



Universidad Autónoma del Estado de México



Centro Universitario UAEM Tenancingo

**IMPLICACIONES DEL ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO AGROFORESTAL PARA
PRODUCIR HELECHO CUERO EN LA REGIÓN FLORÍCOLA DEL ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMA EN FLORICULTURA

PRESENTA

Rosa Sarahi Alvarez López

Luisa Fernanda Salguero de la Cruz

Directores

Dr. Justino Gerardo González Díaz

Dr. Tirzo Castañeda Martínez

Asesor Externo

Dr. Jesús Juan Rosales Adame

Tenancingo, Estado de México

Mayo, 2021

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Cuadros	v
Índice de Anexos	v
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Agricultura intensiva.....	3
2.1.1. La visión de la revolución verde	3
Historia	3
Criterios de intervención	4
Problemas derivados de la revolución verde	5
2.1.2. Problemas actuales de la agricultura intensiva.....	6
2.2. Agroecología.....	8
2.2.1. Momentos destacados	8
Definición	10
2.2.2. Técnicas agroecológicas.....	12
2.2.3. Agroforestería.....	17
Sistemas Agroforestales	18
Ejemplos de éxito con Sistemas Agroforestales.....	20
3. Justificación.....	23
4. Planteamiento del Problema.....	24
Pregunta de investigación	24
Hipótesis	24
Objetivo general.....	24
Objetivos específicos	25
5. Materiales y métodos	26
6. Resultados y Discusión	30
6.1. Contexto de la floricultura en el sur del Estado de México.....	30
6.1.1. Contexto Social	30

Productores	30
Organización de productores	34
La salud y los insumos	36
6.1.2. Contexto Económico	38
6.1.3. Contexto Ambiental	46
6.2. Proceso de producción del helecho cuero (<i>Rumohra adiantiformis</i>) en la Región Florícola del sur del Estado de México	53
6.2.1. Helecho Cuero.....	53
Descripción botánica y Origen	53
Distribución	54
Requerimientos	55
Importancia económica.....	55
6.2.2. Descripción del proceso productivo de helecho cuero.....	56
Infraestructura.....	56
Preparación del terreno.....	56
Establecimiento	57
Manejo del cultivo	57
6.3. Diseño del sistema agroforestal	58
6.3.1. Sistemas Agroforestales	58
6.3.2. Especies integradas al sistema agroforestal	61
Arúgula	61
Ave de Paraíso	62
Morera	63
Hierba Santa	64
6.3.3. Sistema agroforestal de cultivo en callejones con policultivo	65
6.4. Establecimiento del sistema agroforestal diseñado.....	66
6.5. Implicaciones del establecimiento del sistema agroforestal	74
7. Conclusiones	84
8. Referencias	86
9. Anexos	100

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de la influencia de los árboles sobre cultivos que crece bajo su sombra. Tomado de Altieri (1999).	19
Figura 2. Ubicación de la región florícola del sur del estado de México. Tomado de Castillo Cadena (2006).	28
Figura 3. Etapas de establecimiento de especies del SAF. 1) Establecimiento de estacas de mora, 2) Establecimiento de hierba santa, 3) Siembra de arúgula y 4) Establecimiento de helecho cuero.	29
Figura 4. Porcentaje de superficie cultivada por especie ornamental del Corredor florícola (SIAP, 2019).	33
Figura 5. Porcentaje del valor de la producción de especies ornamentales cultivadas en el Corredor florícola (SIAP, 2019).	33
Figura 6. Pérdidas económicas en la floricultura, provocadas por la pandemia Covid-19. a) Desecho de rosas para composteo. b) Crisantemo sin cosechar.	43
Figura 7. Noticias en Facebook donde se hace mención de la Crisis económica en la floricultura, ocasionada por la pandemia Covid-19. a) Difusión en redes sociales dirigida al Estado de México para apoyar a los productores. b) Difusión en redes sociales dirigida a Ciudad de México durante temporada de 10 de mayo.	43
Figura 8. Cambio de uso de suelo para incrementar áreas de cultivo bajo invernadero en Santa Ana Ixtlahuatzingo.	50
Figura 9. Manejo inadecuado de residuos plásticos de insumos florícolas. a) Desecho irresponsable de envases de agroquímicos. b) Desecho de cubiertas plásticas de invernadero.	51
Figura 10. Imagen satelital del paisaje predominante en la región florícola del sur del Estado de México, 1985. Tomado de Google Earth.	52
Figura 11. Imagen satelital del paisaje modificado por el establecimiento de invernaderos de producción de flores en la región florícola del sur del Estado de México, 2015. Tomado de Google Earth.	52
Figura 12. Imagen satelital del cambio de uso de suelo en la región florícola del sur del Estado de México. El color blanco muestra el área extendida de invernaderos, 2020. Tomado de Google Earth.	53
Figura 13. Helecho cuero. [Imagen] Recuperado de https://cultivalle.com/arboles-y-plantas/03/12/20 .	54
Figura 14. Diseño del sistema agroforestal, como alternativa sostenible. Vista aérea del SAF.	65
Figura 15. Diseño del sistema agroforestal, como alternativa sostenible. Vista frontal del SAF.	66
Figura 16. Diseño del sistema agroforestal, como alternativa sostenible. Vista lateral del SAF.	66
Figura 17. Estado inicial de la parcela destinada al establecimiento de un sistema agroforestal alternativo a la floricultura. 10 de septiembre de 2018.	67
Figura 18. Manejo sucesivo de arvenses presentes en la parcela (1ra intervención). 10 de septiembre de 2018.	68
Figura 19. Manejo sucesivo de arvenses presentes en la parcela (2da intervención). 22 de octubre de 2018.	69

Figura 20. 1ra etapa de manejo sucesivo de arvenses concluida. 20 de noviembre de 2019.	69
Figura 21. Selección de plantas de morera, donadoras de estacas. 15 de junio de 2018.	70
Figura 22. Selección de material de propagación de Hierba Santa.	71
Figura 23. Formación de camas de cultivo con residuos del manejo sucesivo de arvenses. 20 de febrero de 2019.	72
Figura 24. Incorporación de residuos vegetales de las podas, para estructuración de camas de composta. 21 de junio 2019.	73
Figura 25. Parcela agroforestal con mantenimiento de arvenses de porte bajo. 22 de junio de 2020.	74
Figura 26. Plantación de estacas de morera con manejo de labranza mínima. 28 de septiembre de 2018.	75
Figura 27. Obtención de estacas de morera para repoblación en la parcela agroforestal y de reserva. 2 junio de 2019.	76
Figura 28. Semillas de arúgula a incorporar al sistema agroforestal mediante siembra directa. 16 de marzo de 2019.	77
Figura 29. Siembra de semillas de arúgula en macetas biodegradables para asegurar su desarrollo en un vivero forestal. 8 de noviembre de 2019.	78
Figura 30. Trasplante de plántulas de arúgula en el sistema agroforestal. 23 de febrero de 2020.	79
Figura 31. Plantación de hierba santa bajo manejo de mínima labranza. 4 de marzo de 2019.	80

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Datos generales obtenidos mediante entrevista a productores como informantes clave.	40
Cuadro 2: Decisiones de productores de ornamentales entrevistados durante la pandemia provocada por el virus Covid-19.	44
Cuadro 3. . Agroquímicos utilizados por productores de la región.	48
Cuadro 4. Costos del establecimiento del SAF de cultivo en callejones con policultivo en 100 m ² y 2500 m ²	83

Índice de Anexos

Anexo 1. Guía de entrevista a informantes clave	100
Anexo 2. Guía de entrevista dirigida a productores de helecho cuero	101

1. Introducción

Los niveles de consumo y producción superan la capacidad productiva de la Tierra, lo que significa que estamos gastando el capital natural a un ritmo acelerado y sin control. De forma paralela, se ha demostrado que los modelos agrícolas de producción intensiva han provocado problemas sociales, ambientales y económicos como: degradación de los recursos naturales, contaminación del suelo, agua y aire, salinización, desertificación, pérdida de biodiversidad vegetal y animal, dependencia de insumos externos, incremento constante de inversión, pérdida de identidad y cultura, disminución inevitable y progresiva de la productividad (Moreno Calles *et al.*, 2016; Restrepo *et al.*, 2000).

En México, la floricultura es una actividad agrícola que ha incrementado en gran medida. Los estados en los que se cultiva flor de corte, follajes, flores de relleno o macetería son Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Puebla y Michoacán y en menor medida, Jalisco, Oaxaca, Veracruz, Baja California, Campeche, Chihuahua, entre otros. El Estado de México aporta el 80% de la producción nacional, siendo el productor de ornamentales más importante el “corredor florícola”, comprendido por los municipios de Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Tonalico, Zumpahuacán y Villa Guerrero. A pesar de ser una fuente económica de gran importancia en la zona, presenta problemas característicos de la agricultura intensiva, derivados del uso excesivo de agroquímicos, tala de árboles para la colocación de invernaderos, cambio de uso del suelo, entre otros (Tejeda-Sartorius *et al.*, 2015; SIAP, 2019).

Por tal motivo es importante que los sistemas productivos intensivos transiten a formas de manejo más integrales, vinculando componentes ambientales, socio-culturales y económicos. En las últimas décadas se han trabajado diferentes propuestas encaminadas a buscar una mejor armonía entre la agricultura y el ambiente, sobresaliendo la Agroecología, que pretende reducir la contaminación y degradación de los recursos al mismo tiempo que busca una mayor justicia y equidad socioeconómica; una herramienta práctica y Agroecológica es la Agroforestería que constituye una alternativa de desarrollo sostenible para el aprovechamiento y conservación de los recursos y la recuperación de zonas degradadas (Gliessman *et al.*, 2006; Restrepo *et al.*, 2000).

El presente trabajo explora las implicaciones del establecimiento de un sistema agroforestal como alternativa de producción de ornamentales en la Región Florícola del sur del Estado de México. Inicialmente, se desarrolla una descripción del contexto social, económico y ambiental de la zona florícola. También se explica el diseño y establecimiento del sistema agroforestal que está basado en el desarrollo de un cultivo en callejones con policultivo que incluye cinco especies: morera (*Morus alba*) para incorporar materia orgánica, conservar agua en el suelo y aportar sombra; hierba santa (*Piper auritum*) como repelente, barrera de insectos y uso culinario; ave de paraíso (*Strelitzia reginae*) como ornamental, arúgula (*Eruca vesicaria*) como barrera y uso culinario y helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*) como ornamental. Finalmente, se evalúa de forma práctica los conflictos, limitaciones, y ventajas que se tienen al establecer el sistema agroforestal, como una forma de generar información que posibilite alternativas agroforestales y agroecológicas a los sistemas productivos intensivos de la región.

2. Antecedentes

2.1. Agricultura intensiva

La agricultura intensiva es hoy en día el sistema predominante en el mundo, como respuesta a la demanda de productos agrícolas por el crecimiento acelerado de la humanidad y la necesidad de producir rentabilidad económica; sin embargo, en los últimos años parece haber llegado a un límite de racionalidad humana y ambiental.

2.1.1. La visión de la revolución verde

La revolución verde es sin duda el fenómeno representativo de la agricultura intensiva, creado como una estrategia para incrementar la producción por unidad de superficie.

Historia

En la década de los cincuentas surgió en la agricultura el proceso denominado revolución verde. Inició al término de la Primera Guerra Mundial en la década de 1920, no obstante, su expansión global ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial entre 1940 y 1945, debido a dos cuestiones, por un lado, la falta de mano de obra y por otro que las grandes industrias, sobre todo de Estados Unidos, desarrollaron una enorme acumulación de innovación tecnológica militar que no tuvo un mercado inmediato al término del conflicto. Ejemplo de ello fue la fabricación de agroquímicos como productos secundarios de una industria químico-biológica dedicada a la fabricación de armas (Cecon, 2008; Rosset, 1998).

En la revolución verde se distinguen dos etapas. La primera fue considerada como un cambio radical en las prácticas agrícolas, donde el conocimiento tecnológico reemplazó el conocimiento empírico de los agricultores, por ello, comenzaron a emplear un conjunto de innovaciones tecnológicas como: plaguicidas, fertilizantes y maquinaria agrícola. La segunda se anunció en los noventas, después de la conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, que atendía los principios de Desarrollo Sustentable (CNUMAD, 1992). Se buscó disminuir impactos ambientales negativos de la agricultura, a través del manejo integrado de plagas y enfermedades, promoviéndose además la creación de Organismos Genéticamente Modificados (Cecon, 2008; Chilón-Camacho, 2017).

Este proceso estuvo influenciado por el gobierno de Estados Unidos y el capital transnacional, mediante la creación de instancias que fomentaron el modelo de la revolución verde. En 1941, se inicia un programa de desarrollo agrícola de donde surge en México, el Programa Mexicano de Agricultura a través de la creación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que se concentraba principalmente en investigaciones relacionadas con el mejoramiento de maíz y trigo. En los siguientes ocho años, con el apoyo del Departamento Norteamericano de Agricultura y Universidades norteamericanas se iniciaron proyectos parecidos en casi todos los países de Latinoamérica. Además, surgieron otras fundaciones, como la Fundación Ford que inició distintos proyectos de investigación agrícola en India y junto con la Fundación Rockefeller, en 1960, crearon el International Rice Research Institute (IRRI) en Filipinas, a la que más tarde se unió la Fundación Kellogg's. Posteriormente, resultó la creación de Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) (Cecon, 2008).

El proceso se intensificó en la década de los 60's, cuando la expansión del capital transnacional dominó los recursos naturales de los países subdesarrollados. La explotación de los recursos únicamente persigue la productividad inmediata a costa de generar desequilibrios ecológicos y aumentar la inequidad socioeconómica. El poder representado por países capitalistas, como Estados Unidos, para industrializar la agricultura en Latinoamérica fue una estrategia para fortalecer el sistema capitalista en el mundo (Segrelles Serrano, 2005).

Criterios de intervención

El éxito de la revolución verde en Estados Unidos sirvió de justificación para su expansión en otros países. La transferencia de las bases científicas de la revolución verde se dirigió hacia los países tercermundistas hoy llamados en vías de desarrollo, siendo México el primer país en aceptarlas (Cecon, 2008; Rosset, 1998). La forma de implantar la revolución verde en México fue en 1960, a través de políticas públicas para que las instituciones académicas formaran profesionistas capaces de ofrecer asistencia técnica, asesoría y transferencia de tecnología a los agricultores, generando el proceso llamado “extensionismo” (Rosset, 1998; Monsalvo *et al.*, 2017).

El objetivo de los agrónomos era maximizar la productividad de los cultivos. En el proceso, desplazaron el conocimiento tradicional para fomentar el uso de paquetes tecnológicos como única vía de modernización del campo; omitiendo el contexto sociocultural y ambiental de cada región, se promovía la homogenización de terrenos mediante el uso de maquinaria especializada y herbicidas. Se establecieron monocultivos de variedades mejoradas genéticamente. Hubo un incremento en la demanda de fertilizantes y agroquímicos debido al grado de especialización. La agricultura de temporal fue reemplazada con sistemas de riego altamente tecnificados (Altieri y Toledo, 2010). Como consecuencia, se potencializó la venta de productos agrícolas manufacturados por grandes casas comerciales como Bayer, Monsanto, entre otras (Altieri y Toledo, 2010; Rosset, 1998).

El modelo intensivo funcionó económicamente gracias a los subsidios otorgados por el estado. Después de tres décadas, en 1990 el financiamiento del extensionismo y los créditos a los agricultores fue retirado. La agricultura intensiva en México entró en crisis económica, que provocó el abandono paulatino del campo. De este modo, se abre el debate sobre la advertencia del daño social y ambiental que provocaba la industrialización agrícola (Rosset, 1998; Gil Méndez y Vivar Arenas, 2015).

Problemas derivados de la revolución verde

La revolución verde se interpretó como un agronegocio que privilegió el uso de paquetes tecnológicos integrados por agroquímicos (herbicidas, fungicidas, insecticidas y bactericidas), maquinaria agrícola y en los últimos años uso de semilla transgénica. Los cultivos que podían mantener los costos de la intensificación de la producción agroindustrial, fueron y son, los orientados a la exportación y mercado internacional de productos básicos. Como el interés son los ingresos económicos se ignora los efectos sociales y ambientales que genera este tipo de producción (Pástor *et al.*, 2017).

El desarrollo de la revolución verde contrajo consecuencias negativas a nivel económico, social, cultural y ecológico. Económica y socialmente, el proceso de transformación fue bueno para unos y un desastre para otros, debido a que la primera revolución verde atrajo a millones de pequeños agricultores; sin embargo, muchos de ellos fueron expulsados de la agricultura por agricultores capitalistas, otros fueron a la quiebra después de que sus tierras se volvieran estériles y los subsidios desaparecieran. Además, el proceso de capitalización

generó despojo, los campesinos que se quedaron sin tierra migraron a las ciudades, y los que se quedaron, terminaron trabajando como jornaleros en las plantaciones. Al final la revolución verde benefició a los grandes agricultores, pero principalmente a las empresas transnacionales que promueven los paquetes tecnológicos (Ceccon, 2008).

Cultural y ecológicamente, la revolución verde se concentró en un grupo reducido de cultivos. Se ignoró la diversidad vegetal producida por los campesinos, imponiendo el monocultivo y disminuyendo la biodiversidad, el autoconsumo y el acceso y control de las comunidades locales sobre sus sistemas de abastecimiento, debido a que las empresas se adueñaron de los recursos fitogenéticos del mundo creando una red internacional de bancos fitogenéticos, centros de investigación, laboratorio de semillas y financiamiento (Ceccon, 2008; Pástor *et al.*, 2017; Chilón-Camacho, 2017; Bretón, 2009).

La revolución verde es un modelo insostenible. Este depende en gran medida del uso intensivo de energías no renovables: plaguicidas y fertilizantes químicos, ocasionando la contaminación de agua, alteración de los ciclos biogeoquímicos, aumento de plagas y enfermedades, degradación y erosión de suelo, pérdida de diversidad biológica y genética, destrucción de ecosistemas y disminución del potencial hídrico (Bretón, 2009; Cotes-Torres y Cotes-Torres, 2005).

2.1.2. Problemas actuales de la agricultura intensiva

Actualmente y desde hace tres décadas, la agricultura intensiva ha ocasionado daños ambientales y socioeconómicos que van en incremento acelerado (Rosset, 1998; Andrade, 2016). Los daños ambientales son provocados por el uso inadecuado de fertilizantes, maquinaria, agroquímicos y por la reducción de ecosistemas para la introducción de monocultivos. Se pueden describir daños al suelo, al agua, al aire y a la biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2000; Andrade, 2016). Los daños socioeconómicos se derivan de la dependencia de insumos externos, el incremento en los costos de los mismos y de la contaminación ambiental que repercute en la salud (Rosset, 1998; del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

Los daños al suelo son diversos y sinérgicos. El uso excesivo de maquinaria agrícola incrementa la compactación y pérdida de estructura. La aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos provocan salinización, acidificación, contribuyen al

desequilibrio de ciclos y contenidos de nutrientes y dañan la microbiota (Rosset, 1998; Andrade, 2016). El uso de agroquímicos, principalmente de herbicidas, provoca contaminación que daña a los microorganismos al permanecer en el suelo entre cinco y 30 años (Andrade, 2016; del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014). En conjunto, los daños ocasionan pérdida de fertilidad y aumentan el riesgo de erosión (hídrica o eólica) y desertificación. Esta degradación representa la pérdida de 2 a 5 millones de hectáreas a nivel mundial (Andrade, 2016; FAO, 2017).

Los daños al agua provocados por la agricultura son alarmantes. De la extracción total de agua, el 70 % a nivel mundial y 78% en México se destina para la agricultura; sin embargo, su uso no es óptimo (Aguilar Ibarra y Pérez Espejo, 2008). A nivel mundial se utilizan 200 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados y fosforados que provocan la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) en los cuerpos de agua donde se descargan los excedentes del riego, se daña entonces el desarrollo de especies acuáticas por falta de luz y oxígeno (Rosset, 1998; Aguilar Ibarra y Pérez Espejo, 2008). Los agroquímicos utilizados en los campos de cultivo que llegan a los cuerpos de agua, causan polución e intoxican a las especies que habitan estos ecosistemas (del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

La agricultura ha contribuido en gran medida a la contaminación del aire. Aporta el 30% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, siendo los más importantes: el dióxido de carbono (CO_2) producido por deforestación, metano (CH_4) producido por rumiantes, y óxido nitroso (N_2O) producido por el uso excesivo de fertilizantes (Aguilar Ibarra y Pérez Espejo, 2008). La aplicación ineficiente de agroquímicos provoca la diseminación, llegan a sitios fuera del área de cultivo y provocan intoxicación (del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

La biodiversidad se ve afectada por la actividad agrícola. El incremento del área cultivable, ha provocado la reducción del 45% de bosque templado y 27% de bosque tropical mundial. La pérdida de ecosistemas aumenta la extinción de seres vivos entre los que se encuentran los polinizadores. En los últimos años el reservorio genético a nivel mundial ha sido reducido drásticamente (Altieri y Nicholls, 2000; Aguilar Ibarra y Pérez Espejo, 2008).

Los daños socioeconómicos son de suma importancia. La dependencia de los agricultores en los insumos externos (maquinaria, semillas mejoradas, fertilizantes, combustibles, agroquímicos, etc.) incrementa. Los insumos importados dependen del precio del dólar y de

la disponibilidad de petróleo para su elaboración, lo que provoca el aumento constante de inversión y en muchos casos el adeudo de los productores solicitantes de crédito (Rosset, 1998). El daño social también incluye problemas en la salud, el uso excesivo y la aplicación inadecuada de agroquímicos provocan toxicidad oral aguda y por inhalación provocan mareo, dolor de cabeza, vómitos; toxicidad dérmica que provoca salpullido, escozor, enrojecimiento; toxicidad crónica que provoca problemas reproductivos, cáncer, trastornos en el sistema neurológico y daños al sistema inmunológico (del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

2.2. Agroecología

Si bien la agroecología como concepto tiene una larga vida, es en los años recientes que ha cobrado relevancia ante el agotamiento de la agricultura intensiva y la necesidad de modelos alternativos de producción agrícola.

2.2.1. Momentos destacados

En la historia de la agroecología se reconocen dos etapas. La primera surgió a finales de los años 20's y 30's con científicos rusos, alemanes y estadounidenses que intentaban hacer compatibles la agricultura con la Ecología o entender los sistemas de producción agrícola desde un punto ecológico. La segunda etapa se da a finales de los 70's, derivada de las preocupaciones como: crecimiento de la población, agotamiento de los recursos naturales, contaminación ambiental, producción de alimentos, dependencia de insumos fósiles. Para la atención de estos problemas los científicos desarrollan las bases agroecológicas. Vale la pena mencionar que, entre estas etapas ocurre la revolución verde y se da un periodo en el que la Agroecología no muestra avances, se da una separación de las funciones de los ecólogos y los agrónomos, los primeros se dedican al estudio de los sistemas naturales, mientras los segundos se enfocan al estudio de los cultivos (Wezel *et al.*, 2009).

En Latinoamérica la agroecología toma importancia en el ámbito académico, en la década de los 70's y 80's. Sus inicios se dan principalmente en México, Brasil, la Región Andina y Centro América. En México algunos científicos muestran su postura en contra de la revolución verde. En Brasil se iniciaron investigaciones sobre agroecología y se fundaron doce escuelas autónomas. En la Región Andina existía una cultura agrosilvopastoril vinculada con organizaciones sociales influyentes. En Centro América se da el Movimiento

Campesino a Campesino, que rescata saberes tradicionales de tendencia agroecológica para el manejo de los cultivos (Toledo, 2012).

En México es en los años 70's cuando agrónomos y ecólogos documentan las evidencias científicas de los beneficios agroecológicos de las prácticas tradicionales, manifestándose contra la modernización de la Fundación Rockefeller impuesta en la revolución verde en los años 40's. Carl Sauer, Edmundo Taboada, Edmundo Limón y Pandurang Khankhoje advirtieron acerca de las consecuencias del modelo agroindustrial en la economía, la cultura y los recursos genéticos locales. En una segunda etapa, las alternativas productivas locales y los conocimientos tradicionales, indígenas y campesinos son el centro de interés de los trabajos de Efraím Hernández Xolocotzin, Arturo Gómez Pompa, Josué Sarukhan Kermez, Miguel Ángel Martínez Alfaro y Rafael Ortega Packza (Astier *et al.*, 2015).

Brasil experimentó un crecimiento notable de la agroecología. En 1981, J. Lutzenberger en su libro “Fundamentos Ecológicos de la Agricultura” presenta una visión filosófica y alternativa de la agricultura. Por su parte, en 1984, M. Primavesi en su obra “Manejo ecológico del suelo” desarrolla una teoría de la salud del agroecosistema basada en el suelo. En las siguientes décadas, los avances estuvieron vinculados principalmente a tres procesos: formación de una generación de agroecólogos, reorganización y reorientación de la agricultura familiar hacia la agroecología y la llegada de agroecólogos al gobierno estatal y federal con iniciativas que promovieron el desarrollo agroecológico. Universidades públicas han incorporado la agroecología a los programas agronómicos y organizaciones estatales, además, han financiado proyectos educativos e investigación en el área de desarrollo agrícola sostenible (Altieri y Toledo, 2010; Toledo, 2012).

A finales de los 80's en la Región Andina, la agricultura tradicional ofreció un potencial para desarrollar una agroecología capaz de enfrentar las limitantes biofísicas de los Andes. La evolución de la tecnología se basó en un amplio conocimiento del ambiente que incluye la división del ambiente en cinturones agroclimáticos y una selección amplia de animales y plantas. La adaptación más importante ha sido el diseño de sistemas agrícolas y tecnologías orientadas a una dieta adecuada basada en recursos locales y minimizando el impacto ecológico. En los últimos años, las iniciativas promovidas por técnicos e investigadores han

crecido e impulsado un enfoque agroecológico que representa una vía a la sociedad sustentable (Altieri y Toledo, 2010; Toledo, 2012).

Para Centroamérica, hacia finales de los años 80's familias campesinas, una red extensa de conocimientos, ONGs e investigadores dan origen al Movimiento de Campesino a Campesino. Comienza en Guatemala, donde varios extensionistas mayas visitan a campesinos mexicanos de Tlaxcala, creadores de una escuela de conservación de suelo y agua, misma que recibió a campesinos nicaragüenses. Las tecnologías aprendidas en México lograron ser introducidas a la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Nicaragua. Hacia 1995 unos 300 promotores lograron integrar al programa a unas 3,000 familias. En el año 2000, únicamente en Nicaragua, 1,500 promotores atendieron aproximadamente una tercera parte de las familias nicaragüenses. Actualmente se estima que existen 10,000 familias en Nicaragua, Honduras y Guatemala practicantes del método Campesino a Campesino (Altieri y Toledo, 2010; Toledo, 2012).

Definición

La Agroecología surge para comprender la ecología de los sistemas agrícolas y para dar respuesta a los problemas derivados de un sistema industrializado. Inicialmente se centraba en la aplicación de conceptos ecológicos al diseño de sistemas agrícolas, después comenzaron a introducirse procesos sociales, necesarios para comprender la complejidad de la agricultura proveniente de contextos socioculturales (Méndez, Bacon y Cohen, 2013).

La Agroecología es reconocida como: una ciencia, un movimiento social y una práctica. Como ciencia la Agroecología es definida como la aplicación de conceptos y principios ecológicos para diseñar agroecosistemas sostenibles; busca ir más allá de las prácticas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una mínima dependencia de insumos externos, enfatizando en sistemas complejos en los que las interacciones biológicas de los componentes ecológicos proporcionen los mecanismos que alcancen la productividad, la fertilidad del suelo y la protección de los cultivos. El diseño de los sistemas se fundamenta en la aplicación de cinco principios ecológicos: 1) aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y flujo de nutrientes; 2) incrementar la actividad biótica mediante el manejo de la materia orgánica y así favorecer el crecimiento de las plantas; 3) manejar el suelo, microclima y cosecha de agua para minimizar las pérdidas de energía; 4) diversificar el

agroecosistema en tiempo y espacio y 5) aumentar los sinergismos entre los organismos para promover procesos y servicios ecológicos (Rosset y Martínez-Torres, 2016; Altieri, 2002; Gliessman, 2015).

La Agroecología también se ha definido como un movimiento social. Está constituido principalmente por agricultores, campesinos y pueblos indígenas. Se defienden activamente los espacios rurales, cuestionan la exclusión que genera el capitalismo a través de la agricultura intensiva, la culpan por producir alimentos no saludables y por generar gases de efecto invernadero, desigualdad, hambre, contaminación con pesticidas, introducción de transgénicos y pérdida de culturas. Asimismo, revaloran los conocimientos campesinos, el diálogo y la construcción de agroecosistemas más equitativos, responsables y justos (Rosset y Martínez Torres, 2016; Peña-Azcona, 2019).

Ejemplos de estos movimientos sociales agroecológicos originados, en su mayoría, en Latinoamérica aportaron ideas, prácticas, metodologías, fuentes de información para la investigación y han sido un frente revolucionario ante las políticas neoliberales. Los más destacados en América Latina son el Movimiento Campesino a Campesino, La Vía Campesina, Asociación Nacional de Pequeños Productores en Cuba, Agricultura Nacional de Presupuesto Cero en India, La Coordinadora Latinoamericana de Organizaciones del Campo y la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Estos movimientos han buscado autonomía de sus pueblos, soberanía alimentaria y un modo de vida sostenible, respetando el medio ambiente y con justicia económica (Rosset y Martínez Torres, 2016; Peña-Azcona, 2019).

Todos los movimientos agroecológicos y la agroecología en sí, buscaron cambios en las políticas públicas. Gracias a éstos, se han logrado crear en distintos países como Guatemala, Brasil, Perú, México, leyes que protegen, apoyan e impulsan el cuidado del medio ambiente, la seguridad de los pueblos y de los territorios que habitan. Sin embargo, a pesar de existir dichas leyes aún no se ha logrado establecer con claridad la agroecología (Rosset y Martínez Torres, 2016; Toledo, 2012).

También se ha interpretado la Agroecología como una práctica. Se aplica como un modelo de agricultura de sustitución en la que se adoptan determinadas prácticas o tecnologías agrícolas basadas en productos “ecológicos” y “limpios”. No obstante, ésta práctica no aplica

los principios agroecológicos, sino que continúa basándose en la agricultura intensiva a través de la aplicación de monocultivos dependientes de insumos externos. Este enfoque de “insumos alternativos” ocasionan que los agricultores sigan dependiendo de las empresas y proveedores de estos insumos, abandonando las dimensiones ecológicas y sociales (Monje Carvajal, 2011; Altieri y Nicholls, 2012).

Entonces, la Agroecología constituye un concepto de coevolución entre los sistemas sociales y ecológicos generando una perspectiva de una agricultura ligada al medio ambiente y sensible socialmente, centrado no únicamente en la producción sino en la estabilidad ecológica del sistema de producción (Labrador y Sarandón, 2001).

2.2.2. Técnicas agroecológicas

Existe una gran diversidad de técnicas y combinaciones que se utilizan con el propósito de lograr que los cultivos se aproximen al funcionamiento de un ecosistema natural, en los párrafos siguientes se detallan aquellas que se consideraron de mayor utilidad y de fácil ejecución para el presente estudio. Todas las prácticas o técnicas están relacionadas entre sí y producen efectos sinérgicos en los agroecosistemas. El empleo de estas labores incrementa y mejora los servicios ecosistémicos, comparada con los sistemas agrícolas intensivos, que demandan de estos servicios y no aportan beneficios ecológicos. Las técnicas agroecológicas mejoran los sistemas a través del tiempo, se ha demostrado que difícilmente se pueden observar resultados inmediatos.

Aportes de materia orgánica

Es una práctica agroecológica en la que se incorporan y manejan restos de diversas fuentes vegetales y animales. Sus objetivos son: beneficiar el desarrollo de la planta, mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo y los procesos ecológicos del sistema. Esta práctica pretende mejorar el desarrollo de cultivos mediante el aumento de la fertilidad; forma una capa de protección del suelo, que mejora su estructura, contenido de organismos benéficos, la actividad microbiana; contribuye a mejorar procesos ecológicos del sistema al fungir como alimento y refugio para diversos organismos. La materia orgánica puede incorporarse mediante restos de los cultivos, cultivos de cobertura, estiércoles, compostas, caldos nutritivos (Pérez y Marasas, 2013).

Julca-Otilano *et al.*, (2006), identificaron diversos estudios que demuestran que la incorporación de materia orgánica incrementa el rendimiento, mejora el desarrollo y crecimiento de la planta, aumenta el contenido de microorganismos, mejora las propiedades del suelo en: maíz, ryegrass, cebada, lechuga, chícharo, vid, tomate y frutales. Medina-Méndez *et al.*, (2017) por su parte, determinaron que, en el cultivo de mango la materia orgánica y la edad de los árboles, mejoran el rendimiento hasta 30 años después.

Labranza de conservación

Es una técnica utilizada en agricultura tradicional que se ha intentado revalorar y difundir. En ésta se incorporan restos de cosechas anteriores sobre la superficie del suelo y se evita el uso de maquinaria para labranza. Su objetivo es reducir la degradación física, química y biológica del suelo (Galeana de la Cruz *et al.*, 1999). Se caracteriza por disminuir la erosión del suelo al evitar desterronar la tierra; proporcionar alimento y hospedaje para organismos benéficos y como alimento de plagas en lugar del cultivo; incrementar el contenido de materia orgánica para mejorar fertilidad y actividad microbiana en el suelo; conservar el agua al mejorar los procesos de infiltración y absorción; disminuir las emisiones de CO₂. Dentro de la labranza de conservación se pueden manejar dos variantes: labranza mínima, que permite un uso mínimo de maquinaria y labranza cero, que no permite movimiento alguno del suelo (Pérez y Marasas, 2013; FAO, 2000; Alonso Baez y Aguirre Medina, 2011).

Diversos estudios muestran los efectos de la labranza de conservación sobre el suelo y los cultivos. Alonso Baez y Aguirre Medina (2011), sometieron tres sitios a tratamientos con labranza de conservación, labranza cero y labranza convencional; encontraron que no presentan diferencias significativas a corto plazo y después de 5 a 10 años, la labranza de conservación contribuye significativamente a mejorar el contenido de materia orgánica. De manera similar, Gil Flores (2014), describe que en el cultivo de rábano la labranza de conservación no contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo, pero a largo plazo mejora las características del suelo y reduce la erosión. Galeana de la Cruz *et al.*, (1999), observaron que en el cultivo de maíz, la labranza de conservación en combinación con otras prácticas agroecológicas incrementa significativamente rendimiento del cultivo, contenido de materia orgánica y reproducción de lombrices. Durante 2001, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) reporta que este tipo de labranza puede utilizarse

en la mayor parte de los suelos de México y ha tenido éxito en maíz, trigo, sorgo, frijol, algodón, brócoli, chile, frutales, plantaciones forestales.

Manejo de arvenses

Es una práctica en la que se mantienen en portes bajos y se seleccionan poblaciones de plantas nativas dentro de la parcela o adyacentes a ellas. Su objetivo es reducir costos, proteger al medioambiente, mejorar los procesos ecológicos (Pérez y Marasas, 2013; Blanco y Leyva, 2007). Se caracteriza por la reducción en el uso de agroquímicos; ofrece a organismos una fuente de alimento, disminuyendo problemas de plagas y enfermedades e incrementando el contenido de organismos benéficos; reduce la erosión del suelo al formar parte de una cobertura vegetal; proporciona un microclima para organismos benéficos; las distintas arvenses pueden contener metabolitos secundarios alelopatas, de trampa, hospederos, para alejar organismos dañinos para el cultivo. Asimismo, esta práctica beneficia directamente a los agricultores, pues las distintas plantas pueden ser comestibles, medicinales, forrajeras, melíferas, para polinización (Blanco y Leyva, 2007).

Blanco y Leyva (2007), mencionan que mantener en viñedos, mora silvestre (*Robus* sp.) o ciruelo contribuye a la disminución de daños por plaga. Estas arvenses albergan avispa parasitoides que se alimentan de cicadélidos dañinos para las vides. Blanco-Valdes (2016) identifica estudios que muestran efectos benéficos de diversas arvenses en el agroecosistema, ejemplo de ello son: *Eleusine indica* que repele chicharritas (*Empoasca krameri*) plaga de frijol; *Amaranthus viridis*, *Boerhavia erecta* y *Cucumis foetidus* son hospederos de áfidos transmisores de virus; *Cyperus rotundus* contribuye a conservar suelos susceptibles a la erosión.

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos consiste en la sucesión de diversos cultivos en el mismo suelo a través del tiempo. La rotación de cultivos ha demostrado poseer diversos beneficios sobre el suelo: aumento de materia orgánica, movilización y transporte de nutrientes de capas más profundas hacia la superficie, las diferentes especies añaden residuos y la incorporación de especies fijadoras de nitrógeno estimulan la biología del suelo, evitando así el uso de fertilizantes sintéticos; control de erosión, mejora las propiedades físicas del suelo; control de malezas y

de plagas y enfermedades, rompen la curva de desarrollo de la población patógena, introduciendo cultivos que son inhibidores del patógeno (sistemas de rotación activa), o bien, cultivos que son hospederos de otras poblaciones antagónicas o que no son buenos hospedadores de ese patógeno (sistema de rotación pasiva) (Silva, Vergara y Acevedo, 2015; Pérez y Marasas, 2013; Labrador y Sarandón, 2001).

Estudios han determinado las aportaciones de la rotación de cultivos. En las rotaciones con leguminosas es frecuente observar que el cereal que se cultiva después de la leguminosa aumenta su rendimiento y contenido de proteína del grano. Asimismo, el rendimiento de trigo después de cultivos de lupino, haba, garbanzo puede lograr rendimientos de 30 a 50% comparado con el monocultivo de trigo, sin fertilizar. La incorporación de alguna leguminosa durante un año es suficiente para reducir el inóculo de hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* en el cultivo de trigo. Las leguminosas deben crecer libres para romper el ciclo de la enfermedad (Silva *et al.*, 2015).

Asociación de cultivos

La asociación de cultivos consiste en plantar dos o más especies con cierta cercanía que provoca una relación competitiva y/o complementaria. La asociación posee diversas ventajas: promueve una mayor diversidad biológica; atrae insectos que favorecen la polinización; aumenta la productividad considerando que los nutrientes en el suelo son aprovechados adecuadamente por las plantas; funciona como control de plagas y enfermedades, diversas plantas tienen efectos inhibidores o biocidas sobre determinadas poblaciones de patógenos, además cumplen el papel de plantas trampa; utiliza apropiadamente la superficie disponible generando una rentabilidad económica (Torres Calderons *et al.*, 2018).

En la asociación de cultivos, la protección de los cultivos contra plagas y enfermedades es influenciada por distintos factores. Reducción en la diseminación de esporas por barreras físicas, modificación del microclima por efecto de sombra (temperatura, humedad relativa, luz, movimiento del aire), diferencias en la absorción de nutrientes, retraso en el ataque por patógenos. Estudios demuestran que las enfermedades disminuyen en asociación, por ejemplo, al asociar jitomate con *Vigna unguiculata* (L.) Walp. se obtuvo menor incidencia de plantas con marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith), al actuar las

raíces de *V. unguiculata* como barrera física. Además, el sistema de asociación papa-maíz presentó una reducción en la severidad inducida por *Alternaria solani*, resultado de la sombra proporcionada por las plantas de maíz (Gómez-Rodríguez y Zavaleta-Mejía, 2001).

La asociación de cultivos con *Tagetes* spp. se ha utilizado para el manejo de nematodos. Al intercalar *T. patula* con morera (*Morus rubra* L.) disminuyó el número de agallas por planta (70%) y el número de huevecillos *M. incognita* por gramo de raíz, comparado con el monocultivo. También, la población de *Pratylenchus* spp. fue menor al asociar *Tagetes* spp. con rosa (*Rosa hybrida*) (Gómez-Rodríguez y Zavaleta-Mejía, 2001). Por otra parte, la asociación entre maíz y frijol beneficia a ambas especies. Es decir, las plantas de frijol fijan nitrógeno atmosférico en el suelo utilizado por las plantas de maíz, en cambio, los frijoles trepadores se benefician del maíz, emplean los tallos como sostén para alcanzar la radiación solar (Torres Calderons, *et al.*, 2018).

Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura son especies vegetales (temporales o permanentes) que cubren el suelo. Pueden cultivarse en asociación con otras plantas, intercalados, en rotación o relevo. Pertenecen a cualquier familia, no obstante, la mayoría son leguminosas. Los términos “abono verde” y “cultivos de cobertura” se han utilizado indistintamente, sin embargo, los cultivos de cobertura se caracterizan por funciones más amplias: conservación del agua y suelo, control de plagas y enfermedades, supresión de malezas, alimentación humana y para el ganado (Pound, 1999).

En términos generales, los abonos verdes y cultivos de cobertura (av-cc) contribuyen a la rehabilitación de tierras degradadas y no cultivadas. Tienen efectos de importancia en el suelo: incrementa la materia orgánica y ciclo nutricional, la materia orgánica de av-cc tiene efectos positivos, hace que los nutrientes en el suelo estén disponibles para los cultivos. Fijación de nitrógeno, la materia orgánica añade cantidades significativas de nitrógeno, la mayoría de las especies leguminosas son capaces de fijar más de 75 kg/ha de nitrógeno, por ejemplo, *Mucuna* spp. fija aproximadamente 140 kg/ha, *Canavalia ensiformis* fija 240 kg/ha y *Sesbania rostrata* 400 kg/ha. Control de malezas, los av-cc son capaces de inhibir el crecimiento de otras plantas, y por consiguiente reducir costos y requerimientos de labranza. Control de enfermedades, pueden reducir o descartar el uso de agroquímicos. Mejora la

humedad en el suelo, aumenta la infiltración y capacidad de retención de agua. Conservación del suelo, los av-cc evitan la exposición del suelo, de tal modo que se reduce o previene la erosión (Bunch, 2004).

2.2.3. Agroforestería

La agroforestería puede ser definida de distintas formas. Es una ciencia que se apoya en agricultura, ganadería, silvicultura y otras disciplinas para proponer alternativas que efficienten el uso del suelo (Saézn *et al.*, 2010; Jiménez y Muschler, 1999). Es un conjunto de prácticas ancestrales empleadas en zonas tropicales y subtropicales, para aprovechar especies forestales, agrícolas y ganaderas en un mismo terreno (Martínez y Bonnemann, 1992). Es el manejo de sistemas y técnicas de aprovechamiento y conservación de recursos naturales, en el que se integran especies forestales, agrícolas y/o pecuarias para conservar la diversidad biológica y proporcionar al productor recursos necesarios que satisfagan sus necesidades básicas (Rosales-Adame *et al.*, 2014; FAO, 2017). Para este trabajo la agroforestería se concibe como el conjunto de estrategias agrícolas y forestales, que busca el uso racional de los recursos y la incorporación adecuada al mercado de la producción.

La agroforestería tiene características ambientales, sociales y económicas. Ambientalmente conserva la biodiversidad; mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo; contribuye a mitigar el cambio climático; reduce la tasa de deforestación; incrementa el contenido de nutrientes; mejora los procesos hídricos (FAO, 2017; Sáenz *et al.*, 2010). En lo social, favorece a la seguridad alimentaria y nutricional; permite obtener una gran variedad de productos agrícolas, forestales y pecuarios. Económicamente genera ingresos múltiples y contribuye a mitigar la pobreza, especialmente en las zonas rurales (Martínez y Bonnemann, 1992; FAO, 2017).

Una correcta adopción de la agroforestería se da mediante un proceso específico. Inicialmente se caracteriza el área para describir el contexto ambiental y social, lo que permite tomar decisiones sobre las prácticas adecuadas al sitio. Una vez definidos los problemas y objetivos se hace la planeación del sistema y se analizan las posibilidades agroforestales más adecuadas. Posteriormente se selecciona el sistema de acuerdo a la compatibilidad del mismo con las características ambientales, económicas y sociales del área. El manejo y evaluación incluye la planeación del diseño, manejo de cultivos, manejo de

suelo, control de plagas y el análisis de la eficiencia del sistema para mantenerlo, mejorarlo o cambiarlo. Finalmente se hace la difusión de los sistemas mediante actividades culturales, técnicas y socioeconómicas que contribuyan a mejorar los sistemas de producción (Montagnini *et al.*, 1992).

Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales (SAF) son una forma de uso de suelo donde especies leñosas perennes son utilizadas en asociación con cultivos y/o animales. Son empleadas de manera deliberada sobre el mismo terreno, en cualquier modo de ordenamiento espacial o secuencial. Surgen como una alternativa de desarrollo sostenible facilitando el aprovechamiento de los recursos naturales y mejorando las condiciones de los suelos en aquellas zonas donde la degradación ha aumentado, resultado de la expansión de las actividades agrícolas (Silva-Pando y Rozados Lorenzo, 2002; de los Ángeles Mazo, Eliecer Rubiano y Castro, 2016).

Los SAF poseen propiedades que optimizan procesos ecológicos claves para su funcionamiento. Algunos procesos ecológicos son: mejora de calidad y fertilidad de los suelos, los árboles al incorporar materia orgánica mejoran las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo; conservación de agua, el balance hídrico es influido por las características funcionales y estructurales de los árboles (Figura 1); regulación de plagas y enfermedades, la incorporación de árboles de diferente edad y fenología puede proporcionar refugio y alimento a los enemigos naturales; secuestro de carbono por el incremento de biomasa en el sistema; conservación de la biodiversidad con especies nativas y locales (Altieri y Nicholls, 2011).

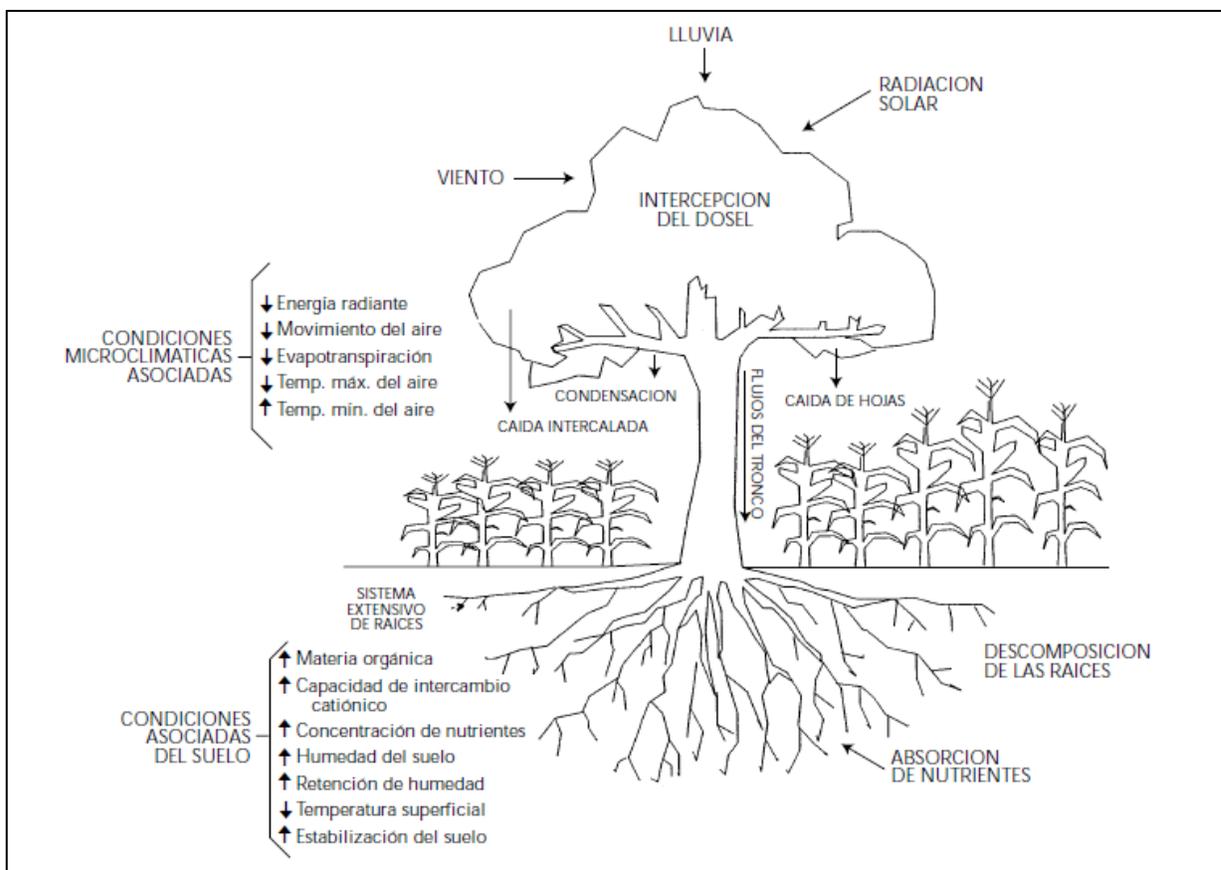


Figura 1. Esquema de la influencia de los árboles sobre cultivos que crece bajo su sombra. Tomado de Altieri (1999).

Los sistemas agroforestales se han clasificado de diversas formas. Comúnmente se emplea la estructura del sistema, función, escala socioeconómica, nivel de manejo y distribución ecológica. La base estructural, se refiere a la distribución de los componentes, incluyendo el arreglo espacial, así como el arreglo temporal de los elementos; la base funcional, se refiere a la función del sistema; la base socioeconómica, es el nivel de insumos de manejo, administración o metas (subsistencia, inversión, comercialización), y la base ecológica, se refiere a la condición ambiental y adaptabilidad ecológica de los sistemas bajo el criterio de que ciertos sistemas pueden ser adaptados según las condiciones (Altieri, 1999; CONAFOR, 2020).

Las categorías principales de clasificación de los SAF son: Agrosilvicultura, silvopastoril y agrosilvopastoril; no obstante, existen prácticas derivadas de estos sistemas. Éstas también son denominadas “Sistemas agroforestales derivados”, por ejemplo: barbecho mejorado,

sistema Taungya, jardines multiestratos, huertos caseros, cinturones de protección- rompe vientos, árboles en pastizales, cultivo en callejones (CONAFOR, 2020).

Ejemplos de éxito con Sistemas Agroforestales

Existen diversos casos de éxito en el uso de sistemas agroforestales como alternativa a sistemas agropecuarios intensivos. En África, países latinoamericanos y diversos estados de la República Mexicana se han evaluado las ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales. Así, ha sido posible analizar de manera detallada la importancia de proponer nuevos sistemas que sean amigables con el medio ambiente, mejoren las condiciones de vida de los agricultores, sean resilientes ante crisis de diversa índole. En los siguientes párrafos se documentan casos de éxito en Latinoamérica y en nuestro país.

Alfaro y Rojas (1991), evaluaron un sistema de producción de café con árboles en la cuenca superior del Rio Nosará, en Guanacaste, Costa Rica. Dentro del sistema describen tres estratos: el primero cubierto con plantas de café de 1 a 3 m de altura, el segundo manejado con frutales de 5 a 8 m de altura y el tercero compuesto por remanentes de bosque. El “estrato frutal” se conforma de guaba, papaya, cítricos, plátano. El remanente de bosque se encuentra compuesto por guanacaste o parota (*Enterolobium cyclocarpum*), guapinoles (*Hymenaea courbaril*), espavel (*Anacardium excelsum*), ojoche (*Brosimum costaricanum*). Este tipo de sistemas presentan diversas ventajas como la obtención de frutos, madera, leña, forraje, sombra. Se realizó una evaluación de las diferencias entre cafetos cultivados a cielo abierto y bajo sombra y no se encontraron diferencias significativas en la producción. Sin embargo, la promesa de grandes rendimientos en sistemas intensivos provoca que pequeños agricultores eliminen los árboles y continúen con un sistema que difícilmente pueden sostener, debido a los altos costos de producción; asimismo se enfrentan a la pérdida de otros ingresos por la falta de diversidad vegetal.

A mediados del siglo XX, en la región andina de Colombia fue establecido el monocultivo de arroz, yuca, papa, flores, café, eucaliptos, cipreses y coníferas. La deforestación del bosque nativo, la erosión del suelo y la disminución de los cuerpos de agua ha generado una serie de efectos negativos que cobran mayor importancia debido a que en esta zona nacen dos ríos. Con ayuda comunitaria, en este sitio se instaló un sistema de árboles en terraza. A través de 10 años este modelo también fue diseñado en las fincas familiares de los indígenas,

permitiendo la recuperación de los suelos y alimentación tradicional. El área de protección está compuesta por una franja de bosque nativo. El área de zanjas arboladas consta de árboles y arbustos de café, frutales, abonos verdes, maderables y musáceas. En el área de franjas se siembran cultivos transitorios (yuca, frijol, maíz, zapallo y arracacha). La presencia de árboles contribuye a la recuperación y conservación del suelo (Ospina, Dizú Peña y Ramos Pardo, 2011).

La piña es un cultivo que se maneja dentro de sistemas intensivos y en los últimos años ha ocasionado daños ambientales de gran impacto. Sin embargo, en el occidente de México, específicamente el suroeste de Jalisco y el norte de Nayarit, existe desde hace siglos una extensión considerable de agrobosques de piña. Este sistema agroforestal consiste en el manejo de piñas bajo el dosel de una gran diversidad de árboles, que en su mayoría son nativos. En estas parcelas se encuentran principalmente parotas (*Enterolobium cyclocarpum*), guapinoles (*Hymenaea courbaril*) y 70 especies más, además de árboles frutales; la diversidad arbórea proporciona de 70 a 85% de sombra. Los beneficios que ofrece este sistema son conservación de especies, obtención de madera y frutas, reducción de uso de insumos como agroquímicos y material vegetal, mejoramiento de las características del suelo, captura de dióxido de carbono. Pese a que no compiten con sistemas intensivos respecto a la producción, generan otro tipo de beneficios ambientales y sociales (Rosales-Adame *et al.*, 2014; 2016; Rosales-Adame y Cevallos-Espinosa, 2019).

En las zonas tropicales húmedas y secas del estado de Chiapas existe el sistema agroforestal de maíz tipo Taungya. El sistema consiste en la dispersión de árboles de diversos usos (frutal, maderable) entre la milpa, previo al barbecho. Al inicio los árboles comparten espacio con cultivos que requieren alta luminosidad; cuando los árboles crecen se sustituyen los cultivos de alta luminosidad por cultivos que crecen bajo sombra. Por ello, los primeros años puede establecerse cultivos como maíz, tomate, calabaza, cilantro, chile y pepino. Posteriormente en sombra puede sembrarse frijol, cacahuate, jengibre y tabaco. Asimismo, puede sembrarse especies perennes como palma camedor u otras plantas ornamentales. Además, de acuerdo a la experiencia se sabe que después de doce años es posible obtener madera de alta calidad (Soto-Pinto, Esquivel, Quechulpa, Jiménez, 2019; Soto-Pinto, Jiménez Ferrer y Lerner Martínez, 2008).

En Chiapas se han identificado aproximadamente 72 productos cultivados en parcelas agroforestales. Los principales cultivos de la zona son hortalizas, tubérculos, frutales como limón, piña, naranja, plátano, chapay. Las especies forestales son caoba, maculis, cedro, hormiguillo, guacastle, bojón y chico zapote (Soto-Pinto *et al.*, 2019).

3. Justificación

- La agricultura intensiva ha mostrado ser insostenible en su forma actual y se encuentra en crisis.
- En la Región Florícola del sur del Estado de México, encontramos una producción que aplica los principios de la agricultura intensiva, lo que ha desencadenado en fuertes presiones al medio ambiente, y una polarización de los productores, donde pocos tienen ganancias suficientes para mantener el modelo de producción.
- La agroecología surge para atender los problemas derivados de la agricultura intensiva e involucra el contexto económico, sociocultural y ambiental de cada región; pretende ser sostenible, se crea de modo que sea equitativa, responsable y justa para los campesinos y disminuya el daño al medio ambiente.
- La agroforestería se basa en principios agroecológicos para diseñar sistemas de aprovechamiento y conservación que involucren agricultura, ganadería y silvicultura, adaptándose al contexto social, económico y ambiental de cada región.
- Los sistemas agroforestales se consideran una alternativa de desarrollo sostenible para el aprovechamiento y conservación de los recursos y la recuperación de zonas degradadas.
- Ante las limitantes de la agricultura intensiva, es necesario explorar alternativas con criterios agroecológicos, como los sistemas agroforestales; que permitan mantener la producción de la Región Florícola del sur del Estado de México, disminuyendo la dependencia de insumos.
- El cultivo de helecho cuero representa potencial ornamental para establecerse en el sistema propuesto, por cuatro razones 1) las condiciones edafoclimáticas que requiere pueden proporcionarse mediante un sistema agroforestal, 2) el proceso productivo consta de una baja inversión, 3) por su naturaleza, posee una producción relativamente constante y 4) la producción de este cultivo ornamental en la región florícola del Sur del Estado de México es mínima.
- La introducción de modelos alternativos de producción requiere conocer las implicaciones en la práctica antes de intentar su promoción generalizada, particularmente en los SAF por su característica de requerir tiempos largos para su establecimiento.

4. Planteamiento del Problema

La agricultura intensiva es un modelo de producción que tiene efectos negativos ecológicos, y socioeconómicos. Con origen en la revolución verde, la agricultura intensiva ha demostrado ser un sistema que busca beneficios individuales e inmediatos a costa de la degradación de los recursos naturales y el empobrecimiento de familias campesinas. La expansión de monocultivos, transgénicos, el uso excesivo de agroquímicos y maquinaria agrícola, son algunos factores responsables de la pérdida de diversidad biológica, destrucción de ecosistemas, erosión y pérdida de fertilidad del suelo, desertificación, aumento de plagas y enfermedades, contaminación del agua, emisiones de gases de efecto invernadero, interrupción de los ciclos biogeoquímicos. Además, este sistema productivo genera daños en la salud humana, explotación laboral, migración, desigualdad social, privatización del agua, tierra y semillas, desplazamiento de saberes campesinos y de los pequeños agricultores en el mercado, dependencia a insumos externos promovidos por las empresas transnacionales, aumento de la pobreza.

En este contexto, es necesario explorar alternativas a la agricultura intensiva, que mitiguen y en su caso restablezcan condiciones favorables para la producción agrícola, por lo que este trabajo pretende aproximarse a un sistema agroforestal como alternativa de producción en la Región Florícola del sur del Estado de México.

Pregunta de investigación

¿Qué implicaciones tiene el proceso de establecimiento de un sistema agroforestal para la producción de helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*) diseñado como alternativa sostenible en la Región Florícola del sur Estado de México?

Hipótesis

Es posible establecer un sistema agroforestal con el uso de morera (*Morus alba*), arúgula (*Eruca vesicaria*) y hierba santa (*Piper auritum*) diseñado como una alternativa para la producción sostenible de helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*).

Objetivo general

Conocer las implicaciones del establecimiento de un modelo agroforestal para producción de helecho cuero como alternativa sostenible en la Región Florícola sur del Estado de México.

Objetivos específicos

- Describir el contexto del área de estudio, que permita tomar decisiones adecuadas sobre el sistema agroforestal a desarrollar.
- Documentar el proceso de producción del helecho cuero en la Región Florícola del sur del Estado de México, para poder incorporarlo a un sistema agroforestal.
- Diseñar y establecer un sistema agroforestal que se adapte a las características de la región en el que se pueda producir helecho cuero, ponderar en la práctica el proceso.
- Describir las implicaciones de establecer el sistema agroforestal diseñado para la producción de helecho cuero.

5. Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el Centro Universitario UAEM Tenancingo, ubicado en Santa Ana Ixtlahuatzingo, municipio de Tenancingo, Estado de México. La región cuenta con una precipitación media anual de 1,179.8 mm y una temperatura media anual de 18.3°C (Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA, 2020).

De acuerdo a Montagnini *et al.*, (1992), el establecimiento de los Sistemas Agroforestales consta de diferentes etapas: 1) clasificación, 2) planteamiento, 3) selección, 4) manejo y evaluación, y 5) difusión. En la siguiente investigación únicamente se abordan las primeras cuatro etapas, clasificadas en tres fases: a) Conocer las características de la región de estudio b) Diseñar el sistema agroforestal y c) Establecer el sistema.

Por la naturaleza del trabajo, la inseguridad en la región y la consecuente desconfianza de los productores, durante las diferentes etapas se utilizaron recursos provenientes de la etnografía (como estrategia de investigación social), en específico del método de observación participante. Proceso que consta principalmente de dos actos: observar lo que ocurre y participar en las actividades de la población (Guber, 2001). Por lo tanto, cuando hablamos de observación nos referimos a la descripción directa de los eventos y/o actividades que practican los sujetos sociales en la floricultura. Por participación entendemos la experiencia vivida al momento de involucrarnos en las actividades, por ejemplo, al establecer la parcela agroforestal de helecho cuero. Dadas sus características, se precisó la ejecución de diversas acciones a fin de lograrlo. Cabe mencionar que en este proceso las autoras al mismo tiempo son sujeto e investigador, por lo que la interpretación contiene su perspectiva, mediada por el contexto en que sucede la acción.

Conocer las características de la región de estudio: Esta fase consistió en la revisión de artículos científicos, tesis y otras fuentes bibliográficas que proporcionaron información acerca de las características del área de estudio, que permitieron conocer el contexto actual de la Región Florícola del sur del Estado de México (Figura 2), haciendo énfasis en aspectos ambientales, sociales y económicos. En esta fase también se incorpora información obtenida mediante la interacción ocasional con productores durante recorridos a las zonas de producción de la región en estudio, además de lo que se observaba, también se incorpora información obtenida mediante el diálogo con informantes clave (Geilfus, 2002), esta última

técnica tuvo que ser modificada derivado de las restricciones por el Covid-19, recurriendo al uso del teléfono y correo electrónico.

La selección de los informantes clave se realizó con dos propósitos: 1) obtener una visión general de las condiciones socioeconómicas y 2) comprobar supuesto o dichos de manera rápida, por lo que para este fin se consideró: productores (conocidos de las autoras y por recomendaciones tipo bola de nieve) con disponibilidad para participar en las entrevistas y verificando que cultivaran plantas ornamentales y llevaran tiempo produciendo. Se efectuaron diálogos cortos (no más de dos horas continuas) basados en guías de entrevista que, básicamente, abordaban aspectos como: superficie cultivada, especie(s) cultivada(s), inversión inicial, volumen y destino de cosecha, medidas elegidas para enfrentar la crisis sanitaria, manejo agronómico del cultivo de helecho cuero (preparación de suelo, infraestructura, sistema de riego, fertilización, manejo y control de plagas y enfermedades), uso de equipo de protección personal (Anexo 1).

El tamaño de la muestra, en el proceso cualitativo, no es importante desde un punto estadístico. La importancia radica en que la información obtenida ayude a entender el fenómeno de estudio y permita responder la pregunta de investigación. Aunque existen marcos de referencia no hay parámetros precisos. La forma en la que se determinó la muestra respondió a un número de productores que se pudo entrevistar en determinado momento con los recursos que se tenían, disponibilidad de los productores para responder la guía de entrevista, número de casos que permitieron responder a las preguntas de investigación, y el tiempo que se podía emplear para recolectar la información (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Diseñar el Sistema Agroforestal: Consistió en seleccionar el tipo de sistema agroforestal, de acuerdo a lo propuesto por Montagnini *et al.* (1992): identificación y selección de las opciones. Las opciones agroforestales se identificaron mediante observación directa, que se realizó en campo, atendiendo diversos sistemas productivos, así como recursos de la zona; publicaciones realizadas por distintas instituciones dedicadas al estudio de sistemas agroforestales. La selección de las opciones de los posibles sistemas y las especies que lo integran, se efectuó de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de la región. De forma paralela a esta etapa, en virtud que el sistema está orientado a la producción de helecho cuero,

se hicieron recorridos de campo para observar producciones de esta ornamental, se realizaron entrevistas con productores que se mostraron accesibles y se documentó la forma en que actualmente se desarrolla la producción.



Figura 2. Ubicación de la región florícola del sur del estado de México. Tomado de Castillo Cadena (2006).

Establecer el sistema: En una superficie de 100 m² ubicada en el Centro Universitario UAEM Tenancingo se estableció la parcela agroforestal. Primero se realizó una limpieza parcial del terreno, se quitaron plantas arbustivas y otras hierbas, sin eliminar totalmente la cobertura del suelo. La segunda etapa se hizo de acuerdo al diseño de sistema agroforestal que se eligió en la fase anterior, se delimitó el arreglo topológico, ubicando las camas donde se establecería el helecho cuero, mismas que se hicieron mediante el acumulo del material vegetal retirado al momento de limpiar el terreno.

El material vegetativo se consiguió de diferentes fuentes, en el caso de las especies ubicadas en la región se realizó una colecta de material adecuado para su propagación. El resto de especies que conformaron el sistema fueron compradas u obtenidas mediante donaciones. La secuencia de establecimiento respondió tanto a la disponibilidad de material vegetativo como

a las condiciones ambientales para su establecimiento, la última especie a establecer será el helecho cuero, debido a que primero el sistema agroforestal debe generar las condiciones necesarias para la introducción de esta especie de manera exitosa. El establecimiento de especies del SAF se realizará en 4 etapas sin considerar las actividades iniciales (preparación del terreno) y las actividades de manejo; 1) incorporación de estacas de mora, 2) incorporación de hierba santa, 3) siembra de arúgula y 4) establecimiento de helecho cuero (*Figura 3*).

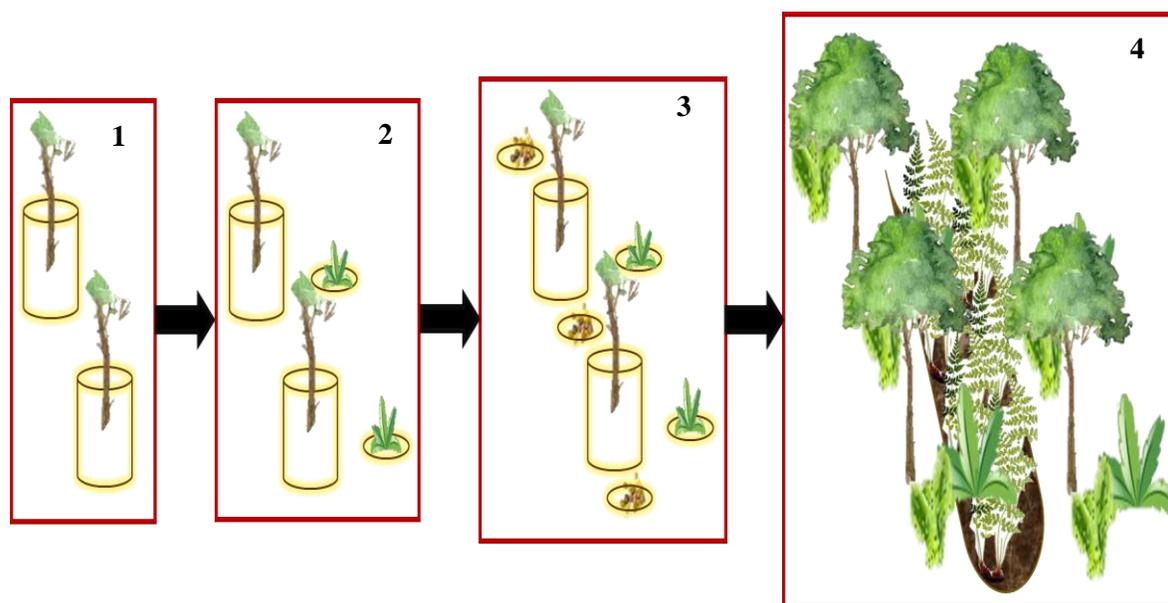


Figura 3. Etapas de establecimiento de especies del SAF. 1) Establecimiento de estacas de mora, 2) Establecimiento de hierba santa, 3) Siembra de arúgula y 4) Establecimiento de helecho cuero.

Durante el establecimiento se realizaron actividades de manejo de la parcela que fueron necesarias como: mantenimiento de la cobertura vegetal a la altura adecuada, riegos de auxilio, estrategias de conservación de humedad. En esta etapa las autoras se asumieron como los productores responsables de la parcela, con el fin de ponderar y solucionar los problemas que se presentaron. De esta manera, se pretende valorar las implicaciones del establecimiento y en estudios posteriores incorporar productores participantes que trabajen sobre la información que este estudio generó.

6. Resultados y Discusión

6.1. Contexto de la floricultura en el sur del Estado de México

La floricultura en México comenzó como una alternativa para incrementar los ingresos que se obtenían de otras actividades agropecuarias. Las políticas públicas y los informes gubernamentales han promovido la floricultura como una actividad agrícola para la exportación. Sin embargo, en la actualidad las exportaciones de ornamentales solo representan el 10% de la producción, lo que coloca a México como país de baja presencia internacional. Además, se ha podido observar que los montos por importación de insumos de todo tipo para el proceso productivo señalan la dependencia y desbalance económico de la actividad (Orozco Hernández, 2007 y Ramírez, *et al.*, 2018).

En el sur del Estado de México se ubica la Región Florícola, conformada por los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec Harinas, Tonatico, Ixtapan de la Sal, Zumpahuacán y Malinalco. Distintos reportes muestran que en la región se cultivan principalmente flores de corte, macetería y follaje ornamental. Se detectó que actualmente se siembran 5, 876.25 hectáreas de ornamentales, cifra que ha ido en aumento desde el inicio de la actividad. Durante 2019 el volumen de la producción fue de 33,587,825.62 gruesas, que representó aproximadamente seis millones de pesos durante ese año (Orozco Hernández, Campos Medina y Guerrero Pañuelas, 2009; SIAP, 2019).

6.1.1. Contexto Social

Productores

En la región los productores se clasifican en una tipología según González *et al.* (2011), en tres sistemas de producción: empresarial, pequeña escala y familiar; lo que es equivalente a grandes, medianos y pequeños productores respectivamente, según Orozco *et al.* (2009). De acuerdo a estos autores, el sistema empresarial (grandes productores) cuenta con superficies de una a tres hectáreas de invernaderos tecnificados, utiliza mano de obra mínima y hace uso racional de agroquímicos para reducir los costos, su producción se destina a mercado nacional y exportación. El sistema a pequeña escala (mediano productor) maneja superficies de una a dos hectáreas con invernadero o cubiertas plásticas, cuenta con equipos para aplicación de agroquímicos y sistemas de riego, presenta uso excesivo de agroquímicos, mano de obra familiar y contratada, su producción se destina para mercado nacional y local.

El sistema familiar (pequeño productor) cuenta con una superficie menor a una hectárea, utilizan cubiertas plásticas sin tecnificación, emplean mano de obra familiar y hacen uso irracional e inadecuado de agroquímicos, su producción se destina a mercados locales.

Los recorridos en campo permitieron constatar lo descrito por los autores con observaciones personales; los sistemas en que operan los distintos productores en la floricultura permiten determinar que existe una polarización. Por un lado, encontramos una minoría de productores que exportan y aparentemente mantienen una calidad aceptable en sus productos, recurren a procesos productivos más responsables ambientalmente y aspiran a certificaciones. Por otro lado, el grupo predominante en la región, son los productores que aumentan la cantidad de producto y disminuyen la calidad, son altamente competitivos entre ellos por los bajos precios y mantienen procesos productivos dañinos para la salud y el medio ambiente (González *et al.*, 2011).

El acceso a las unidades de producción, también es diferenciado. Con grandes productores el acceso es limitado, es necesario solicitar permisos, firmar acuerdos de confidencialidad, puesto que restringen la información acerca del proceso de producción. Cuando se logra establecer un vínculo, se observa que la diferencia con pequeños y medianos productores, radica en que emplean extranjeros expertos que replican la tecnología que proviene de otros países como Estado Unidos, Holanda, entre otros. Al no concientizar o indagar sobre estos procesos impositivos, no se apropian del conocimiento y su avance depende de instituciones o empresas extranjeras. Consideran que la innovación sólo puede provenir de estas empresas, descartando los avances científicos que pueden aportar las instituciones nacionales. Otra característica es que cuentan con técnicos de formación basada en la Revolución Verde, lo que dificulta la interacción con este sector cuando se abordan perspectivas agroecológicas. Los que tratan de lograr producción orgánica, más bien cambian unos insumos por otros y no atienden el problema productivo de manera integral, esto imposibilita un cambio efectivo. A pesar de que se cataloguen como ambientalmente responsables, es posible observar que, si bien realizan actividades para lograr certificarse, solo lo hacen en fechas próximas a las auditorías y el resto del tiempo infringen la normatividad.

El grupo de pequeños y medianos productores es accesible. Con ciertas dificultades es posible establecer un diálogo que permite conocer el proceso productivo que practican y las

particularidades del mismo. No cuentan con capital para contratar técnicos y copian procesos que observaron al trabajar en el sistema empresarial. El pequeño productor solo conoce un proceso productivo y lo adecua al presupuesto con el que cuenta. La falta de información y capacitación ocasionan el desconocimiento de sistemas productivos alternativos, esto contribuye a que no tengan opción y reproduzcan las actividades a pesar de ser dañinas; ejemplo de ello, es que saben que existen daños a la salud al no utilizar adecuadamente agroquímicos y equipos de protección, pero al desconocer cuales son estos efectos y que pueden emplear otros métodos, no realizan cambios significativos y aceptan que los daños son consecuencias inevitables.

En cuanto a las especies manejadas, se observó que los pequeños productores en su mayoría manejan crisantemo (*Chrysanthemum* spp.), esto coincide con los datos manejados por el SIAP (2019) que registran 2,300 hectáreas sembradas con esta flor de corte, presentando cifras inferiores para el resto de especies (*Figura 4*). Es posible explicar esta diferencia mediante los costos de inversión. El material vegetativo en crisantemo tiene costos bajos, los productores pueden acceder a mayor cantidad que a su vez cubre un área de producción más grande y por lo tanto pueden ofrecer más producto sin considerar, la mala calidad, los precios bajos y la elevada competencia. Como consecuencia, muchos productores no venden su producto y recurren a desecharlo a orillas de carretera, en arroyos o basureros, pues les genera un costo mayor cosechar, empacar y transportar para no vender, que simplemente no cosechar o tirar las flores. En contraposición, el material vegetativo de productos como rosa (*Rosa* sp.), gerbera (*Gerbera jamesonii*) y lilis (*Lilium* sp.) tienen un costo más elevado, requieren más tiempo de crecimiento, mayor cuidado e insumos para su desarrollo, siendo los grandes productores los que manejan estos cultivos (*Figura 5*).

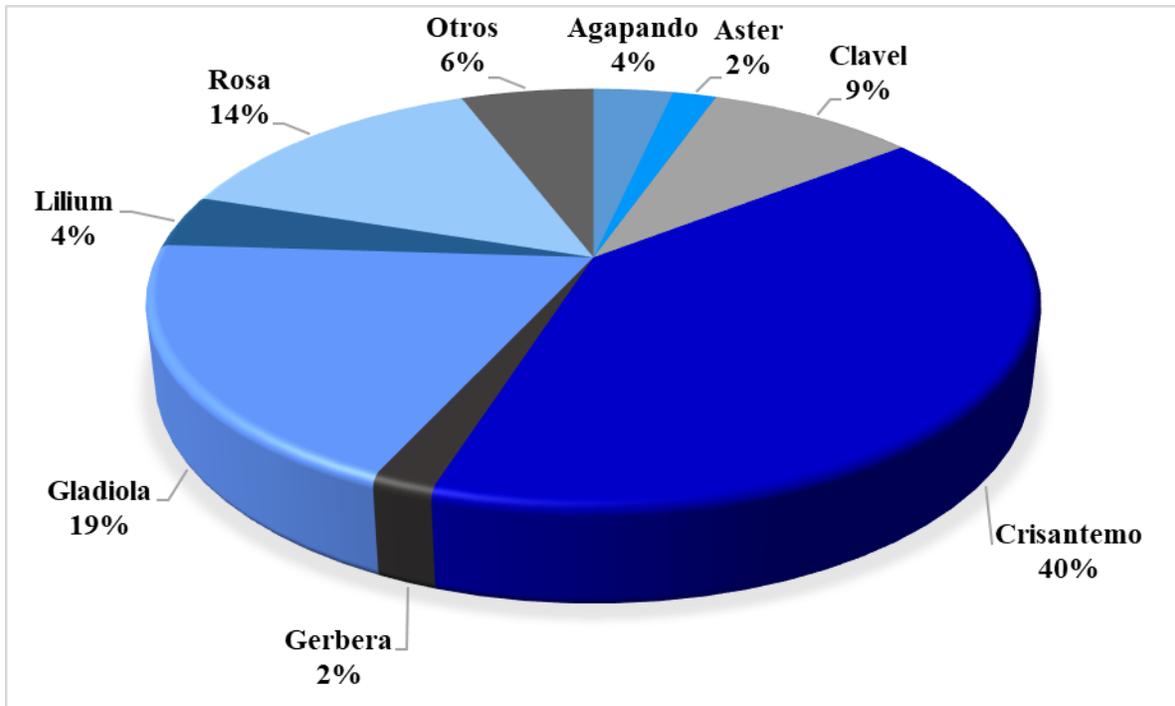


Figura 4. Porcentaje de superficie cultivada por especie ornamental del Corredor florícola (SIAP, 2019).

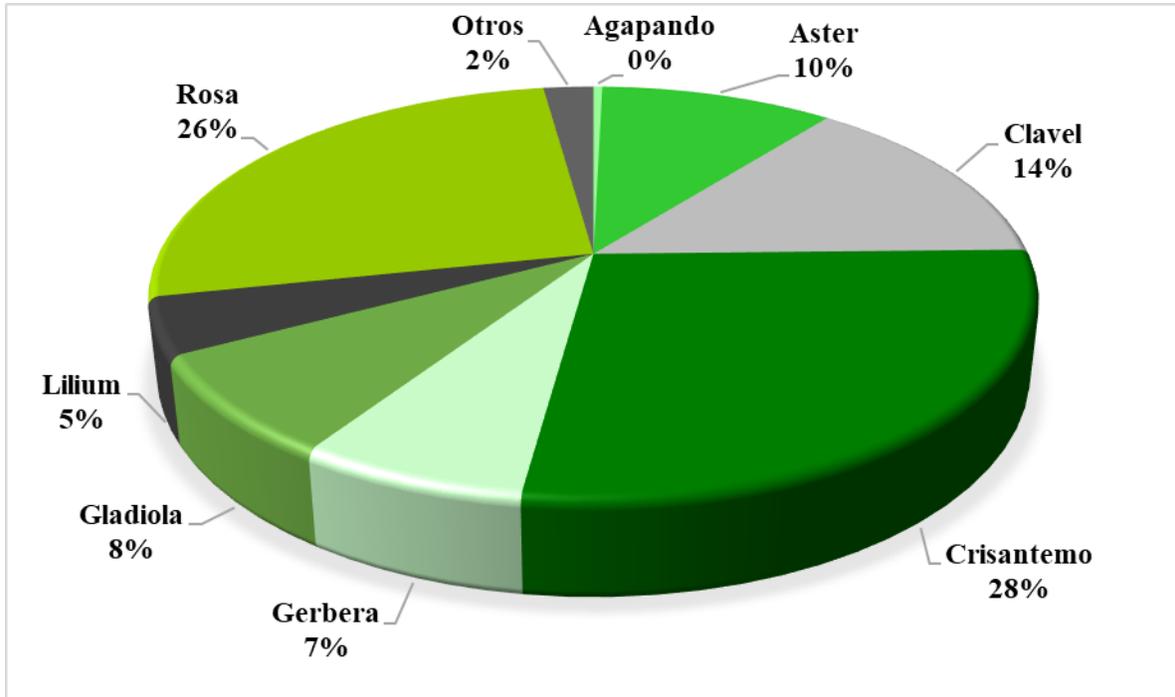


Figura 5. Porcentaje del valor de la producción de especies ornamentales cultivadas en el Corredor florícola (SIAP, 2019).

La segmentación de los productores florícolas evidencia que la propuesta de un sistema agroforestal alternativo puede tener dos mecanismos de acción. Respecto al primer grupo, un sistema agroforestal puede ser viable al permitir incrementar las posibilidades de certificación y puede crear una conciencia real de la importancia de practicar sistemas sostenibles; al contar con superficies grandes se implementan los nuevos sistemas sin afectar las actividades productivas de la unidad y al ser sistemas de bajos insumos, permitiría obtener ganancias competitivas. No obstante, también podría representar aspectos negativos para establecerlos porque los principios que han practicado por años es obtener producciones de manera inmediata y la transición hacia los sistemas agroforestales requiere de uno a cinco años dependiendo de las especies y/o el grado de degradación del lugar, por lo que inicialmente no resulta económicamente atractivo para este sector. El segundo grupo también representa un reto; los productores cuentan con menor superficie y ésta proporciona en su totalidad los ingresos familiares, sin embargo, el grupo descrito no cuenta con capital, de modo que el sistema gana importancia y puede ser viable porque se propone un sistema con bajos costos de producción, que reduce el uso de insumos dependientes del dólar al mínimo, que se sostiene en el tiempo, que disminuye los daños al ambiente, que maneja los recursos naturales de manera adecuada y que contribuye a la seguridad alimentaria de estas familias.

Organización de productores

En México existen aproximadamente diez mil floricultores que cultivan a cielo abierto, y de 100 a 150 productores de exportación que cultivan en invernaderos (Orozco *et al.*, 2009). Según Orozco (2007), el Consejo Mexicano de la Flor (CMF) distingue a sus afiliados en regulares y honorarios. En los afiliados regulares están principalmente la Asociación de Floricultores de Villa Guerrero A. C. (Asflorvi A.C.), Productores Ornamentales de Morelos A. C. y la Unión de Productores de Flores Mexicanas A.C. En las tres organizaciones no se reporta el número de asociados, pero de acuerdo a la asistencia en asambleas realizadas por el CMF se estima que son más de 350 afiliados.

Las organizaciones se definen de acuerdo al régimen legal. En la región se identifican empresas ejidales, personas físicas, empresas de sociedad anónima de capital variable y sociedades de responsabilidad limitada de capital variable. Las empresas ejidales en la región son Coxflor, Flores de San Francisco y Rancho los Pilares; las empresas de sociedad anónima

de capital variable son Flores de Chiltepec, Grupo Nedermax, Visaflor, Mexflowers premium, y Grupo Floristar S.R.L. de C.V., entre otras (Orozco, 2007).

En el municipio de Villa Guerrero destaca la Asociación de Floricultores de Villa Guerrero (Asflorvi A.C.) cuyo objetivo es apoyar a los productores con asistencia técnica, servicios de comercialización, venta de insumos, almacenaje, información de precios, mercados y transporte. Los productores afiliados tienen la posibilidad de obtener crédito gubernamental y privado a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) del gobierno del Estado de México (Orozco, 2007).

De acuerdo a González, González, García y Ramírez (2010), la comunidad de Francisco Zarco cuenta con dos asociaciones legalmente constituidas. Los beneficios de una de las asociaciones es recibir servicios de asesoría técnica, acceso a mejores formas de comercialización (donde únicamente se gestiona como asociación) y acceso a financiamiento. A partir de la asociación, los cambios realizados por las empresas florícolas son el incremento de la superficie cultivada y de ahí el incremento de su producción en un 80%; sin embargo, aspectos como competitividad, diversificación de mercados y renovación de variedades únicamente lo han efectuado 50% de los socios.

En pláticas informales con productores de la región se mencionó que existen otras organizaciones poco conocidas. Las asociaciones son Jamaica vive A.C., Asociación de Floricultores de Tenancingo, Productores Florícolas-Agrícolas de Coatepec Harinas A.C., Agricultores y productores de Flores de Coatepec Harinas, Asociación de Floricultores Zacango, Unión de Estibadores de Tenancingo, Asociación de Temascaltepec, Confederación: representantes de gladioleros.

Además, se mencionó que pertenecer a alguna asociación no siempre representa ventajas. Principalmente para pequeños productores, porque cuando se trata de financiamiento gubernamental estos requieren aportaciones económicas del 30 a 50% por parte de los productores y en muchas ocasiones éstos únicamente cuentan con la inversión inicial para adquirir el material vegetativo que será establecido, por lo tanto, resulta prácticamente imposible participar. Por otra parte, existe un grupo de productores que en años consecutivos son seleccionados para adquirir los financiamientos gubernamentales. El número mínimo de afiliaciones a organizaciones, comparado con el número de floricultores en la región, puede

deberse a: 1) las condiciones socioeconómicas de los productores y 2) los intereses de los productores.

La información que existe acerca de las asociaciones es escasa y dispersa. En conversación con productores se mencionó que en gran medida se desconoce el número de empresas florícolas, objetivos y funciones que desempeñan. A pesar de que existen diversas asociaciones, la organización es ineficaz, no ejercen acciones que satisfagan las necesidades reales de los productores; trabajan de manera individual, cada una elige mercados, proyectos productivos, qué, cómo y cuánto producir. De tal forma que esta desorganización puede influir negativamente en la responsabilidad social, económica y ambiental en la región.

Se pudo verificar en campo que una de las actividades que realizan las organizaciones son cursos de capacitación, en los que se recibe poca asistencia de los productores debido a que estos prefieren no abandonar sus unidades de producción, restando importancia a que la asistencia técnica puede mejorar sus procesos productivos y de manera colateral al trabajo de las organizaciones.

La salud y los insumos

El uso inadecuado de agroquímicos ha ocasionado problemas en la salud de las personas de la región florícola. Según Rosales Salinas, Avitia Rodríguez y Ramírez Hernández (2018), los pocos estudios realizados por organismos de salud muestran que el uso de agroquímicos tiene efectos epidérmicos, citogenéticos, reproductivos e inmunitarios sobre la salud humana. En los municipios de Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Tenancingo se han registrado casos de intoxicación. En la comunidad de Villa Guerrero, Martínez (2014), ha reportado alteraciones en la calidad espermática. Plaguicidas como Lannate, Tameron y Manzate (solos o en mezclas) inducen daño al ADN especialmente si son aplicados directamente en linfocitos y espermatozoides. En otros estudios realizados por Castillo Cadena, Montenegro Morales y López Arriaga (2017), reportaron que el 20% de recién nacidos en el Hospital General de Tenancingo presentaron algún tipo de malformación congénita.

Al recorrer la región, se observó uso ineficiente de agroquímicos, aplicaciones excesivas (dos o tres veces por semana) con mezclas de distintos grupos, algunos prohibidos y/o altamente tóxicos; los productores conocen o perciben el efecto dañino del uso de agroquímicos, sin embargo no siguen normas de protección ni buscan alternativas de menor impacto en su

salud, en este sentido es imprescindible integrar sistemas alternativos que disminuyan el uso excesivo de agroquímicos, como el que se propone en este documento.

En la floricultura los derechos humanos son violentados de diferentes maneras. Las personas no reciben salarios justos por la cantidad de trabajo que realizan. Los trabajadores tienen accidentes o enfermedades debido a las actividades que desempeñan en su empleo, y no todos cuentan con servicios médicos que deberían otorgar los empleadores. En la producción también es empleada la mano de obra de personas menores de edad, en muchos casos comienzan a trabajar desde los seis años de edad, y cuentan con horarios semejantes a los de las personas adultas. Además, hay mujeres embarazadas que se exponen de manera directa e indirecta a la aplicación de agroquímicos, lo que originaría malformaciones en recién nacidos (Villanueva Vences, Avitia Rodríguez y Ramírez Hernández, 2017).

De acuerdo a Oliva, Rodríguez y Silva (2005), se estima que en una comunidad de Villa Guerrero, el 84% de las mujeres se dedica al campo, y tienen entre 5 y 45 años de edad. Asimismo, el 60% está expuesta a plaguicidas, el 76% no ha recibido ningún tipo de capacitación acerca del uso adecuado, y un 96% desconoce las medidas mínimas de seguridad. El 80% no utiliza equipo de protección personal, porta la misma indumentaria para realizar otras actividades fuera de la zona de trabajo y aunque en ocasiones se les proporcione el equipo de protección personal, no lo utilizan porque les resulta incómodo.

Las condiciones laborales son inapropiadas en la comunidad de Tlapizalco, municipio de Zumpahuacán y la comunidad Los Morales, municipio de Tenancingo. En recorridos de campo se observó que durante la aplicación de agroquímicos las personas no cuentan con equipo de protección personal especializado, en algunas unidades de producción portan impermeable y botas, mientras que en otras no cuentan más que con paliacates. Cuando efectúan las aplicaciones se encuentran más personas realizando otras actividades (cosecha, poda) en la misma área. Incluso, las personas consumen sus alimentos en sitios adyacentes a la unidad de producción.

En pláticas informales con la gente se identificó que no reciben cursos de capacitación acerca del uso y manejo adecuado de los plaguicidas y equipo de protección personal. La explotación laboral es predominante, los empleados laboran largas jornadas, hasta de 12 horas, con trabajos sumamente desgastantes a cambio de salarios precarios, ausencia de

seguridad social y prestaciones; además, aunque las empresas cuentan con publicidad en contra del trabajo infantil, muchos de los empleos son cubiertos por menores de edad, con las mismas jornadas laborales, los mismos salarios y las mismas actividades. Esto ha generado una falta de compromiso en las personas, probablemente eso explique que no realizan adecuadamente las labores asignadas, ocasionando deficiencias en el proceso de producción. Se observó que ésta dinámica es generalizada en las comunidades que integran a la Región Florícola.

Según Andrade-Galindo y Castro-Domingo (2017) en el sur del Estado de México, la producción florícola ha comenzado a tener escasos de mano de obra debido a que los trabajadores locales abandonan la región para incorporarse a otros espacios (empresas de servicios y alimentos) con una economía robusta, migrando principalmente a Estados Unidos, a ciudades como California, Chicago y San Francisco. Este desplazamiento ha dejado espacios disponibles para ser ocupados por jornaleros de otros lugares con mayor vulnerabilidad social e inestabilidad laboral. Por ejemplo, los municipios de Tenancingo y Villa Guerrero reciben mayor cantidad de migrantes, provenientes principalmente de estados como Veracruz, Chiapas, Tabasco, Campeche y Guerrero.

Se puede asumir que las condiciones laborales en la floricultura no cumplen con su función social, no ofrecen una seguridad laboral, aumentan el número de migraciones, aseguran un empleo precario que disminuyen las oportunidades, el bienestar y la calidad de vida de las personas, lo que hace necesario buscar alternativas que mejoren la función social en la floricultura.

6.1.2. Contexto Económico

El desarrollo económico de la Floricultura en el sur del Estado de México ha sido controversial. El sistema de producción florícola comenzó como una alternativa para incrementar los ingresos que se obtenían de otras actividades agropecuarias. Durante su comienzo, los esfuerzos fueron encaminados a desarrollar una actividad agrícola para la exportación. Sin embargo, a lo largo de su trayectoria, la floricultura ha perdido participación en el mercado internacional y ha presentado una balanza económica negativa entre exportaciones e importaciones. Actualmente 80% de las ornamentales que se exportan provienen del Estado de México, sin embargo, este porcentaje únicamente corresponde al

10% del total de la producción, lo que implica que la actividad se popularizó en la región, pero no con los fines de exportación que se pretendían y se podría aventurar que la producción para exportación quedó en pocas manos (Orozco, 2007; Ramírez Hernández y Avitia-Rodríguez, 2018). La producción florícola que se destina para mercados locales y nacionales ha registrado una derrama económica de casi 6 millones de pesos anuales. Durante el año 2015, tuvo un valor de más de 350 millones de pesos durante solo una temporada alta (14 de febrero), representando de este modo una actividad económica de importancia en la región (Delegación SADER Estado de México, 2015).

Las cifras que se han mostrado por diversas instituciones han sido contradictorias, pues no se muestra la totalidad del flujo económico que representa la floricultura. Actualmente, la actividad aumenta en superficie de producción, pero disminuye en rendimiento, calidad y por lo tanto en ganancias obtenidas. Las ganancias registradas durante el 14 de febrero de 2015, se observaron de manera similar en dos temporadas más: 10 de mayo y festividades de día de muertos. Sin embargo, también se observó que el resto del año las condiciones económicas del productor familiar se ven afectadas, mientras que los productores medianos y empresariales no perciben el cambio de manera drástica. Es posible explicar la diferencia en las ganancias durante el año, tanto por la dinámica de precios en los mercados, como por los procedimientos que ejecutan los productores. Orozco (2007), sugiere que la temporalidad en el mercado, determina el incremento o disminución del precio, de modo que no ha sido posible mantener precios con oscilaciones pequeñas. De forma paralela sucede que gran porcentaje de los productores no cuenta con registro de las inversiones que realizan y se dificulta determinar la ganancia real que tienen durante el año. Asimismo, falta de planeación, uso excesivo de agroquímicos, dependencia de insumos externos valorados en dólares, incrementan el costo de producción y reducen las ganancias de los productores.

Debido al sistema de producción empleado y a la falta de recursos para acceder a la tecnología necesaria, los productores incrementan el volumen de producción, pero disminuyen la calidad y el precio. Como consecuencia, se concentra un número considerable de productores en los mercados principales: Mercado de Flores de Tenancingo, Mercado La Finca en Villa Guerrero, Mercado de Jamaica en Ciudad de México y Central de Abastos en la Ciudad de

México; con lo observado en los mercados, incrementó la competencia a tal grado que algunos productores optan por tirar la flor.

Cuadro 1. Datos generales obtenidos mediante entrevista a productores como informantes

Product or	Cultivos	Superficie (m ²)	Inversión inicial (\$/m ²)	Rubros de inversión	V. de C. (unidad/semana/m ²)	Precio (c/u)	D. de V.
Grande	Rosa	50,000	98	Material vegetativo Agroquímicos Mano de obra Infraestructura Otros	1.54 paquetes	80	Supermercados nacionales, distribuidoras nacionales y venta a pie de rancho.
	Gerbera	10,000	106		1.12 raquetas	45	
	Crisantemo	10,000	105		0.104 bonches	35	
	Girasol Gypsophila	10,000	99		0.228 decenas 0.083 bonches	35 35	
Pequeño	Mini Rosa	4,000	32	Material vegetativo Agroquímicos Mano de obra Infraestructura Otros	0.3 bonches 0.05 bonches	30-40 *70	Guadalajara, Monterrey, Querétaro, Michoacán, Colima, Morelos, Ciudad de México, mercados regionales
Pequeño	Crisantemo	9,800	20	Material vegetativo Agroquímicos Mano de obra Infraestructura Otros	0.063 bonches	10-30	Central de Abastos Villa Guerrero, Tijuana, Nayarit, Jalisco
	Alstroemeria	200	58	Material vegetativo Mano de obra	0.5 bonches	10-15	
Pequeño	Crisantemo	4,000	19	Material vegetativo Agroquímicos Mano de obra Infraestructura Otros	1.75 bonches	14-15	Mercado Jamaica CDMX, Mercados locales
Mediano	Rosa	40,000	88	Material vegetativo Mano de obra Infraestructura	Sin registro	25-30	Monterrey, Los Ángeles, Central de abastos, Mercado local.
	Gerbera					15	
	Crisantemo					15	
	Alstroemeria					8	
Mediano	Rosa	20,000	200	Material vegetativo Infraestructura	0.05 paquetes	45	Ciudad Juárez, Mexicali, Tijuana, Torreón, Durango
	Girasol	10,000	5		0.004 decenas	20	
	Green	700	200		0.71 decenas	6	
Grande	Rosa	80,000	40	Material vegetativo Infraestructura Mano de obra	0.37 paquetes	40-60	Guadalajara, Monterrey, Guanajuato
Mediano	Rosa	40,000	150	Material vegetativo Infraestructura Agroquímicos	0.3 paquetes	50	Mercado nacional y extranjero

Acotaciones: Infraestructura (Invernadero, sistema de riego, malla); Otros (Combustible, luz mensual); V. de C. (Volumen de Cosecha); D. de V. (Destino de Venta).

Se entrevistó a ocho floricultores (Cuadro 1) que se consideraron informantes clave por tener experiencia (respecto al tiempo) en la producción y gozar de cierto reconocimiento como productores entre sus vecinos, aunque el elemento determinante para trabajar con ellos fue

su disposición a colaborar, para conocer el contexto socio-económico del sector antes y durante la crisis sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19).

En campo se hizo un ajuste a la clasificación de tipo de productores sugeridas por otros autores (González *et al.*, 2011; Orozco Hernández *et al.*, 2009), pues probablemente ha habido una diferenciación de productores posterior a la fecha en que se realizaron esos estudios, se observó que de acuerdo a la superficie que cultivan y las características de producción, los considerados productores grandes en las otras clasificaciones se dividieron en grandes y medianos, esta información es la que se consideró en la elaboración del Cuadro 1. Se registran dos productores grandes con ocho hectáreas; tres medianos, uno con 3.7 hectáreas, y dos con cuatro hectáreas; tres pequeños con superficies menores a una hectárea. Se determinó que los pequeños productores cultivan principalmente crisantemo; en cambio, los productores medianos cultivan diferentes especies, destinando mayor superficie al cultivo de rosa; los grandes productores manejan una o más especies, siendo la rosa el cultivo de mayor importancia. Cabe destacar que el 100% de los productores entrevistados, manejan sus cultivos de manera independiente y aun cuando manejan varias especies en la unidad productiva, esto no se realizan mediante asociaciones de cultivos o policultivos.

Por otra parte, en costos de inversión obtenida (*Cuadro 1*), se encontró que para el cultivo de crisantemo, los productores pequeños invierten entre \$19.00 y 20.00/m², mientras que los productores grandes registran una inversión de \$105.00/m²; esta diferencia se debe al grado de tecnificación utilizada por ambos grupos de productores. En el cultivo de mini rosa se invierten \$32.00/m². De acuerdo a la información obtenida, la inversión para el cultivo de rosa se diferencia entre productores medianos y grandes; los productores medianos invierten entre \$150.00 y 200.00/ m², mientras que los productores grandes eficientizan la inversión inicial, pues por cada m² requieren entre \$40.00 y 100.00. Se observa que hay cultivos de baja inversión comparado a los cultivos populares, como girasol que requiere una inversión de \$5.00/m², otro cultivo de mediana inversión es alstroemeria que requiere \$58.00/m² y otros cultivos de inversión grande son green que requiere \$200.00/m² y gerbera que requiere \$106.00/m². El 30% de los productores no comparte información detalla de sus cultivos y solo el 30% tiene registros exactos de la inversión, la producción y costos de venta. La inversión inicial considera agroquímicos para desinfección de suelo y planta, maquinaria

agrícola pesada para preparación del terreno, infraestructura (invernaderos, mallas, sistema de riego), material vegetativo, mano de obra y otros (combustible, energía eléctrica). En los rubros considerados en la inversión, el 50% de los productores no consideran el consumo de luz y de agua. Varios de los productores obtienen la energía eléctrica sin contrato vigente, lo que implica que no pagan por ella. El agua es adquirida en fuentes de abastecimiento que carecen de regulación y control, facilitando el aprovechamiento desmedido de este recurso.

En cuanto a los sitios de comercialización, se obtuvo que, del total de floricultores entrevistados, sólo uno destina su producción a mercados internacionales en un porcentaje mínimo y otro distribuye en tiendas de autoservicio a nivel nacional; el resto de floricultores entrevistados destina su producto a mercados nacionales, principalmente al norte (Tijuana, Nayarit, Monterrey) y centro del país (Morelos, Querétaro, Ciudad de México); cabe mencionar que en las entrevistas los productores no mencionan los mercados regionales de Villa Guerrero y Tenancingo, sin embargo, se observó que para crisantemo y minirosa, acuden con regularidad a vender en estos mercados, en otros casos los mercados regionales funcionan como una alternativa para cuando no logran colocar su producción en otros puntos de comercialización. Probablemente el hecho de no mencionar los mercados regionales, se debe a que entre productores es un signo de prestigio comercializar fuera de la región.

Esta dinámica económica se agudizó en las fechas más recientes ante la contingencia provocada por el virus conocido como Covid-19 (*Cuadro 2*). Lo que antes podía verse en los mercados de comercialización, comenzó a verse en las calles de los municipios. Los floricultores dejaron de percibir ingresos, pues las ornamentales representan un bien de lujo y en épocas de crisis su consumo disminuye (*Figura 6*). Las redes sociales y periódicos regionales, sirvieron de espacio para que los productores exhibieran su incapacidad para colocar su producto o adaptar sus procesos productivos, demandando apoyo gubernamental y la urgencia de activar las ventas (*Figura 7*Figura 7). El hecho es en especial llamativo, pues es un indicio de que el productor se siente ajeno a las condiciones del mercado, como si su forma de producir no tuviera efecto en los procesos de comercialización ni en su situación económica.



Figura 6. Pérdidas económicas en la floricultura, provocadas por la pandemia Covid-19. a) Desecho de rosas para composteo. b) Crisantemo sin cosechar.



Figura 7. Noticias en Facebook donde se hace mención de la Crisis económica en la floricultura, ocasionada por la pandemia Covid-19. a) Difusión en redes sociales dirigida al Estado de México para apoyar a los productores. b) Difusión en redes sociales dirigida a Ciudad de México durante temporada de 10 de mayo.

La crisis sanitaria afectó económicamente a productores de la región Florícola del Estado de México. Al inicio de la pandemia, la comercialización de flor disminuyó drásticamente. Durante el mes de mayo, las pérdidas económicas se elevaron a tal grado, que algunos productores se declararon en quiebra o se endeudaron. En un intento por recuperarse, invirtieron en material vegetativo, agroquímicos, mano de obra y transporte para producción programada del Día de la Madre y durante el mes de mayo la crisis económica se agudizó. Por ello, en esa temporada muchos optaron por realizar diferentes acciones: tirar la cosecha en sitios contiguos a sus terrenos o en barrancas, vender a un precio bajo, por ejemplo, el crisantemo fue vendido en \$5.00 o \$10.00 cuando su precio normal es de \$15.00-30.00, la rosa en \$8.00 o \$10.00 cuando en temporadas altas el paquete es vendido hasta en \$250.00 o \$300.00, la mini rosa en \$20.00 o \$30.00 cuando su precio alcanza \$70.00, la gerbera alcanza precios de \$45.00 a \$70.00 en temporada alta, sin embargo, durante la contingencia fue vendido en \$10.00 a \$15.00. Otras acciones que se realizaron fue destinar la cosecha a un proceso de compostaje, regalar flores, intercambiar por despensa. Las acciones más drásticas e inevitables fueron tirar el producto, no cosechar y prescindir de personal para reducir el pago de mano de obra, material de paquetería y transporte.

Cuadro 2. Decisiones de productores de ornamentales entrevistados durante la pandemia provocada por el virus Covid-19.

Productor	Cultivos	Destino producción c.	Acciones	Cambios considerados a futuro
Grande	Rosa	Cosechar únicamente las plantas de mejor calidad para cubrir los pocos pedidos que había.	Disminuir gastos Reducción de jornada laboral	No considera cambios en el modo de producción, pero sí en el sistema de comercialización,
	Gerbera			
	Crisantemo			
	Girasol, Gypsophila			
Pequeño	Mini Rosa	Continuar vendiendo a un menor precio	No cosechar Prescindir de personal	Modernizar infraestructura, mejorar el manejo del cultivo, trabajar aspectos nutricionales y fisiológicos.
Pequeño	Crisantemo	Continuar vendiendo a un precio que conviniera a ambas partes	Disminuir superficie Cultivar maíz No cosechar	Cultivar con productos orgánicos Disminuir la densidad de plantas cultivadas
	Alstroemeria			
Pequeño	Crisantemo	Tirar Cambiar Compostear No cosechar	Disminuir superficie cultivada	Reducir costos de producción Aumentar calidad Reducir mano de obra

Productor	Cultivos	Destino producción c.	Acciones	Cambios considerados a futuro
Mediano	Rosa	Tirar Compostear	Cultivar otras especies	No generar más competencia Crear estándares en precios de producción
	Gerbera			
	Crisantemo			
	Alstroemeria			
	Solidago			
Mediano	Rosa	Tirar No cosechar	Cambiar insumos por bioles, caldos Ventas baratas Utilizar ahorros para no despedir personal	Reducir el cierre de puntos de venta Reducir uso de insumos
	Girasol			
	Green			
Grande	Rosa	Tirar No cosechar Disminuir 30% salarios	Ninguna No cosechar	Exportar Disminuir agroquímicos mediante uso de composta y estiércol
Mediano	Rosa	Tirar Compostear	Disminuir superficie cultivada Reducir el personal Cultivar otras especies	Obtener apoyos gubernamentales Obtener créditos

Durante la pandemia los productores tomaron algunas medidas para enfrentar la situación económica generada por la contingencia. Dos de tres pequeños productores prefirieron disminuir la superficie cultivada, uno manipuló la planta de tal manera que entrara en dormancia y así evitar la cosecha, además, cultivó otras especies como maíz, otro productor prescindió de personal. Los productores medianos entrevistados eligieron tirar su cosecha, uno de ellos optó por cambiar el cultivo de flores por cultivo de hortalizas. Por su parte, uno de los grandes productores priorizó tirar la cosecha y el otro no cosechar o solamente cosechar plantas de mejor calidad para cubrir pedidos de supermercados, ambos redujeron jornada laboral, gastos y salarios.

En general, los productores consideran que sí deben realizarse modificaciones en el modo de producción. Sin embargo, hay quién considera que no es necesario. Los pequeños y medianos productores piensan que se requiere modernizar la infraestructura, mejorar el manejo de cultivo y trabajar aspectos nutricionales y fisiológicos de la planta, cultivar con productos orgánicos, reducir costos de producción, aumentar la calidad, disminuir la densidad de plantas cultivadas y reducir la mano de obra. Los grandes productores mencionan que es preciso disminuir el uso de agroquímicos mediante el manejo de compostas y estiércol. No obstante, uno de ellos asegura que el problema en la agricultura no es el modo de producir, sino el sistema de comercialización que desplaza a floricultores del mercado, agudizándose en tiempos de crisis como el actual.

Lo anterior podría hablarnos de la mínima adaptación que posee este modelo de producción basado en principios de la Revolución verde. El uso del monocultivo florícola, demanda una elevada cantidad de insumos externos, lo que representa uno de los principales problemas debido a la dependencia en el costo del dólar. Asimismo, el cultivo de una sola especie representa opciones de comercialización limitadas y al entrar en crisis la dinámica de los mercados florícolas, los productores no cuentan con otra salida. Ante este escenario una producción manejada bajo principios de agroecología podría ser una alternativa que brinde mayor capacidad de respuesta que los actuales sistemas de producción usados, pues en contraposición, la agroecología maneja sistemas agrodiversos que permiten al productor ofertar más de un producto, con lo que se incrementa la posibilidad de enfrentar crisis económicas. Además, promueve técnicas económicamente viables para reducir el uso de insumos externos, reduciendo al mismo tiempo el daño ambiental.

6.1.3. Contexto Ambiental

Los estudios en floricultura se han centrado en temas productivos, de comercialización o de competitividad y han restado importancia a los aspectos sociales y ambientales. Sin embargo, la actividad florícola en el sur del Estado de México tiene efectos ambientales negativos. Un estudio realizado por Fernández López, Gómez Moncada, Jiménez Contreras y Sánchez Corzo (2013), sugiere que los principales problemas son la contaminación de suelo y agua, así como la resistencia de plagas y enfermedades ante el uso indiscriminado de agroquímicos. Carreño-Melendéz, Vázquez-González y Vázquez-González (2019), consideran la contaminación del aire y degradación de la biodiversidad problemas relevantes en la región. Orozco *et al.* (2009), identifica tres consecuencias ambientales derivadas de la actividad florícola: degradación de los suelos, sobreexplotación de los recursos naturales y contaminación de mantos por infiltración y de aire por polución. A pesar de ser limitados los estudios ambientales la floricultura es una actividad cuestionada en su sostenibilidad, en un estudio con condiciones similares a las existentes en la región, realizado en el estado de Chiapas, concluye que los principales problemas que limitan la sostenibilidad florícola son la contaminación y degradación de recursos naturales (Molina Gómez *et al.*, 2017).

En los recorridos de campo y la constante interacción con áreas de cultivo, se observó que los cuerpos de agua son contaminados por el sistema de producción. Durante las épocas de

alta producción se presentan alteraciones en la apariencia del agua, en algunas ocasiones es espumosa, presenta coloraciones verdes, rosas, blancas. Otro problema es que los cultivos florícolas son altamente demandantes de este recurso durante su desarrollo y al contar con diversas fuentes de agua provenientes del nevado de Toluca no se da prioridad al cuidado de la misma. Además, se continúan talando árboles para establecimiento de unidades de producción, que a su vez incrementan el uso de productos de síntesis química, agudizando el problema.

La contaminación del aire también se considera un problema de la región. Cuando se realizan las aplicaciones de agroquímicos, no hay una planeación eficiente, pues para los productores es lo mismo aplicar a las 6:00 am, que a las 12:00 pm o 3:00 pm. La heterogeneidad en las aplicaciones ha ocasionado que a lo largo del día se perciban olores intensos que provocan náuseas, dolores de cabeza e incluso vómitos en algunos miembros de la población. A pesar de su importancia, no se han realizado estudios de calidad del aire, se intuye que hay un exceso de residuos de agroquímicos en el aire, pero no se sabe qué productos ni el grado de daño que pueden ocasionar. Castillo Cadena *et al.* (2017) afirma que los daños de los agroquímicos en el aire se potencializan debido a la orografía del lugar, puesto que la región se localiza en la parte del valle, se crea una barrera con las montañas que lo rodean, lo que imposibilita la circulación de las sustancias tóxicas.

El uso desmedido e irracional de agroquímicos y sus mezclas, constituyen dos problemas principales. Por un lado, las moléculas de los diversos insecticidas, herbicidas, acaricidas, fungicidas y bactericidas utilizados en la región son tóxicas o altamente tóxicas y al evaporarse permanecen en el ambiente. Por otro lado, se ha determinado que actualmente existe una alta tasa de resistencia de distintas plagas y enfermedades que atacan los cultivos de flores (Tecuapetla Vargas, 2014). Ambos problemas son evidentes en recorridos de campo. A cualquier hora del día, en algunas zonas de producción y sus alrededores se observaron nubosidades de los restos de las aplicaciones. Asimismo, en cultivos que aún no son cosechados, se identificó un alto porcentaje de poblaciones de insectos, ácaros, enfermedades fúngicas y bacterianas, a pesar de las múltiples aplicaciones de agroquímicos y las altas concentraciones. En las entrevistas establecidas se determinó que se utilizan con mayor frecuencia 46 ingredientes activos, correspondientes a 25 grupos químicos (Cuadro

3); respecto a la categoría toxicológica, el 28% de agroquímicos utilizados son altamente tóxicos (Categoría II), 11% moderadamente tóxicos (Categoría III), 33% ligeramente tóxicos (Categoría IV), 20% (Categoría V), 9% son productos orgánicos elaborados por los productores y también se detectó el uso no regulado de productos de uso restringido.

Cuadro 3. Agroquímicos utilizados por productores de la región.

Ingrediente Activo	Grupo Químico	Categoría
Paraquat	Bipiridilos	II Uso Restringido
Fipronil	Pirazoles	II
Metamidofos	Organofosforados	II Uso Restringido
Fipronil	Fenilpirazoles	II
Monocrotofos	Organofosforados	II
Ometoato	Organofosforados	II
Diclorvos	Organofosforados	II
Lambda Cyhalotrina	Piretroides	II
Abamectina	Avermectinas	II
Metomilo	Carbamatos	II
Carbofuran	Carbamatos	II
Sulfoxaflor+Lambda Cyhalotrina	Piretroides	II
Benzoato De Emamectina	Avermectinas	III
Cipermetrina	Piretroides	III
Abamectina	Avermectinas	III
Dimetoato	Organofosforados	III
Mancozeb	Ditiocarbamatos	IV
Tebuconazole	Triazoles	IV
Oxicarboxin	Carboxamidas	IV
Cymoxanil	Acetamida	IV
Triforine	Piperazinas	IV
Glifosato	Acido N-(Fosfonometil)-Glicina	IV
Ácido 2,4 D: Sal Dimetil Amina	Fenóxi Acetamida	IV
Imidacloprid	Cloronicotinilos	IV
Cipermetrina	Piretroides	IV
Etoxazole	Oxazoles	IV
Bifenazate	Bifenazate	IV
Malation	Organofosforados	IV
Cipermetrina	Piretroides	IV
Clorpirifos	Organofosforados	IV
Pirimetanil	Anilino pirimidinas	V
Clethodim	Ciclohexanodionas	V
Pendimetalin	Dinitroanilina	V

Ingrediente Activo	Grupo Químico	Categoría
Spinetoram	Spinosines	V
Flubendiamide	Diamidas	V
Sulfoxaflor	Sulfoximinas	V
Acequinocyl	Quinolinas	V
Cyflumetofen	Benzoilacetónitrilos	V
Extracto de Ajo		
Extracto de Neem		
Azúfre, Calcio		
Potásio		

Se percibieron diversos daños físicos, químicos y biológicos al suelo. En análisis de suelo que realizan algunas unidades de producción se determina una alta concentración de nitrógeno y fósforo, derivado de la incorporación excesiva de fertilizantes. Las constantes labores mecánicas en el suelo han provocado un alto grado de compactación. El exceso de agroquímicos contenidos en los suelos, provoca un desequilibrio principalmente por la eliminación generalizada de biodiversidad tal como menciona Fernández López *et al.* (2013). Existe un daño al incrementarse el cambio de uso de suelo para el establecimiento de invernaderos y tapados plásticos en donde se atenta contra la biodiversidad (Figura 8



Figura 8). Al practicar sistemas intensivos, los suelos pierden su fertilidad y con ello su capacidad productiva, que ocasiona el abandono de los terrenos. Productores de gladiola

dañan el suelo a tal grado que queda inservible durante 5 años, buscan más terreno y lo repiten cada ciclo. Debido a la falta de capacitación y seguimiento, los productores no incorporan compostas, cubiertas verdes, caldos nutritivos que, a pesar de contribuir en forma positiva a la salud del suelo, los consideran inservibles y omiten su uso.



Figura 8. Cambio de uso de suelo para incrementar áreas de cultivo bajo invernadero en Santa Ana Ixtlahuatzingo.

Por los desechos que produce la floricultura, puede considerarse una fuente importante de contaminación. Cuando termina el ciclo de vida de las cubiertas plásticas de los invernaderos o tapados no se les da un manejo adecuado y se tiran en cualquier sitio. Estos plásticos presentan una degradación muy prolongada, lo que representa un daño ambiental grande. De igual modo sucede con los envases de agroquímicos, a pesar de existir campañas y depósitos especiales para darles un manejo adecuado, se continúan tirando en arroyos, en las mismas unidades de producción, en pozos de agua de los predios, en setos verdes de las partes bajas y en algunos casos se reutilizan como botellones de agua, para contener alimentos (Figura 9). Los residuos de cosecha no son aprovechados y en muchas ocasiones los depositan en la basura sin algún tipo de manejo.



Figura 9. Manejo inadecuado de residuos plásticos de insumos florícolas. a) Desecho irresponsable de envases de agroquímicos. b) Desecho de cubiertas plásticas de invernadero.

La actividad es altamente demandante de insumos en postcosecha; para su manejo y comercialización se requieren bolsas plásticas, ligas, macetas, cartón, que generan un problema pues son catalogados como materiales contaminantes de degradación lenta.

En imágenes satelitales del año 1985, 2015 y el actual (*Figura 10, Figura 11, Figura 12*), puede observarse el alto grado de deforestación provocado por la construcción de invernaderos y tapados para el cultivo de flores. A esta actividad se suma el auge del cultivo de aguacate como altamente degradante de recursos naturales. Se ha demostrado que la eliminación de árboles y flora nativa provoca un desequilibrio en el ambiente, pues con las plantas también desaparecen animales y microorganismos que regulan procesos diversos en el ecosistema. Los productores están conscientes de la disminución y desaparición de animales y plantas, pero no dan importancia a ello. Asimismo, no se difunde información sobre protección de biodiversidad por parte de instituciones.



Figura 10. Imagen satelital del paisaje predominante en la región florícola del sur del Estado de México, 1985. Tomado de Google Earth.

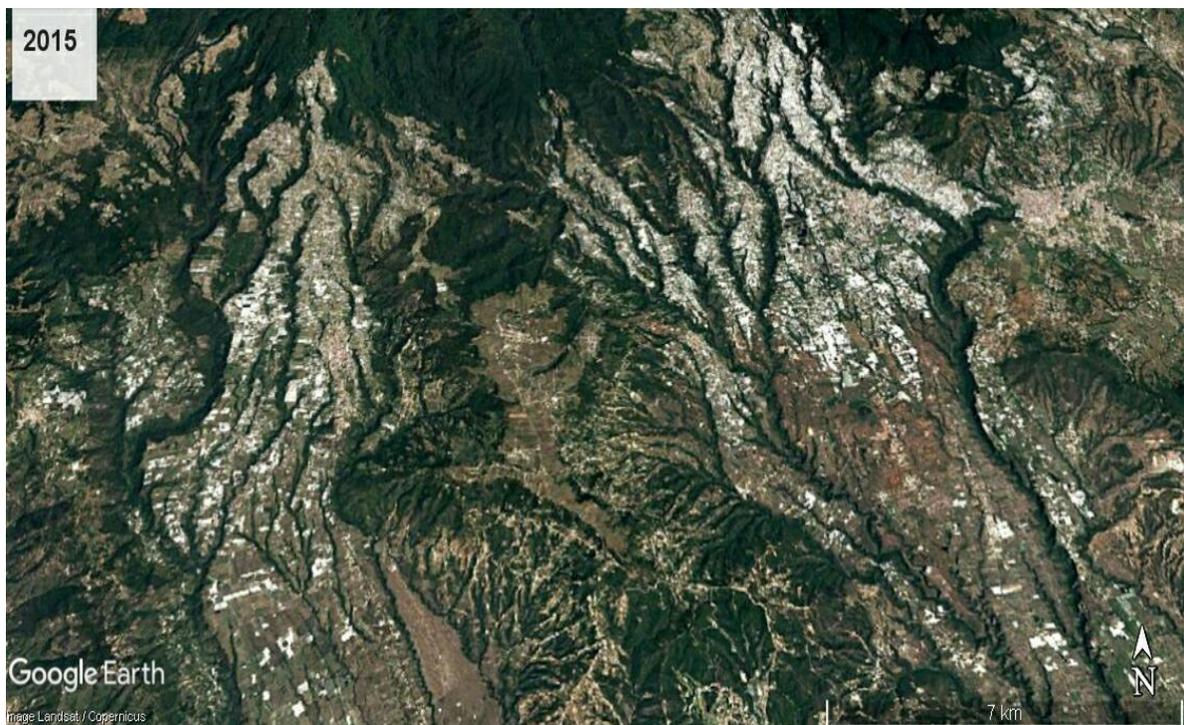


Figura 11. Imagen satelital del paisaje modificado por el establecimiento de invernaderos de producción de flores en la región florícola del sur del Estado de México, 2015. Tomado de Google Earth.

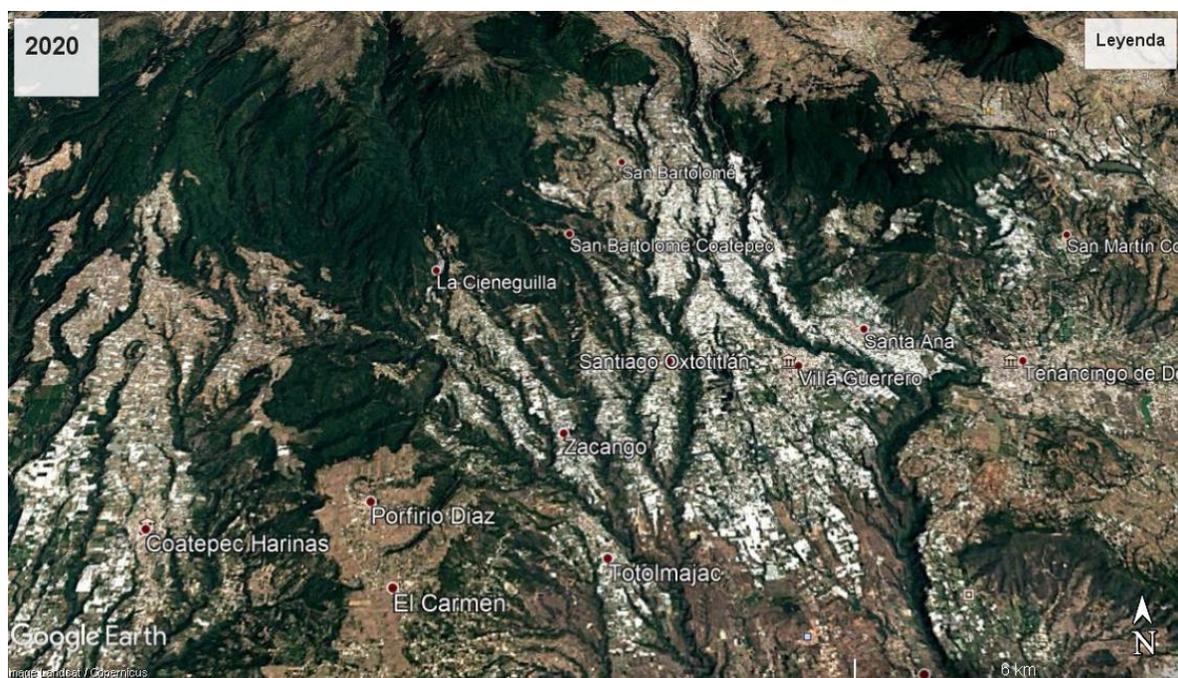


Figura 12. Imagen satelital del cambio de uso de suelo en la región florícola del sur del Estado de México. El color blanco muestra el área extendida de invernaderos, 2020. Tomado de Google Earth.

Respecto al cambio climático, los productores lo perciben como cambios en la temperatura y precipitación, pero lo desvinculan de los procesos productivos. No toman en cuenta que el cambio climático puede afectar la producción y que, al mismo tiempo, el sistema de producción intensiva que se realiza en la región contribuye de manera negativa al cambio climático (Ramírez Hernández y Avitia Rodríguez, 2018).

6.2. Proceso de producción del helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*) en la Región Florícola del sur del Estado de México

Se describe a partir de los recorridos de campo, las visitas a unidades de producción de la región y pláticas informales con productores enterados de la producción del helecho

6.2.1. Helecho Cuero

Descripción botánica y Origen

De acuerdo con Chahin y Azocar (2012), el helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*) es una planta originaria de Sudamérica y Sudáfrica. Pertenece a la división Pteridophyta, clase Filicopsida, orden Polypodiales, familia Polypodaceae, género *Rumohra*, especie *Rumohra*

adiantiformis (Romero Alcaraz, 2007). Es un helecho perenne, generalmente litófito o epífita que puede adaptarse a condiciones terrestres (Figura 13). Tiene hábitos arbustivos que alcanzan 90 cm de altura. Presenta rizomas y una raíz fibrosa con tendencia a la superficialidad. Su tallo principal llamado raquis, es erguido y ligeramente lignificado. Sus hojas llamadas frondes, son coriáceas de color verde oscuro, se conforman de pinas y a su vez de foliolos (pínulas) en disposición imparipinnada; en las primeras etapas se denominan crosier. El sistema reproductivo se encuentra en soros, que son estructuras redondas cubiertas de una tela llamada indusio que contiene esporangios con esporas. Puede propagarse mediante división de rizomas durante primavera-verano, debido a las temperaturas que se presentan (Romero Alcaraz, 2007; González, Bañón y Fernández, 1998).



Figura 13. Helecho cuero. [Imagen] Recuperado de <https://cultivalle.com/arboles-y-plantas/03/12/20>

Distribución

El helecho cuero (*Rumohra adiantiformis*) se distribuye en regiones tropicales y subtropicales. Se han encontrado poblaciones nativas en China, Australia, Polinesia, Sudáfrica, Nueva Zelanda, América Central, Sudamérica y sur de Estados Unidos (Romero, 2007). Chaín y Azocar (2012), mencionan que Costa Rica y Florida concentran poblaciones

comerciales y Romero Alcaraz (2007), incluye Guatemala, Honduras e Israel a la lista de países productores.

Requerimientos

Diferentes autores reportan que el cultivo adecuado del helecho cuero depende de distintas condiciones edafoclimáticas. Se desarrolla favorablemente en climas templados y cálidos. El rango de temperaturas se sitúa entre 15 y 30°C; sin embargo, su crecimiento óptimo es en temperaturas entre 30 y 32°C. Las bajas temperaturas (0°C) retardan su crecimiento y ocasionan quemaduras en las frondas. En cambio, el rizoma tolera temperaturas de -5°C. La humedad relativa idónea para el cultivo se encuentra entre 80 y 100%. Por su naturaleza, el helecho requiere ambientes sombreados. El nivel de iluminación que necesita es entre 32,000 y 54,000 lux. Aunque requiere cierta intensidad lumínica, no debe ser expuesto directamente al sol. La luminosidad intensa induce una coloración verde clara y una consistencia frágil de las frondas. Puede ser cultivado bajo la sombra de los árboles o bajo la sombra de mallas en invernaderos (Chahin y Azocar, 2012; González-Castiblanco, 2004; Romero Alcaraz, 2007).

El helecho cuero crece mejor en suelos franco arenosos. Requiere un suelo con alto contenido de materia orgánica con pH cercano a 5.5 y 6.0. Es sensible a niveles elevados de salinidad, por lo tanto, es importante que el agua utilizada en el riego esté exenta de sales. El volumen de agua depende de factores como edad de la planta, zona de cultivo y época del año. En cuanto a la fertilización, se sugiere que se realicen aplicaciones de N: 450 a 670 Kg/ha; P₂O₅: 225 a 335 Kg/ha; K₂O: 450 a 670 Kg/ha; Mg: 55 a 165 Kg/ha. Por otra parte, algunos autores sugieren fertilizar respondiendo a análisis periódicos (cada seis meses) de suelo y análisis foliares (Berrocal-Domínguez, 1996; Romero Alcaraz, 2007; Chahin y Azocar, 2012; Gordillo-Arriola, 2013; González-Castiblanco, 2004).

Importancia económica

En el mundo, el mercado de follajes constituye el 10 % del mercado de las flores, mientras que el helecho cuero constituye el 95% de este mercado. Este follaje tiene gran presencia en el mercado debido su largo periodo postcosecha y a sus cualidades ornamentales (Romero Alcaraz, 2007).

Los principales centros de producción se encuentran en Estados Unidos y Costa Rica. En 1996, en Florida, Estados Unidos, se reportaron 2,500 hectáreas sembradas. Mientras que en Costa Rica se reportaron 1,400 hectáreas distribuidas en el Valle Central. Para 2010, Costa Rica se convirtió en el principal país exportador de helecho cuero gracias a la creación de fuentes de trabajo con mano de obra mixta, salarios superiores a los de cualquier otra actividad y mejor calidad comercial (ausencia de manchas y daños mecánicos), generando 52 mil millones de dólares. Se estimó que durante el año 2011, Costa Rica exportó 23.5 toneladas. Por otra parte, países como Guatemala y México lograron exportar 11 y 7.3 toneladas respectivamente (Berrocal-Domínguez, 1996; Granados-Montero, Sánchez-Chacón, Vargas-Montero y Barboza-Aguilar, 2014; Castilblanco-Flores, 2012).

Los principales mercados de exportación son Holanda con 21.4%, Alemania con 15.2% y Estados Unidos con 10.2%; en menor cantidad se encuentra Francia, Japón, Reino Unido y Bélgica (Castilblanco-Flores, 2012).

6.2.2. Descripción del proceso productivo de helecho cuero

Infraestructura

De acuerdo a Gordillo-Arriola (2013), la infraestructura consiste en el acomodo de una malla de polietileno debajo de la cubierta del invernadero. Estas condiciones se asemejan a las observadas en Tenancingo, donde también se utiliza una malla sombra, dentro de los invernaderos.

Preparación del terreno

La preparación de suelo para cultivo de helecho cuero consiste de tres etapas: la preparación mecánica, la desinfección del suelo y la formación de camas de cultivo. En la primera etapa (preparación mecánica) se emplea arado de discos para roturar y mejorar la estructura del suelo. En la segunda etapa (desinfección) pueden emplearse un método físico como la solarización o un método químico mediante el uso de Cianamida cálcica, Prochloraz al 15% o Ftalimida al 60%. La tercera etapa (formación de camas), consiste en levantamiento de camas de 30 cm de alto y 1.2 m de ancho (Gordillo-Arriola, 2013).

Establecimiento

Se eligen hojas vigorosas y sanas para ser extraídas con el rizoma para que sea establecido en las camas de cultivo. Los rizomas deberán tener yemas activas para garantizar el desarrollo de las plantas. Se recomienda que los rizomas sean seleccionados por el calibre; sugiere tres clasificaciones principales: rizomas de primera (mayores a 15 cm), rizomas de segunda (entre 8 y 15 cm) y rizomas de tercera (menores a 8 cm). Una vez distribuidos en las camas, se cubren con materiales como aserrín para conservar la humedad y proteger de plagas (Gordillo-Arriola, 2013).

Manejo del cultivo

En base a dos estudios realizados en Guatemala y México (Veracruz) en los primeros meses del cultivo es recomendable eliminar las arvenses mediante un método químico, por ejemplo, utilizando el herbicida Triazina. Se deben realizar podas periódicas para mantener vigorosas las plantas, eliminando aquellas frondas enfermas, amarillas, con daños mecánicos o aquellas que ya han atravesado su periodo de madurez ideal. Los riegos se realizan diariamente y se recomienda el uso de aspersores. La fertilización debe ser posterior a un análisis de suelo y dependiendo la etapa fenológica en la que se encuentre, no obstante, este cultivo requiere de elevadas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y potásicos.

Las plagas y enfermedades que Olguin Falcón (2008) reporta para el cultivo de helecho principalmente son trips, larvas de lepidópteros, caracoles, antracnosis, mancha de la hoja, Phytium y Rhizoctonia, por ello se efectúan monitoreos semanales, eliminando las frondas enfermas o tomando medidas de manejo con fungicidas o insecticidas (Gordillo-Arriola, 2013).

En entrevistas realizadas a productores de helecho cuero en la región florícola del sur del Estado de México se observaron diferencias en el cultivo en contraste con la literatura. Respecto al establecimiento, Gordillo-Arriola (2013), recomienda 3 etapas que coinciden con las etapas de establecimiento en entrevistas realizadas. A estas etapas se adicionan dos elementos importantes: el uso de motocultor después del arado de discos y el empleo de bromuro de metilo para la desinfección del suelo. La adición de estos elementos en el manejo regional de cultivo nos muestra la tendencia al desgaste de suelo por uso excesivo de implementos mecanizados, asimismo nos muestra la contaminación que genera por uso de

agroquímicos que en la actualidad presenta un estatus de uso restringido de acuerdo con el Registro Sanitario de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales-COFEPRIS (2020).

En cuanto a la selección del material vegetativo, se desconoce el lugar de procedencia del material y no realiza una selección adecuada del material de propagación. Posteriormente, el manejo del cultivo contrasta con el manejo recomendado en la literatura. En la parcela se cultivan de dos a tres especies adyacentes al helecho cuero (hortensia, ruscus, cola de zorra). Hay quienes eliminan las plantas arvenses y otros que permiten su crecimiento. El sistema de riego que emplean es por aspersión (cada cuatro días) o bien, hay quien emplea riego por goteo o por gravedad. La nutrición de las plantas se basa en el uso de insumos externos, principalmente fertilizantes nitrogenados y potásicos como Nitrofoska® (contiene nitrógeno, Fosforo y Potasio) y Sulfato de Potasio, efectuando aplicaciones cada 15 días.

Finalmente, las plagas y enfermedades reportadas por Gordillo-Arriola (2013) son distintas a las que se presentan en las parcelas. En las entrevistas, las principales plagas que afectan el cultivo en la región son los caracoles y araña roja. Los agroquímicos empleados para controlar las plagas principalmente son Lucaphos®, Lorsban® y Furadan®, este último es considerado uno de los productos más tóxicos.

6.3. Diseño del sistema agroforestal

Después de la aproximación que se realizó a la zona de estudio, se contó con los elementos necesarios para tomar decisiones, para la mejor integración de un sistema agroforestal, lo cual también requería el conocimiento de los sistemas generalmente usados y mencionados en la literatura.

6.3.1. Sistemas Agroforestales

Existen diversas clasificaciones de sistemas agroforestales. De forma general pueden clasificarse de acuerdo a cronología, diseño espacial, elementos que lo integran, localización geográfica que utilizan o cultura que lo desarrolla, objetivo o función, régimen de manejo (Montagnini *et al.*, 1992; Saénz *et al.*, 2010). En México, los sistemas agroforestales recomendados se adecuan principalmente a exigencias climáticas, entre los que se mencionan: cortinas rompevientos, agrosilvopastoriles, curvas de nivel, cercos vivos, huertos

caseros, cultivo en callejones (Saézn *et al.*, 2010; CONAFOR, 2020). En los siguientes párrafos se abordarán características generales de algunos de estos SAF.

Los sistemas agrosilvopastoriles incorporan elementos forestales, agrícolas y pecuarios en el mismo sitio. Buscan incrementar oferta de productos y disminuir el daño ambiental provocado por ganadería intensiva. Son recomendados para zonas tropicales y templadas. Las ventajas que presenta son: los animales mejoran y aceleran los ciclos de nutrientes, los árboles ofrecen un microclima favorable para los animales, los cultivos pueden aprovechar aportes nutricionales del estiércol y de residuos de podas, los animales pueden participar en diseminación y escarificación de semillas. Las desventajas son: la carga animal alta puede afectar el desarrollo de las plantas, los animales pueden reducir las poblaciones de plantas nativas (Montagnini *et al.*, 1992; CONAFOR, 2020).

Las cercas vivas son arreglos que consisten en la siembra de una hilera de árboles o arbustos. Dependiendo de la densidad de plantación o recursos económicos se utiliza o no alambres. Una cerca viva puede estar conformada de especies leñosas o una combinación de especies leñosas con postes muertos. Los árboles en su mayoría son especies leguminosas y son de fácil propagación. Se recomiendan para regiones tropicales, subtropicales y templadas. Ofrecen múltiples beneficios y generan servicios ambientales. Reducen la tasa de evapotranspiración, mejoran la estructura del suelo, tienen larga duración, producen madera, sirven como corta fuegos, producen sombra y follaje para el ganado, generan flores y frutos que sirven de alimento para aves, mamíferos e insectos, disminuyen la temperatura del suelo debido a que existe una mayor retención de humedad. Algunas de las desventajas son: requieren mano de obra constante, atraen animales silvestres que pueden dañar los cultivos, sin embargo, pueden atraer animales que depreden plagas (Sánchez, Villanueva, Torres, Tobar y DeClerck, 2008; Villanueva, Ibrahim, Casasola y Arguedas, 2005; Montagnini *et al.*, 1992; Martínez- Rodríguez, Viguera, Donatti, Harvey y Alpizar, 2017; Saézn *et al.*, 2010).

Los huertos caseros son sistemas tradicionales que combinan plantas herbáceas, árboles, arbustos, enredaderas y animales (principalmente gallinas, patos y cerdos). Son manejados por integrantes de la familia en parcelas adyacentes al hogar, donde los productos están destinados principalmente para su consumo. La elevada diversidad de especies de diferentes

estratos garantiza una variedad de productos durante casi todo el año, atenuando épocas de crisis. Tiene la ventaja de conservar la fertilidad del suelo, reducir el uso de insumos externos, contribuye al manejo de plagas y enfermedades, optimiza el reciclaje de nutrientes, constituye un refugio para la vida silvestre, y contribuye a la conservación *in situ* de germoplasma. El manejo está basado en el conocimiento ecológico desarrollado localmente. Permite una distribución relativamente equitativa del trabajo. Contribuye a asegurar la alimentación y nutrición de la familia y a la participación en las actividades productivas de los diferentes miembros (Ruiz Solsol, 2013; Méndez Gamero, Lok y Somarriba, 1996; Chi-Quej, 2009; Rivas, 2014).

Las cortinas rompevientos o de protección son hileras de árboles y/o arbustos de diferentes tamaños en un terreno. Su función principal es reducir la velocidad del viento, con ello se pretende disminuir la pérdida de fertilidad del suelo ocasionada por la erosión eólica. Asimismo, evita daños mecánicos a los cultivos por acción de vientos fuertes. Busca regular las condiciones de microclima, sirve como hábitat para especies de plantas, aves e insectos, disminuye el ataque de algunas plagas contribuyendo al equilibrio ecológico, las raíces de los árboles permiten conservar la humedad en el suelo y mejorar su estructura, genera diferentes productos para la venta o autoconsumo (frutos, postes, goma, leña, madera), protege a los cultivos o animales mejorando la producción. No obstante, poseen algunas restricciones, entre ellas; resistencia de algunos propietarios para invertir en cortinas porque en los primeros años no se perciben beneficios económicos significativos, pérdida de terreno agrícola por el espacio que ocupan los árboles, dificultad para el uso de maquinaria agrícola (Faustino, 2000; Oberschelp, Harrant, Mastrandrea, Salto y Flores Palenzona, 2020). Existen dos tipos de cortinas rompevientos: perimetral e interior. La primera bordea y protege la plantación, composición mixta (especies con mayor y menor porte). La segunda, divide en secciones el terreno, su composición es simple, es decir, de una sola especie arbórea (Palomeque Figueroa, 2009).

El cultivo en callejones es una asociación permanente de árboles con cultivos o pastizales. Se pueden diseñar líneas o franjas de árboles o arbustos con distanciamiento variado para colocar en los callejones cultivos o pastizales. Se recomienda su uso en regiones tropicales y subtropicales. Sus ventajas son: aporte de materia orgánica al podar los árboles, aumenta la

diversidad biológica y la oferta de productos, incrementa la infiltración y conservación de agua, al mantener el suelo con cubiertas vegetales se reduce el desarrollo de arvenses, se puede implementar en superficies pequeñas, disminuye el uso de insumos externos y por lo tanto el costo de producción. Las desventajas son: requiere mucha mano de obra y tiempo para su implementación (Saéñz *et al.*, 2010; CONAFOR, 2020).

Los sistemas agroforestales recomendados para México ofrecen diversas ventajas y desventajas. Por sus componentes, el cultivo en callejones representa una alternativa para la floricultura del sur del Estado de México. Es un sistema que se adapta a pequeñas superficies, permite establecer una especie ornamental protegida por árboles que proporcionaran sombra, microclima, biomasa, protección al suelo y eventualmente control de plagas y enfermedades, también ofrece la posibilidad de incorporar diferentes especies, asimilando el concepto de huerto casero o policultivo. Por lo que puede potencializar el desarrollo del helecho cuero, al mismo tiempo que disminuye el daño ambiental, costos de producción, uso de insumos externos (agua, fertilizantes, agroquímicos). Asimismo, es un sistema que permite respetar cultivos que han sido establecidos y abandonados con anterioridad en la parcela.

6.3.2. Especies integradas al sistema agroforestal

En los siguientes párrafos se presentan las especies que fueron integradas al sistema:

Arúgula

La arúgula (*Eruca vesicaria*) es una planta herbácea anual de la familia Brassicaceae. Es una planta que puede alcanzar 25 cm de altura. Presenta una raíz napiforme y ramificada que alcanza 20 cm de largo. Sus hojas presentan pinnas lobulares e irregulares con una pinna apical de mayor tamaño. Su inflorescencia de tipo racimo contiene flores hermafroditas de cuatro pétalos de color crema o amarillo. Produce silicuas (frutos) con semillas ovoides. Se reproduce mediante semilla planta. Es originaria del sur de Europa y Asia. Está ampliamente distribuida en América y México. Tiene una gran importancia por sus usos culinarios y su alto valor nutricional (Montesinos, Chauca y Huahuasoncco, 2015 y Perdomo Roldan, Mondragón Pichardo, Vibrans, Tenorio Lezam, Salgado Flores y Godines Iniestra, 2009).

Dentro del sistema, la arúgula se incorpora como barrera y como alternativa para generar ingresos. Fue elegida como barrera pues se ha documentado que contiene metabolitos

secundarios como glucosinolatos azufrados que confieren sabor y aroma picante y sulfuroso (Pignone y Gómez-Campo, 2011). Arias Cortes (2011) y Claros Cuadrado (2016) mencionan que dicho metabolito característico de la familia Brassicaceae tiene efectos biocidas que se activan al romper o mover con fuerza las hojas, esta acción funciona como repelente a los insectos y potencialmente reduce el uso de agroquímicos, daño al ambiente y costo de producción.

Se consideró una alternativa en la generación de ingresos por sus características nutricionales y uso culinario posibilita su distribución y comercialización en restaurantes y tiendas orgánicas, aunado a la falta de cultivos en la región.

Ave de Paraíso

El ave de paraíso (*Strelitzia reginae*) es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Strelitziaceae. Es una planta que puede alcanzar más de 1 m de altura. Presenta un rizoma que desprende raíces adventicias gruesas. Sus hojas crecen en la base en forma arrosada, se desprende un peciolo largo que termina en una lámina grande y lanceolada. Su inflorescencia cimosa contiene flores sésiles, triangulares que están cubiertas por brácteas rojizas. La flor contiene tres sépalos anaranjados y tres pétalos azules fusionados con anteras y estambres. Produce cápsulas con semillas redondas y ornamentadas con un arilo filamentososo de color anaranjado. Se reproduce mediante semilla, rizoma e hijuelos. Es originaria de África del Sur. Está distribuida en regiones tropicales y subtropicales. Temperaturas entre 15 y 30°C, precipitaciones de 1000 a 1500 mm anuales y humedad relativa entre 60 y 90% benefician su crecimiento y desarrollo. Tiene una gran importancia por su uso ornamental (Ramírez-Guerrero, García-Villanueva, Navarrete-Valencia, García-Osorio y Arévalo-Galarza, 2017 y Pinedo Vasquez, 2010).

El ave de paraíso se incorpora al sistema porque en la parcela que se trabajó existió una plantación que fue abandonada. Sin embargo, algunas de las plantas persistieron y debido a su aceptación en el mercado local, se optó por dejar las plantas como una forma de generar ingresos económicos y diversificar el sistema.

Morera

La morera (*Morus alba*) es un árbol o arbusto de la familia Moraceae. Es una especie que alcanza 12 metros de altura; con ramas jóvenes grisáceas; hojas más o menos ovadas, irregularmente dentadas. Frutos color morado o blanco, miden de 2 a 6 centímetros de largo. Se estima que su origen es al pie del Himalaya, en climas templados, sin embargo, se considera cosmopolita por su adaptación a diferentes climas y altitudes. Actualmente, se encuentra en diferentes ambientes, crece favorablemente en altitudes que van desde los 400 hasta los 4,000 msnm, en zonas secas y húmedas, aunque no tolera suelos con mal drenaje o compactos. Las condiciones climáticas que requiere son: temperatura de 18 a 38°C, precipitación de 600 a 2,500 mm y humedad relativa de 65 a 80% (Benavides, 1995).

La morera ha demostrado poseer cualidades como planta ornamental de paisaje, para controlar erosión, como sombra, y para la alimentación de rumiantes. Tradicionalmente se usa para la alimentación del gusano de seda (Benavides, 1995). Estudios realizados por Sánchez y Reyes (2003), demuestran que la asociación de *M. alba* con leguminosas arbóreas (cuando el follaje de esta última se incorpora al suelo) constituyen una alternativa para incrementar la densidad y diversidad de invertebrados en el sistema, la presencia de organismos intervienen en la descomposición vegetal, transformación de los residuos de las plantas en material húmico, descomposición de azúcares, celulosa y lignina, desintegración física de los tejidos y el incremento de la acción de bacterias y hongos, restableciendo el equilibrio de los microorganismos del suelo. Además, se ha usado como forraje para bovinos y caprinos, debido a que posee porcentajes de proteína cruda superiores al 20% y digestibilidad de 75 a 85% (Ojeda y Montejó, 2001).

La morera fue seleccionada con diferentes objetivos: mejorar la estructura del suelo, favorecer el reciclaje de nutrientes, aumentar la fertilidad del suelo mediante la incorporación periódica de la materia orgánica proveniente de los residuos vegetales (podas), disminuir erosión por acción del viento y lluvia, retener agua en el suelo, reducir evapotranspiración, crear condiciones para el crecimiento y desarrollo de enemigos naturales y principalmente para aportar sombra que requiere el helecho cuero.

Hierba Santa

La hierba santa (*Piper auritum* Kunt) es una planta aromática de la familia Piperaceae. Es un arbusto de 1.5 a 5 m de altura. Presenta hojas simples alternas de hasta 35 cm de largo y ancho; las ramas jóvenes están cubiertas de abundantes tricomas. Inflorescencia tipo espiga de color blanca a verde pálido. En suelos ligeros puede formar raíz principal, en suelos pesados forma raíces laterales algo globosas. Es originaria del sur de México y se distribuye hasta Colombia. Se localiza en bosques húmedos y bosques secundarios, característica de sitios perturbados, a lo largo de ríos y caminos, en cafetales o cultivos de cacao. Crece en el sol o a media sombra (CONABIO, 2016; Delgado-Barreto, García-Mateos, Ybarra-Moncada, Luna-Morales y Martínez-Damián, 2012).

Se ha reportado que la hierba santa presenta usos culinarios, medicinales, actividad insecticida, repelente, antimicótica, antibacteriana. Su uso es frecuente en la cocina mexicana. En Veracruz y Tabasco, la hoja se emplea para envolver tamales, pescado o carne en platillos como el tapixtle y pilte. En Guatemala se usa para preparar el pachay, que es pescado con chile y achiote (CONABIO, 2016). En la medicina tradicional se utiliza como diurético, sudorífico, anestésico, para la angina de pecho, cólicos, dolor de cabeza, digestión, como abortivo, antiinflamatorio (Monzote Fidalgo, García Parra, Scull Lizama, Maes y Cos Wellens, 2012). Se ha reportado su efecto sobre *Xanthomonas albilineans* y *Acidovorax avenae* subsp. *Avenae*, responsables de la escaldadura foliar en el cultivo de la caña de azúcar y *X. campestris* responsable de la pudrición negra en crucíferas (Sánchez, Correa, Abreu, y Pino, 2013). En el Salvador, se utiliza la savia de los tallos machacados para remover ácaros. Estudios presentaron una actividad moderada sobre el control de la chinche de los pastos (*Collaria aff. Oleosa*) (Sáez, Granados, Escobar, Cardona, Atehortúa, Callejas, Cortés y González, 1998).

La especie fue integrada al sistema con distintos propósitos; como repelente y barrera de insectos; para que las raíces mejoraran la estructura del suelo a través de la retención de humedad y aireación; para la comercialización de las hojas con fines culinarios y eventualmente como una alternativa para su comercialización transformándola en jabones o extractos.



Figura 15. Diseño del sistema agroforestal, como alternativa sostenible. Vista frontal del SAF.

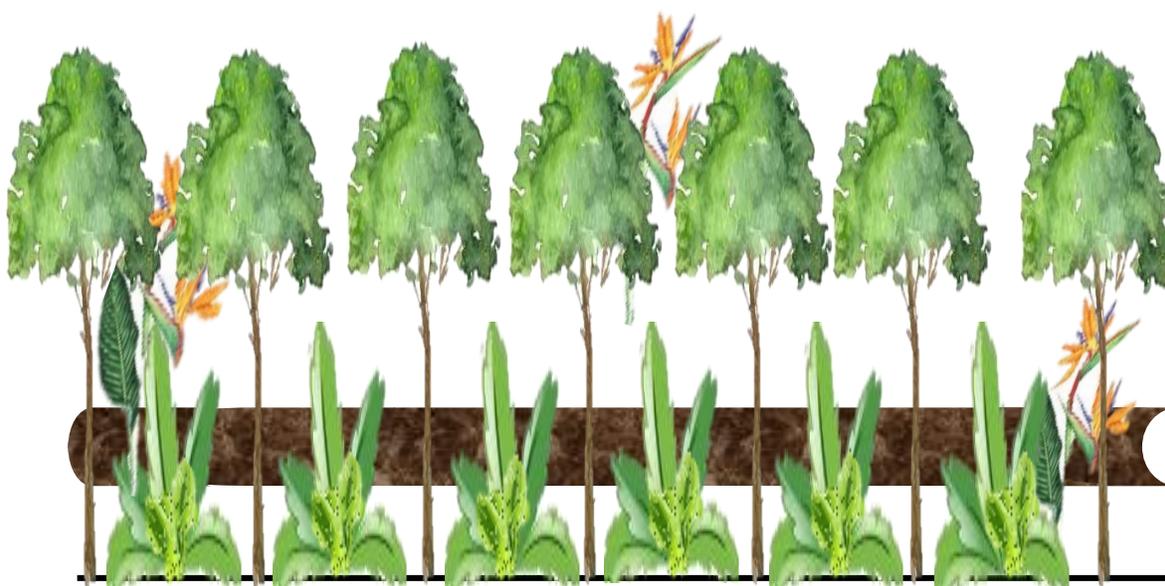


Figura 16. Diseño del sistema agroforestal, como alternativa sostenible. Vista lateral del SAF.

6.4. Establecimiento del sistema agroforestal diseñado

El sistema agroforestal fue establecido en Santa Ana Ixtlahuatzingo, comunidad perteneciente a Tenancingo de Degollado, municipio del Estado de México. El sitio cuenta con una altitud de 2,020 msnm., coordenadas geográficas de 18°58'06'' N y 99°36'51'' W.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, la zona presenta clima templado con lluvias en verano (Cw). La temperatura media anual es de 12 a 18°C, siendo la mínima de -3°C y la máxima de 22°C. La precipitación media anual es de 1,179.8 mm. El sitio pertenece a la cuenca del Rio Grande Amacuzac de la subcuenca Progreso-Huautla, de la microcuenca Santa Ana Ixtlahuatzingo, perteneciente al acuífero de Tenancingo y la depresión de Toluca (SEMARNAT, 2018) Los tipos de suelo presentes en la región son andosol, vertisol, cambisol, phaeozem y leptosol (SEMARNAT, 2018), que según la FAO (2008) son aptos para actividades agrícolas y de conservación forestal. El INEGI (2009) señala que 57.72% es destinado a la agricultura, 6.84% a zona urbana, 33.2% de bosque y 1.62% de selva.

El predio seleccionado con superficie de 100 m², se encontraba destinado al cultivo de ave de paraíso (*Strelitzia reginae*) que por razones desconocidas fue abandonado. Debido a estas actividades el sitio no cuenta con un tipo de vegetación definida. Durante la caracterización del estado inicial de la zona de estudio, se logró observar vegetación perteneciente a dos estratos: arbustivo y herbáceo, sobresaliendo el de tipo herbáceo (*Figura 17*).



Figura 17. Estado inicial de la parcela destinada al establecimiento de un sistema agroforestal alternativo a la floricultura. 10 de septiembre de 2018.

Al inicio del estudio se encontraban presentes: Cheneque (*Thenardia floribunda*), Ojo de poeta (*Thunbergia alata*), Jaboncillo (*Phytolacca icosandra*), Tlalamate (*Sida rhombifolia*), Zarza (*Rubus adenotrichus*), Escoba del carbonero (*Baccharis conferta*), Zoapaxtle (*Montanoa tomentosa*), Chía silvestre (*Salvia tilifolia*), *Tripogandra purpurescens*, *Polygonum nepelense* y ave de paraíso (*Strelitzia reginae*). Ninguna de las especies presentes se encuentra en alguna categoría de riesgo según la Nom-059-SEMARNAT-2010. Por su importancia comercial, se conservó el ave de paraíso para formar parte de este sistema. Inicialmente se realizó una limpieza parcial del terreno. Se eliminó el estrato arbustivo y herbáceo, sin eliminar totalmente la cobertura del suelo (*Figura 17*). Los residuos vegetales fueron incorporados al sistema (*Figura 19*). No obstante, se realizaron deshierbes dos o tres veces por mes, con la finalidad de integrarlos a un proceso de composteo, ubicado en la parte de la parcela que corresponde al callejón, de esta forma se evitaba el crecimiento excesivo de las hierbas y a largo plazo favorecería al helecho cuero que se establecerá en la cama de composta (*Figura 20* *Figura 23*).



Figura 18. Manejo sucesivo de arvenses presentes en la parcela (1ra intervención). 10 de septiembre de 2018.



Figura 19. Manejo sucesivo de arvenses presentes en la parcela (2da intervención). 22 de octubre de 2018.



Figura 20. 1ra etapa de manejo sucesivo de arvenses concluida. 20 de noviembre de 2019.

Teniendo en cuenta que no se contaba con recursos económicos para financiar el material, se hizo una búsqueda de arbustos de morera en la zona, para coleccionar el material vegetativo que se estableció en la parcela. Las colectas se realizaron en una planta localizada en el jardín norte de la Parroquia de San Francisco de Asís, la Unidad Deportiva “El salto” y Santa Ana Ixtlahuatzingo, todas ubicadas en el municipio de Tenancingo de Degollado. Los ejemplares de los que se hicieron colectas, tenían características similares a *Morus alba* y contaban con ramas de diámetro menor a 2 cm (Figura 21). En el caso de la hierba santa, el material vegetativo consistió en rizomas que fueron donados por productores cooperantes de la zona de Tenancingo (Figura 22). Las semillas de arúgula se adquirieron en una distribuidora en la Ciudad de México, en versión de paquetes comerciales, las semillas fueron germinadas por los autores del documento.



Figura 21. Selección de plantas de morera, donadoras de estacas. 15 de junio de 2018.

Todos los residuos de podas y deshierbes fueron destinados a la elaboración de la composta que además serviría como cama de cultivo para el helecho cuero. No obstante, para prevenir la muerte de organismos (animales, insectos, arácnidos, etc.) se realizaron cortes sucesivos de las arvenses, permitiendo que estos se desplazaran a los sitios más cercanos. La formación de las camas de cultivo requiere materia verde (obtenida de la misma parcela) por ello fue necesario utilizar herramientas como machetes, azadones y un molino que triturara el

material y creara aglomeración de residuos pequeños. Se composteó la materia para proporcionar aireación necesaria para el óptimo funcionamiento de los microorganismos (*Figura 23*).



Figura 22. Selección de material de propagación de Hierba Santa.



Figura 23. Formación de camas de cultivo con residuos del manejo sucesivo de arvenses. 20 de febrero de 2019.

Para el establecimiento de las especies se efectuaron diferentes actividades. Se realizaron cepas de 20 a 25 cm de ancho y de 30 a 40 cm de profundidad; para la morera y hierba santa; para la arúgula se realizaron cepas de 20 a 25 cm de ancho y de 15 a 20 cm de profundidad. El modo de propagación de la morera fue mediante estacas lignificadas de 20 a 35 cm, con tres o cuatro yemas vegetativas. Parte de las estacas se sometieron a un proceso de enraizamiento en bolsa forestal, manteniéndolas bajo sombra y con riegos frecuentes, se utilizó enraizador comercial RADIX 10000®. Otra fracción de las estacas de morera fue enraizada de forma directa en el suelo de la parcela con riegos de apoyo en las etapas iniciales. Alrededor de cada estaca se cubrió con residuos vegetales para mantener la humedad y favorecer el enraizamiento. De forma similar se procedió con los rizomas de hierba santa. Las semillas de arúgula fueron sembradas en macetas de turba biodegradables, en condiciones de media-alta humedad relativa, con el propósito de asegurar la germinación y crecimiento adecuado del sistema radicular. Cuando obtuvieron una longitud de 15 a 23 cm aproximadamente fueron integradas (con macetas) al sistema.

Algunas de las actividades que se efectuaron simultáneamente al establecimiento de las especies fueron: adquisición de material vegetativo, riegos de apoyo, eliminación de plantas arvenses y elaboración de composta. La especie que se adquirió primero fue la morera, posteriormente la hierba santa y por último la arúgula, esto se debió al tipo de crecimiento (primario y secundario). Sin embargo, por algunas razones se tuvieron que reestablecer varias plantas. En temporadas de secas se efectuaron riegos de apoyo. En general, estos dependían de las condiciones climáticas. Regularmente en temporada de secas las arúgulas se regaban cada tercer día, las moras y hierbas santas dos o tres veces por semana, según sus estructuras vegetativas lo indicaran. Mientras que, en temporada de lluvias, no se efectuaba ningún riego manual. La eliminación de las arvenses también fue una actividad que se realizó durante todo el proceso del establecimiento, esto contribuyó con la formación de la composta (*Figura 24*) y mantenimiento del porte bajo de estas plantas (*Figura 25*).



Figura 24. Incorporación de residuos vegetales de las podas, para estructuración de camas de composta. 21 de junio 2019.



Figura 25. Parcela agroforestal con mantenimiento de arvenses de porte bajo. 22 de junio de 2020.

6.5. Implicaciones del establecimiento del sistema agroforestal

El establecimiento de un sistema agroforestal como alternativa a la floricultura intensiva del sur del Estado de México, presenta implicaciones que pueden agruparse en tres momentos: durante la obtención del material vegetativo, durante la introducción y adaptación del material y durante el seguimiento del proceso productivo de helecho cuero. En cada una de estas etapas o momentos hubo diversas implicaciones tanto positivas como negativas. A continuación, se exponen las implicaciones para que sean tomadas en cuenta como proceso de aprendizaje y mejora, al implementar el sistema en unidades de producción de la región.

La morera seleccionada para el sistema fue *Morus alba*, pues posee hojas ligeramente coriáceas, que facilitan su manejo y descomposición. En la región fue complicado encontrar la especie deseada; los ejemplares identificados, en su mayoría pertenecen a la especie *Morus nigra*. En junio de 2018 se identificó como fuente de colecta un árbol ubicado en la parroquia de San Francisco en Tenancingo. Durante este recorrido no se lograron obtener estacas de morera, pues la colecta coincidió con la poda y el árbol no contaba con material suficiente. Se esperó un lapso de tres meses para que la morera retoñara y se pudiera hacer la colecta. En septiembre de 2018 se visitó la parroquia de San Francisco, obteniéndose un total

de 25 estacas que cumplieran con las características definidas con anterioridad. Al finalizar la primera colecta faltaron 8 estacas para completar el sistema (*Figura 26*). Por la falta de información entre la comunidad estudiantil se perdieron estacas. Un grupo ingresó al sistema desconociendo que en esos momentos se estaba desarrollando un proyecto, 10 estacas sufrieron daños mecánicos provocados por pisotones. La falta de 18 estacas de morera hizo necesario que se realizaran recorridos para ubicar otros árboles como potenciales donadores.

Las moras identificadas se encontraban en dos terrenos privados en la comunidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo. En abril del 2019 se visitó la comunidad para realizar las colectas; los dueños de los ejemplares nos permitieron obtener 14 estacas. Al ser utilizados los árboles como ornamental y culinario no fue posible conseguir cuatro estacas faltantes para completar 33 requeridas en el diseño del sistema.



Figura 26. Plantación de estacas de morera con manejo de labranza mínima. 28 de septiembre de 2018.

Durante el mes siguiente (mayo) se perdieron nuevamente estacas debido al cambio climático. Las condiciones que dificultaron el desarrollo de las estacas fueron: una sequía prolongada, el incremento de temperatura y falta de lluvias en tiempo y forma. Como consecuencia se perdieron cinco moreras y fue necesario colectar nuevamente en la parroquia de San Francisco. Durante junio de 2019 se obtuvieron 21 estacas; 9 se destinaron al sistema

en siembra directa; para tener ejemplares de reserva, 12 fueron introducidas en un vivero forestal aledaño a la parcela. El vivero perteneciente a la Secretaría de Educación Pública responde a principios de sistemas agroforestales, pues adapta especies bajo la sombra de árboles. Cuenta con temperatura promedio de 18 a 20°C y humedad relativa mayor a 60%.

Las estacas fueron introducidas en bolsas negras plásticas, diseñadas para propagar material vegetativo, se añadió un regulador de crecimiento (RADIX 10,000®) que contiene auxinas que promueven la formación de raíces. Esto aseguró que se contara con material suficiente para sustituir moreras en el sistema original en caso de sufrir algún tipo de daño (*Figura 27*). Estas fueron las últimas estacas que se pudieron conseguir del árbol ubicado en la Parroquia; el responsable nos indicó que ya no nos permitiría obtener estacas, justificándolo en que al ser un árbol que adornaba la parroquia era importante que no muriera y se viera con suficiente follaje.



Figura 27. Obtención de estacas de morera para repoblación en la parcela agroforestal y de reserva. 2 junio de 2019.

En febrero del 2020 nuevamente fue necesario buscar posibles fuentes de estacas, pues se pretendía incrementar la superficie del sistema original; se localizó una franja de moreras en la Unidad Deportiva de Tenancingo. Los ejemplares vegetativos eran suficientes y contaban

con las características deseables. En este caso fue posible obtener estacas con menor dificultad, los encargados no pusieron restricciones para la colecta y se obtuvieron estacas de reserva que fueron puestas a enraizar en el vivero forestal, en las mismas condiciones que las obtenidas con anterioridad.

En cuanto a la arúgula, existieron dificultades para conseguir las semillas. Éste es un cultivo que aún no se difunde e implementa de manera amplia en la región. Durante enero de 2019 se realizaron recorridos en la zona. Se acudió a dos tiendas agrícolas del municipio de Villa Guerrero, y a cuatro en Tenancingo. Sin embargo, en el primero no se comercializaba el material y en el segundo tampoco, si se deseaba requería un periodo de un mes para conseguir la semilla. Este evento propició un retraso en el establecimiento de la especie. De tal modo, que en febrero de 2019 se optó por hacer búsquedas online que finalmente obtuvieron las semillas con tiempo de espera de una semana. Al notar que la germinación no tuvo éxito, nuevamente en marzo de 2019 se adquirieron semillas. Se programó una visita a la alcaldía de Xochimilco en la Ciudad de México, que al concentrar gran diversidad de especies vegetales en establecimientos de insumos agrícolas, permitió obtener sin dificultades semillas de arúgula (*Figura 28*).



Figura 28. Semillas de arúgula a incorporar al sistema agroforestal mediante siembra directa. 16 de marzo de 2019.

El tiempo de establecimiento del sistema fue prolongado porque se desconocían los puntos de colecta. Es recomendable que se destinen días continuos para definir los sitios en que es posible colectar y negociar desde el inicio la obtención del material para asegurar esta etapa y reducir el tiempo de búsqueda. Es importante que una vez obteniendo el material vegetativo se someta a enraizamiento (o germinación) en sitios seguros para reducir el riesgo de pérdida de ejemplares. Así mismo, es necesario obtener mayor cantidad de material vegetativo a los utilizados en el diseño, para tener disponibilidad inmediata, de modo que no se realicen visitas múltiples que detengan o retrasen el desarrollo del sistema.

La germinación de semillas de arúgula se vio obstruida por las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de propagación mal elaboradas, por lo tanto se realizaron dos siembras. La primera en mayo de 2019, se realizó directamente en el suelo del sistema, por el tamaño de la semilla (1-2 mm) se hizo un hoyo pequeño, cubriéndolas ligeramente. Sin embargo, las temperaturas elevadas, la falta de humedad en el suelo y en el ambiente originaron un porcentaje nulo de germinación. De tal modo que en la segunda siembra (*Figura 29*), noviembre de 2019, se establecieron en macetas de turba biodegradables que fueron introducidas en el vivero estatal que posee condiciones de humedad relativa alta y temperaturas cercanas a los 18°C.



Figura 29. Siembra de semillas de arúgula en macetas biodegradables para asegurar su desarrollo en un vivero forestal. 8 de noviembre de 2019.

El sustrato utilizado fue suelo proveniente del sistema, se proporcionaron dos o tres riegos por semana, dependiendo de la humedad. En febrero de 2020, cuando adquirieron una longitud de 15 a 23 cm aproximadamente se incorporaron en el sistema (*Figura 30*Figura 29). En ese momento, la frecuencia de los riegos aumentó a tres o cuatro riegos por semana. No obstante, fue necesario colocar una cobertura de residuos vegetales alrededor de cada planta, y así disminuir la pérdida de agua por evaporación.



Figura 30. Trasplante de plántulas de arúgula en el sistema agroforestal. 23 de febrero de 2020.

La obtención de hierba santa no representó ninguna dificultad. Se recibieron dos donaciones por parte de los habitantes de la zona. La primera fue establecida en marzo de 2019 y constó de quince rizomas (*Figura 31*Figura 31). No obstante, dos de los rizomas no prosperaron. En la segunda, realizada en abril del mismo año, se establecieron once rizomas. Aunque dos rizomas no se adaptaron, no representó una pérdida significativa que exigiera más donaciones.



Figura 31. Plantación de hierba santa bajo manejo de mínima labranza. 4 de marzo de 2019.

En general, las estructuras vegetales propiciaron la adaptación de las plantas ante las condiciones climáticas. Durante el establecimiento del sistema agroforestal el agua fue una limitante. La temporada de secas se prolongó, por lo tanto, se proporcionaron riegos de apoyo, se incorporó una cobertura de residuos vegetales a cada planta para evitar la evaporación. Los riegos dependían de los requerimientos de la planta, es decir, la hierba santa no exigía riegos frecuentes porque gracias a su rizoma, estructura de almacenamiento de agua y nutrientes, tenía la capacidad de sobrevivir sin agua por tiempos prolongados.

El modo de las siembras y las temporadas en las que se realizaron, retrasaron el proceso de establecimiento del sistema. La siembra directa sí funcionó, pero la ausencia del sistema radicular y las condiciones edafoclimáticas adversas dificultaron la adaptación de cinco estacas de morera y la germinación de todas las semillas de arúgula. Los restablecimientos de las estacas de morera se hicieron en temporada de sequía, por lo cual fueron necesarios riegos de apoyo de un pozo de agua, que por la temporada, el nivel de agua disminuye. Por lo tanto, es indispensable anticiparse a los hechos mediante una planeación más estricta que tome en cuenta los requerimientos de cada especie, la temporada de sequía y lluvia y la disponibilidad del material vegetativo.

En base a la experiencia obtenida durante el establecimiento de la parcela agroforestal se sugieren los siguientes tiempos: a partir de febrero se establecen las estacas de morera en bolsas forestales y son introducidas durante tres o cuatro meses en condiciones de humedad en el suelo y en el ambiente, al momento de iniciar la temporada de lluvias en esta zona (junio) el agua no sería una limitante, al contrario, beneficiaría su crecimiento y desarrollo porque las plantas ya tienen un sistema radicular que es capaz de absorber agua y nutrientes. En la sequía tampoco representaría una limitante porque permitiría enfrentar la temporada y no obstruiría drásticamente su crecimiento. En el invierno, cuando se presentan las heladas, aunque disminuya su actividad metabólica por las temperaturas bajas, no representaría un riesgo significativo. Además, otra de las ventajas de introducir el material en condiciones de vivero, es generar material de reserva que sea utilizado en el momento que se requiera. Empezar los trabajos con la morera, en febrero, garantizarían que este establecida en un año. Se observó que la hierba santa es una especie rustica que soporta fácilmente condiciones adversas y se establece bien por rizomas, se sugiere introducirla en junio del primer año, de forma paralela con la morera.

Otro de los problemas que se enfrentaron al introducir directamente las semillas de arúgula, fue el porcentaje nulo de germinación. Por esta razón, también es recomendable introducir las semillas en condiciones de vivero durante tres meses. Una vez obteniendo la longitud deseada, se puede incorporar fácilmente al sistema. La presencia de las demás especies permitirá conservar la humedad y creará un microambiente que asegurará su supervivencia. Se sugiere que la arúgula se introduzca en el segundo año para que aproveche el microclima que generen la morera y la hierba santa. De este modo, la semilla de arúgula se germina en junio y se trasplanta en la parcela en agosto para aprovechar la temporada de lluvias.

Las camas de compostas de preferencia se realizan al inicio, antes de establecer el material vegetativo, para reducir los daños mecánicos que pueden provocar pérdida de ejemplares. Cuando se incorporen residuos de deshierbes o podas pueden realizarse de forma manual. Sin embargo, para acelerar el proceso se utiliza un molino para triturar los residuos y obtener composta en menor tiempo.

En la región, el número de productores de helecho cuero es limitado. En visitas realizadas dentro del Mercado de la Flor, la mayoría de los distribuidores de follajes (entre ellos helecho cuero) obtienen la planta de estados como Veracruz y Chiapas. La falta de productores representó dificultades en el seguimiento del proceso productivo en la región. Se logró obtener tan solo el contacto de dos productores de helecho. Las entrevistas dentro de la investigación son limitadas por el número de productores, su ritmo de vida y el tiempo, como consecuencia no se obtuvo un seguimiento como el que se deseaba, a pesar de que productores son accesibles al compartir información, esto permitió contar al menos con elementos que guiaran el establecimiento del helecho cuero en la parcela, en condiciones similares a las de la región; sin embargo, al final del periodo de investigación, la parcela no logro el grado de madurez que se necesitaba para iniciar la plantación del helecho cuero, por lo que se tuvo que dejar esa etapa para investigaciones futuras.

Es posible replicar sistemas agroforestales en la región sur del Estado de México para mejorar la producción florícola. El diseño del presente estudio sirve de guía para dichas réplicas; dependiendo de las características de cada área a manejar, se pueden realizar las modificaciones que sean necesarias. El tipo de sistema deberá elegirse de acuerdo a la orografía de la parcela, su historial (para qué ha sido utilizado, si presenta otros cultivos o especies de importancia como árboles nativos o en peligro) y propósitos. En cuanto a recursos económicos es posible adaptar el sistema a cada situación; este sistema se diseñó con bajos costos de producción y puede implementarse con pequeños, medianos y grandes productores, ajustándose a los presupuestos que cada uno presente. La elección de especies puede modificarse; de acuerdo con la literatura es recomendable incrementar el número de especies nativas en el sistema y también es posible incorporar especies de interés agronómico (aunque no sean nativas). Presenta ventajas elegir especies documentadas, pues al conocer sus funciones se reduce el tiempo de implementación.

Al inicio del establecimiento del sistema agroforestal la mano de obra estaba conformada únicamente por dos, y en ocasiones por tres personas. Las labores se realizaban dependiendo de la disponibilidad de tiempo y con poca programación. Este hecho retrasó el proceso, por ello se sugiere que al comienzo del establecimiento se determinen y distribuyan con claridad las actividades que corresponden a la preparación de terreno (delimitación, eliminación

paulatina del estrato arbustivo y herbáceo, entre otras) y que exista una mayor disponibilidad de personas que las desarrollen, de tal modo que el terreno ya esté preparado al momento de realizar las plantaciones, y así las condiciones faciliten la introducción y adaptación de las plantas. En las actividades de delimitación, eliminación paulatina del estrato arbustivo y herbáceo, así como la acumulación del material podado en la parte que corresponde al callejón de la parcela. Se estimó que acumulando el trabajo fraccionado que se realizó, se empleó el equivalente al trabajo de 2.5 personas por semana por 8 semanas, es decir un total entre 15 y 16 jornales, hay que considerar que las personas que realizaron la actividad no están especializadas, ni habitadas al trabajo físico del campo, por lo que este número de jornales podría reducirse a una quinta parte, es decir, 3 jornales para 100m². Si esto lo proyectamos al tamaño predominante de parcela en la zona, que es de 2500 m², se estima que se requerirían el equivalente a 75 jornales; estableciendo un promedio de \$150.00 cada jornal, se obtiene un costo de \$450.00 en la parcela experimental (100m²), mientras que el costo para la parcela promedio (2500m²) es de \$11,250.00. Al considerar la inversión en mano de obra, material vegetativo, macetas y combustible, la parcela experimental representa un costo de \$454.22 y la parcela promedio \$11,253.00. Finalmente se determina que la inversión inicial para el sistema agroforestal de helecho cuero es de \$4.52/m² (Cuadro 4).

Cuadro 4. Costos del establecimiento del SAF de cultivo en callejones con policultivo en 100 m² y proyectado a 2500 m².

Materiales	Costo/m ²	Costo/ 100 m ² (parcela experimental)	Costo/ 2500 m ² (parcela promedio de la región)
Material vegetativo (semillas)	\$0.000011	\$0.37	\$0.0296
Macetas	\$0.00265	\$2.65	\$1.59
Combustible	\$0.012	\$1.2	\$1.2
Mano de obra	\$4.5	\$450	\$11,250.00
Total	\$4.52	\$454.22	\$11,253.00

7. Conclusiones

La floricultura del sur del Estado de México presenta problemas sociales, económicos y ambientales que pone en riesgo su persistencia como cultivo rentable. El sistema productivo vigente, requiere alternativas que: reduzcan la degradación de los recursos naturales, disminuyan la dependencia de insumos externos, mejoren la calidad de vida de todos los floricultores y no solo beneficie económicamente a un grupo reducido.

Debido a sus características y forma de trabajo los productores que mejor pueden aceptar la innovación de los sistemas agroforestales son los denominados en este trabajo pequeños productores, lo que no implica que los otros tipos de productores queden excluidos.

La región cuenta con un número reducido de productores de helecho cuero. Sin embargo, es posible determinar que el proceso productivo de esta especie está sujeto a la problemática de los sistemas de producción intensiva. Por ello, retoma importancia el sistema agroforestal como alternativa de producción.

El diseño, selección y establecimiento de un sistema agroforestal deberá ajustarse a los recursos económicos de cada productor, intereses, condiciones del terreno (orografía, historial), especies locales, requerimientos edafoclimáticos de las plantas seleccionadas, temporada de establecimiento, actividades y número de personas que trabajarán.

Es posible mejorar y acelerar el proceso de establecimiento del sistema agroforestal realizando una planeación eficiente y organizada. Tomando en cuenta estas consideraciones se puede reducir el tiempo de establecimiento y representar una alternativa de producción viable para la floricultura de la región.

El sistema agroforestal puede ser competitivo con los sistemas florícolas de la región, pues presenta una inversión inicial menor que en el sistema intensivo. Es un sistema que no requiere de inversiones para insumos externos continuos, por lo menos hasta la fase considerada en este trabajo.

La crisis sanitaria COVID-19 demostró que la floricultura es un sistema frágil que no responde favorablemente en temporada de crisis, condiciones en que los sistemas agroforestales presentan versatilidad y flexibilidad.

De acuerdo a la literatura y las experiencias cercanas en cuanto a sistemas agroforestales, es recomendable que se incremente la diversidad vegetal en la parcela, preferentemente con especies nativas, por lo que es necesario que un futuro próximo, se explore el potencial de especies nativas para ser incorporadas a sistemas agroforestales.

Es posible el establecimiento de sistemas agroforestales para la producción de ornamentales.

8. Referencias

- Anónimo. Recuperado de cultivalle.com/arboles-y-plantas/ 03/12/20
- Aguilar Ibarra, A. y Pérez Espejo, R. H. (2008). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas. *Problemas del desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 39 (153), 205-215.
- Alfaro, M. M. y Rojas, R. I. (1991). Sistemas agroforestales en la cuenca superior del Río Nosara. En Montagnini y 18 colaboradores. (1992). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales.
- Alonso Baez, M. y Aguirre Medina, J. F. (2011). Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113-121.
- Altieri, M. A. (1999). *Agricultura. Bases científicas para una agricultura sustentable*. (4ta edición). Nordan-Comunidad.
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. Ediciones Científicas Americanas. Universidad de California, Berkeley.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2000). *Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. (1ra edición). ONU-PNUMA.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2011). El potencial agroecológico de los sistemas agroforestales en América Latina. *LEISA revista de agroecología*, 27(2), 32-35.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-83.
- Altieri, M. A. y Toledo, V. M. (2010). La revolución agroecológica de América Latina: Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. *El otro derecho*, 42, 163-202.
- Andrade, F. H. (2016). *Los desafíos de la agricultura*. (1ra edición). IPNI.

- Andrade-Galindo, J. A. y Castro-Domingo, P. (2017). Redes migratorias en el mercado de trabajo de la Floricultura en el Estado de México, México. *Revista de Antropología Social*, 27(1), 145-168.
- Arias Cortes, M. M. (2011). *Análisis y comparación de los glucosinolatos presentes en diferentes accesiones de cubio (Tropaeolum tuberosum) para evaluar su uso potencial en el control del patógeno de la papa Spongospora subterránea*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Astier, C. M., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S. M. V., Morales, H. J., Gerritsen, P. R. W., Escalona, M., Rosado-May, F. J., Sánchez-Escudero, J., Martínez, T. S. S., Sánchez-Sánchez, C. D., Arzuffi, B. R., Castrejón, A. F., Morales, H., Soto, P. L., Mariaca, M. R., Ferguson, B., Rosset, P., Ramírez, T. H. M., Jarquin, G. R., Moya, G. F., González-Esquivel, C. y Ambrosio, M. (2015). Historia de la Agroecología en México. *Agroecología*, 10(2), 9-17.
- Benavides, J. (1995). Manejo y utilización de la Morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*, 8(7), 27-30.
- Berrocal-Domínguez, L. D. (1996). Producción de follajes para la exportación. [en memoria]. X Congreso Nacional Agronómico. Colegio de Ingenieros Agrónomos, Costa Rica. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-I_171.pdf.
- Blanco, Y. y Leyva, A. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos tropicales*, 28(2), 21-28.
- Blanco-Valdes, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos tropicales*, 37(4), 34-56.
- Bretón Solo de Saldivar, V. (2009). ¿Continuarán muriendo de hambre millones de personas en el siglo XXI? *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (224), 69-109.
- Bunch, R. (2004). Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. *LEISA Revista de Agroecología*, 19(4), 11-13.

- Carreño-Meléndez, F., Vásquez-González, A. Y., Vásquez-González, G. (2019). Problemas sociales y ambientales por el uso de agroquímicos en Tenancingo, Estado de México. *Revista Académica de Investigación Tlatemoani*, 10(31), 1-25.
- Castilblanco-Flores, M. J. (2012). *Plan de inversión para la producción de helecho hoja de cuero (Rumohra adiantiformis) para la exportación de Nicaragua a Holanda*. (Tesis de pregrado). Zamorano, Honduras.
- Castillo Cadena, J. (2006). Análisis genotóxico, inmunológico y de los polimorfismos de la glutatión S-transferasa en floricultores expuestos a plaguicidas, (Tesis de doctorado). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Castillo Cadena, J., Montenegro Morales, L. P., López Arriaga, J. A. (2017). El uso de plaguicidas altamente peligrosos en la floricultura en el Estado de México y el efecto sinérgico de las mezclas. En Aguilera Márquez, D., Álvarez Solís, J. D., Arámbula Meraz, E., Arellano Aguilar, O., Bastidas Bastidas, P. J., Beltrán Camacho, V. A., Bernardino Hernández, H. U., Betancourt Lozano, M., Calderón Vázquez, C. L., Castillo Cadena, J., Colín Olmos, M. C., Flores Sánchez, D., García Hernández, J., Gómez González, I., Herrera Portugal, C., Hinojosa-Garro, D., Leyva García, G., Leyva Morales, J. B., López Arriaga, J. A., Mariaca Méndez, R., Martínez Rodríguez, I. E., Martínez Valenzuela, M. C., Mendoza Maldonado, L., Montenegro Morales, L. P., Montero Montoya, R., Navarro Garza, H., Nazar Beutelspacher, A., Ortega García, N., Ortega Martínez, L. D., Pérez Olvera, M. A., Rendón von Osten, J., Torres Dosal, A., Tristán Martínez, E., Vandame, R. y Waliszewski Kubiak, A. M. En *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. (pp. 247-262). México: RAPAM.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21-29.
- Chahin, M. G. y Azocar, G. (2012). Cultivo del Helecho Cuero. En Chahin Anania, M. G. (Editora), *Experiencia en la Región de La Araucanía. Cultivo de follajes ornamentales: una alternativa para la fruticultura del sur* (pp.6-14). Temuco, Chile: INIA.
- Chilón-Camacho, E. (2017). “Revolución Verde” Agricultura y suelos, aportes y controversias. *Apthapi*, 3(3), 844-859.

- Chi-Quej, J. A. (2009). *Caracterización y manejo de los huertos caseros familiares en tres grupos étnicos (Mayas peninsulares, Choles y Mestizos) del Estado de Campeche, México*. (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Claros Cuadrado, J. L. (2016). *Bioinsecticidas de capsaicinoides y glucosinolatos en el control de los insectos plaga en las plantas de *Spartium junceum* L. (Fabales: Leguminosae) en el Valle del Mantaro*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo, Perú.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado 9 de diciembre de 2020 en: <https://wwwsmn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL15121.TXT>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2020). *Sistemas agroforestales maderables en México*. México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/sistemas-agroforestales-maderables-en-mexico>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2016). *EncicloVida*. CONABIO. México. <http://www.encyclovida.mx>.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD). (1992). *La declaración de Río sobre Medio Ambiente*. Río de Janeiro, República Federativa de Brasil.
- Cotes-Torres, A. y Cotes-Torres, J. M. (2005). El problema de la sostenibilidad dentro de la complejidad de los sistemas de producción agropecuarios. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 58(2), 2813-2825.
- de los Ángeles Mazo, N., Eliecer Rubiano, J. y Castro, A. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 25(1), 65-77.

- del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S. y Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52 (3), 1-18.
- Delegación SADER Estado de México. (2015). *Floricultura actividad económica más importante del sector agropecuario en el Edomex*. Recuperado 8 de octubre de 2020 en <https://www.gob.mx/agricultura%7Cedomex/articulos/floricultura-actividad-economica-mas-importante-del-sector-agropecuario-en-el-edomex>.
- Delgado-Barreto, E., García-Mateos, M. R., Ybarra-Moncada, M. C., Luna-Morales, C. y Martínez-Damián, M. T. (2012). Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azardichta indica*, *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* Hübner. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1), 55-69.
- Faustino, J. (2000). Cortinas rompevientos. En Méndez, E., Beer, J., Faustino, J. y Otárola, A. (2da edición), *Plantación de árboles en línea*. (pp. 23-39). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Fernández López, A. D., Gómez Moncada, F. E., Jiménez Contreras, Y. y Sánchez Corzo, M. E. (2013). Agroquímicos: ¿Beneficio o perjuicio para la producción de flores en Villa Guerrero? [en memoria]. Primer Congreso Estudiantil de Investigación del Sistema Incorporado. México. <http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2013/trabajos-ciencias-biologicas/medio-ambiente/1.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma. <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). Agroforestería para la restauración del paisaje. Explorando el potencial de la agroforestería para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los paisajes degradados. Roma. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/4c40fe3e-df0b-479a-8c75-bb4877a4d4e8/>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2000). Labranza de conservación ¿Fin del Arado?. <http://www.fao.org/Noticias/2000/000501-s.htm#:~:text=Con%20la%20t%C3%A9cnica%20de%20conservaci%C3%B3n,vez%20>

de%20ararlos%20o%20quemarlos.&text=Con%20esta%20t%C3%A9cnica%2C%20en
%20vez,del%20suelo%3A%20gusanos%20e%20insectos.

Galeana de la Cruz, M., Trinidad Santos, A., García Calderón, N. E., Flores Román, D. (1999).
Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el
suelo. *Terra Latinoamericana*, 17(4), 325-335.

Geilfus, F. (2002). 80 herramientas para el desarrollo participativo. IICA.

Gil Flores, A. (2014). *Efecto de dos tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas y
químicas del suelo utilizando cultivo de rábano y abono tipo bocashi*. (Tesis de
Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Gil Méndez, J. y Vivar Arenas, J. (2015). La modernización agrícola en México y sus
repercusiones en espacios rurales. *Antropologías del sur*, (3), 51-67.

Gliessman, S. (2015). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. CRC Press

Gliessman, S. R., Guadarrama-Zugasti, C., Méndez, V. E., Bacon, C., Cohen, R. (2006).
Agroecología: un enfoque sustentable de la agricultura ecológica.
[https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-
104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la
%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20\(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.\).p
df](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.).pdf)

Gómez-Rodríguez, O. y Zavaleta-Mejía, E. (2001). La Asociación de Cultivos una Estrategia
más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con *Tagetes* spp. *Revista Mexicana
de Fitopatología*, 19(1), 94-99.

González, A., Bañón, S., Fernández, J. A. (1998). *Cultivos ornamentales para complementos del
Ramo de Flor*. Mundi-Prensa.

González, D. I. S., González, D. J. G., García V., R. y Ramírez H., J. J. (2010). Productores de
flor de corte de la comunidad de Francisco Zarco, en el municipio de Tenancingo, Estado
de México: ¿Un caso exitoso de acción colectiva?, En F. Arfini (Presidencia) *Spatial
Dynamics In Agrifood Systems: Implications For Sustainability And Consumer Welfare*.
EAAE-SYAL. Seminario llevado a cabo en Parma, Italia.

- González, D. J. G., Castañeda, M. T., García, V. R., Ramírez, H. J. J. (2011). Adaptación de los sistemas de producción florícola al contexto global y su impacto en el entorno. Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, Colombia.
- González-Castiblanco, G. P. (2004). *Factibilidad de exportación de follaje helecho cuero (Rumohra adiantiformis) para ramos o adornos frescos*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Gordillo-Arriola, C. C. (2013). *Aporte a la producción de hoja de cuero (Rumohra adiantiformis (G. Forst.) Ching), diagnóstico y servicios en la Finca Costa Sol S.A., San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, Guatemala, C.A.* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Granados-Montero, M. M., Sánchez-Chacón, E., Vargas-Montero, M. y Barboza-Aguilar, C. (2014). Hallazgos ultraestructurales en lesiones asociadas a “vena roja” en helecho hoja de cuero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1), 37-48.
- Guber, R. (2001). *La etnografía, método, campo y reflexividad*. Colombia: Grupo Editorial Norma.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tenancingo. México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15088.pdf
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2001). Manual para labranza de conservación. INIFAP. México.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2010). Enciclopedias de los Municipios y Delegaciones de México. México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15088a.html>.
- Jiménez, F. y Muschler, R. (1999). *Conceptos básicos de agroforestería*. CATIE-GTZ.
- Julca-Otilano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D.F. México. Mc GRAW-HILL
- Labrador, J. y Sarandón, S. (2001). Aproximación a las bases del pensamiento agroecológico. En Altieri, M, Ángel. *Agroecología y Desarrollo* (pp.22). Madrid, España: Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones; Ediciones Mundi-Prensa.
- Martínez Luna, G. (2014). *Efecto de la exposición laboral a plaguicidas sobre la calidad espermática, daño al ADN y su asociación con los polimorfismos de GTS*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Martínez, H. y Bonnemann, A. (1992). *La Agroforestería en América Central*. CIDIA.
- Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Donatti, C. I., Harvey, C. A. y Alpízar, F. (2017). Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE). Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA. Conservación Internacional-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., Galvis-Spínola, A., Cortés-Flores, J. I. y Santiago-Cruz, M. de J. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 499-508.
- Méndez Gamero, E., Lok, R. y Somarriba, E. (1996). Análisis agroecológicos de huertos caseros tradicionales en Nicaragua. *Agroforestería de las Américas*. 3(11-12), 36-40.
- Méndez, E. V., M. Bacon, C. y Cohen, R. (2013). La agroecología como un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción. *Agroecología*. 8(2), 9-13.
- Molina Gómez, H. J., Jiménez Velázquez, M. A., Arvizu Barrón, E., Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Producción de flores y uso de los recursos naturales en Zinacantán, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 583-597.
- Monje Carvajal, J. J. (2011). La agroecología: un marco de referencia para entender sus procesos en la investigación y la praxis. *Revista Luna Azul*. (32), 128-134.
- Monsalvo Zamora, A., Jiménez Velázquez, M. A., García Cué, J. L., Sangerman-Jarquín, D. M., Martínez Saldaña, T. y Pimentel Equihua, J. L. (2017). Caracterización del perfil del

- extensionista rural en la zona oriente del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 503-515.
- Montagnini y 18 colaboradores. (1992). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales.
- Montesinos, H. S., Chauca, H. E. y Huahuasoncco, Q. M. (2015). *Producción y comercialización de arúgula orgánica (Eruca vesicaria Cavanilles) en el Distrito de Lamay-Calca*. (Tesis de grado). Instituto Superior de Educación Pública “La Salle” de Urubamba. Cusco, Perú.
- Monzote Fidalgo, L., García Parra, M., Scull Lizama, R., Maes, L. y Cos Wellens, P. (2012). Evaluación antimicrobiana del aceite esencial de *Piper auritum*. *Revista Cubana de Farmacia*. 46(1).
- Moreno Calles, A. I., Casas, A., Toledo, V. M., Vallejo Ramos, M. (2016). *Etnoagroforesteria en México, los proyectos y la idea de un libro*. UNAM.
- Oberschelp, J., Harrand, L., Mastrandrea, C., Salto, C. y Flores Palenzona, M. (2020). *Cortinas forestales: rompevientos y amortiguadores de deriva de agroquímicos*. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Ojeda, F. y Montejó, I. (2001). Conservación de la morera (*Morus alba*) como ensilaje. I. Efecto sobre los compuestos nitrogenados. *Pastos y Forrajes*. 24(2), 147-155.
- Olguín Falcón, S. (2008). *Producción helecho cuero (Rumohra adiantiformis) follaje de corte fino como una alternativa para el desarrollo rural, en Cuautlapan Mpio. Ixtaczoquitlan, Veracruz*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Coahuila, México.
- Oliva, M., Rodríguez, J. C. y Silva, G. (2005). Estudio Exploratorio de los problemas de la salud humana derivados del uso de plaguicidas en Buena Vista, Estado de México, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica. 76, 71-80.
- Orozco Hernández, M. E. (2007). Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. *Convergencia*. 14(45), 111- 160.

- Orozco Hernández, M. E., Campos Medina, E. y Guerrero Pañuelas, A. (2009). Hacia la gestión de un nuevo desarrollo rural: el caso de los pequeños productores de flor en Villa Guerrero, México. *Quivera*, 11(1), 91-102.
- Ospina, A. A, Dizú Peña, Y. J. y Ramos Pardo, M. O. (2011). Modelo de árboles en terrazas para la región andina de Colombia. *Revista de Agroecología LEISA*. 27(2), 21-23
- Palomeque Fogueroa, E. (2009). *Sistemas Agroforestales*. Chiapas, México.
- Pástor, P. C., Concheiro, L. y Wahren, J. (2017). *Agriculturas alternativas en Latinoamérica*. Friedrich Ebert Stiftung.
- Peña-Azcona, I. (2019). *La agroecología como movimiento social*.
- Perdomo Roldan, F., Mondragón Pichardo, J., Vibrans, H., Tenorio Lezam, P., Salgado Flores, F. y Godines Iniestra, I. (2009). Malezas de México, Ficha-Eruca sativa. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. Recuperado en 04 de septiembre de 2020 de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/eruca-sativa/fichas/ficha.htm>
- Pérez, M. y Marasas, M. E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una agricultura de base agroecológica. *Ecosistemas*, 22(1), 36-43.
- Pignone, D. y Gómez- Campo, C. (2011). Eruca. *Wild Crop Relatives. Genomic and Breeding Resources Springer*. Heidelberg, Berlin, pp. 140-169.
- Pinedo Vasquez, E. A. (2010). *Propagación vegetativa de (pico de loro) Heliconia rostrata Ruiz & Pavón. (ave de paraíso) Strelitzia reginae Alt y (bastón del emperador) Etilingera elatior (Jack) R. M. Sam en condiciones de vivero*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Pound, B. (1999). Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina. FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER, 143-170.
- Ramírez Hernández, J. J. y Avitia Rodríguez, J. A. (2018). Corredor florícola del Estado de México: la percepción de la población del cambio climático. En *Desarrollo Regional Sustentable y Turismo*. (pp. 272-292). México: UNAM.

- Ramírez Hernández, J. J. y Avitia-Rodríguez, J. A. (2018). Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. *Revista de Economía*, 34(88), 99-122.
- Ramírez-Guerrero, L., García-Villanueva, E., Navarrete-Valencia, A. L., García-Osorio, C. y Arévalo-Galarza, L. (2017). Ave del paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.) Aspectos fundamentales para su producción comercial. *Agroproductividad*, 10(3), 43-49.
- Restrepo, M. J., Angel, S. D. I., Prager, M. M. (2000). Agroecología. Universidad Nacional de Colombia y FIDAR.
- Rivas, G. (2014). Huertos familiares: para la conservación de la agrobiodiversidad, la promoción de la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. *Ambientico*. 243, 2-3.
- Romero Alcaraz, I. (2007). *Aspectos epidemiológicos y control de Cyindrocladium scoparium en el cultivo de helecho cuero Rumohra adiantifomis G. Fost Ching*. (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Rosales Adame, J. J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S. R., Benz, B. F. (2014). Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 17 (1), 1-18.
- Rosales Adame, J.J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S., Benz, B. y Cevallos Espinosa, J. (2016). El agrobosque de piña en el occidente de México: ecología, manejo tradicional y conservación biológica. En Moreno Calles, A. I., Casas, A., Toledo, V. M. y Vallejo Ramos, M. *Etnoagroforestería en México*. (pp. 44-68). UNAM
- Rosales Adame, J. J., Cevallos Espinosa, J. (2019). Agrobosque de piña: sistema etnoagroforestal único del occidente de México en Red Temática de Sistemas Agroforestales (RTSA), Experiencias de agroforestería en México. SEMARNAT.
- Rosales Salinas, I. G., Avitia Rodríguez, J. A. y Ramírez Hernández, J. J. (2018). *Externalidades sociales de la Floricultura en el Sur del Estado de México: Efectos de los Agroquímicos en la Salud*. En Impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17(1), 1-18.

- Rosset, P. (1998). La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. *Policy Brief*. (3), 1-16.
- Rosset, P. M., Martínez Torres, M. E. (2016). Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales. *Estudios Sociales. Revista de Investigación Científica*. 25(47), 275-299.
- Ruiz Solsol, H. (2013). *Huertos familiares: una opción para la seguridad alimentaria, la conservación de la agrobiodiversidad local y la capacidad de respuesta a eventos climáticos extremos en la microcuenca de Tzununá, Sololá, Guatemala*. (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Saénz, R. J. T., González, T. J. A., Jiménez, O. J., Larios, G. A., Gallardo, V. M., Villaseñor, R. F. J., Ibáñez, R. C. (2010). Alternativas agroforestales para reconversión de suelos forestales. Folleto técnico (18). México. SAGARPA-INIFAP.
- Sáez, J., Granados, H., Escobar, G., Cardona, W., Atehortúa, L., Callejas, R., Cortés, D. y González, C. (1998). Piperlonguminina y Estigmasterol, compuestos de raíces y tallos de *Piper auritum*, actividad insecticida de extractos. *Revista Colombiana de Química*. 27(1), 77-81.
- Sánchez, D., Villanueva, C., Torres, M., Tobar, D. y DeClerck, F. (2008). Cercas vivas y su valor para la producción y conservación. Serie Técnica. Manual Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez, S. y Reyes, F. (2003). Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 26(4), 315-320.
- Sánchez, Y., Correa, T. M., Abreu, Y. y Pino, O. (2013). Efecto del aceite esencial de *Piper auritum* Kunth y sus componentes sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson. *Revista de Protección Vegetal*. 28(3), 204-210.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana Nom-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de

- México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para sus inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Recuperado 8 de octubre de 2020 de <https://mapas.semarnat.gob.mx/sigeia/#/sigeia>
- Segrelles Serrano J.A. (2005). El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una “nueva” Revolución Verde. *Entorno geográfico*. 3, 93-120.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). Producción Agropecuaria y pesquera. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva, P., Vergara, W. y Acevedo, E. (2015). Rotación de cultivos. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. 48-67.
- Silva-Pando, F. J. y Rozados Lorenzo, M. J. (2002). Agrosilvicultura, Agroforestería, prácticas agroforestales, uso múltiple: una definición y un concepto. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. (14), 9-21.
- Soto Pinto, L., Jiménez Ferrer, G. y Lerner Martínez, Tina. (2008). Diseño de Sistemas Agroforestales para la producción y la conservación. Experiencia y Tradición en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur.
- Soto-Pinto, L; Esquivel, E.; Quechulpa S.; Jiménez Ferrer, G. (2019). Sistema de milpa con árboles en rotación (tipo Taungya) en zonas tropicales húmedas y secas de Chiapas. En Red Temática de Sistemas Agroforestales (RTSA), Experiencias de agroforestería en México. SEMARNAT.
- Tecuapetla Vargas, M. G. (2014). Ecotoxicidad producida por agroquímicos empleados en el cultivo de *Gerbera jamesonii* en invernadero, en Villa Guerrero, Estado de México. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Tejeda-Sartorius, O., Ríos-Barreto, Y., Trejo-Téllez, L. I., Vaquera Huerta, H. (2015). Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1105-1118.

- Toledo, V. M. (2012). La agroecología en Latinoamérica: Tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecología*. 6, 37-46.
- Torres Calderons, S., Huaraca Fernández, J., Pezos, D. L. y Crisóstomo Calderons, R. (2018). Asociación de cultivos, maíz, y leguminosas para la conservación del suelo. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 15-22.
- Villanueva Vences, A., Avitia Rodríguez, J. A. y Ramírez Hernández, J. J. (2017). Los derechos humanos y las actividades económicas: Floricultura en el sur del Estado de México. En *Annals of Applied Economics*
- Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F. y Arguedas, R. (2005). Las cercas vivas en las fincas ganaderas. Serie Cuadernos de Campo. Proyecto enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. INPASA, Managua
- Wezel, A., Bellón, S., Thierry Doré, C., Francis, D., Vallod, C., David. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29, 503-515

9. Anexos

Anexo 1. Guía de entrevista a informantes clave

Contexto socioeconómico

¿Qué superficie cultiva?

¿Qué cultivo(s) trabaja?

¿Cuál fue su inversión inicial (cantidad aproximada)?

¿En qué destina la inversión inicial?

1. material vegetal
2. agroquímicos (plaguicidas, fertilizantes)
3. mano de obra
4. infraestructura (invernadero-tapado, sistema de riego, malla)
5. otros (luz, gasolina)

¿Cuál es la ganancia (cantidad aproximada) que se obtiene (considerar las distintas temporadas)?

¿Cuál ha sido el volumen aproximado de su cosecha (Unidad)?

¿Cuál es el destino(s) de sus productos?

¿Cuáles son los precios de venta (por unidad)?

¿Como floricultor, de qué manera le afectó la crisis sanitaria?

¿Qué hicieron con su producción (flores/follajes)?

1. Tirar
2. Trueque
3. Composta
4. No cosechar

¿Qué medidas ha tomado ante la contingencia?

1. Disminuir la superficie cultivada
2. Abandonar el cultivo
3. Cultivar hortalizas u otras especies

Sueldos (antes y ahora):

Número de días laborales y horas:

Después de la contingencia

1. ¿Qué considera necesario para impulsar la economía en la región?
2. ¿Considera que se deben realizar cambios en la forma de producción?

3. ¿Qué tipo de cambios consideraría?

Anexo 2. Guía de entrevista dirigida a productores de helecho cuero

AMBIENTAL

Establecimiento

¿Cuál es la superficie cultivada?

¿Cuál es la densidad de siembra?

¿Cuál es la época de plantación?

¿En qué consiste la preparación del suelo (maquinaria agrícola, métodos de desinfección)?

¿De dónde proviene el material vegetativo?

Aparte del Helecho cuero, ¿qué otras especies cultivan?

Manejo del cultivo

Agroquímicos:

¿Qué productos utilizan?

¿Con qué frecuencia realiza aplicaciones?

¿Cuenta con equipo de protección personal?

¿Ha recibido alguna capacitación acerca del uso y manejo de agroquímicos?

¿Qué sistema de riego emplean y con qué frecuencia riegan?

¿Cuáles son las Plagas y enfermedades que han presentado? ¿cuál es el control que manejan?

¿Qué actividades culturales efectúan en la parcela (manejo de arvenses)?

¿Efectúan Podas? ¿qué hacen con los residuos de las podas (se realizan manejos/ desechan)?

¿Utilizan composta/ caldos, biofertilizantes, orgánicos? ¿cuáles? ¿Ustedes los elaboran?

¿Cómo realizan la cosecha (de qué manera)? ¿utilizan productos para preservar?

¿Qué materiales emplean para el empaque?

¿Qué tipo de Infraestructura tienen (tipo invernadero/mallas)?

ECONÓMICO

¿Cuál es el volumen de la cosecha normal y en temporadas altas?

¿A qué Mercados destinan la producción?

¿Cuáles son las épocas de ventas altas?

¿Cuáles son los precios en temporadas altas y normales?

¿Cómo venden el helecho? ¿docena?

Transporte

SOCIAL

¿Qué número de personas trabajan en la parcela? ¿cuántos son trabajadores fijos? ¿cuántos son temporales?

¿Cuál es el salario que perciben los trabajadores?

¿Utilizan el equipo de protección personal (buenas prácticas agrícolas)?

¿Han presentado algún problema de salud derivado del manejo de agroquímicos? ¿cuál?

¿Cómo y dónde aprendieron a cultivar esta especie?

¿Pertenece a alguna organización florícola? Sí, no ¿por qué?