 230 M2
FRANJA	325.5 M2

En las parcelas muestreadas de los SAF derivados de mexical se puede ver que en promedio el tamaño de las parcelas es de 6,718 m² con una cobertura de vegetación promedio de 85.06% la cual es mayor comparándola con los SAF derivados de izotal, esto probablemente a los agaves que dejan para obtener aguamiel y elaborar pulque.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ÍNDICE DE SHANNON

En la Figura 12 se muestra el índice de Shannon en los sistemas agroforestales así como en los bosques de los cuales derivan. El índice de Shannon en la vegetación natural es de 3.99 y en los SAF es de 3.36. Estos valores son muy parecidos entre sí por lo que se puede decir que los sistemas agroforestales son parecidos en gran medida a la vegetación natural (mexical e izotal) del cual provienen.

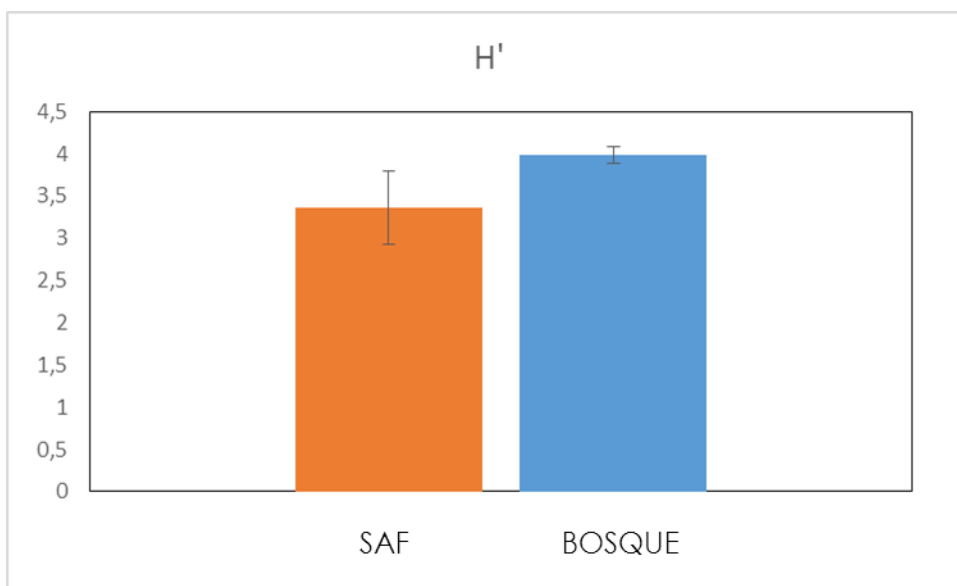


Figura 12. Comparación del Índice de diversidad de Shannon entre Bosque (naranja) y Sistemas Agroforestales (azul).

ÍNDICE DE SIMPSON

El índice de Simpson muestra los valores de los sistemas agroforestales y de la vegetación natural (Figura 13). En el caso de izotal los valores son de 3.0 para los SAF y

3.95 para la vegetación natural; para el mexical los valores son de 3.67 para SAF y 4.06 para la vegetación natural.

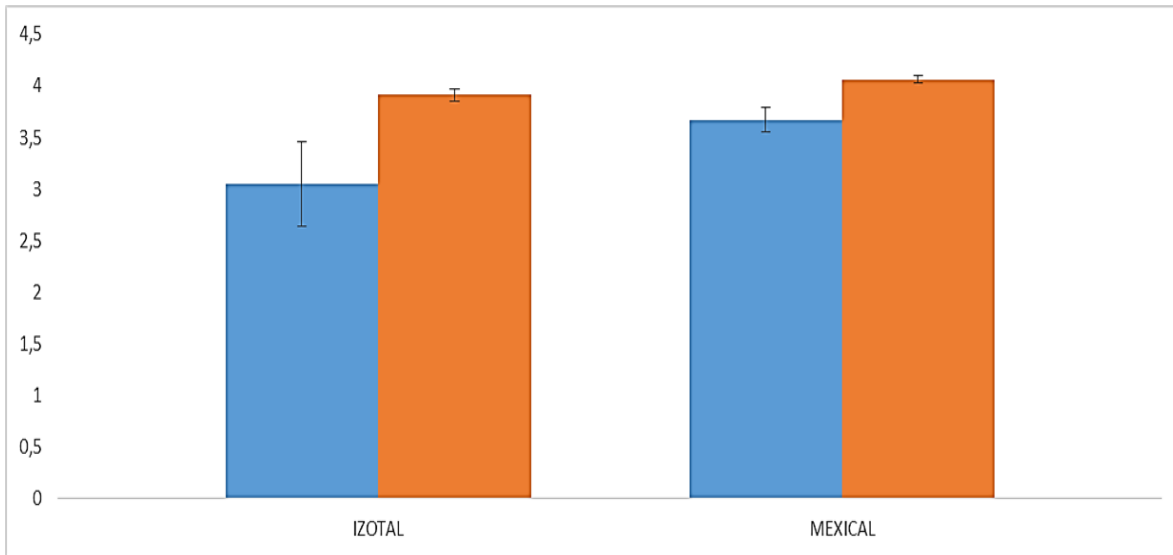


Figura 13. Comparación del Índice de Diversidad de Simpson entre Bosque (naranja) y Sistemas Agroforestales (azul) del mexical y del izotal.

La diversidad de especies es similar tanto en bosques como en sistemas agroforestales derivados de ambos tipos de vegetación. Aunque en el caso de izotal los SAF difieren un poco más de la vegetación de los cuales derivan comparado con el mexical.

La diversidad beta tiene gran relevancia para comprender, cuantificar y valorar la diversidad biológica, y puede considerarse como un concepto clave para entender el funcionamiento de los ecosistemas, para la conservación de la biodiversidad y para el manejo de los ecosistemas (Legendre et al., 2005).

El análisis de la diversidad beta muestra que esta es alta en todos los sitios (Tabla 25) lo que da como resultado una alta diversidad beta o recambio de especies total conforme se va cambiando de sitio.

Tabla 25. Diversidad y recambio de especies en los diferentes sitios. IAFS (sistemas agroforestales derivados de izotal), IFS (Bosque de izotal), MAFS (sistemas agroforestales derivados de mexical) y MFS (Bosques de mexical)

	IAFS1	IAFS2	IAFS3	MAFS1	MAFS2	MAFS3	IFS1	IFS2	IFS3	MFS1	MFS2	MFS3
IAFS1	36	0,531	0,722	0,957	0,967	0,93	0,711	0,746	0,642	0,795	0,8	0,944
IAFS2	0,69	62	0,633	0,944	0,93	0,928	0,835	0,856	0,785	0,827	0,962	1
IAFS3	0,84	0,78	36	0,87	0,833	0,86	0,711	0,746	0,701	0,718	0,925	0,944
MAFS1	0,98	0,97	0,93	10	0,765	0,677	0,93	0,956	1	0,846	0,815	0,867
MAFS2	0,98	0,96	0,91	0,87	24	0,511	0,859	0,898	0,964	0,758	0,794	0,797
MAFS3	0,96	0,96	0,92	0,81	0,68	21	0,853	0,821	0,885	0,841	0,815	0,857
IFS1	0,83	0,91	0,83	0,96	0,92	0,92	47	0,561	0,513	0,596	0,758	0,902
IFS2	0,85	0,92	0,85	0,98	0,95	0,90	0,72	35	0,697	0,61	0,823	0,943
IFS3	0,78	0,88	0,82	1,00	0,98	0,94	0,68	0,82	31	0,753	0,813	0,909
MFS1	0,89	0,91	0,84	0,92	0,86	0,91	0,75	0,76	0,86	42	0,791	0,87
MFS2	0,89	0,98	0,96	0,90	0,89	0,90	0,86	0,90	0,90	0,88	44	0,57
	0,97	1,00	0,97	0,93	0,89	0,92	0,95	0,97	0,95	0,93	0,73	35

El dendograma de la Figura 14 muestra que en general los sistemas agroforestales son parecidos a los bosques de los cuales derivan. Aquí podemos ver que los SAF de izotal

son similares en un 35% aproximadamente. También podemos ver que un sitio de bosque de mexical esta más relacionado con los izotales, esto debido a la cercanía del sitio con los mexicales y a la altitud en la que se encontraba. Los SAF de mexical son mas parecidos entre ellos en cuanto a composición de especies, pero difieren mas al compararlos con los bosques de los cuales derivan, esto probablemente debido a que el mexical es un sitio mas conservado ya que los pobladores no realizan ninguna actividad dentro de esta vegetación.

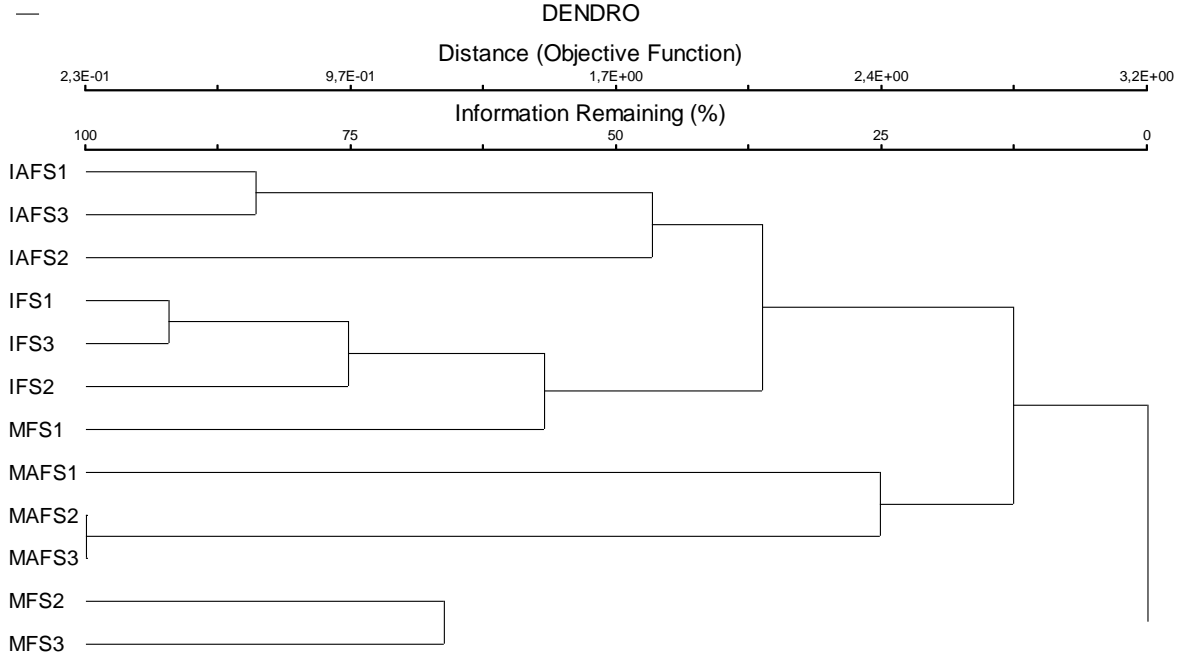


Figura 14. Dendrograma de comparación de los sistemas agroforestales y bosques de izotal y mexical. IAFS (sistemas agroforestales de izotal), IFS (Bosque de izotal), MAFS (Sistemas agroforestales de mexical) y MFS (Bosque de mexical)

6. DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE PRÁCTICAS Y MANEJO AGROFORESTAL

En los tipos de vegetación estudiada de izotal, los sistemas agroforestales derivados de estos se usan principalmente para la producción de maíz y frijol. Por otra parte, los SAF derivados de la vegetación de mexical se dedican principalmente a la producción de maíz, trigo y haba; así como la producción de pulque.

En los SAF estudiados aquí se caracterizaron las prácticas agroforestales dentro de cada parcela, en general las practicas más comunes son los linderos, franjas contra la erosión, relictos de vegetación e individuos aislados. Este tipo de prácticas favorece la heterogeneidad dentro de las parcelas por la forma en que los campesinos deciden seleccionar qué especies se quedan y también por las especies que llegan a colonizar estos espacios.

La apertura de parcelas en la vegetación natural favorece el incremento de algunas especies sobre todo de herbáceas (Blanckaert et al., 2007) que se ven beneficiadas con el disturbio aparente. En los SAF el número de especies herbáceas fue de 59 mientras que en la vegetación natural fue de 47 especies.

Es difícil conocer la historia de uso de los SAF dentro de la localidad, ya que las parcelas han sido heredadas por varias generaciones o vendidas, por lo que algunos propietarios no tienen datos precisos de cuando comenzó a usarse las parcelas, por otro lado algunos campesinos mencionan un tiempo de uso de casi 100 años o incluso un poco más.

En la comunidad de Las Cumbres es menor el disturbio en las parcelas ya que los propietarios no les dan el mismo manejo que en el área ejidal (izotal). Aquí los propietarios rentan sus parcelas o las dejan al cuidado de otros campesinos. Esta es posiblemente la razón por la que en el mexical se conserva un mayor número de especies nativas. Aunado a esto, los sitios donde realizamos los cuadrantes de vegetación son los mejores conservados de la zona, ya que es un área de 900 hectáreas a cargo de 3 habitantes de la localidad, por lo que no se realiza ningún tipo de actividad dentro de este terreno.

RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES VEGETALES

El manejo que las personas le dan a estos SAF ha permitido la conservación de la biodiversidad así como la introducción de nuevas especies y variedades, silvestres y cultivadas (Casas et al., 2006). Esto ha causado que dichos sistemas agroforestales sean muy heterogéneos tanto biológica como culturalmente, ya que en estos se pueden encontrar una gran riqueza y diversidad de especies lo que los convierte en una gran opción ecológica para mantener funciones ecosistémicas.

Los Sistemas Agroforestales se presentan como una opción viable para mantener y conservar la diversidad biológica. Los resultados de este estudio muestran que la capacidad de conservación de los SAF es del 79% de la riqueza de especies nativas presente en los bosques de los cuales provienen y el 55% de la riqueza total de especies. Lo anterior concuerda con Noble y Dirzo (1977), quienes mencionan que entre el 50% y 80% de la riqueza regional de las plantas podría ser conservado en los SAF tradicionales

y de acuerdo a otros estudios, alrededor del 60% de la riqueza de plantas encontradas en los bosques podrían encontrarse en estos SAF (Wilken, 1977; Leakey, 1999; Altieri y Nicholls, 2000; Backes, 2001; Bhagwat et al., 2008; Moreno-Calles *et al.*, 2010). Los datos encontrados aquí son similares a los de estudios realizados en los bosques de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán (Moreno-Calles et al., 2010; Vallejo et al., 2014), en donde se encontró que estos pueden mantener hasta el 97% de la vegetación natural y el 45% en las zonas templadas del Valle de Tehuacán

Moreno-Calles et al. (2010) consideran que esta alta diversidad puede deberse a que los sistemas de bosques de los cuales derivan los SAF tienen una alta riqueza de plantas. En el presente estudio podemos ver que en el izotal se encontraron 113 especies y en mexical 64 especies. La similitud entre izotal y los SAF es del 23% y en el mexical la similitud es del 42% con los SAF. De acuerdo con Bhagwat et al. (2008), la similitud entre sistemas agroforestales y vegetación natural es en promedio del 25% para herbáceas y el 39% para árboles.

También podemos ver que los SAF estudiados aquí son muy característicos en sus componentes forestales y agrícolas, ya que como lo refleja la diversidad beta, el recambio de especies es de cerca del 100% en los sitios estudiados.

Trabajos realizados en SAF dentro del Valle de Tehuacán mencionan que éstos son capaces de mantener diversidad a escala poblacional. En poblaciones manejadas de especies como *Polaskia chichipe*, *P. chende* y *Escontria chiotilla* encontraron altos porcentajes de la diversidad genética (Casas et al., 2006; Casas et al., 2008) y una alta capacidad de regeneración de algunas poblaciones de especies dominantes como *P.*

chichipe en los sistemas naturales originales y que son manejadas bajo este sistema (Farfán-Heredia, 2006).

PROCESOS SOCIALES ECONÓMICOS Y CULTURALES

Estos sistemas han experimentado una larga historia de interacciones con la gente (Casas et al., 2008), reflejándose así en la alta diversidad alfa y beta (Osorio-Betancourt et al., 1996; Valiente-Banuet et al., 2000) los cuales a su vez regional en el Valle de Tehuacán en el número de plantas y animales usados para múltiples propósitos y la complementariedad de ambientes usados (Casas et al., 2008).

Así como también ha sido expresada en términos de variedad de manejo de formas documentadas tanto en vegetación natural como en sistemas agrícolas (Altieri and Nicholls, 2006; Casas et al., 2008).

A pesar de la alta capacidad de conservación de especies, la flora presente en el Valle de Tehuacán y en general todas las zonas áridas del país tienen una mayor vulnerabilidad ante cualquier perturbación, lo que la sitúa en una alta categoría de riesgo; por lo anterior, su conservación dentro de estos sistemas puede resultar fundamental para diseñar estrategias regionales de conservación compatibles con el aprovechamiento de la tierra.

Algunos campesinos de San Nicolás Tepoxtitlán también mantienen un sentido de identidad hacia la tierra, pues la ve como proveedora de bienes y servicios lo cual crea una interacción positiva entre los campesinos y sus recursos naturales (Berkes, 2001).

Desafortunadamente otros no tienen la misma visión de conservación de la tierra y poco a poco esta interacción positiva se puede ir perdiendo.

La problemática que enfrentan los SAF es similar en distintas zonas rurales del país. Por ejemplo, en un estudio realizado por Romo-Lozano et al. (2012) en el municipio de Fortín, Veracruz se menciona que debido a la falta de inversión de capital privado y de apoyos gubernamentales al campo se carece de recursos para contratar asesoría técnica agrícola, pecuaria o forestal. La falta de esta asesoría y la falta de aplicación de insumos, se originan bajos rendimientos, además de una mayor incidencia de plagas y enfermedades, lo cual baja mucho la calidad de los productos obtenidos, dificultando su comercialización y ocasionando que estos se comercialicen a precios bajos. Todo esto desmotiva a los agricultores y ganaderos, con el consiguiente abandono del campo, desempleo, pobreza y migración.

Como argumentan Moreno-Calles et al. (2010) pensamos que los SAF deben ser considerados en una estrategia de conservación que involucre a otros usos de la tierra en la estrategia de conservación y deben ser pensados para: 1) mantener diversidad en hábitats remanentes que se encuentran dentro de paisajes abiertos; 2) como conexiones que faciliten el movimiento de las especies entre hábitats remanentes; 3) una forma de disminuir la presión debido a la obtención de recursos; 4) como una forma de amortiguar al aclareo de los sistemas silvestres; y 5) para evitar la conversión a sistemas más intensificados de uso de la tierra (Noble y Dirzo, 1997; Bhagwat et al., 2008) y no como una estrategia aislada solo dirigida a mantener la diversidad biológica.

7. CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales tienen una importante función en el mantenimiento de la diversidad biológica, y son una buena alternativa técnica para el manejo sustentable de recursos y ecosistemas. La clave para el mejoramiento de estos sistemas es el desarrollo de estrategias que favorezcan la productividad de los cultivos, pero también en el mantenimiento de especies que permitan ampliar el espectro de recursos y beneficios para los habitantes de la localidad, así como la diversidad de interacciones que permita asegurar la estabilidad y resiliencia del sistema. Todo esto tiene que ser tomando en cuenta siempre considerando las características sociales y biológicas del sistema que se intenta trabajar. El desarrollo y conservación de estos sistemas agroforestales pueden contribuir a frenar procesos de desertificación e incremento de la aridez que hoy constituyen una gran preocupación a nivel mundial.

Este estudio documenta la importancia del papel que tienen los sistemas agroforestales en el valle de Tehuacán para la conservación de la biodiversidad. Los sistemas agroforestales tienen una alta capacidad de mantener la riqueza y diversidad de especies.

Las estrategias de manejo deben considerar el paisaje, incluyendo la vegetación natural, sistemas agroforestales y huertos como un todo. Los campesinos locales han sido los principales conservadores de la biodiversidad en sus sistemas agroforestales pero también se deben considerar los procesos económicos, culturales y sociales actuales; así como otros tomadores de decisiones.

Un mejor entendimiento de la cosmovisión, necesidades y valores de los habitantes locales favorecen la construcción de estrategias de conservación tanto en la vegetación natural como en los sistemas agroforestales.

Los sistemas agroforestales son un importante reservorio de biodiversidad el cual puede ayudar a evitar la pérdida de especies y recursos naturales y así mejora su sustentabilidad y la resiliencia del sistema.

8. LITERATURA CITADA

Altieri MA. 1991. How best can we use biodiversity in agroecosystems. *Outlook Agric* 20:15-23.

Altieri M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:19-31.

Altieri M, Nicholls C. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sostenible. Serie de Textos Básicos para la Formación Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, México.

Altieri, M. 2001. Traditional agriculture. En: Ascher, S. (Ed.), *Encyclopedia of biodiversity*, Vol. 1. Academic Press. London, California, 109-118.

Appendini K. 2001. De la milpa a los tortibonos. La reestructuración de la política alimentaria en México, México. El colegio de México, Instituto de Investigaciones de la Naciones Unidas para el Desarrollo Social.

Arellanes Y, Casas A, Arellanes A, Vega E, Blancas J, Vallejo M, Torres I, Rangel-Landa S, Moreno A.I, Solis L, Perez-Negron E. 2013. Influence of tradicional markets n plant management in the Tehuacán Valley. *Journal of Ethnobiology ad Ethnobiomedicine*. 2013. 9:38.

Backes M.M. 2001. The role of indigenous trees for the conservation of biocultural diversity in traditional agroforestry land use systema: The Bungoma case study. *Agroforestry Systems* 52:119-132.

Bene, J.G., Beall, H. W. y Coste, A. 1977. *Trees, Food and People*. 1st ed., Ottawa, Canada: IDRC.

Berkes F. 2001. Religious traditions and biodiversity. En: Ascher, S. (Ed.), *Encyclopedia of biodiversity* Vol. 5. Academic Press, London, California, 109-120.

Berkes F y C. Folke. 2002. Back to the future: Ecosystems dynamics and local knowledge. En: L.H. Guderson y C.S. Holling (Eds.), *Panarchy: understanding transformation in human and natural systems*. Islands Press, Washington. D.C. 121-146.

Bhagwat SH, Willis KJ, Birks J, Whittaker R. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol* Vol 23:261-267.

Blancas J, Casas A, Pérez-Salicrú D, Caballero J, Vega E. 2003. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley Mexico. *J Ethnobiol Ethnmed*.

Blanckaert I, Vancraeynest K, Swennen R.L., Espinosa-García F.J., Piñero D, Lira R. 2007. Non-crop resources and the role of indigenous knowledge in semiarid production of Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119:39-48.

Boege, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*, México, INAH-CDI.

Casas, A., A. Valiente-Banuet, J. Viveros, & J. Caballero. 2001. Plant resources of the Tehuacán Valley, México. *Econ. Bot.* 55(1):129-166.

Casas A, Otero-Arnaiz A, Pérez-Negrón E, Valiente-Banuet A. 2007. In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Ann Bot* 100:1101-1115.

Casas, A., S. Rangel-Landa, I. Torres, E. Perez-Negron, L. Solís, F. Parra, A. Delgado, J. Blancas, B. Farfán-Heredia & A. Moreno. 2008. In situ management and conservation of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México: an ethnobotanical and ecological approach. En: De Albuquerque, U. P. y M. Alves-Ramos (Eds.) Current topics in ethnobotany.

Combe, J. & Budowski, G. 1979. Classification of agroforestry techniques. En de las Salas, G. (ed.), Proceedings of the Workshop on Agroforestry Systems in Latin America (pp. 17-47). Turrialba: CATIE.

Current D, Lutz E, Scherr S (eds). 1995. Cost, benefits and farmer adoption of agroforestry. Project experience in Central America and the Caribbean. World Bank Environment Paper Number 14. The World Bank, Washington, D.C. 212 pp.

Cruse-Sanders J, Parker K, Friar E, Huang D, Mashayekhi S, Prince L, Otero-Arnaiz A, Casas A. 2013. Managing diversity: domestication and gene flow in *Stenocereus stellatus* Riccob. (Cactaceae) in Mexico. *Ecol Evol* 3(5):1340-1355.

DeClerck FAJ, Chazdon RL, Hol KD, Milder JC, Finegan, Martinez-Salinas A, Imbach P, Canet L, Zayra R. 2010. Biodiversity conservation in human.modified landscapes of Mesoamerica: past, present and future. *Biodivers Conserv* 143:2301-2313.

Dávila, P., M.C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J.L Villaseñor, A. Casas, & R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México, *Conserv. Biol.* 11:421-442.

Donald PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conserv Biol* 18:17-37.

FAO. 1984. Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile: Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

FAO. 2002. Seguridad Alimentaria en Centroamerica. Del manejo a la crisis a corto plazo, al manejo de riesgos y reducción de la vulnerabilidad a largo plazo.

FAO. 2011. Panorama de la Seguridad Alimentaria y nutricional en America Latina y el Caribe. Roma, Italia 2011.

Farfán-Heredia B. 2006. Efecto del manejo silvícola en la estructura y dinámica poblacional de *Polaskia chichipe* Backeberg en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán.

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. & Toulmin, C. 2010. Food Security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812-818

González, H. 2007. Gobernanza mundial y los debates sobre seguridad alimentaria. México DF., Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. 178pp.

Gordon, A.M. and S.M. Newman. 1997. Temperate Agroforestry Systems. CAB International, Wallingford, U.K. 269 pp.

Gregory PJ, Ingram JS, Brklacich M. 2005 Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 2139–2148

Guizar, E. 2011. La Vegetación de la Mixteca. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana

Harvey CA, Komar O, Robin C, Ferguson BG, Finegan B, Griffith DM, Martínez-Ramos M, Morales H, Nigh R, Soto-Pinto L, Van Breguel M, Wishnie M. 2008. Integrating agricultural landscapes with the biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conserv Biol* 22:8-15.

Hernández AF. 2010. Diseño, establecimiento, manejo y evaluación financiera del sistema agroforestal mezquite-maguey con forrajeras de corte en el poblado de Xalcotan, Estado de México. Tesis de Maestría. Texcoco, Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo.

International Center for Research in Agroforestry. 1993. Annual report.

Isaac-Márquez R. 2004. Explorando la perspectiva campesina de la agroforestería en la Reserva de la Biosfera de la Biósfera de Calakmul. *Universidad y Ciencia*. 20(40):39-54.

Jackson L, U. Pascual & T. Hodking. 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121 (3): 196-210.

Jardel E. J. 1995. Las areas protegidas en la práctica. Discusión sobre conservación biológica y desarrollo sustentable. *Revista Universidad de Guadalajara* Marzo-Abril de 1995:23-26.

Krishnamurthy, L. 1998. Agroforestería. En *Red Gestion de Recursos Naturales*. México: Fundación Rockeeller.

Krishnamurthy L. & Uribe. G.M. 2003. Introducción a la Agroforestería para el Desarrollo Rural. Alternativas Productivas. México: CECADESU-SEMARNAT.

Leakey R. 1999. Agroforestry for Biodiversity in Farmin Systems. In Colling W, Qyalset C. (Eds). Biodiversity in Agroecosystems. Lewis Publishers. NY. EU.

León, A., Martínez, R., Espíndola, E. and Scheijtman, A. 2004. Pobreza, hambre y seguridad alimentaria en Centroamérica y Panamá, Santiago: UN.

Lira R, Casas A, Rosas-López R, Paredes-Flores M, Rangel-Landa S, Solís L, Torres I, Dávila P. 2009. Traditional knowledge and useful plant richness in the Tehuacán-Cuicatlán, México, Econ Bot 63:271-287.

Lundgren, B.O. & Raintree, J.B. 1982. Sustained agroforestry. En Nestel, B. (ed). Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia (pp 37-49). The Hague, the Netherlands: ISNAR.

MacNeish RS. 1967. A summary of subsistence. In: Byers DS (ed) Prehistory of the Tehuacán Valley: environment and subsistence, vol 1. University of Texas Press, Austin, pp 290-309.

Macneish RS. 1992. The origins of agriculture and settler life. University of Oklahoma Press.

Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton.

Martorell C, Peters ED. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. Biol Conserv 124:199-207.

McNeely JA, Schrotch G. 2006. Agroforestry and biodiversity conservation-traditional practices, present dynamics and lessons for the future. *Biodivers Conserv* 15:549-554.

Mittermeier, R.A. 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies of Brazil and Madagascar and the importance of megadiverse countries. En: *Biodiversity* (E.O. Wilson, ed) National Academic Press, Washington.

Mittermeier, R.A. y C. Goettsch y Robles-Gil, P. 1997. Megadiversidad. Los países biológicamente mas ricos del mundo. Cemex. México.

Montiel A. 2004. Opciones Agroforestales para el desarrollo sostenible de la agricultura en el Estado de Michoacán. Tesis de Maestría. Texcoco, Estado de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno-Calles, A., Casas, A., Blancas, J., Torres, I., Pérez-Negron, E., Caballero, J., Masera, O., García-Barrios, L. 2010. Agroforestry Systems and biodiversity conservation in arid zones: the case of the Tehuacán-Cuicatlán Valley. Central México. *Agroforestry Systems* 80(3): 315-331.

Moreno-Calles, A.; A. Casas; E. García-Frapolli & I. Torres. 2012. Agroforestry systems of the multicrop "milpa" and "chichipera" cactus forest in the arid Tehuacán Valley, Mexico: their management and role in people's subsistence. **Agroforestry Systems** 84: 207-226.

Moreno-Calles AI, Toledo VM, Casas A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Science* 91(4): 375-398.

Moreno-Calles A, García-Luna V, Casas A, Toledo VM, Vallejo M, Santos-Fita D, Camou-Guerrero A. 2014. La Etnoagroforestería: el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología* 12(3):1-16.

Nair P.K.R. 1998. Directions in tropical agroforestry research: past, present and future. *Agroforestry Systems* 38: 223-245.

Noble I, Dirzo R. 1997. Forest as human-dominated ecosystems. *Science* 277:522-525.

Osorio-Betancourt O, Valiente-Banuet A, Dávila P, Medina R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59:35-58.

Otero-Arnaiz A, Casas A, Hamrick JL, Cruse-Sanders J. 2005. Genetic variation and evolution of *Polaskia chichipe* (Cactaceae) under domestication in the Tehuacán Valley central México. *Mol Ecol* 14(6):1603-1611.

Parra F, Casas A, Peñaloza-Ramírez JM, Cortés-Palomec AC, Rocha Ramírez V; González-Rodríguez A. 2010. Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and management *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, México. *Annals of Botany* 483-496.

Pérez-Negrón E, Casas A. 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico: The case of Santiago Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70:356-379.

Perfecto I, Armbrecht I, Philpott SM, Soto-Pinto L, Dietsch TM. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. In Tschardt T, Leuschner

C, Zeller M, Guhadja E, Bidin A. (Eds.) The Stability of tropical Rainforest Margins, Linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation. Environmental Science Series, Springer Verlag, Berlin. Pp. 227-264.

Perfecto I, Vandermeer J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. *Ann NY Acad Sci* 1134:173-200.

Pretty J.N. 1995. Regenerating agriculture: policies and practices for sustainability and self-reliance. Earthscan, Londres.

Quinkenstein A., Wöllecke J., Böhm C., Grünewald H., Freese D., Scheider B.U., Hüttl R.F. 2009. Ecological benefits of the agroforestry-system Alley Cropping in sensitive regions of Europe, *Environmental Science and Policy*, 12:1112-1121.

Reyna, T.T. y A. Rebollo, P. 1985. Efectos de la sequía intraestival en la ganadería mexicana. X congreso Nacional de Geografía. Ed. Soc. Mex. de Geografía y Estadística. México. Pp. 102-112.

Reyna, T.T. 2008. Climas y formación de suelos en México. Curso-Diplomado internacional de Edafología Nicolás Aguilera. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Querétaro; Centro de Ciencias Medio Ambientales CSIC, España. Pp 1-17.

Roger I. 1996. Ajuste en el sector agrícola y la seguridad alimentaria. Centro de Documentación de Honduras (CEDOH), Organización internacional por el derecho a Alimentarse. Tegucigalpa Honduras. 85pp.

Romo-Lozano JL, García-Cruz YB, Uribe-Gómez M, Rodríguez-Trejo DA. 2010. Prospectiva financiera de los sistemas agroforestales de el Fortín, Municipio de Atzacan, Ver. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 18(1):43-55.

Rzedowski, J. A. 1978. Vegetación de México. 432. Limusa, México, D.F.

Sánchez HRF. 2010. Diseño de un Sistema agroforestal de higuera (*Ricinus communis* L.). Tesis de Maestría. Texcoco Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo.

Scales BR, Marsden SJ. 2008. Biodiversity in small-scale tropical agroforest: a review of species richness and abundance shifts and the factors influencing them. Environ Conserv 35:160-172.

Schroth G, da Fonseca GAB, Harvey CA, Gascon C, Vasconcelos HL, Izac AMN. 2004. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Islands Press, Washington.

Shannon CE, Weaver W. 1949. The mathematical theory of information, University of Illinois Press, Urbana.

Smith E. 1965. Agriculture, Tehuacán Valley. Fieldiana Botany 31:53-100.

Suárez, B and Pérez-Gil. 1999. La modernización del campo y la alimentación un recuento de los últimos años, 1982-1996. En Sector agropecuario y alternativas comunitarias de seguridad alimentaria y nutrición en México, México. UAM.

Swift MJ, Vandermeer J, Ramakrishnan PS. 1998. Biodiversity and agroecosystem function. In: Mooney HA, Cushman JH, Medina E. (eds) Functional roles of biodiversity: a global perspective. Wiley, New York, pp 262-294.

Toledo V.M. 1990. The ecological rationality of peasant production, In: Altieri, M., Hectc, S. (Eds.), *Agroecology and Small-far Development* CRC Press Boca Raton, Florida, 51-58.

Toledo V.M., Carabias J., Mapes C., Toledo C. 2000. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*, México, Siglo XV.

Toledo V.M, Alarcón-Cháiry P. Baron L. 2002. *La modernización rural en México. Un análisis sociobiologico*. SEMARNAT, INIE, UNAM, México 132pp.

Toledo V.M. y Barrera-Bassols, N. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial. Barcelona.

Toledo, V.M. 2008. *Metabolismo rural: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza*. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, num 7.

Torres T. F. 2008. *Seguridad alimentaria Seguridad Nacional*, México, s/editor. 345pp.

Uribe, G.M. 1999. *Caracterización agronómica del sistema tradicional agroforestal café-platano-cítricos en el Municipio de Tlapacoyán, Veracruz*. Tesis inédita de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México.

Utting P. 1996. *Bosques, sociedad y poder*. Universidad Centroamericana (ICA), Managua: 181pp.

Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, P., Dávila, N., Flores-Hernández, M.C., Arizmendi, J.L. Villaseñor y J. Ortega. 2000. *La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 67:25-74.

Valiente-Banuet, A., P. Dávila, A. Casas, M.C., Arizmendi y J. Ortega-Ramírez. 2006. Diversidad biológica y desarrollo sustentable en la reserva de la biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. En: Oyama, K. y A., Castillo (Coord.) Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. 248-277, UNAM. México. D.F.

Vallejo M, Casas A, Blancas J, Moreno-Calles AI, Solís L, Rangel-Landa S, Dávila P, Tellez O. 2014. Agroforestry systems in the highlands of the Tehuacán Valley México: Indigenous culture and biodiversity conservation. *Agroforestry Systems* 88:125-140.

Vallejo M, Casas A, Pérez-Negron E, Moreno-Calles AI, Hernández-Ordoñez O, Tellez O, Davila P. 2015. Agroforestry systems of the lowland alluvial valleys of the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve: an evaluation of their biocultural capacity. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2015. 11:8.

Wilken G. 1977. Integrating forest and small-scale farm systems in Middle America. *Agro-Ecosystems*. 3:291-302.

9. ANEXOS

ANEXO 1

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
1	ACANTHACEAE	sp1		X
2	AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	X	
3		<i>Chenopodium murale</i> L.	X	
4	ANACARDIACEAE	<i>Pseudosmodingium multifolium</i> Rose		X
5		<i>Rhus chondroloma</i> Standl.	X	X
6		<i>Rhus standleyi</i> F.A. Barkley	X	
7		<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	X	X
8		<i>Schinus molle</i> L.		X
9	APIACEAE	<i>Arracacia sp.</i>		X
10	ARECACEAE	<i>Brahea nitida</i> André		X
11		<i>Brahea dulcis</i> (Kunth) Mart.		X
12	ASPARAGACEAE	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	X	X
13		<i>Agave peacockii</i> Croucher		X
14		<i>Agave potatorum</i> Zucc.		X
15		<i>Dasyilirion serratifolium</i> (Karw. Ex Schult. F.) Zucc.	X	X
16		<i>Nolina parviflora</i> (Kunth) Hemsl.	X	X
17		<i>Yucca periculosa</i> Baker.	X	X
18		ASTERACEAE	<i>Acourtia sp</i>	X
19	<i>Ageratina sp</i>		X	
20	<i>Ageratina espinosarum</i> (A. Gray) R.M. King & H. Rob.		X	
21	<i>Ageratina tomentella</i> (Schrad.) R.M. King & H			X
22	<i>Baccharis serrifolia</i> D.C.			X
23	<i>Baccharis sp</i>		X	
24	<i>Bidens odorata</i> Cav.		X	X
25	<i>Bidens sp</i>		X	
26	<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray		X	X
27	Compuesta 1		X	X
28	Compuesta 2		X	
29	Compuesta 3	X		

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
30		Compuesta 4	X	
31		Compuesta 5	X	X
32		Compuesta 6		X
33		Compuesta 7		X
34		Compuesta 8	X	
35		Compuesta 9		X
36		Compuesta 10		X
37		Compuesta 11		X
38		<i>Dahlia apiculata</i> P.D. Sorensen	X	
39		<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass.		X
40		<i>Gochnatia hipoleuca</i> (D.C.) A. Gray		X
41		<i>Gymnosperma glutinosa</i> Less.	X	X
42		<i>Melampodium sp</i>	X	
43		<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	X	X
44		<i>Montanoa leucantha</i> (Lag.) S.F. Blake	X	
45		<i>Montanoa sp1</i>	X	
46		<i>Montanoa sp2</i>	X	
47		<i>Montanoa sp3</i>		X
48		<i>Montanoa sp4</i>	X	
49		<i>Montanoa sp5</i>	X	
50		<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	X	X
51		<i>Perymenium discolor</i> Schrad.	X	X
52		<i>Perymenium sp</i>	X	
53		<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	X	
54		<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	X	X
55		<i>Stevia sp.</i>		X
56		<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	X	
57		<i>Tagetes lunulata</i> Ortega		X
58		<i>Tagetes sp.</i>	X	
59		<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	X	
60		<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	X	X
61		<i>Vernonia sp.</i>		X
62		<i>Viguiera cordata</i> (Hook. Arn.) D'Arcy	X	X
63		<i>Viguiera sp.</i>		X
64		<i>Zaluzania montagniiifolia</i> (Sch. Bip) Sch. Bip.	X	
65		<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.		X
66	BERBERIDACEAE	<i>Berberis quinquefolia</i> (Standl.) Marroq. & Laferr.		X
67	BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss ex Kunth	X	X
68	BORAGINACEAE	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	X	X
69		<i>sp1</i>		X

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
70	BRASSICACEAE	<i>Brassica sp.</i>		
71	BURSERACEAE	<i>Bursera aff. Arida</i> (Rose) Standl.		X
72		<i>Bursera copalifera</i>	X	X
73		<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.		X
74		<i>Bursera galeottiana</i> Engl.		X
75	CACTACEAE	<i>Coryphanta sp.</i>		X
76		<i>Ferocactus latispinus</i> (Haq.) Britton & Rose		X
77		<i>Ferocactus robustus</i> (Link & Otto) Britton & Rose		X
78		<i>Mammillaria zephyranthoides</i> Scheidw.		X
79		<i>Mammillaria haageana</i> Pfeiff.		X
80		<i>Mammillaria pyramidalis</i> Link & Otto		X
81		<i>Marginatocereus marginatus</i> (DC.) Backeb.	X	X
82		<i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y. Dawson		X
83		<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> Bravo.		X
84		<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck		X
85		<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber.	X	X
86		<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. Ex Pfeiff.		X
87	CELASTRACEAE	<i>Schaefferia stenophylla</i> Standl.	X	X
88		<i>Wimmeria microphylla</i> Radlk.		X
89		<i>sp1</i>		X
90	COMMELINACEAE	<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	X	X
91	CONVOLVULACEAE	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	X	
92		<i>Ipomoea arborescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don	X	X
93		<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	X	
94	CRASSULACEAE	<i>Echeveria subsessilis</i> Rose		X
95	ERICACEAE	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth		X
96	EUPHORBIACEAE	<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> Breckon		X
97		<i>Croton ciliatoglandulosus</i> Ortega.	X	X
98		<i>Croton sp</i>		X
99		<i>Euphorbia antisiphylitica</i> Zucc.		X
100		<i>Euphorbia stictospora</i> Engelm.	X	X
101		<i>Ricinus communis</i> L.	X	X
102		<i>sp 1</i>		X
103	FABACEAE	<i>Acacia cochliacantha</i> S. Watson	X	X

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
104		<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.		X
105		<i>Acacia subangulata</i> Rose	X	X
106		<i>Acacia constricta</i> Benth	X	X
107		<i>Aeschynomene compacta</i> Rose	X	X
108		<i>Caesalpinia pringlei</i> (Britton & Rose) Standl.	X	X
109		<i>Calliandria grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.		X
110		<i>Calliandropsis</i> sp.		X
111		<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl ex Willd.	X	X
112		<i>Dalea tomentosa</i> (Cav.) Willd.	X	X
114		<i>Dalea</i> L.	X	
115		<i>Desmodium</i> sp.	X	
116		<i>Eysenhardtia polystachia</i> (Ortega) Sarg.	X	X
117		<i>Eysenhardtia</i> sp.	X	
118		<i>Leucaena esculenta</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Benth.	X	
119		<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	X	X
120		<i>Medicago</i> sp.	X	
121		<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	X	X
122		<i>Mimosa lacerata</i> Rose	X	X
123		<i>Mimosa luisana</i> Brandegees	X	
124		<i>Mimosa</i> sp 1	X	
125		<i>Mimosa</i> sp 2	X	
126		<i>Mimosa</i> sp 3	X	
127		<i>Mimosa</i> sp 4		X
128		<i>Nissolia microptera</i> Poir.	X	
129		<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl ex Willd) M.C. Johnst.	X	
130		<i>Senna unijuga</i> (Rose) H.S. Irwin & Barneby		X
131		<i>Senna galeottiana</i> (M. Martens) H.S. Irwin & Barneby	X	X
132		<i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S. Irwin & Barenby	X	X
133		sp 1		X
134		sp 3		X
135		sp2		X
136	FAGACEAE	<i>Quercus greggii</i> (A. DC.) Trel.		X
137		<i>Quercus</i> sp.		X
138	FOUQUIERIACEAE	<i>Fouquieria formosa</i> Kunth		X
139	GENTIANACEAE	<i>Eustoma exaltatum</i> (L.) Salisb. Ex G. Don		X
140	GERANIACEAE	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her ex Ait.	X	X
141	LAMIACEAE	<i>Salvia oaxacana</i> Fernald		X
142		<i>Salvia lasiantha</i> Benth	X	X

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
143		<i>Salvia thymoides</i> Benth.	X	X
144		<i>Salvia sp</i>	X	
145		<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl.	X	
146		<i>Salvia candicans</i> M. Martens & Galeotti		X
147		<i>Salvia aspera</i> M. Martens & Galeotti		X
148	LAURACEAE	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth		X
149	LOASACEAE	<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	X	X
150	MALPHIGIACEAE	<i>Byrsonima sp.</i>	X	
151		<i>Galphimia glauca</i> Cav.		X
152		<i>Gaudichaudia galeottiana</i> (Nied.) Chodat	X	X
153		<i>Lasiocarpus sp.</i>		X
154		<i>Malpighia galeottiana</i> A. Juss.	X	
155		<i>Mascagnia pubiflora</i> (A. Juss.) Griseb.		X
156	MALVACEAE	<i>sp1</i>		X
157		<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltld.	X	X
158		<i>Ayenia fruticosa</i> Rose		X
159		<i>Malva parviflora</i> L.	X	
160	MYRSINACEAE	<i>Anagallis arvensis</i> L.	X	
161	ONAGRACEAE	<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. Ex Aiton	X	
162	OXALIDACEAE	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth		X
163	PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	X	
164	POACEAE	<i>Bouteloua sp.</i>	X	X
165		<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	X	
166		<i>Setaria sp.</i>	X	
167		<i>sp 1</i>	X	
168		<i>sp 2</i>	X	
169		<i>sp 3</i>	X	X
170		<i>sp 4</i>	X	
171		<i>sp 5</i>	X	
172		<i>sp 6</i>		X
173		<i>sp 7</i>	X	
174		<i>sp 8</i>	X	
175		<i>sp 9</i>		X
176		<i>sp10</i>		X

No.	FAMILIA	ESPECIE	SAF	BOSQUE
177	POLEMONIACEAE	<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don	X	X
178	RHAMNACEAE	<i>Karwinskya humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	X	X
179	ROSACEAE	<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K. Koch		X
180	RUBIACEAE	<i>Bouvardia erecta</i> (DC.) Standl.		
181		<i>Disodea sp.</i>		X
182		<i>Hintonia standleyana</i> Bullock	X	
183	RUTACEAE	<i>Casimiroa calderoniae</i> F. Chiang & González Medrano, Francisco.	X	X
184		<i>Casimiroa edulis</i> La Llave & Lex.		X
185		<i>Ptelea trifoliata</i> L.	X	X
186		<i>Ruta chalepensis</i> L.	X	X
187		<i>Zanthoxylum sp.</i>		X
188	SAPINDACEAE	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	X	X
189	SAXIFRAGACEAE	<i>Pterostemon rotundifolius</i> Ramírez	X	X
190	SCROPHULARIACEAE	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	X	X
191		<i>Buddleja parviflora</i> Kunth.	X	
192		<i>Castilleja scorzonerifolia</i> Kunth		X
193		<i>sp 1</i>		X
194	SOLANACEAE	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	X	
195		<i>Physalis nicandroides</i> Schltldl.	X	
196		<i>Solanum sp.</i>	X	
197	TURNERACEAE	<i>Turnera diffusa</i> Willd.		X
198	ULMACEAE	<i>Celtis pallida</i> Torr.		X
199		<i>Celtis caudata</i> Planch.		X
200	VERBENACEAE	<i>Citharexylum tetramerum</i> Brandegee	X	X
201		<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.	X	X
202		<i>Lantana camara</i> L.	X	
203		<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br ex Britton & P. Wilson		X
204		<i>Lippia graveolens</i> Kunth		X

ANEXO 2

ENTREVISTA PILOTO

DATOS GENERALES

1. Número de entrevista _____
2. Localidad _____

3. Nombre _____
4. Sexo _____
5. Edad _____
6. ¿Es usted ejidatario, pequeño propietario, vecindado u otro? _____
7. ¿Habla náhuatl u otra lengua diferente al español? _____
8. ¿Sus padres o abuelos hablaban alguna lengua? _____

9. ¿Sus _____ h@s hablan alguna lengua? _____

MANEJO DEL PAISAJE E HISTORIA DEL SISTEMA

10. ¿Qué tipos de montes y parcelas hay en la comunidad? _____

11. ¿Cuáles son las mejores parcelas de la comunidad y por qué piensa eso? _____

12. ¿Cuántas parcelas tiene, dónde se encuentran estas y qué siembra en ellas? _____

13. ¿Cuál es el tamaño de sus parcelas? _____

14. ¿Cuánto tiempo llevan de uso cada una? _____

SOLO DE LA PARCELA DONDE SE REALIZARÁ EL MUESTREO

15. ¿Desde cuándo tiene su parcela? _____

16. ¿Usted la desmonto? _____

17. ¿Cómo hizo para desmontarla? _____

18. ¿En qué fechas es mejor desmontarla y por qué? _____

19. ¿Cómo hizo para decidir que plantas (árboles, arbustos, magueyes y hierbas) dejar y cuáles quitar? _____

20. ¿De quién era antes de usted? _____

21. ¿Sabe lo que se cultivaba anteriormente en esta parcela antes de que fuera suya? _____

22. ¿Qué ha cultivado usted en su parcela en los ciclos anteriores? _____

23. ¿Deja descansar a su parcela? ¿Cuánto tiempo? _____

24. ¿Cuáles son las plantas (árboles, arbustos y hierbas) que crecen en la parcela durante el descanso? _____

25. ¿Cuándo limpia el terreno después del descanso deja algunos árboles o arbustos, cuáles son, por qué los deja? _____

MANEJO AGRÍCOLA

26. ¿Cuál es el cultivo o cultivos que siembra en esta parcela? _____

27. Actualmente siembra diferentes clases de maíz, de frijol o calabaza? ¿Cuáles? _____

28. ¿De dónde obtiene las semillas para la siembra? _____

29. ¿Su parcela es de temporal, de medio riego o riego de riego? _____

30. ¿Utiliza fertilizantes químicos, abonos, fertilizantes orgánicos? _____

31. ¿Cómo le hace para controlar las plagas o las enfermedades de los cultivos? _____

32. ¿Qué prácticas realiza en la parcela y qué herramientas o maquinaria utiliza para ello? _____

MANEJO AGROFORESTAL

33. ¿Además de los cultivos tiene otras plantas (arbolitos, arbustos, magueyes o hierbas) en su parcela? ¿Cuáles son sus nombres? ¿Por qué los tiene ahí? ¿Para qué los usa? Describir cada uno de ellos _____

34. ¿Cuáles son los árboles, arbustos o hierbas favoritos de usted para tener en la parcela?
 ¿Por _____ qué _____ son _____ sus
 favoritos? _____

35. ¿Cómo le ha hecho para tenerlos? ¿Han salido solos, los deja, los ha sembrado, los trae
 del monte, del huerto, de otro lugar, los ha
 comprado? _____

36. ¿Cómo los cuida? ¿los protege, los transplanta, los riega, los
 poda? _____

37. ¿Dónde prefiere dejar o sembrar los árboles, los arbustos, o magueyes, en el centro, en la
 orilla, en las terrazas?

38. ¿Cuáles árboles, arbustos o hierbas considera que deben tener en las parcelas y por
 qué? _____

39. ¿Cuáles árboles, arbustos o hierbas considera que debe quitar y por
 qué? _____

40. ¿Hay algún árbol, arbusto o hierba que piense que ayuda a la milpa, atraiga plagas, le de
 abono, mejore el clima?

41. ¿Hay alguno que le afecte a la milpa, qué le de sombra, que compita con ella, que guarde plagas? _____

42. ¿Considera que antes había más arbolitos en las parcelas o había menos? _____

43. ¿Por qué piensa que se han incrementado o acabado los arbolitos en las parcelas? _____

44. ¿Considera que hay alguna consecuencia de que ya no haya arbolitos magueyes o que sean más en las parcelas? _____

45. ¿Hay alguna regla que evite cortar árboles en las parcelas, cuál es la pena por violar esa regla? _____

46. ¿Conoce algún programa de gobierno o de otro tipo que favorezca quitar los árboles de las parcelas?

47. _____

48. ¿Conoce algún programa que favorezca para que se mantengan los árboles, arbustos o hierbas en las parcelas? _____

MANEJO PECUARIO

49. ¿Tiene animales, cuántos y de cuáles, los trae a la parcela?

50. ¿Por _____ qué _____ tiene animales? _____

51. ¿Cómo _____ hace _____ para alimentarlos? _____

52. ¿Hay algún beneficio de los árboles, arbustos o hierbas para el ganado? ¿Lo usa como forraje, sombra? _____

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SISTEMA

53. ¿Los cultivos de su parcela son de autoconsumo o para la venta?
 54. _____

55. ¿Los de autoconsumo le alcanza para todo el año? ¿Para cuánto tiempo le alcanza?
 ¿Cuánto produce?
 56. _____

57. ¿Ha ido disminuyendo lo que obtiene de su parcela? ¿Por qué piensa que pasa eso? _____

58. ¿De los árboles, arbustos o hierbas de la parcela obtiene algún beneficio económico, de cuáles y cuánto?

59. ¿De los animales obtiene algún beneficio económico? _____

ACTIVIDADES FAMILIARES Y COMPLEMENTARIAS

60. ¿Además de la agricultura a qué otras actividades se dedican? ¿Durante cuánto tiempo al año? _____

61. ¿Quién le ayuda con las actividades de la parcela? _____

62. ¿Cuántas personas componen a su familia? _____

63. ¿A qué se dedican esas personas? _____

64. ¿Considera importante seguir sembrando? ¿Por qué? _____

65. ¿Cree que la agricultura va a continuar en la comunidad? ¿Por qué