



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO ORIENTE

ORIENTACIÓN TERMINAL EN CAFETICULTURA Y DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA CAFETALERO EN LA COMUNIDAD DE IXCATLA, MUNICIPIO DE IXHUALTÁN DEL CAFÉ, VERACRUZ.

TESIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN ZONAS TROPICALES



P R E S E N T A:

HUGO ALBERTO PÉREZ VILLATORO

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPART. DE SERVICIOS ESCOLARES
CÓDIGO DE EXAMENES PROFESIONALES

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. JUAN ÁNGEL TINOCO RUEDA



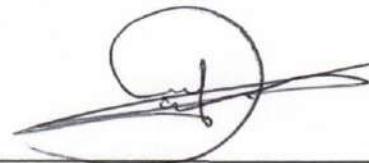
HUATUSCO DE CHICUÉLLAR, VERACRUZ.

FEBRERO DE 2019.

La presente tesis denominada "**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGROECOSISTEMA CAFETALERO EN LA COMUNIDAD DE IXCATLA, MUNICIPIO DE IXHUATLÁN DEL CAFÉ, VERACRUZ**" bajo la dirección del M.C. Juan Ángel Tinoco Rueda ha sido revisada y aprobada por el jurado examinador abajo indicado, como requisito parcial para obtener el título de **Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales**, presenta:

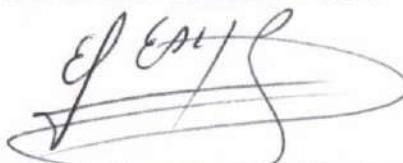
HUGO ALBERTO PÉREZ VILLATORO

JURADO:



PRESIDENTE: _____

M. C. JUAN ÁNGEL TINOCO RUEDA



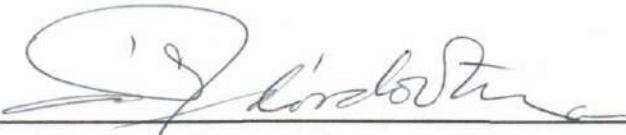
SECRETARIO: _____

DR. ESTEBAN ESCAMILLA PRADO



VOCAL: _____

M. Sc. ROMEO SOSA



SUPLENTE: _____

Mtra. MARTHA SUSANA CÓRDOVA SANTAMARÍA



SUPLENTE: _____

DR. EMILIANO PÉREZ PORTILLA

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar esta etapa en mi vida y darme valor en los tiempos difíciles.

A mi madre, la Sra. Florinda Villatoro Favel por todo el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, por su amor, cariño y confianza. Por enseñarme que la base del éxito es la perseverancia y la dedicación.

A mis hermanos, David Pérez Villatoro y Heber Pérez Villatoro por el apoyo, el cariño, la amistad y la complicidad entre nosotros.

A mi segunda familia, Sr. Enrique Pérez García, Sra. Elvira Ruiz Macias, Ing. Enrique Alberto Pérez Ruiz y Dra. Eddy Genoveva Pérez Ruiz por instruirme el valor del trabajo, la generosidad y la gratitud.

A mi hermana Karla Cecilia González Estrada por el apoyo, la amistad y la alegría con que colma mi vida.

A la Lic. Ángeles Hernández Toledo por el apoyo brindado durante mi formación académica.

A todos mis amigos, gracias por su apoyo y los gratos momentos.

Hugo Alberto Pérez Villatoro



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad Autónoma Chapingo por la oportunidad de estudiar una carrera profesional en una institución de alto prestigio.

A la Unidad Regional Universitaria Sursureste por brindarme un espacio de crecimiento académico y personal. Por el compromiso en las enseñanzas de los profesores quienes me dieron las herramientas para desarrollarme profesionalmente.

Al Centro Regional Universitario Oriente por los conocimientos en la especialidad en cafeticultura y diversificación productiva y por la oportunidad de conocer grandes profesores que me prepararon para los retos de la cafeticultura mexicana.

Al MC Juan Ángel Tinoco Rueda por todo su apoyo, sus consejos, sus conocimientos y por su compromiso al dirigir esta tesis.

A los productores de la comunidad de Ixcatla en Ixhuatlán del Café, Veracruz. Gracias por permitirme realizar el trabajo de campo en sus parcelas, por el apoyo en la toma de datos, por el tiempo dedicado y por compartir sus experiencias e información conmigo.

A la Fundación Padre Adolfo Kolping A. C. por el apoyo y las facilidades brindadas.

A mis profesores el Dr. Esteban Escamilla, M.Sc. Romeo Sosa, Mtra. Susana Córdova, Dr. Emiliano Pérez, MC Juan Ángel, MC Jorge Hernández, MC Arturo Flores, Dr. Gervasio Partida, Catadora Rosalba Fuentes y Ángeles Fuentes.

A mis compañeros de la Orientación Terminal Ardelio Lugo, Florentino López y José Manuel Velázquez.

A todas aquellas personas que hicieron amena mi estadía en el estado de Tabasco y Veracruz, gracias por apoyarme en algún momento de mi formación académica.

Hugo Alberto Pérez Villatoro

CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3. OBJETIVO GENERAL	17
4. OBJETIVOS PARTICULARES.....	18
5. MARCO DE REFERENCIA.....	18
5.1 Importancia del café en México.....	18
5.2 Producción mundial.....	19
5.3 Producción Nacional	21
5.4 Producción en Veracruz	22
5.5 Conformación geográfica del área de estudio.....	24
5.5.1 Orografía.....	24
5.5.2 Hidrografía	25
5.5.3 Clima	25
5.5.4 Vegetación y uso del suelo.....	25
5.6 Reseña histórica de Ixhuatlán del Café	26
6. MARCO CONCEPTUAL	33
6.1 Sistema de producción	33
6.2 Sistemas Agroforestales	35
6.3 Sistemas de cultivo de café en México	36
6.3.1 Sistema natural o de montaña	36
6.3.2 Sistema policultivo tradicional.....	37
6.3.3 Sistema especializado	37
6.3.4 Sistema de policultivo comercial.....	38
6.3.5 Sistema a sol	38
6.4 Estructura de los sistemas agroforestales.....	38
6.5 Ventajas de los sistemas agroforestales	40

6.6	Desventajas de los sistemas agroforestales	41
6.7	Efecto de los árboles de sombra sobre el cultivo de café	42
6.8	Nutrición del cafeto.....	44
6.9	Importancia del conocimiento local de los árboles en cafetales bajo sombra	
	48	
6.10	Selección de especies de árboles para sombra.....	49
6.11	Almacenamiento de carbono	50
7.	MATERIALES Y MÉTODO	54
7.1	Caracterización y delimitación del área de estudio.	54
7.2	Selección de parcelas	54
7.3	Entrevistas a los productores cafetaleros.....	55
7.4	Caracterización del agroecosistema café.....	56
7.5	Composición y diversidad del estrato arbóreo.....	56
7.6	Mediciones de sombra	56
7.7	Obtención de una muestra de suelo.....	56
7.8	Conocimiento etnobotánico: Índice de importancia cultural	58
7.9	Almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales de café	59
8.	RESULTADOS	61
8.1	Área de estudio	61
8.2	Aspectos socioculturales	62
8.2.1	Edad de los productores.....	62
8.2.2	Escolaridad	63
8.2.3	Superficie y tenencia de la tierra.....	64
8.3	Aspectos ambientales	65
8.3.1	Factor altitudinal	65
8.3.2	Clasificación campesina y calificación del suelo.....	66
8.3.3	Clasificación WRB	67
8.3.4	Clase textural.....	68
8.3.5	Caracterización química del suelo	68
8.3.6	Diversidad de especies arbóreas utilizadas como sombra en los	
	cafetales.....	71
8.3.7	Diversidad estructural del dosel arbóreo.	75
8.3.8	Porcentaje de sombra y cobertura del suelo.....	78

8.3.9 Índice de importancia cultural (IIC)	81
8.4 Cafetales y su manejo.....	84
8.4.1 Establecimiento	84
8.4.2 Edad de los cafetales	85
8.4.3 Resiembras.....	86
8.4.4 Variedades.....	86
8.4.5 Manejo del tejido productivo	87
8.4.6 Regulación de sombra	87
8.4.7 Manejo de arvenses	88
8.4.8 Plagas y Enfermedades.....	88
8.4.9 Fertilización.....	90
8.4.10 Cosecha	92
8.5 Estimación de los costos de producción	93
8.5.1 Costos por resiembras.....	93
8.5.2 Costos por el manejo del tejido productivo	94
8.5.3 Costos por manejo de la sombra	94
8.5.4 Costos por manejo de arvenses	94
8.5.5 Costos por control fitosanitario	94
8.5.6 Costos por fertilización	95
8.5.7 Costos por cosecha	95
8.5.8 Costos por sistema de producción.....	95
8.6 Almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales	98
9. Conclusiones.....	103
10. RECOMENDACIONES	105
11. LITERATURA CONSULTADA.....	106
12. ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de café a nivel mundial	20
Figura 2. Principales estados productores de café a nivel nacional.	21
Figura 3. Distribución de las regiones cafetaleras del estado de Veracruz.	22
Figura4. Clasificación de las regiones cafetaleras de Veracruz según CAFECOL.	
.....	24
Figura 5 Diagrama de flujo del sistema agroforestal café bajo sombra diversa. ...	34
Figura 6. Edad de los productores de café en Ixcatla.....	63
Figura 7. Grado de escolaridad de los productores en Ixcatla.	64
Figura 8. Superficie de terreno dedicado a la producción de café.....	65
Figura 9 Distribución altitudinal de las parcelas muestreadas.....	66
Figura10. Tipos de textura de suelos cafetaleros en Ixcatla.....	68
Figura11. Número de especies de árboles presentes en cada sitio muestreado ..	72
Figura12. Porcentaje de las especies nativas e introducidas registradas en Ixcatla.	
.....	74
Figura13. Porcentaje de sombra en cada sitio de muestreo en la comunidad de Ixcatla.....	79
Figura14. Especies arbóreas con mayor valor de índice de importancia cultural ..	82
Figura15. Edad las plantaciones de café por sitio muestreado en Ixcatla.	86
Figura16. Plagas presentes en los cafetales de Ixcatla.....	89
Figura17. Enfermedades reportadas en los cafetales de Ixcatla.....	90
Figura18. Tipo de fertilización que se aplica en Ixcatla.	91
Figura19. Producción de café cereza en dos ciclos de cosecha.	92
Figura20. Carbono total almacenado para sistemas agroforestales cafetaleros. ..	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Descripción de la función de cada elemento y la consecuencia de su deficiencia.	45
Cuadro 2 Modelos alométricos utilizados para calcular el contenido de carbono de algunas especies de árboles.	59
Cuadro 3 Tipo de tenencia de la tierra en la comunidad de Ixcatla.	65
Cuadro 4 Clasificación local del suelo en Ixcatla.	66
Cuadro 5 Caracterización química de los suelos cafetaleros de Ixcatla.	71
Cuadro 6 Inventario de especies arbóreas utilizadas como sombra en cafetales de Ixcatla.	73
Cuadro 7 Cobertura del suelo por hojarasca por sitio muestreado.	80
Cuadro 8 Índice de Importancia cultural para todas las especies arbóreas inventariadas.	83
Cuadro 9 Porcentaje de mención de las variedades presentes en las parcelas. ..	87
Cuadro 10 Frecuencia de aplicación de fertilizantes.	90
Cuadro 11 Calendario de actividades realizadas en el cafetal.	93
Cuadro 12 Carbono almacenado por sitio muestreado en Ixcatla.	99

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Estrato simple café con sombra de vainillo (<i>Inga</i> sp).	39
Imagen 2 Disposición estratificada café con diferentes árboles de sombra.	39
Imagen 3 Diagrama de los efectos de la sombra sobre el cafetal.	44
Imagen 4 Parte del material ocupado en campo.	54
Imagen 5 Mapa de la distribución de las unidades de muestreo.	55
Imagen 6 Actividades realizadas dentro de la unidad de muestreo.	57
Imagen 7 Ubicación de la comunidad de Ixcatla en el municipio de Ixhuatlán del Café.....	61
Imagen 8 Estratificación del sistema de policultivo tradicional.	76
Imagen 9 Estratificación del sistema de policultivo comercial.	77
Imagen 10 Distribución del carbono estimado en los cafetales de Ixcatla.	100

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANACAFÉ	Asociación Nacional del Café – Guatemala.
CAFECOL	Centro Agroecológico del Café A.C.
CENACAFE	Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café.
CENICAFE	Centro Nacional de Investigaciones de Café – Colombia.
CPP	Costo Porcentual Promedio.
FAO	Food and Agriculture Organization.
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
FNC	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
IHCAFE	Instituto Hondurenzo del Café.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
INMECAFE	Instituto Mexicano del Café.
ICO	International Coffee Organization.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SAF	Sistema Agroforestal.
SMBC	Smithsonian Migratory Bird Center.
SPC	Sistema Policultivo Comercial.
SPT	Sistema Policultivo Tradicional.
UCKAM	Unión de Cafetaleros Kolping de las Altas Montañas de Veracruz.
UP	Unidad de Producción.
USDA	United States Department of Agriculture.
WRB	World Reference Base for Soil Resources.

RESUMEN

El café se produce en países tropicales del mundo en dos modalidades de cultivo: bajo sombra o a pleno sol. Unas 820 culturas indígenas de 17 países viven en regiones con grandes espacios de café de sombra. Las comunidades indígenas integraron su conocimiento tradicional al nuevo cultivo, después de que la colonia española introdujeron diferentes formas para su producción, convirtiéndolo en un modo de vida y un elemento de conservación de la biodiversidad (Toledo y Moguel, 2012).

En México, el cultivo de café es un renglón de relevancia económica, social y ecológica. Su cultivo se extiende sobre las vertientes del Golfo de México y Pacífico en el centro y sur del país, con distintos tipos de manejo que se pueden simplificar en cinco principales sistemas de producción que influyen en diversos ecosistemas, formas de organización campesina y problemáticas regionales (Contreras, 2009).

Con el fin de contribuir en el conocimiento de la actividad cafetalera de la región, se desarrolló la presente investigación que reúne los aspectos socioculturales de los productores, demuestra el potencial de los cafetales para la conservación de los recursos naturales y la oferta de servicios ambientales como estrategia de mitigación ante el cambio climático, aborda además, aspectos económicos de las formas de producción y se muestran los resultados del esquema técnico-productivo que los cafetaleros realizan en la unidad de producción.

La metodología consistió en entrevistas estructuradas a los productores, reuniones de grupos para definir los sitios de muestreo, de manera que se encontraran distribuidos estratégicamente en la geografía de la comunidad. Donde se midieron indicadores relacionados a la composición del estrato arbóreo, se estudiaron los atributos de usos locales de los árboles utilizados como sombra dentro del cafetal y se generó un inventario de especies para calcular el índice de importancia cultural, para estimar la cantidad de carbono almacenado fue necesario utilizar modelos alométricos y obtener muestras de suelo en cada sitio evaluado.

El estudio demuestra que los productores de Ixcatla tienen conocimiento detallado sobre las especies arbóreas de sombra y sus características benéficas en el cafetal, se caracterizaron dos sistemas de producción: policultivo tradicional y policultivo comercial, ambos con un manejo similar de mantenimiento. Se encontraron 44 especies diferentes de árboles utilizados como sombrío del café de los cuales las especies con mayor índice de importancia cultural fueron: Vainillo (*Inga sp.*), Xochicuault (*Cordia alliodora*), Naranja (*Citrus sinensis*), Macadamia (*Macadamia integrifolia*), Plátano (*Musa sp*), Mango (*Mangifera indica*), Guacalillo (N/I), Encino (*Quercus sp.*), Cedro (*Cedrela odorata*) y Mandarina (*Citrus reticulata*). Estos sistemas en conjunto almacenan en promedio $17.82 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en la estructura aérea, mientras que el mayor contenido de carbono se acumula en el suelo, calculando $120.23 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en promedio.

En la comunidad de Ixcatla, la cafeticultura es una pieza importante y fundamental en la dinámica de la producción familiar y ligada ampliamente a las estrategias de reproducción social, además, esta configuración agroforestal del café tiene una relevante contribución en la conservación de la biodiversidad porque alberga una riqueza florística nativa de la región. Esta condición de los cafetales bajo sombra tendrá una mayor importancia en el futuro ante la amenaza del cambio climático.

Palabras clave: Agroforestería, servicios ambientales, costos de producción, biodiversidad.

ABSTRAC

Coffee is produced in tropical countries of the world in two cultivation modalities: under shade or in full sun. Some 820 indigenous cultures from 17 countries live in regions with large areas of shade coffee. The indigenous communities integrated their traditional knowledge into the new crop, after the Spanish colony they introduced different forms for their production, converting it into a way of life and an element of conservation of biodiversity (Toledo and Moguel, 2012).

In Mexico, the cultivation of coffee is a line of economic, social and ecological relevance. Its cultivation extends over the slopes of the Gulf of Mexico and the Pacific in the center and south of the country, with different types of management that can be simplified into five main production systems that influence diverse ecosystems, forms of peasant organization and regional problems (Manson and Contreras, 2019).

In order to contribute to the knowledge of the coffee activity in the region, the present research was developed, which brings together the socio-cultural aspects of the producers, demonstrates the potential of coffee plantations for the conservation of natural resources and the offer of environmental services such as mitigation strategy in the face of climate change, also deals with economic aspects of the forms of production and shows the results of the technical-productive scheme that coffee growers make in the production unit.

The methodology consisted in structured interviews to the producers, group meetings to define the sampling sites, so that they were strategically distributed in the geography area of the community. Where indicators related to the composition of the tree stratum were measured, the attributes of local uses of the trees used as shade within the coffee plantation were studied and an inventory of species was generated to calculate the index of cultural importance, to estimate the amount of carbon stored it was necessary to use allometric models and obtain soil samples at each evaluated site.

The study shows that Ixcatla producers have detailed knowledge about shade tree species and their beneficial characteristics in the coffee plantation. Two production systems were characterized: traditional polyculture and commercial polyculture, both with similar maintenance management. We found 44 different species of trees used as shade of coffee of which the species with the highest index of cultural importance were: Vainillo (*Inga* sp.), Xochicuault (*Cordia alliodora*), Orange (*Citrus sinensis*), Macadamia (*Macadamia integrifolia*), Plantain (*Musa* sp), Mango (*Mangifera indica*), Guacalillo (N/I), Encino (*Quercus* sp.), Cedar (*Cedrela odorata*) and Mandarina (*Citrus reticulata*). These systems together store on average $17.82 \text{ Mg C ha}^{-1}$ in the aerial structure, while the highest carbon content accumulates in the soil, calculating $120.23 \text{ Mg C ha}^{-1}$ on average.

In the Ixcatla community, coffee-growing is an important and fundamental piece in the dynamics of family production and is closely linked to strategies of social reproduction. In addition, this agroforestry configuration of coffee has an important contribution in the conservation of biodiversity because it harbors a floristic richness native to the region. This condition of coffee plantations under shade will have a greater importance in the future in the face of the threat of climate change.

Keywords: Agroforestry, environmental services, production costs, biodiversity.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café llegó a México hace más de 200 años. Es una aportación cultural de Europa al nuevo mundo a partir de que las tierras fértiles de América Latina recibieron el grano en 1723, su producción se convirtió en una codiciada mercancía capaz de generar grandes capitales en un tiempo relativamente corto. La fiebre occasionada por la recuperación del capital invertido en pocos años influenció a criollos, mestizos e inversionistas extranjeros para quienes significó el grano de oro (Córdova, 2005).

México actualmente ocupa el décimo lugar a nivel mundial de producción de café con una superficie sembrada de más de 700 mil ha, de las cuales 670 mil ha (83%) se cultivan como café de sombra con una baja productividad menor a 8 qqha⁻¹ (Bartra 2004; ICO 2006; SAGARPA 2016). La cafeticultura genera un promedio anual de 700 mil empleos, de los cuales dependen por lo menos 2.3 millones de personas (Nolasco 1985; Moguel y Toledo 2004). El último conteo nacional realizado en México indicó que los cafeticultores de México son pequeños productores (92% con cultivos < 5 ha) e incluyen un porcentaje alto de comunidades indígenas, 30 etnias en total y un 57% de municipios donde se cultiva el café cuenta con poblaciones indígenas importantes (INMECAFE 1990; Bartra 2004).

En México, el café ha sido el principal producto agrícola de exportación durante los últimos 25 años, en 2010 el Programa Fomento Agropecuario reportó 509,817 productores en 4,557 comunidades en 15 estados (Robles, 2011). Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz concentran 83% del total de la superficie nacional. Sin embargo, la crisis ha ocasionado una disminución de la superficie sembrada del año 2005 al 2010 al pasar de 798,875 a 781,016 ha, lo que representa una contracción de 2%.

Dado el papel que ha tenido en el desarrollo de las diferentes regiones, la cultura creada en torno al cultivo y las diversas estrategias de reproducción social que los productores han generado ha permitido que la actividad cafetalera se mantenga (Velasco, 2013).

Los cafetaleros se han visto decididos a buscar estrategias que les permitan compensar las pérdidas económicas ocasionadas por las fluctuaciones del precio del café. Las estrategias se han enfocado a la diversificación productiva con cultivos básicos, hortalizas, frutales, maderables, ornamentales e incluso animales.

En ese sentido la agroforestería se considera sistemas de uso sostenible de la tierra, por que abarca condiciones naturales, ecológicas, productivas y sociales que mejoran el bienestar de la población rural, al conseguir un mejor nivel de vida mediante la diversificación de sus cultivos y la conservación de los recursos naturales. Así la presente investigación busca analizar los aspectos ambientales, económicos y sociales de los sistemas agroforestales de la cafetalera regional que permita identificar las asociaciones más adecuadas en un marco de sostenibilidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México está experimentando un rápido crecimiento demográfico, degradación ecológica y pérdida de sistemas tradicionales de producción; aproximadamente el 66% de la vegetación del país se ha convertido en agricultura o está siendo perturbada por actividades humanas, con una tasa de deforestación de entre 0.4% y 1.2%, lo que impacta gravemente la biodiversidad. Los científicos y agentes del desarrollo interesados en la biodiversidad han puesto los ojos en el paisaje agrícola, y en particular en ciertos sistemas agroforestales (SAF), que por su estructura arbórea se asemejan a los bosques y selvas, como el cultivo del café. El café, principalmente producto de exportación de México, ocupa alrededor de 700 mil hectáreas, distribuidas a lo largo de sus dos grandes cadenas montañosas. Los cafetales comparten la geografía con ecosistemas amenazados como las selvas tropicales y bosques mesófilos de montaña, los cuales se reducen día con día dando paso a potreros, monocultivos y áreas urbanas (Manson, 2008).

Los cafetaleros de Veracruz están considerando una amplia gama de alternativas de manejo, que en casos extremos, incluyen la reconversión de sus fincas como tradicionalmente lo hacen desde que se inició el cultivo, a otros usos de suelo

intensificados (ejemplo: caña de azúcar, limón persa, aguacate Hass) con ingresos más estables o mayores, pero solo en corto plazo; otras alternativas que surgieron fueron la conformación de organizaciones de productores para la búsqueda de mercados y el cambio del esquema de producción convencional a producción orgánica. Sin embargo, a pesar de que los precios mejoraron en algunos ciclos no se recuperan los costos de producción y es gracias a la diversificación de actividades y asociaciones de cultivos que se logra solventar los gastos en la parcela y los de la familia.

Por lo tanto, es necesario generar conocimiento para orientar a los productores en la búsqueda de alternativas que se acoplen a sus necesidades y complementen los ingresos económicos de la unidad familiar para su bienestar.

A partir de lo anterior se plantean las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las estructuras del componente de sombra que definen los SAF en la zona de estudio y qué conocimientos etnobotánicos se tiene de ellos?

¿La productividad y los costos de producción están ligados con las características del ambiente físico o socioeconómico?

¿Las condiciones actuales de los sistemas agroforestales y las bondades que brindan al medio ambiente favorecen su incorporación a la modalidad de pagos por servicios ambientales?

3. OBJETIVO GENERAL

Analizar los aspectos ambientales, económicos y sociales de los sistemas agroforestales de la cafetalera en la comunidad de Ixcatla del municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz, que permita identificar las asociaciones más adecuadas en un marco de sostenibilidad.

4. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Identificar los diferentes sistemas agroforestales, en cuanto a estructura y manejo del sistema.
2. Caracterizar elementos y relaciones del medio físico y socioeconómico de los sistemas agroforestales.
3. Analizar las labores, prácticas y los costos de producción por sistema agroforestal.
4. Identificar el conocimiento etnobotánico que se tiene de los árboles de sombra.
5. Estimar el contenido de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de café.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Importancia del café en México

Una de las rutas de ingreso del café a México fue Veracruz, pues los primeros cafetales se establecieron en la región de Córdoba en el año de 1723. A más de doscientos años de su introducción, la actividad cafetalera dentro de la agricultura sigue siendo una de las más importantes a nivel nacional, tanto por el número de actores sociales que intervienen, como por su importancia económica producto de los ingresos que se generan de su exportación. A pesar de la relevancia del café, sus productores enfrentan una serie de problemas que tienen que ver con sus condiciones de vida y producción.

El café se produce en 960 municipios, aunque es importante sólo en 236 de ellos, distribuidos en 15 entidades de la república (otras fuentes lo reducen solo a doce estados). Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, San Luis Potosí, Guerrero, Nayarit, Estado de México, Tabasco, Jalisco, Colima, Morelos, Michoacán y Querétaro (INEGI, 2007).

De acuerdo con Robles (2011), existen 349,701 unidades de producción con café, que representan el 8.4% de las Unidad de Producción (UP) con actividad agropecuaria o forestal, del país. Por su parte, en 2010 el Programa Fomento Café reportó 509,817 productores, respecto a la superficie se reporta 717 mil hectáreas plantadas y 680 mil hectáreas en producción.

La cafetalera genera más de 4.5 millones de empleos en el país. La producción promedio en los últimos 17 años han sido de 4.7 millones de sacos de 60 kg, donde el 80% se destina al mercado de exportación cuyo valor promedio ha sido de 480 millones de dólares (Sistema Producto Café, 2006). Sin embargo, de acuerdo con información del USDA, en 2015/16 la producción de café verde en México ascendió a 2.5 millones de sacos de 60 Kg, su nivel más bajo desde el ciclo 1962/63. (FIRA, 2016).

La importancia social del café se manifiesta por la presencia de pequeños productores; el 92% de los productores tienen hasta cinco hectáreas en producción; mientras en el otro extremo, el 0.1% de más de 50 hectáreas, constituyen el reducido grupo de grandes finqueros (Escamilla y Díaz, 2016). Además la actividad cafetalera se encuentra íntimamente ligada a la población indígena, del total de unidades de producción reportadas el 56.6% son hablantes de alguna lengua o dialecto, esta población es dueña del 43.9% de la superficie con café y cosechan el 40.3% del volumen de la producción (Robles, 2011). Dentro de este sector están representados casi 30 grupos entre los que destacan zapotecos, mixtecos, mixes, mazatecos, totonacos, nahuas, huastecos, tzeltales, zoques, tojolabales, huicholes y chatinos. Desde el punto de vista cultural, destaca el hecho de que alrededor de este cultivo existe una gran riqueza y diversidad de valores, creencias y conocimientos que es necesario reconocer y estudiar (Moguel y Toledo, 1996).

5.2 Producción mundial

El café se produce en más de 50 países a nivel mundial. Es uno de los productos básicos de exportación más importantes del mundo; hace una importante contribución al desarrollo socioeconómico y al alivio de la pobreza y es de

importancia económica excepcional para los países exportadores, algunos de los cuales se basan en el café para la obtención de más de la mitad de sus ingresos de exportación. Dado que alrededor del 70% del café mundial lo producen 25 millones de pequeños agricultores y sus familias, el café es una importante fuente de ingresos en efectivo y ocasiona una considerable cantidad de empleo. (Acuerdo Internacional del Café 2007; OIC; IHCAFE, 2017).

El 77 % de la producción mundial de café en el ciclo 2016/2017 se concentró en seis países: Brasil (35%), Vietnam (16%), Colombia (9%), Indonesia (7%), Honduras (5%) y Etiopía (5%). Entre los principales productores también están India (3%), Uganda (3%), Perú (3%) y México con una producción de 2% de la producción mundial (IHCAFE, 2017).

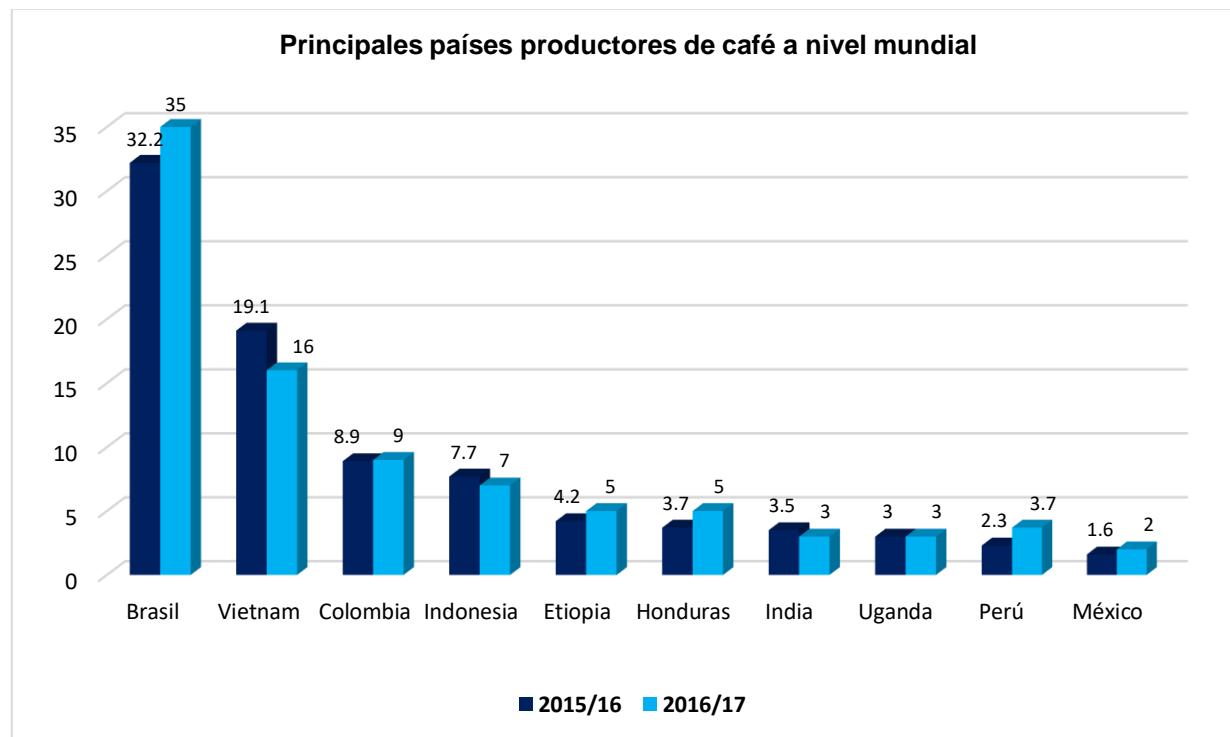


Figura 1. Principales países productores de café a nivel mundial.

Fuente: USDA (Ciclo 2015/2016), IHCAFE (Ciclo 2016/2017).

5.3 Producción Nacional

México cuenta con condiciones ideales para el cultivo del café, la cafeticultura en el país representa una actividad fundamental en el sector agrícola, no solo por el valor de su producción, sino además por ser un importante generador de divisas, además por las bondades que ofrece al ser un cultivo de gran relevancia ambiental, puesto que el 99% de los predios cafetaleros se establecen bajo sombra (SAGARPA, 2015).

En el ciclo cafetalero 2015/16 se produjo 835.0 miles de toneladas de café cereza. En cinco entidades se concentró el 93.7% de la oferta nacional: Chiapas (43.3%), Veracruz (22.9%), Puebla (14.5%), Oaxaca (7.9%) y Guerrero (5.0%).

Producción de café cereza en México, 2004/05-2015/16
(Millones de toneladas)

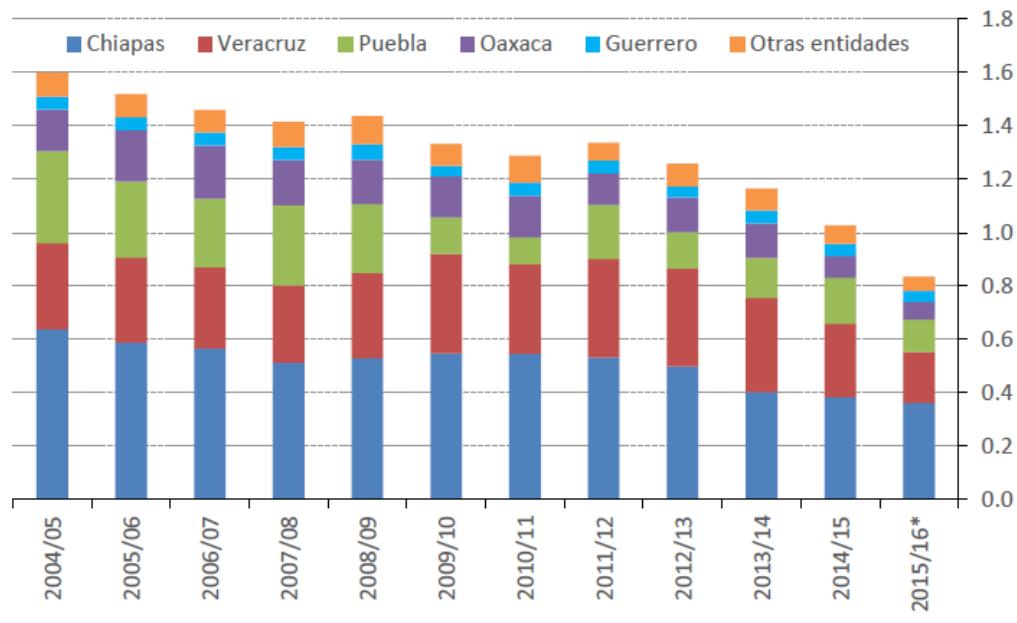


Figura 2. Principales estados productores de café a nivel nacional.

La producción de café cereza en el ciclo 2015/16 significó una reducción de 18.6% con respecto a la cosecha del ciclo previo y su nivel más bajo desde 1979/80, ciclo a partir del cual se tiene registro. Así, durante los últimos diez años la producción de café cereza decreció a una tasa promedio anual de 6.0% (FIRA, 2016)

5.4 Producción en Veracruz

Veracruz es el segundo estado productor del país con una producción promedio del 2005 al 2012 de 329,289,343.74 toneladas de café cereza o aproximadamente 1,317,157.38 quintales (SIAP). La superficie del cultivo es de 139,000 hectáreas distribuidas en diez regiones, en la zona norte del estado se encuentra Chicontepec y Papantla; en la zona centro están Atzalan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba, Zongolica; finalmente la zona sur comprende Tezonapa y Los Tuxtlas (Figura 3).

Las regiones cafetaleras comprenden 842 comunidades y 82 municipios donde habitan cerca de 86 mil productores, incluyendo las culturas náhuatl, totonaca y popoluca (CAFECOL, 2017).

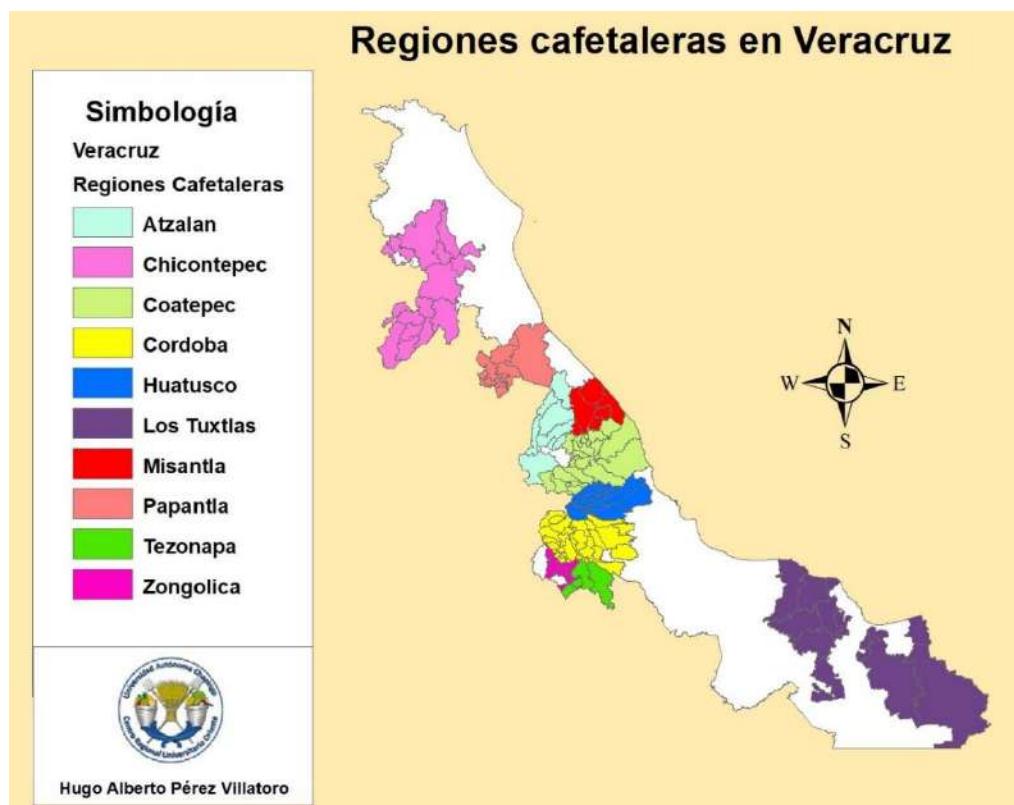


Figura 3. Distribución de las regiones cafetaleras del estado de Veracruz.

El proyecto de investigación se desarrolló en la región cafetalera de Huatusco en la comunidad de Ixcatla perteneciente al municipio de Ixhuatlán del Café en el estado

de Veracruz, con productores de la organización Unión de Cafetaleros Kolping de las Altas Montañas de Veracruz (UCKAM) en proceso de consolidación, con auspicio de Fundación Kolping.

La Fundación Kolping es una institución que sustenta sus acciones en el pensamiento religioso, promueve y acompaña a grupos de escasos recursos con proyectos sociales y productivos; con el objetivo de mejorar la calidad de vida y contribuir a la construcción de una sociedad más justa.

Por su parte El Centro Agroecológico del Café (CAFECOL) clasificó once regiones cafetaleras para el estado de Veracruz, tomando como principal característica el perfil sensorial de la taza de café, de esta manera definen las calidades regionales siguientes: 1) *Siete cerros Chicontepec*, 2) *Papantla Ancestral*, 3) *Sierra del Sol de Misantla*, 4) *Sierra Alta Atzalan*, 5) *Coatepec Genuino*, 6) *Ixhuatlán Gourmet*, 7) *Huatusco Bosque de Niebla*, 8) *Tradición de Córdoba*, 9) *Altas Montañas de Zongolica*, 10) *Tezonapa*, 11) *Selva alta de Los Tuxtlas*. En ese sentido la comunidad de Ixcatla pertenece a *Ixhuatlán Gourmet* lo describen como una subregión de Huatusco que se distingue por un perfil en taza único y fácilmente identificable por su marcado sabor dulce y cítrico con notas florales, siendo el corazón de la franja de los sabores cítricos.

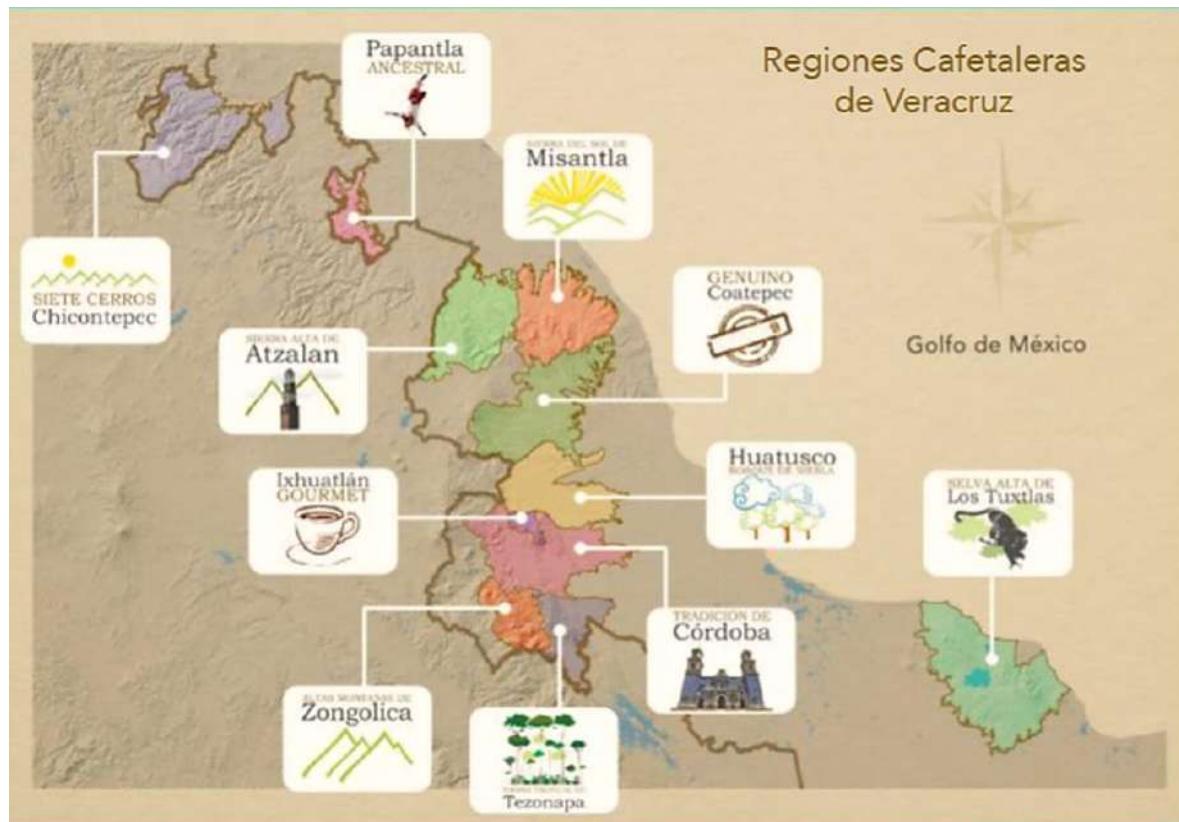


Figura4. Clasificación de las regiones cafetaleras de Veracruz según CAFECOL.

5.5 Conformación geográfica del área de estudio

5.5.1 Orografía

Está situado en la zona montañosa central del estado de Veracruz su suelo es irregular en toda su extensión territorial, formando algunas barrancas de profundidades considerables. Sin embargo, algunas de las comunidades se encuentran ubicadas en la zona de meseta. El sistema de topoformas está conformado por lomerío de basalto (52%), sierra volcánica de laderas tendidas (25%) y lomeríos de aluvión antiguo (23%). La altura oscila de los 500 a 1900 msnm con pendientes que van desde 8% hasta 45%. Los suelos que se presentan son de tipo leptosol (39%), andosol (32%) y luvisiol (4%), el tipo de suelo que posee el municipio son susceptibles a la erosión (INEGI, 2009).

5.5.2 Hidrografía

El municipio pertenece a la cuenca del río Jamapa (75%) y a la cuenca del río Atoyac (25%). Los principales ríos y arroyos son: El Palenquillo, Ocotitlán, Moyoapan, Jamapa, Chalajapa, Cañada vainillal y Balsa puerca (INEGI, 2009).

5.5.3 Clima

El clima está representado por el semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (54%), semicálido húmedo con lluvias todo el año (41%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (5%) el rango de temperatura comprende de los 16 a los 22 °C, con un rango de precipitación que va de los 1900 a los 2100 mm (INEGI, 2009).

5.5.4 Vegetación y uso del suelo

La vegetación del municipio que predominó en algún momento fue al Bosque Mesófilo de Montaña, el 68% de la superficie está ocupado por la agricultura, el 27% por el bosque y el 3% por pastizales (INEGI, 2009).

5.6 Reseña histórica de Ixhuatlán del Café

Ixhuatlán del Café es un municipio culturalmente mestizo, aunque con fuertes raíces nahuas, enclavada en la vertiente del Golfo de México del Veracruz central. El territorio comprende la cabecera municipal del mismo nombre y 25 localidades. Su complejo desarrollo histórico se inició con los primeros pobladores mesoamericanos, continuó con la conquista y colonización española, que provocó un fuerte impacto económico e ideológico generando a través del mestizaje, la conformación de una sociedad multiétnica que alternó con la presencia de importantes núcleos indígenas que han trascendido históricamente, manteniendo los rasgos culturales de origen, mismos que aún permean su sociedad; basta señalar el origen y significado náhuatl del mismo Ixhuatlán: *Izhuatl* es el totomoxtle o envoltura verde del elote; *tlan* lugar de, lugar donde; *Izhuatl-tlan*, lugar donde hay hojas verdes del maíz.

En 1521 Gonzalo de Sandoval y Bernal Díaz del Castillo llegaron al territorio de Cuauhtochco con la consigna de someter indígenas y buscar oro. Sin embargo, al no encontrarlo avanzaron hacia otros lugares en el afán de su encuentro, la barrera natural de la geografía escarpada de la región de Ixhuatlán lo mantuvo aislado durante algún tiempo. No fue sino hasta que los franciscanos abrieron brecha para el camino de su evangelización quienes se integraron cultural y económicamente.

En 1537, el virrey de la Nueva España, Antonio de Mendoza funda el ingenio de Oztoticpa y se apodera de las tierras de Orizaba despojando a los indígenas de: Maltrata, Acultzingo, Zongolica, Chocomán, Coscomatepec, Huatusco e Ixhuatlán (Beltrán, 1995; Lozano, 2000) para convertir esa zona en el centro de cultivo de caña de azúcar. La inclemente explotación de la que fueron sujetas, más las epidemias de viruela de 1542 y 1545, que diezmaron la población, obligaron a los sobrevivientes a huir a las montañas, como sucedió con los indígenas de Ixhuatlán.

En 1552 por orden del virrey Velasco se dispuso que los indígenas establecidos en Tequila, Tesmalaca e Ixhuatlancillo fuesen regresados a Ixhuatlán y se les permitió elegir libremente a sus autoridades (Beltrán, 1995; Trems, 1997; Lozano, 2000).

Para 1617, las tierras y tributarios de Ixhuatlán quedaron dentro del Marquesado de Salinas y sus tierras fueron usadas para ganado menor y cultivos como maíz, chile, caña de azúcar, tabaco y otros productos.

Paralelo al proceso de conformación de encomienda los españoles organizaron a los indígenas en las llamadas “Repúblicas de Indios” para facilitar la explotación de su mano de obra y mantenerla en su ámbito territorial. Asimismo, se le asignaba un santo patrono como símbolo de cristiandad. Ixhuatlán fue convertida en Republica de Indios con un santo: el apóstol San Pedro.

Alternando con la producción de caña de azúcar y tributos indígenas, se expandió en la región centro de Veracruz un nuevo cultivo: el tabaco. La intensificación de este cultivo propició que se hicieran caminos vecinales que conectaran a los pueblos con las zonas agrícolas. Con este criterio se privilegió a las zonas de Córdoba, Orizaba, Huatusco y Zongolica, quedando el pueblo de Ixhuatlán inmerso en la zona tabaquera.

Colonos franceses introdujeron el café a México casi a mediados del siglo XVIII, sin embargo hasta 1790 se consideró un cultivo comercial, una orden de España de ese año exime de pago de impuesto a quien enviaran café y azúcar a la gran metrópolis. Por esos años Humboldt reportaba un promedio de exportaciones de 360 qq de café al año (CENACAFE, 2015).

El café se introdujo al municipio probablemente entre principios y mediados del siglo XIX proveniente de Córdoba, extendiéndose por las haciendas La Luz, La Trinidad, La Trinidad Chica, La Capilla y otras (H. Ayuntamiento Ixhuatlán del Café, 2018).

En 1810 la Revolución de Independencia generó cambios en la economía y la sociedad colonial, para los hacendados españoles que habitaban las casonas de portales de San Pedro Ixhuatlán y para sus pueblos indígenas aledaños: **Ixcatla**, Tecama, Ocotitlán, Opatla y Tetela, significó, no pocas veces, rápidas huidas para evadir los ejércitos insurgentes o realistas y salvar la vida ante la destrucción de sus pueblos.

Para 1821 pactada la Independencia de la Nueva España, el obispo de Puebla envió instrucciones a sus curatos, entre ellos el de San Pedro Ixhuatlán para que se jurara el Plan de Iguala.

En el año de 1825, el estado de Veracruz se dividió en cuatro Departamentos que comprendían a su vez Cantones, el Cantón de Córdoba lo conformaban 24 pueblos entre ellos Ixhuatlán. Su principal industria se reducía a la siembra de labor de tabaco, café, caña, destilación de aguardiente y más de 25 enjambres de abejas.

El café habría de cambiar, de nueva cuenta, la economía y sociedad de la tierra llena de vertientes de la región de Córdoba y de Ixhuatlán. A finales del siglo XIX, el café se convirtió en el segundo producto con valor de exportación, después de la plata. Las posibilidades económicas del café hicieron que los hacendados abandonaran paulatinamente la producción de tabaco.

En 1880 el municipio se designa como Ixhuatlán de Córdoba, por estar comprendido en la jurisdicción del cantón de Córdoba.

En 1889 se decretó una ley para modernizar el sector agrario que desamortizaban los terrenos comunales y los convertía en parcelas con carácter de propiedad privada. El cabildo de Ixhuatlán aprovechó la coyuntura emprendiendo litigio con el municipio de Tepatlaxco con motivo de los linderos que a cada uno le correspondía.

En 1896 se funda la congregación de Ixcatla (Gobierno del Estado de Veracruz, 1998).

Para 1900, con aval de la Secretaría del Gobierno del estado, Ixhuatlán delimitó su territorio comprendiendo a las congregaciones de: Guzmantla, **Ixcatla**, Los Naranjos, Ocotlán, Presidio, Tenango y Tlamatoca. Las rancherías de Amolua, Baxcuantla, Buenavista, La Laguna, La Maroma, Muyapan, Ocotilanapa, Ocpatla, la Troje y la Ventana. Los ranchos de Ixviontla, Tepatlán y Tepostlapanca.

En 1907 el censo de haciendas del cantón de Córdoba registraba 23 haciendas dedicadas exclusivamente al cultivo de café, de ellas, dos correspondían al municipio de Ixhuatlán: La hacienda Buenavista propiedad de Manuel L. de Mariere, con una extensión de 473-75-61 hectáreas dedicadas al cultivo del café y tabaco y

la hacienda del Presidio, propiedad de Francisco Merino, con una extensión de 461-05-40 hectáreas, donde se producían únicamente café (García Morales, 1991; Lozada, 2000). La intensa producción cafetalera demandó mano de obra para las fincas que pronto se convirtieron en polo de atracción laboral. El ferrocarril estuvo diseñado para pasar por los puntos de acopio o comercialización de productos en las principales haciendas y para el caso de Ixcatla, la comunicación por esta vía mantuvo aislados a sus habitantes.

En 1915 las autoridades federales y estatales reconocieron la crítica situación por la que atravesaba el abastecimiento de productos básicos causada por la Revolución Mexicana. En Ixhuatlán, sin embargo, se registraba la excepción gracias a las magníficas cosechas de café que se habían obtenido y a los buenos salarios que ganaban los peones.

Para 1923 se fundó el primer Comité agrario de Ixhuatlán del Café adherido a la Liga de Comunidades Agrarias del estado de Veracruz que buscaba sindicalizar a los peones agrícolas como trabajadores de las haciendas y solicitar las tierras dentro de las leyes agrarias (Gobierno del Estado de Veracruz, 1998).



Fotografía tomada en el patio de secado del café durante un convivio en el beneficio de la familia Altamirano en el año de 1924.

Fotografía: Archivo fotográfico del Ayuntamiento de Ixhuatlán del Café.

En 1926, Ixhuatlán ya era un lugar de producción cafetalera cultivada en diversas fincas, incluso habían recibido invitación de la Secretaría de Agricultura y Fomento para participar en la exposición de Rio de Janeiro, Brasil, con muestras de su café.



Instalaciones del beneficio de la familia Altamirano donde se observa el primer carro que existió en Ixhuatlán en el año de 1927.

Fotografía: Archivo fotográfico del Ayuntamiento de Ixhuatlán del Café.

Entre los últimos meses de gestión del presidente Lázaro Cárdenas se dio en Ixhuatlán una lucha por cambiar la situación en el campo, la balanza se movió hacia las demandas del sector campesino, dejando a los terratenientes en posición de debilidad al apoyar a un nuevo ayuntamiento donde el peso político de estos ya no se manifestaba en bloque. Por ellos se empezaron a tomar decisiones como multar a los propietarios que maquilaban café y echaban el agua sucia a la calle o la canalizaban a los ríos, también se propuso a los acopiadores que apoyaran con el empedrado de caminos que ellos mismos utilizaban.

En 1930 el poblado de **Ixcatla** y su anexo Omatla, por medio del expediente 1157, pide dotación de tierras (Gobierno del Estado de Veracruz, 1998).



De 1938 a 1946 se construye el camino rural que conectaba a Ixhuatlán del Café con Coscomatepec, al fondo se aprecia el volcán Pico de Orizaba.

Fotografía: Archivo fotográfico del Ayuntamiento de Ixhuatlán del Café.

En 1949 se creó la Comisión Nacional de Café que tenía como finalidad inmediata el aumento de la producción de café, de investigación sobre el cultivo y de enseñanza práctica para los cultivadores de todas las zonas de la República que producían o podían producir cafés suaves.

En el año de 1952, la Comisión distribuye 16 millones de almácigos de café entre los pobladores de Veracruz y Chiapas, las dos principales zonas productoras de ese grano (Gobierno del Estado de Veracruz, 1998).

La Comisión en sus diez años que funcionó, sus principales beneficiarios fueron finqueros, industriales y exportadores, a quienes proporcionó información y asistencia técnica. Por esas razones, las acciones de la Comisión no tuvieron efecto en zonas de producción campesina y en 1958 se transforma en el INMECAFE.

Ixhuatlán entró a la segunda mitad del siglo XX con la mayor parte de sus comunidades dedicadas al cultivo del café; ello le valió ser denominado Ixhuatlán del Café para diferenciarlo de Ixhuatlán del Sureste e Ixhuatlán de San Cristóbal (hoy de Madero) y su cabecera municipal fue elevada a la categoría de Villa por decreto del 22 de noviembre de 1956.

Ese mismo año se realizó oficialmente la primera “Feria del Cafeto y del Café” en la cual se premió la mejor muestra de café beneficiado del municipio obteniendo el primer premio el señor Isidro Bautista productor de la congregación el Presidio.

1



2



3



Fotografía 1: Reconocimiento otorgado al Sr. Isidro Bautista. Fotografía 2: Demostración del funcionamiento de una despulpadora durante la feria. Fotografía 3: La primera reina del café inaugurando parte de la maquinaria que sería instalada en un beneficio (*Archivo fotográfico del municipio de Ixhuatlán del Café*).

En 1958 es creado el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) con sede en Xalapa, Veracruz, esta institución tenía como objetivo central promover y difundir los sistemas más convenientes de cultivo, beneficiado e industrialización del café, a través de un paquete tecnológico con la modalidad de un sistema especializado.

Ixhuatlán, en 1960 obtuvo sus niveles más altos de producción con un promedio de 120,000 qq de café que coincidió con un alza de los precios sin precedentes.

En un documento de 1989 sobre reestructuración del sector cafetalero mexicano, el gobierno anunció que el INMECAFÉ se retiraba de las funciones de financiamiento, acopio, beneficio y comercialización del café (Bartra et al., 2011). Para Ixhuatlán del Café esto no significó una nueva historia, traía las historias de San Pedro Ixhuatlán e Ixhuatlán de Córdoba, teniendo ahora “la vida en un sorbo de café” (Lozano, 2000).



Fotografías: Archivos del Instituto Mexicano del Café obtenidos en Internet.

Con lo anterior demostramos que la historia de la comunidad de Ixcatla da cuenta de su permanente integración al desarrollo regional, económico y social a los polo de desarrollo cercanos de los que formaban la ruta comercial del Puerto de Veracruz – Córdoba – Orizaba – México y cada época ha incidido en la identidad cultural de los habitantes, que reconocemos en el presente trabajo y que los ha identificado a través de los años.

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 Sistema de producción

El concepto de sistema de producción se basa en la Teoría General de Sistemas desarrollada por el biólogo Von Bertalanffy, que en esencia es perspectiva integradora y holística. Una de las definiciones de la teoría general de sistemas dice que son conjuntos de componentes que interactúan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa.

Los sistemas también se refieren a un conjunto de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantienen al sistema directa o indirectamente unido, de modo más o menos estable, cuyo comportamiento global persigue normalmente, algún tipo de objetivo (Vidal, 2007; Farfán, 2014).

El enfoque de sistemas constituye una forma de entender las diferentes maneras de cómo la familia desarrolla la producción, pues éste permite visualizar los diferentes elementos que entran al predio, cómo son transformados, a través de qué procesos y, finalmente, qué resultados se obtienen o cuáles son los productos de estos procesos (Giraldo, 2009)

En este contexto para entender la teoría de sistemas aplicado a la producción de café y tomando de modelo el sistema agroforestal de la comunidad de Ixcatla se desarrolló el siguiente diagrama de flujo, que si bien no da una visión completa facilita la visualización de las interrelaciones.

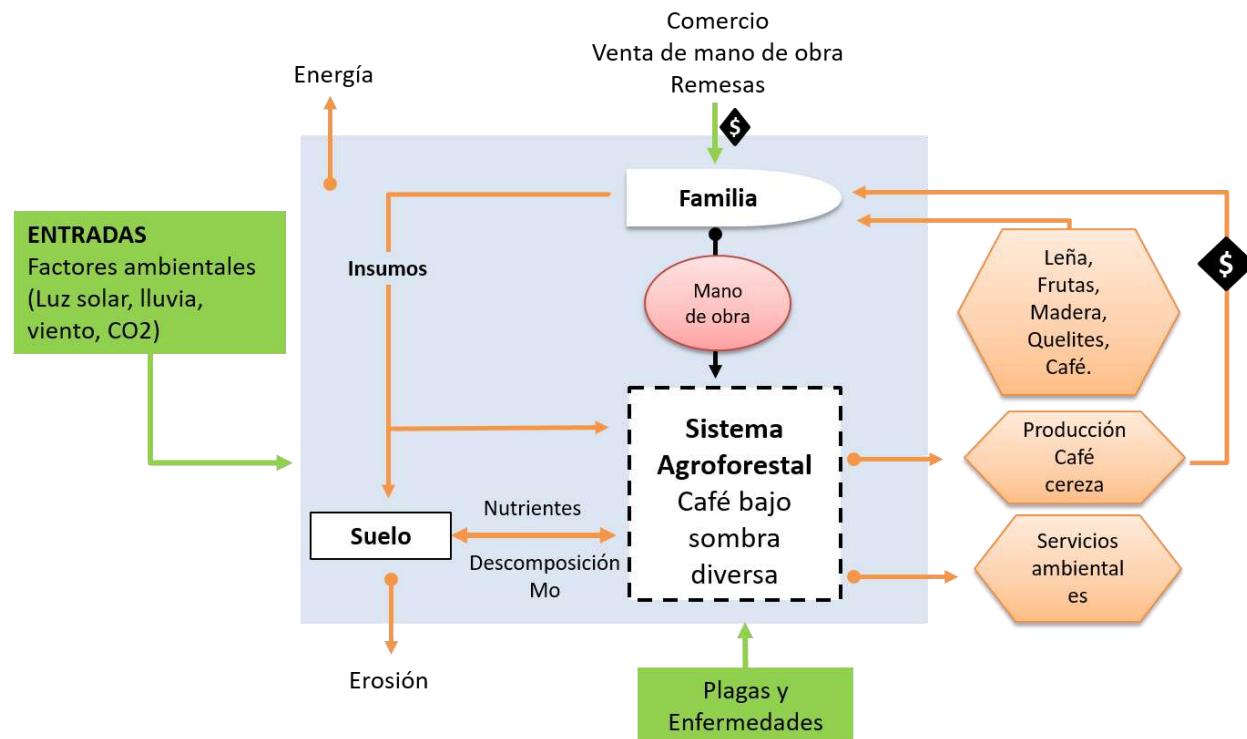


Figura 5 Diagrama de flujo del sistema agroforestal café bajo sombra diversa.

Elaboración propia, 2018.

6.2 Sistemas Agroforestales

Agroforestería es el nombre genérico para describir un sistema de uso de la tierra en el cual los árboles se combinan temporal y espacialmente con pasturas (uso animal) o cultivos agrícolas; en la agroforestería se mezclan elementos de la agricultura con elementos forestales que se traducen en sistemas de producción sostenibles en la misma unidad de terreno.

En términos generales, la agroforestería es un sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo mediante el cual se busca aumentar los rendimientos en forma continua combinando la producción de las especies arbóreas con cultivos de valor económicos (Durán, 2004; Farfán, 2007).

Son muchas las definiciones que se han dado de agroforestería o sistemas agroforestales, entre éstas se pueden citar:

Somarriba (1987), indica que la agroforestería es una forma de uso de la tierra en la que se cumplen las siguientes condiciones fundamentales:

- Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente.
- Al menos una especie es una leñosa perenne
- Al menos una de las especies tiene fines agrícolas

Las técnicas agroforestales son una opción para la utilización de tierras en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, basadas en la búsqueda de las prácticas que integren, sobre una misma superficie, diferentes modalidades de producción, con distintas especies y diferentes exigencias de nutrientes, suelos y agua.

En México, más del 98% de la superficie ocupada por el café se cultiva bajo árboles de sombra, lo que constituye una de las masas arboladas más importantes de las zonas subtropicales del país (Escamilla y Díaz, 2016).

6.3 Sistemas de cultivo de café en México

La producción de café se ha practicado bajo diferentes estructuras productivas con diferentes formas de manejo, a las que se denomina y agrupa como “sistemas de cultivo”. Estos presentan variantes generales según el área productora en que se ubique hacia la vertiente del Golfo de México, más húmeda y con presencia en invierno de los frentes fríos denominados “nortes” o en la vertiente del Pacífico, con sequía más prolongada que se extiende de octubre a mayo. La composición y cantidad de los árboles y arbustos de sombra es el elemento sobresaliente de dicha diferenciación (Escamilla y Díaz, 2016).

Moguel y Toledo (1996), mencionan que el café se produce en diferentes sistemas, cada uno con características propias, ecológicas y socioculturales, sin embargo estos rasgos resultan un tanto complejo, sobre todo si se considera que de un mismo sistema existen importantes variaciones. Aun así, los distintos tipos de cafetales han podido ser agrupados en México, de acuerdo a su origen, tipo y el uso de los árboles de sombra o de su ausencia.

A partir de la clasificación propuesta por Moguel y Toledo (1996) y desarrollada posteriormente por Escamilla y Díaz (2016) se presenta a continuación los diferentes sistemas.

6.3.1 Sistema natural o de montaña

Este sistema consiste en sustituir las plantas arbustivas y herbáceas del piso de las selvas o bosques por matas de café. El sistema conlleva una mínima afectación del ecosistema forestal, mediante la sola remoción del estrato bajo de la selva o el bosque, lo que supone el mantenimiento de la cubierta original de los árboles, debajo de la cual simplemente se implantan los arbustos de café. El sistema natural se distribuye principalmente en la vertiente del Pacífico y los rendimientos son notablemente bajos, rendimientos que van de 1 a 6 qqha⁻¹.

6.3.2 Sistema policultivo tradicional

Se trata de plantaciones de café bajo sombra en cuya composición existe una gran diversidad de especies vegetales que incluyen elementos, tanto de la vegetación natural (primaria y secundaria) como cultivada (especies nativas e introducidas). Este sistema de cultivo es el de mayor distribución en las regiones cafetaleras de México, practicado por pequeños productores, y con alta participación indígena.

El resultado es un “jardín de café” con una gran diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas tanto de vegetación natural como de las cultivadas, nativas e introducidas. Es en este sistema donde alcanza su máxima expresión la cultura milenaria de las comunidades indígena, al dar lugar a un sistema agroforestal complejo. En este sistema el café deja de ser un elemento exótico para ser adaptado a las condiciones de las selvas y bosques mexicanos. Los rendimientos obtenidos van de 3 a 14 qqha⁻¹, aunque los productores con mejores manejos logran rendimientos de 12 a 14 qqha⁻¹, los orgánicos obtienen niveles de 8 a 10 qqha⁻¹.

6.3.3 Sistema especializado

El sistema especializado es una modalidad de monocultivo, en el que solo se produce café bajo sombra y se caracteriza por utilizar leguminosas en forma dominante y casi únicamente para el sombreado, sobre todo las Fabáceas del género *Inga* normalmente es un marco de plantación. Así mismo puede emplearse sombra temporal y marginalmente algunos árboles de otras especies útiles.

El paquete tecnológico para este sistema fue desarrollado por INMECAFÉ e impulsado desde sus inicios, bajo este esquema de 1958 a 1985 se triplicó la producción nacional pasando de 100,000 a 300,000 tn de café. El sistema especializado representaba a principios de los 90's durante el siglo pasado, el 54.3% de las plantaciones cafetaleras en el centro de Veracruz. En este sistema la productividad es más alta que en los sistemas natural y tradicional, desde 8 hasta

80 qqha⁻¹, dependiendo, entre otras cosas de las regiones productoras, la altitud y el manejo de las plantaciones.

6.3.4 Sistema de policultivo comercial

El sistema de policultivo comercial se distingue por la producción de café con especies asociadas que están orientadas a la comercialización, como una estrategia de diversificación productiva. Son plantaciones de café en cuya estructura se reduce la diversidad vegetal a un número de dos a cuatro especies entre el cafetal, ordenadas espacialmente con el propósito de un aprovechamiento intensivo del espacio para la obtención de varios productos destinados principalmente al mercado.

6.3.5 Sistema a sol

El sistema a “sol” o “cielo abierto” es la modalidad más intensiva que se practica en México, se caracteriza por cafetales que se cultivan sin sombra, es decir se mantienen bajo monocultivo y a plena exposición solar. En el centro de Veracruz es de reciente introducción, no es frecuente y apenas representa el 1% de los predios.

El éxito del cultivo a sol se basa en la intensificación de las prácticas de cultivo (la fertilización se hace indispensable, así como el control de malezas, la poda y la protección fitosanitaria), niveles muy altos en el uso de agroquímicos, densidades altas de cafetos y utilización de variedades mejoradas de porte bajo.

6.4 Estructura de los sistemas agroforestales

Sin importar el sistema de clasificación empleado en los sistemas agroforestales (SAF) es primordial realizar un análisis simple. Este análisis se fundamenta en la presencia, el arreglo y la disposición de los componentes dentro del sistema.

Presencia: Basada en los tres principales componentes agroforestales, árboles, cultivos y pasturas, cuando corresponde.

Arreglo: Se refiere al orden de los componentes en el espacio y en el tiempo. El arreglo espacial tiene que ver con la ubicación física de los componentes en el lote y el arreglo temporal, describe si los componentes están al mismo tiempo en la parcela, si siguen uno a otro o si se sobreponen parcialmente en el tiempo.

Disposición: Definido también como estratificación de los componentes puede ser simple o estar dispuesta en varios estratos; cuando solo existe una capa de árboles se considera de estrato simple (Imagen 1); por ejemplo, café únicamente con sombra de vainillo.

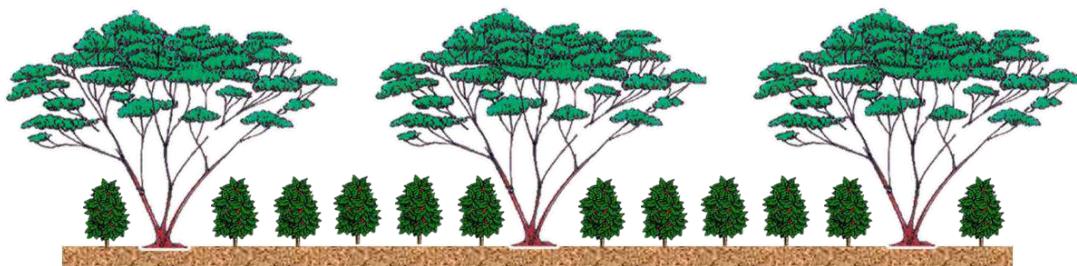


Imagen 1. Estrato simple café con sombra de vainillo (*Inga* sp).

Fuente: Farfán, 2007 (Modificado).

Multiestratificada cuando hay varias capas de árboles con diversas especies (Farfán, 2007).



Imagen 2. Disposición estratificada café con diferentes árboles de sombra.

Fuente: Farfán, 2007 (Modificado).

6.5 Ventajas de los sistemas agroforestales

En el estudio de Román *et al.* (2016), sobre sistemas agroforestales en el trópico seco de México recopilan información sobre algunas de las ventajas y desventajas de la configuración de los sistemas agroforestales analizando huertos familiares, cercas vivas, frutales intercalados cafetales bajo sombra de árboles nativos y sistemas silvopastoriles

En los SAF, desde el punto de vista ecológico, los árboles contribuyen a recuperar la biodiversidad y son una alternativa para reducir la deforestación, combatir la erosión de suelos y rehabilitar praderas degradadas; representan una estrategia valiosa en la conservación de suelos y el mantenimiento de su fertilidad. Los SAF con altas densidades de especies arbóreas incrementan el potencial de fijación de carbono (Anguiano *et al.*, 2013); asimismo, contribuyen a mantener la calidad y cantidad de agua; constituyen un recurso importante en la diversidad vegetal en ecosistemas silvestres (Beer *et al.*, 2004). Dentro del aspecto ecológico, se resalta también la importancia de las cercas vivas, que, en muchos casos conectan masas boscosas con áreas fragmentadas y son corredores biológicos donde se desplaza la fauna silvestre, semillas y polen (Palomeque, 2009; De la Ossa, 2013).

En lo social se observa la disminución de riesgos; por ejemplo, la susceptibilidad de que algún cultivo pueda ser atacado por plagas o enfermedades disminuyendo el rendimiento, lo cual afectaría al productor; al tener una diversidad de especies este problema disminuye. Existe más oportunidad de empleo permanente, además de una producción constante la mayor parte del año. Un ejemplo son los huertos familiares que se practican en diferentes condiciones biofísicas y socioeconómicas en varias partes del país; con esto se asegura la provisión de alimentos, al ofrecer una mejor nutrición por la variedad de cultivos y una mejor salud, al consumir alimentos con menor uso de agroquímicos (De la Cruz, 2009).

En lo económico se obtiene una mayor producción por mejores condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos; por lo tanto, se reduce el uso de fertilizantes, así como una menor dependencia de insumos externos. Con la sombra de los

árboles, se disminuye el estrés por las altas temperaturas en los animales, con mayor producción. Existe una diversidad de productos, entre ellos: madera, leña, forraje, frutos, postes para cerca y productos agropecuarios (De la Cruz, 2009). Lo que permite al productor, la venta de esos productos y con ello obtener ingresos económicos de forma inmediata (Betancourt *et al.*, 2003; Palma, 2005).

6.6 Desventajas de los sistemas agroforestales

En las asociaciones de árboles con cultivos, podría existir una mayor competencia por luz, nutrientes y espacio, para lo cual se recomienda utilizar especies que fijen nitrógeno atmosférico; árboles cuyos follajes permitan el paso de la luz, para la vegetación herbácea. Otro aspecto es el daño que pueden ocasionar cuando se cosechan los árboles y la dificultad en la mecanización; se sugiere dejar franjas amplias tipo “callejones”. Existe el riesgo de que se presenten enfermedades fúngicas, sobre todo en cultivos de sombra; para reducir este efecto debe realizarse raleos y podas en la vegetación leñosa evitando el exceso de sombra. La posibilidad de efectos alelopáticos, para lo cual se deben elegir especies idóneas en la diversas condiciones edafoclimáticas (De la Cruz, 2009).

En lo social los productores no se apropián de la introducción de árboles en sus sistemas agropecuarios debido a la escasez de personal calificado y con experiencia en el manejo del sistema y los otros componentes que integran los SAF (De la Cruz, 2009).

Finalmente en lo económico existe la posibilidad de obtener rendimientos menores, respecto de los monocultivos; esto sucede cuando alguno de los componentes inhibe la respuesta de otro; sin embargo, esto puede cambiar con el tiempo, de tal suerte que las interacciones negativas o neutras, pueden convertirse pronto en positivas. Uno de los objetivos de los SAF es identificar las interacciones positivas y maximizarlas y reducir las negativas.

Por otro lado, se debe tener presente que la producción, aunque no es alta se mantiene por un periodo mayor, se mejora la fertilidad del suelo y la erosión se controla por la presencia de árboles; es decir, es sostenible. Asimismo, estos

sistemas aportan beneficios ecológicos de importancia mundial. En ciertas prácticas agroforestales se requiere mano de obra especializada; lo que eventualmente podría incrementar los costos de producción; aunque hay que considerar que los SAF contribuyen a la generación de empleos para la comunidad y se eleva el nivel de vida de la población rural, se tiene opción de comprar los bienes que se producen en el sistema. Problemas de comercialización por la diversidad de cultivos. En varios SAF se maneja un producto para el mercado, ya sea fruta, café o el componente animal, los demás elementos del sistema tienen un nivel intermedio entre el comercial y el de subsistencia (Román *et al.*, 2006).

6.7 Efecto de los árboles de sombra sobre el cultivo de café

En México, más del 98% de la superficie ocupada por el café se cultiva bajo árboles de sombra lo que constituye una de las masas arboladas más importantes de las zonas subtropicales del país. Sin embargo la presencia de árboles provee a los sistemas agroforestales algunas características en cuanto a productividad y sostenibilidad.

Aunque, si bien el uso de árboles de sombra contribuye a la diversificación de los sistemas cafetaleros y mejorar la provisión de varios servicios ecosistémicos, también se sabe que puede tener un efecto reductor en el rendimiento de los cafetos. Esto puede explicarse por las presiones bióticas y la menor luminosidad que entra bajo el sistema de árboles (Rapidel *et al.*, 2015; Villarreyna, 2006). El número de nudos productivos depende en gran parte de la fotosíntesis, dependiendo de las condiciones climáticas, la fotosíntesis de cultivos sombreados puede ser ligeramente inferior a los cultivos al pleno sol (Campanha *et al.*, 2005; Villarreyna, 2016).

Por el contrario, Soto *et al.*, (2000) concluyó en su trabajo de investigación sobre el efecto de la sombra en la producción de café en el estado de Chiapas que el rendimiento se mantiene hasta en un 48% con coberturas de sombra entre el 23 y el 38% y que la producción disminuye bajo una cubierta del 50% de sombra.

Por lo tanto la reducción del rendimiento por la sombra, está en dependencia del porcentaje de sombra que se maneje en el cafetal.

La sombra también tiene efecto sobre la fertilidad del suelo, conservar niveles altos de materia orgánica es uno de los factores principales de los árboles de sombra tanto por su rol de mantener la estructura del suelo como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes. Si los residuos vegetales son de buena calidad (baja relación C:N, bajos contenidos de lignina y polifenoles), estos se descomponen rápidamente y los nutrientes estarán disponibles para el cultivo y los árboles (FNC-CENICAFE, 2014). Además el dosel puede aportar hasta 7 toneladas de materia orgánica por manzana (0.70 ha) (ANACAFE, 2018).

Por otro lado, un cafetal bajo sombra puede tener niveles de diversidad biológica casi similares a bosques, dentro de la cual, sobresale en importancia la diversidad microbiana que influye en el control biológico de las plagas. El efecto de los arboles sobre las plagas y enfermedades son complejos y a veces contradictorios. La incidencia bajo los sistemas sombreados depende también mucho del manejo que se haga de todo el sistema. En ese sentido un cafetal diversificado o con sombra simple, manejado de manera intensiva, es decir, manejado con la misma intensidad que un sistema a pleno sol, puede inclusive presentar menos incidencia y severidad de plagas y enfermedades en comparación con un sistema a pleno sol. (Villarreyna, 2016).

Otro de los efectos de la sombra radica en que no permite que crezcan las malezas dentro del cafetal, principalmente gramíneas, al acumularse una capa de hojarasca sobre el suelo dificulta la germinación de las semillas de algunas especies. Económicamente los cafetales que están a pleno sol demandan más trabajo para realizar el control de las malezas que los que están bajo sombra (Velasco, 2013).

Además Escamilla (2007), menciona que la cobertura arbórea tiene influencia significativa sobre la calidad física y sensorial del café. Con una cobertura arbórea entre 50 a 80% los niveles de acidez aumentan; es decir, la falta o exceso de sombra puede demeritar la calidad de aromático. Por su parte Martínez *et al.* (2003), afirman que plantaciones con más de 60% de cobertura arbórea ofrecen ventajas para

obtener calidad en regiones cafetaleras de Veracruz, porque a menor cobertura se incrementan los frutos manchados y se reduce la proporción de granos en forma de planchuela y aumenta la de triángulos.

En relación con la información revisada se elaboró el diagrama siguiente, que busca ejemplificar los efectos de la sombra sobre el cultivo del café.

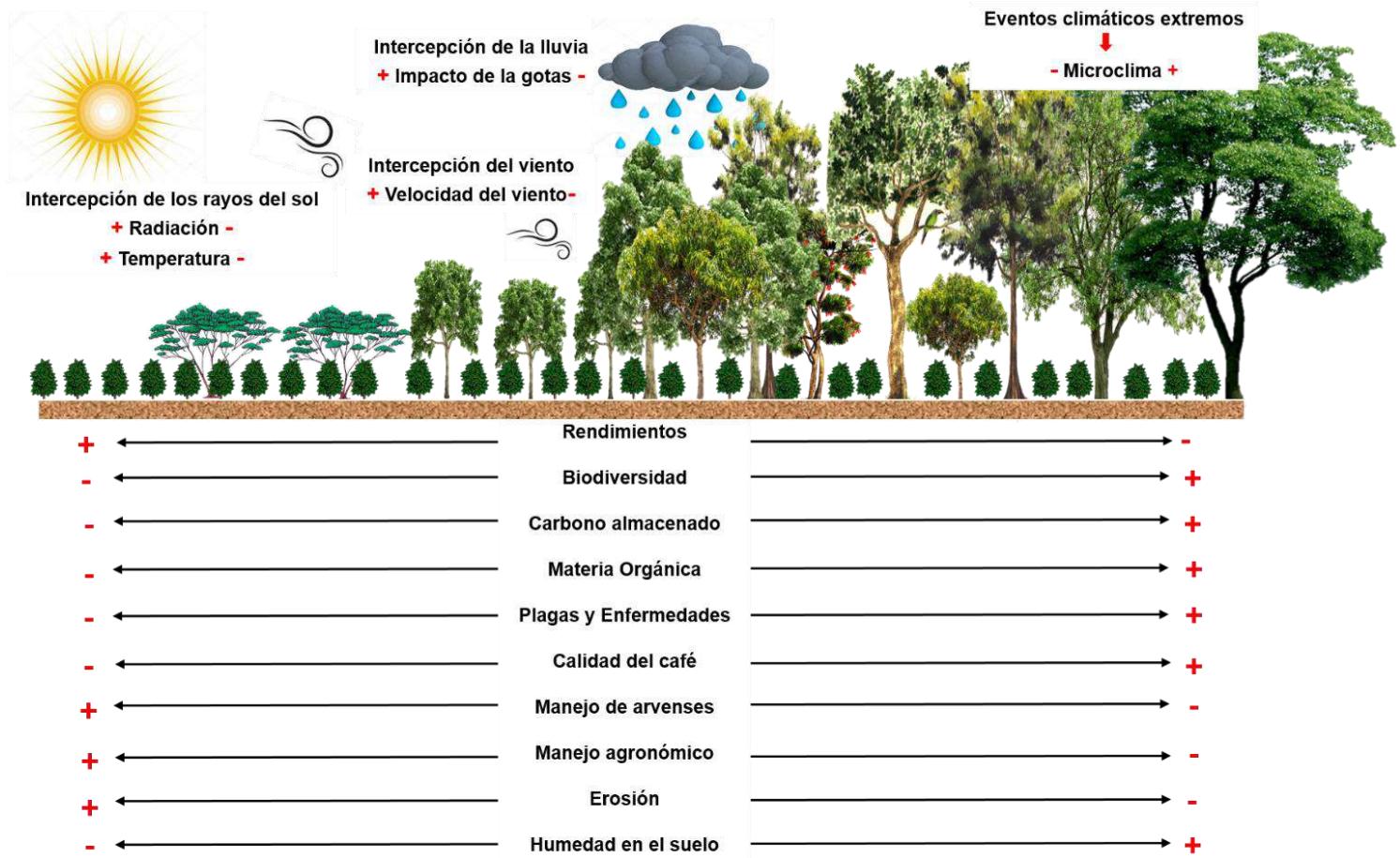


Imagen 3. Diagrama de los efectos de la sombra sobre el cafetal.

Elaboración propia, 2018.

6.8 Nutrición del cafeto

El café, al igual que las demás especies vegetales, requiere algunos elementos que se consideran esenciales para su crecimiento y desarrollo. Tres de ellos, provenientes del agua y la atmósfera (Carbono-C, hidrógeno-H y oxígeno-O), son

llamados constituyentes orgánicos y representan cerca del 95% del peso de la planta, mientras que los demás se encuentran principalmente en el suelo y son clasificados como minerales. Según su demanda, estos últimos se clasifican en macronutrientes (Nitrógeno-N, fósforo-P, potasio-K, calcio-Ca, magnesio-Mg, y azufre-S) y micronutrientes (Hierro-Fe, manganeso-Mn, cobre-Cu, zinc-Zn, boro-B, cloro-Cl, molibdeno-Mo y níquel-Ni). La cantidad requerida de cada nutriente por la planta varía de acuerdo a factores climáticos y genéticos, así como las etapas de desarrollo y de producción (FNC-CENICAFE, 2008).

Es importante tener conocimientos acerca de los requerimientos nutricionales del cultivo de café, en cuanto a la extracción o remoción, la función de cada elemento en la planta y los síntomas de deficiencias para tomar decisiones en cuanto al manejo de la fertilidad.

El Cuadro 1 resume las principales características de cada uno de los elementos esenciales y los síntomas de su deficiencia en el cafeto.

Cuadro 1. Descripción de la función de cada elemento y la consecuencia de su deficiencia.

ELEMENTO	FUNCTION	SÍNTOMA
Nitrógeno	Constituyente de las moléculas de proteína. Forma parte de la molécula de clorofila. El nitrógeno estimula el crecimiento de tallos y hojas. Además estimula la producción de proteínas en frutas y granos y ayuda a que la planta utilice otros nutrientes como fósforo y potasio	Por su gran movilidad, los primeros síntomas se observan en hojas maduras. Su deficiencia causa clorosis en las hojas y luego en toda la planta. El amarillamiento avanza desde la base de la hoja hasta el ápice y de la vena central hacia los bordes. Los frutos se vuelven amarillos, crecen pocos y caen con facilidad.
Fósforo	Su mayor consumo se presenta en el periodo de crecimiento. Forma parte de las moléculas que transfieren energía en la planta para procesos metabólicos. Promueve el desarrollo radical y ayuda a desarrollar resistencia a enfermedades.	Se presentan con una clorosis lobular entre las venas de las hojas más viejas en las ramas inferiores del arbusto. Estas hojas presentan unas manchas de forma irregular de color amarillo-bronceado y pueden contener unas áreas con un tinte rojizo.

Potasio	Influye en procesos metabólicos como fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila, nivel hídrico en las hojas, apertura y cierre de estomas y como activador enzimático y partícipe del flujo y translocación de metabolitos en la planta.	En su ausencia, se observa el color bronceado y muerte del tejido en los bordes de las hojas adultas y viejas, con límites bien marcados. La planta se observa débil con un sistema radical pobre y con muy baja tolerancia a situaciones de estrés o ataques de enfermedades.
Magnesio	Es el componente principal de la clorofila. Participa en la fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos (glicólisis). Promueve la transferencia de grupos fosfatos y en la activación enzimática de procesos metabólicos.	Cuando este elemento se encuentra en bajas concentraciones la producción de clorofila disminuye, lo que se traduce en clorosis intervenal en hojas maduras y finalmente necrosis.
Calcio	El calcio juega un papel importante como regulador en el crecimiento de las plantas, en su desarrollo y habilidad para adaptarse a las condiciones adversas del ambiente, aumenta la cantidad de asimilación del amonio y reduce la respiración de la planta, resultando esto en una mayor fotosíntesis neta y en el movimiento de los azúcares hacia los frutos, la abundancia de calcio aumenta la absorción de potasio, aumenta la resistencia de la planta a las enfermedades, los niveles altos de calcio reducen la respiración del fruto y prolongan la vida de almacenaje del producto, y favorece el poder germinativo de las semillas.	Los síntomas de su deficiencia se observan inicialmente en hojas jóvenes dado su baja movilidad, estas presentan áreas cloróticas del borde hacia adentro. La punta de la hoja se presenta en forma de "cuchara". La deficiencia afecta el crecimiento de la planta, raíces, frutos y además, favorece la entrada de patógenos

Azufre	Interviene en la producción de proteínas, participa en la producción de clorofila, algunas proteínas de la planta contienen azufre, el papel más importante, de tipo metabólico del azufre, está relacionado con el hecho de que el grupo sulfhidrilo, SH-, es el grupo activo de muchas enzimas implicadas en el anabolismo y en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas.	Los bordes de las hojas jóvenes presentan amarillamiento; después se vuelven blanquecinos y pueden cubrir toda la hoja. Su deficiencia reduce la asimilación de nitrógeno.
Boro	Importante en la translocación de azúcares y carbohidratos. Sus funciones principales se relacionan con el normal desarrollo de la pared celular, la división celular y el desarrollo de frutas y semillas	Las hojas nuevas se vuelven duras y de consistencia como de cuero (coriáceas, gruesas), deformes y con crecimiento reducido. Las "bandolas" y entrenudos son cortos. Hay muerte de la yema terminal, originando brotes en forma abanico. Influye en la polinización y su carencia afecta el desarrollo de raíces, flores y frutos
Cobre	Es necesario para la formación de clorofila. Es el metal componente de la oxidasa del ácido ascórbico, fenolasas y tirosinasa. La mayor cantidad está en los cloroplastos, formando la plastocianina para la transferencia de electrones	Las hojas presentan nervaduras salientes (costillas), clorosis leve y manchas pardas asimétricas. Las hojas más jóvenes aparecen distorsionadas, con una forma de S, por falta de crecimiento de los nervios y pierden su color verde.
Hierro	Es un catalizador involucrado en la activación de enzimas necesarias en las reacciones de óxido-reducción y transferencia de electrones y actúa como transportador de oxígeno. Además actúa como cofactor en la síntesis de clorofila y en el correcto funcionamiento de otras enzimas importantes como catalasa, peroxidasa, ferredoxina y citocromos	Los primeros síntomas incluyen clorosis interenal y amarillamiento o blanqueamiento de las hojas jóvenes.

Zinc	<p>Se encuentra involucrado en varias actividades enzimáticas. Importante en la síntesis de triptófano (componente de algunas proteínas y compuesto necesario para la producción de hormonas de crecimiento como el ácido indol-acético AIA). Se encuentra presente en varias dehidrogenasas, proteinasas y peptidasas. Promueve la formación de almidón, la maduración de semillas, la síntesis de clorofila, la producción y está involucrado en la integridad de la membrana celular.</p>	<p>Las hojas son más pequeñas que las normales lanceoladas, angostas o estrechas, cloróticas y rizadas en el borde a manera de cartucho. Las plantas poseen entrenudos más cortos y se forma el crecimiento tipo roseta o escoba de bruja</p>
------	--	---

*Elaborado con información de ANACAFÉ (2018) y FNC-CENICAFE (2008).

6.9 Importancia del conocimiento local de los árboles en cafetales bajo sombra

El conocimiento que las poblaciones rurales han desarrollado de sus tierras y cultivos a través del contacto directo con la naturaleza es lo que se conoce como “conocimiento local” (Inglis, 1993; Kolawole, 2001; Silva *et al.*, 2013).

Durante los últimos años el conocimiento local se ha valorizado en diferentes campos de trabajo, especialmente en el campo de la agroforestería, donde se han hecho esfuerzos para comprender la forma en que la gente percibe y maneja sus recursos arbóreos. Estos esfuerzos han servido para integrar de una manera más equilibrada el conocimiento científico y local. El incorporar la percepción y conocimiento de las comunidades y productores sobre sus recursos naturales, permite una mayor apropiación por parte de los productores de los recursos disponibles en su entorno, reflejándose en prácticas exitosas, tanto productivas como de conservación (Walker *et al.*, 1998; Elizondo, 2015).

En la actualidad, se hace necesario conocer alternativas y beneficios para afrontar la variabilidad del clima, es por ello que el conocimiento de los productores de café incide sobre la percepción y la toma de decisiones en el manejo de sus parcelas, específicamente en la composición y estructura del componente arbóreo.

6.10 Selección de especies de árboles para sombra

La selección de especies es clave para el diseño de los sistemas agroforestales. De esto depende el potencial productivo y de protección del sistema. Para esto es muy importante contar con información científica y empírica. Los objetivos de los productores es el factor más importante del cual dependerá el diseño y la selección de especies. Por lo tanto, los conocimientos locales juegan un papel relevante. La elección de especies también dependerá de la disponibilidad del terreno del productor, es decir, cuánto tiempo se van a dejar crecer las especies para lograr el producto o servicio deseado. Especies que se adapten al medio, fácil propagación, crecimiento rápido, alta capacidad de rebrote, uso múltiple y que sean conocidas por la gente.

Soto *et al.* (2008), menciona los siguientes criterios para la selección de especies:

- Reproducción vegetativa.
- Uso múltiple, valor económico.
- Tolerancia a plagas y enfermedades.
- Copa delgada y/o abierta, especie poco competitiva.
- Manejo poco exigente.
- Sin capacidad para convertirse en maleza.
- Rápido crecimiento.
- Que produzca abundante hojarasca: para mejorar el suelo y reducir el crecimiento de malezas.
- Tolerancia a condiciones extremas: suelo empobrecido, sequía.
- Atraer animales silvestre: para asegurar la dispersión de semillas de la especie y de otros árboles.

Por su parte Farfán (2014), describe los atributos deseables de un árbol para ser empleado como sombrío en café.

- Elegir especies que permitan limitar su altura para que se reduzca el impacto de las gotas contra el suelo.

- Especies con sistema radial fuerte, profundo que no se desarrolle en el mismo espacio de las raíces del café.
- Que produzcan abundante biomasa, que tiendan a aumentar la materia orgánica por la descomposición de hojas y ramas que los árboles dejan caer sobre el suelo.
- Árboles que permitan su establecimiento con otras especies (sombrío estratificado).
- Baja susceptibilidad a plagas y enfermedades.
- Árboles que no compitan por nutrientes, que tengan diferentes exigencias.
- Árboles que tengan follaje a diferentes alturas, así se previene mejor el ataque de plagas y enfermedades.
- Las especies de sombrío que se establezcan deben dejar pasar buena cantidad de luz, es decir, que su sombra sea rala.
- Árboles que en lo posible cumplan con una función económica.

Existe gran diversidad de tipos de dosel de los árboles para emplearlos como sombra del café. Las condiciones ambientales específicas pueden determinar la necesidad o utilidad por mayores o menores niveles de sombra en el café.

6.11 Almacenamiento de carbono

El cambio climático es un fenómeno que se expresa como una desviación del tiempo meteorológico promedio esperado o de las condiciones climáticas normales (temperatura y precipitación) para un lugar y tiempo dados. En la actualidad, el cambio climático global se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” por arriba de los de los niveles históricos. Se estima que el incremento de bióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3) en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura media global entre 3 y 5 °C, y afectará fuertemente los patrones de precipitación actuales. Debido a su abundancia, el bióxido de carbono (CO_2) es el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades humanas. En los últimos 150 años, el nivel de concentraciones ha tenido un aumento

significativo de CO₂ pasando de 280 ppm en la época preindustrial a 379 ppm en 2005 (IPCC, 2007).

Las emisiones de CO₂ por las actividades agrícolas y forestales se calculan en solo 5% del total planetario; sin embargo, el potencial de almacenamiento de carbono (C) en el sector agrícola y forestal es significativo (Benites *et al.* 1999; Masuhara *et al.*, 2015).

Los sistemas ecológicos de la tierra, por medio de los cuales el carbono (C) queda reducido en la biomasa viva o cantidades de materia vegetal, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono. El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. La biomasa de la vegetación leñosa se define como la cantidad total de materia orgánica viva que existe por arriba del suelo expresada como peso anhidro en toneladas por unidad de área, la biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Brown, 1997; Manson *et al.*, 2008).

Moguel y Toledo (1999), mencionan que los cafetales de sombra contribuyen con múltiples servicios ambientales como la protección de las cuencas hidrológicas, la conservación de los suelos, el mantenimiento de la biodiversidad, la conservación del agua, baja o nula contaminación por agroquímicos, protección de zonas forestales y como sumidero de carbono.

El agroecosistema cafetalero tiene un potencial apreciable para retener el carbono atmosférico, tanto en las partes aéreas de las plantas, como en el sistema radicular y en la materia orgánica del suelo. Si los cafetales se comparan con ecosistemas forestales, tanto perennifolios como estacionales, la cantidad retenida de carbono en los primeros es menor; sin embargo, su productividad es mayor que la de los bosques. Los agroecosistemas cafetaleros debidamente operados con adecuadas medidas de conservación de suelos y con un uso moderado de productos químicos, pueden contribuir en el mantenimiento de la diversidad biológica y a la producción

de otros bienes y servicios, tales como recursos hídricos, leña, carbón, madera, frutas y recreación (Fournier, 1995; Farfán 2014).

Los sistemas agroforestales han sido reconocidos como parte de los sumideros de carbono, pero aún no se conoce mucho sobre su potencial (Ávila *et al.*, 2001), algunos trabajos demuestran que los agroecosistemas cafetaleros, con sombra diversificada, son sistemas potenciales en la captura de carbono. Estos sistemas representan una opción para los productores de café, no solamente para proporcionar un valor ecológico agregado, al propiciar la captación de carbono sino también para contar una fuente económica adicional que les permita integrarse al desarrollo sustentable del país. Las opciones económicas adicionales a la producción de café que ofrecen dichos ecosistemas es a través de pagos de bonos por captura de carbono o por medio de la producción de madera y leña (Peeters *et al.*, 2003; Manson *et al.*, 2008).

Dávalos *et al.* (2008), en un estudio sobre almacenamiento de carbono de cuatro diferentes tipos de cultivo en la zona centro de Veracruz (Bosques, rústicos, policultivos, monocultivos) encontraron que la capacidad de almacenamiento de carbono de las fincas es directamente proporcional a la cantidad de biomasa leñosa presente. El tipo de cultivo que incorpora un mayor número de árboles y por consiguiente, una mayor capacidad de almacenar carbono fue el sistema rústico con $42.2 \text{ Mg C ha}^{-1}$, seguido por el bosque con 28 Mg C ha^{-1} y los sistemas policultivo con $16.1 \text{ Mg C ha}^{-1}$. En cambio, el cultivo denominado monocultivo tiene una menor capacidad potencial de almacenar carbono ($4. \text{ Mg C ha}^{-1}$), debido a que hay un número menor de árboles presentes en esa clase de fincas. Curiosamente y contra lo que intuitivamente podría esperarse, el bosque tiene, según los datos volumétricos registrados, una menor cantidad de biomasa arbórea que los tipos de finca “rusticas”. Esto se debe fundamentalmente al menor diámetro de los arboles presentes lo cual es una indicación que son fragmentos jóvenes o perturbados.

Masuhara *et al.* (2015), determinaron el carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz. Sus resultados indican que el sistema con mayor contenido de C total fue el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)

con 481 Mg C ha⁻¹, siendo más del doble de lo acumulado en el sistema policultivo tradicional (PTR); café con árboles de uso múltiple; con 188 Mg C ha⁻¹ o el sistema especializado (ESP); monocultivo de café con árboles de *Inga*; almacenando 133 Mg C ha⁻¹ de carbono. Los valores de C en la biomasa aérea fueron muy superiores en el BMM, mientras que los contenidos de C orgánico en el suelo fueron 117 Mg C ha⁻¹ en ESP, 154 Mg C ha⁻¹ en PTR y 128 Mg C ha⁻¹ en BMM.

En otra investigación Espinoza *et al.*, (2012) también evaluaron el almacén de carbono en cinco diferentes sistemas agroforestales con café en la región de Huatusco, y como referencia de una condición no agroforestal se incluyó un bosque primario y un potrero con pradera natural. Los datos obtenidos arrojaron que el bosque caducifolio almacena 355 Mg C ha⁻¹ total, seguido del sistema café-cedro rosado con 172 Mg C ha⁻¹, café-plátano velillo con 101 Mg C ha⁻¹, los sistemas café-macadamia y café-chalahuite obtuvieron el mismo valor, 85 Mg C ha⁻¹, el sistema silvopastoril 65 Mg C ha⁻¹ y finalmente el potrero con 52 Mg C ha⁻¹ total almacenado.

Para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera se necesita una transformación tanto de nuestras fuentes y usos de la energía, como de la forma en que se practica la agricultura y los usos de la tierra. Los sistemas agroforestales son técnica, social y económicamente viables y su potencial para el almacenamiento de C varía dependiendo del tipo de sistema, la composición de especies, su arreglo topológico, la edad, la ubicación geográfica y los factores ambientales (José, 2009; Masuhara *et al.*, 2015).

7. MATERIALES Y MÉTODO

7.1 Caracterización y delimitación del área de estudio.

Para la delimitación del área de estudio, con ayuda de los productores se generó el perímetro de la comunidad debido a que se carecía de algún plano que nos pudiera poner en perspectiva geográfica, posteriormente se utilizó el programa informático ArcGIS 10 y de esta forma se digitalizó el mapa ubicándolo espacialmente dentro del municipio de Ixhuatlán del Café.

Con información proporcionada del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) se caracterizó el medio biofísico del municipio al que pertenece la comunidad de Ixcatla, los atributos descritos fueron: orografía, hidrografía, clima, edafología, geología, vegetación y uso actual del suelo. En la imagen 4 se muestra algunos materiales empleados en el trabajo de campo.



Imagen 4. Parte del material ocupado en campo.

7.2 Selección de parcelas

La investigación se llevó a cabo en parcelas de productores de café en la comunidad de Ixcatla del municipio de Ixhuatlán del Café, conociendo el límite de la comunidad fueron seleccionados diez sitios de muestreo teniendo en cuenta que estos estuvieran distribuidos por toda la superficie para obtener datos representativos;

como se aprecia en la Imagen 5, este apartado se realizó con el consenso y participación de los mismos cafetaleros de Ixcatla.

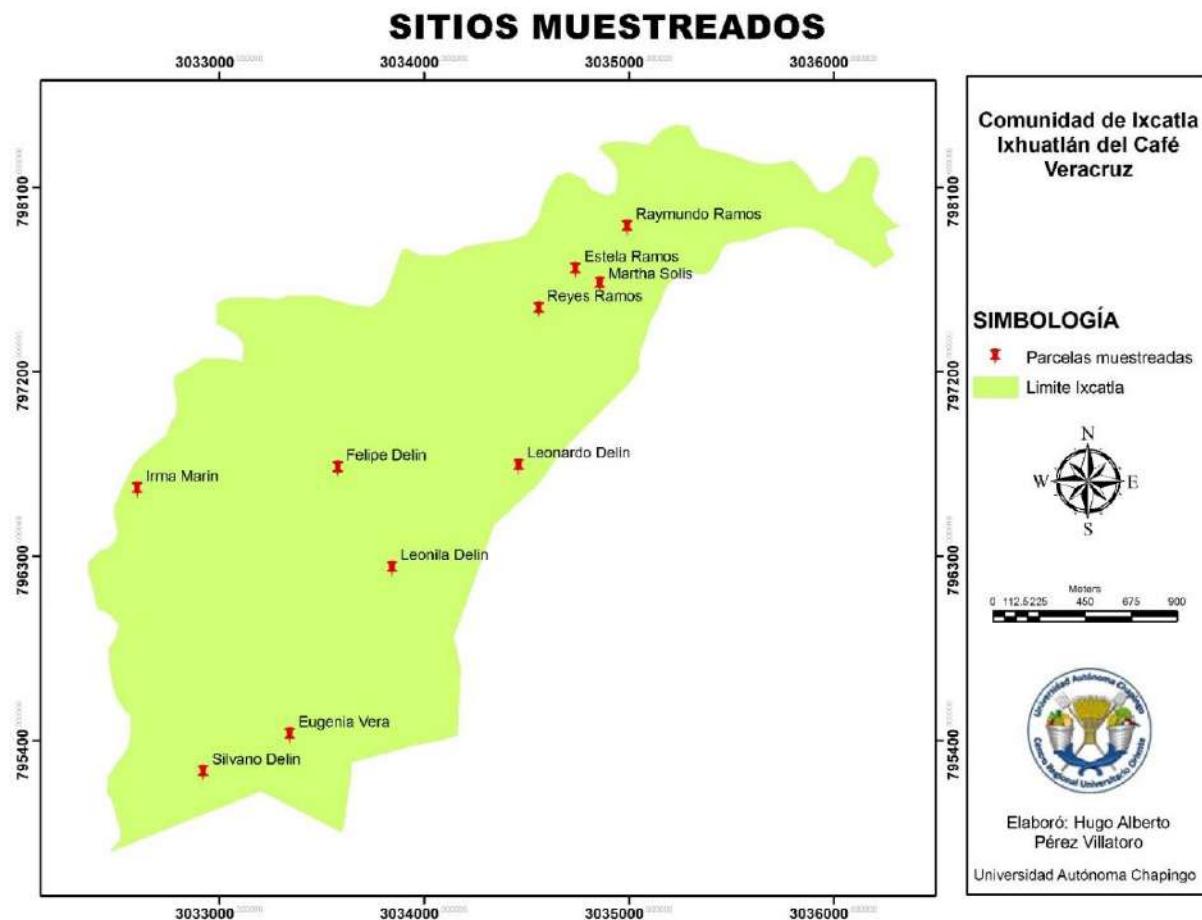


Imagen 5. Mapa de la distribución de las unidades de muestreo.

7.3 Entrevistas a los productores cafetaleros

El acopio de la información se realizó a través del método de entrevista dirigida. Se elaboró y aplicó un cuestionario con 54 reactivos clasificadas en indicadores ambientales, socioculturales, económicos y técnico-productivos, con el propósito de obtener información sobre el perfil del productor, costos de producción y el manejo agronómico de sus cafetales. Adicionalmente, se generó un formato de campo para la captura de los datos generales de la parcela incluyendo el inventario de vegetación y captura de diámetro y altura de los cafetos.

7.4 Caracterización del agroecosistema café

En todos los sitios de muestreo se determinaron las coordenadas geográficas y la altitud con un sistema de posicionamiento global GPS Garmin eTrex y posteriormente se elaboró la cartografía con el programa ArcGIS 10.

Con el apoyo de los productores se ubicó un sitio representativo dentro de la parcela seleccionada, en la cual se delimitó un área de muestreo de 25 X 25 metros utilizando cuerdas de plástico y estacas. En los 625 m² se tomaron todos los datos para la caracterización del agroecosistema café.

7.5 Composición y diversidad del estrato arbóreo

Dentro del cuadrante se realizó el inventario de especies arbóreas anotando el nombre que los productores le asignan a cada especie y el uso que le dan, además se midió el diámetro a la altura del pecho y la altura total. Se tomaron dos medidas de la cobertura del suelo en un 1 m² y con ayuda del clisímetro obtuvimos la pendiente del terreno. Se observó la estratificación que se presenta en cada sitio y se elaboraron los perfiles verticales correspondientes.

7.6 Mediciones de sombra

Otras de las mediciones en campo fue la determinación del porcentaje de cobertura arbórea, esta se ejecutó con el uso del densímetro, haciendo 12 mediciones distribuidos en los cuatro cuadrantes en que se dividió el sitio de muestreo para posteriormente obtener un promedio.

7.7 Obtención de una muestra de suelo

En cada cafetal se tomaron muestras simples de suelo para su análisis físico y químico. Con una barrena de campo se obtuvo una muestra a partir de dos submuestras, la profundidad del muestreo fue de 30 cm a una distancia de 40 cm

de la zona de goteo de los cafetos, ya que esta es la zona de máxima cantidad de raíces y absorción de nutrientos en la planta.

Las muestras obtenidas se colocaron en bolsas de polietileno con sus respectivas etiquetas, se procedió a su secado en condiciones de temperatura ambiente y bajo sombra y posteriormente fueron analizadas en el laboratorio del Centro Nacional de Investigación, Innovación y desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE) donde se generaron los resultados de pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, textura, humedad, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, macro y microelementos.

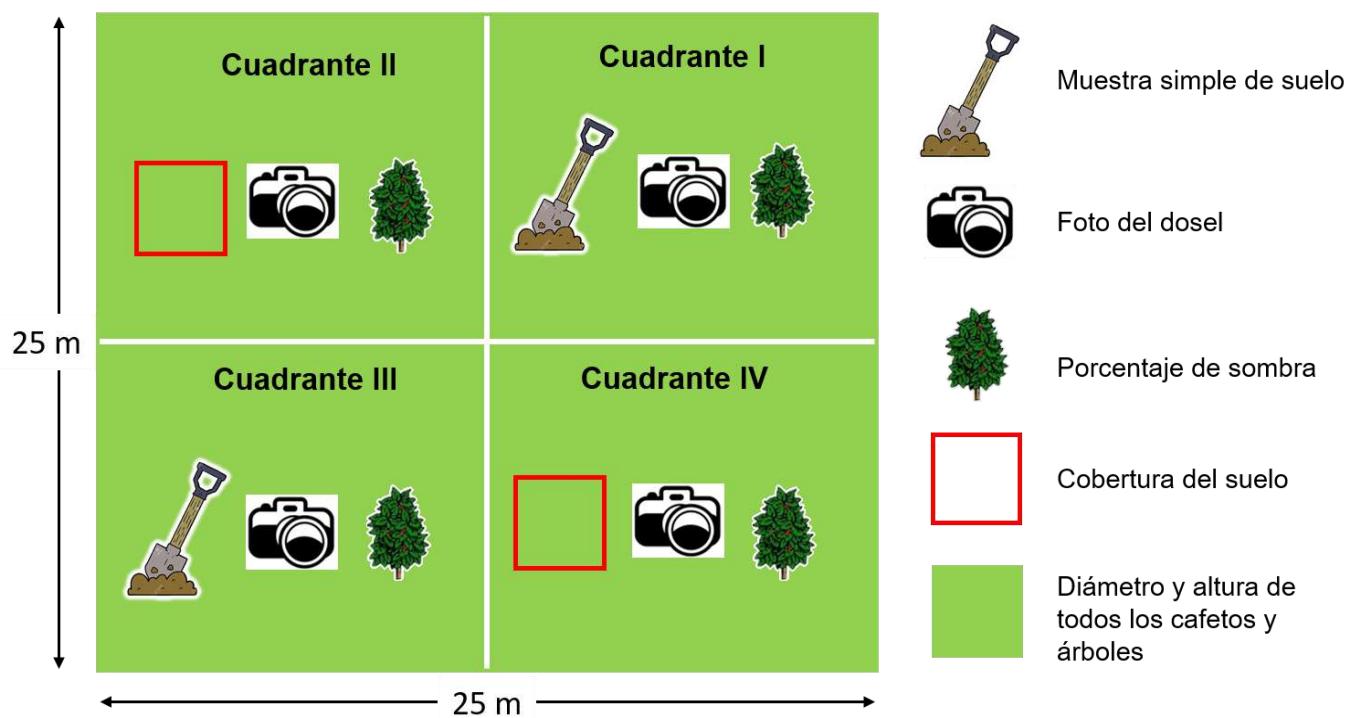


Imagen 6. Actividades realizadas dentro de la unidad de muestreo.

7.8 Conocimiento etnobotánico: Índice de importancia cultural

Con la información proporcionada por los productores del uso que le dan a las especies de sombra se calculó el Índice de importancia cultural (IIC) de cada especie utilizando la fórmula propuesta por Turner (1988), y modificado posteriormente por Figueroa-Solano (2000).

$$IIC = \frac{\sum(Iu+Fm+Vu)}{300}$$

Donde:

$$Iu = \frac{\text{Núm. de usos de la sp. } X}{\text{Núm. total de usos para todas las spp.}} * 100$$

$$Fm = \frac{\text{Núm. de menciones de la sp. } X \text{ para todos los usos}}{\text{Núm. total de menciones de todas las spp. para todos los usos}} * 100$$

$$Vu = \frac{\text{Núm. total de menciones de la sp. } X \text{ para un uso}}{\text{Núm. total de menciones de todas las spp. para un uso}} * 100$$

$$Vut = \sum(Vu1 + Vu2 + Vu3 \dots + Vun)$$

Iu= Intensidad de uso; Fm= Frecuencia de mención; Vu= Valor de uso; Vut= Valor de uso total para cada especie.

Este índice cuantifica objetivamente la importancia de cada especie asignada por el grupo de informantes, considerando su intensidad, frecuencia y valor de uso asociados a su reconocimiento, reputación y marcaje léxico a través de las menciones y los usos (Ruiz, 2016).

7.9 Almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales de café

Para determinar el carbono almacenado en los estratos aéreos y en el suelo en los sistemas de producción cafetaleros se realizaron mediciones de altura y diámetro, tanto de árboles de sombra como de todos los cafetos encontrados en la unidad de muestreo (25 x 25 m). Posteriormente se buscaron las ecuaciones alométricas correspondiente a la especie o género.

Biomasa en cafetos: Para la evaluación de la biomasa aérea del café se utilizó la siguiente ecuación (Acosta, 2003).

$$Y = [Exp(-0.66) * (DBH^{1.37})]$$

Biomasa arbórea: Para calcular la biomasa de los árboles en los sistemas agroforestales de café bajo sombra se emplearon los siguientes modelos alométricos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos alométricos utilizados para calcular el contenido de carbono de algunas especies de árboles.

Especie	Ecuación alométrica	Fuente
<i>Inga</i> sp.	$Y = -0.889 + 2.317 \times log10(D)$	Segura <i>et al.</i> , 2006
<i>Musa</i> sp.	$Y = 0.0303 * (D)^{2.1345}$	Hairiah, 2001
<i>Quercus</i>	$Y = 0.1269 * (D)^{2.5169}$	Gonzales, 2008
<i>Citrus sinensis</i>	$Y = 6.64 + 0.279(AB) + 0.000514(AB)^2$	IPCC, 2001
<i>Bursera simaruba</i>	$Y = 0.064808 * (D) * 130^{2.46}$	Rodríguez <i>et al.</i> , 2008
<i>Psidium guajava</i>	$Y = 0.24668 * (D) * 130^{2.249}$	Rodríguez <i>et al.</i> , 2008

En el caso de aquellas especies que no se lograron encontrar una ecuación específica se utilizó una formula general propuesta por Segura *et al.* (2006) para calcular la biomasa de los árboles en los sistemas agroforestales.

$$Y = -0.834 + 2.223 \times log10(D)$$

Dónde: Y= biomasa por encima del suelo en kg, D= Dap en cm, \log_{10} = logaritmo en base 10.

Cálculo del carbono en el suelo: La cantidad de carbono almacenado en el suelo se determinó con la siguiente ecuación (Etchevers *et al.*, 2005)

$$COS = CC * \rho_B * P$$

Dónde: COS= carbono orgánico en el suelo ($Mg\ ha^{-1}$), CC= contenido de carbono (%), ρ_B =densidad aparente ($g\ cm^{-3}$), P= profundidad de muestreo (cm).

$$CC = \frac{\% MO}{1.724}$$

Dónde: CC= contenido de carbono (%), %MO= materia orgánica. Se emplea el factor de Van Benmelen de 1.724 que resulta de la suposición de que la materia orgánica del suelo contiene 58% de carbono ($1/0.58 = 1.724$).

Finalmente se suma el contenido de carbono en cafetos, en biomasa de los árboles de sombra y en el suelo para obtener el contenido de carbono total.

8. RESULTADOS

8.1 Área de estudio

El municipio de Ixhuatlán del Café limita al norte con los municipios de Huatusco y Coscomatepec, al este con Tepatlaxco y Atoyac, al sur con Amatlán de los Reyes y al oeste con Tomatlán y Córdoba. Está situado en la zona montañosa central del estado de Veracruz y forma parte de la región cafetalera Huatusco, cuenta con 31 comunidades y tiene una superficie de 130.287 km² que representa el 0.18% de la superficie del estado, de acuerdo al censo de INEGI (2000) la población alcanzaba los 19,945 habitantes, conformado por 9,994 hombres y 9,951 mujeres.

La comunidad de Ixcatla, localidad donde se desarrolló el trabajo de investigación pertenece al municipio de Ixhuatlán del Café en el estado de Veracruz, ubicada en las coordenadas Latitud Norte 19°04'28.12" y Longitud Oeste 96°55'12.25" a una altura promedio de 1070 metros sobre el nivel del mar (Imagen 7). En 2010, la Secretaría de Desarrollo Social ubicaba a la comunidad con un grado de marginación alto y un grado de rezago social medio reporta un total de 1137 habitantes distribuidos en 553 hombres y 584 mujeres.

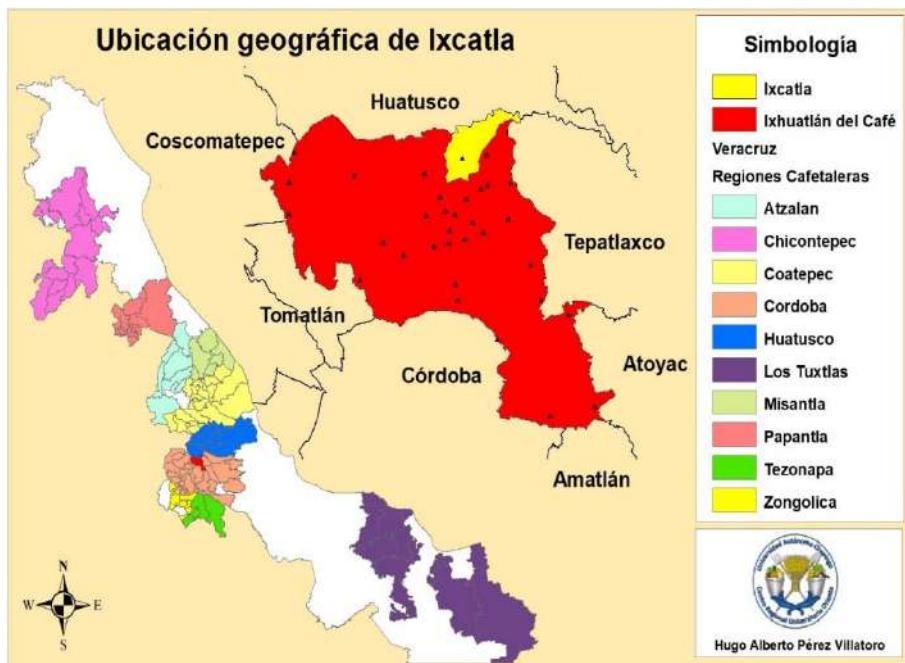


Imagen 7. Ubicación de la comunidad de Ixcatla en el municipio de Ixhuatlán del Café.

8.2 Aspectos socioculturales



“Productor de Ixcatla en su vivero de café”

Fotografía: Hugo A. Pérez Villatoro, 20 de enero de 2016, Ixcatla, Ver.

8.2.1 Edad de los productores

Uno de los principales problemas sociales que presenta el sector cafetalero en Veracruz y en general la cafeticultura nacional es la falta de relevo generacional, en Ixcatla la edad promedio de los productores cafetaleros es de 46 años, el rango de edad de los entrevistados se encuentra entre los 24 y 68 años; sin embargo, tan solo el 10% de los productores son menor a 30 años.

Desafortunadamente en la actualidad, los jóvenes relacionan las actividades del campo con la falta de oportunidades de desarrollo por lo que se insertan en otras actividades productivas o migran de la comunidad hacia las ciudades o fuera del país.

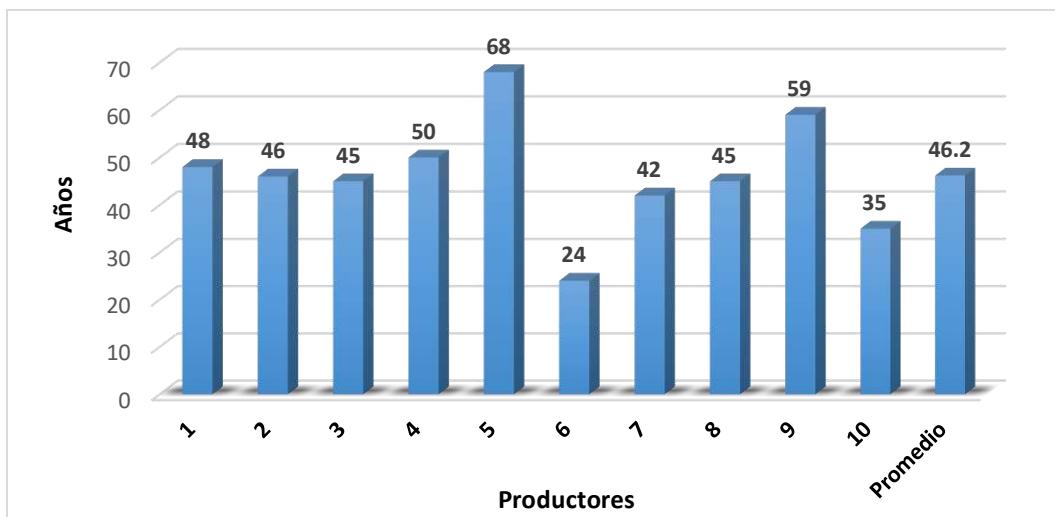


Figura 6. Edad de los productores de café en Ixcatla.

8.2.2 Escolaridad

El grado de estudio de los cafetaleros en la comunidad en promedio, son ocho años, es decir, secundaria inconclusa, similar al promedio estatal que se ubica en los 8.2 años (INEGI, 2015). Tan solo el 10% corresponde a productores que no terminaron la primaria, el 30% concluyeron el nivel básico (primaria), el 40% finalizaron el nivel medio (secundaria) y el 20% consiguió terminar el nivel medio superior (bachillerato).

Jiménez (2013), menciona que el rezago y el analfabetismo, limitan el pleno desarrollo de las personas y su participación en la sociedad, pues repercuten en su ciclo vital, afectando el entorno familiar, restringiendo el acceso a los beneficios del desarrollo y obstaculizando el goce de otros derechos humanos.

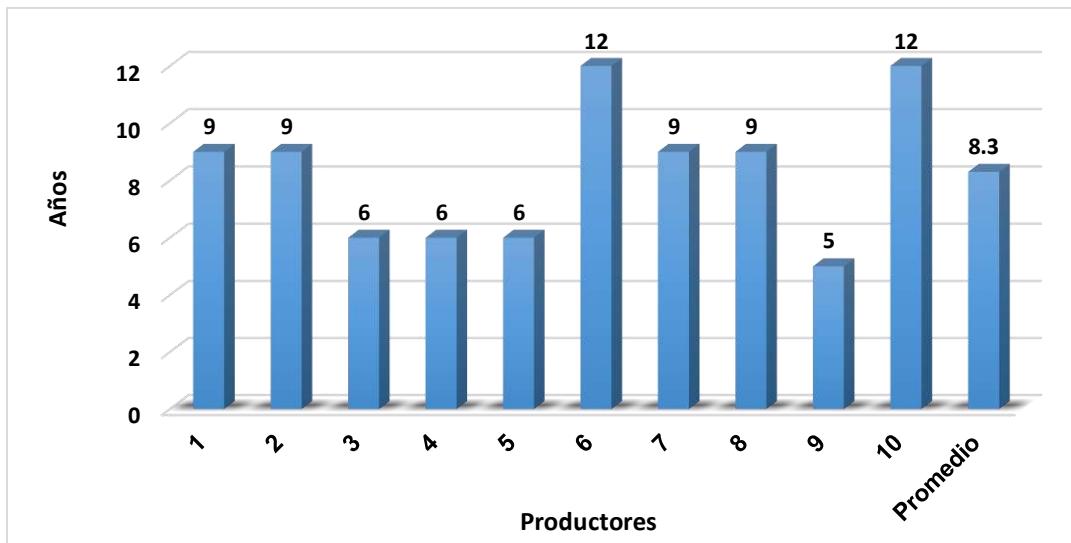


Figura 7. Grado de escolaridad de los productores en Ixcatla.

8.2.3 Superficie y tenencia de la tierra

Otra de las características que distinguen a los productores de café es el fraccionamiento y minifundio de sus predios. A nivel nacional más del 70% de los cafetaleros son pequeños productores, en la figura 8 observamos que en la comunidad de Ixcatla esta condición permanece. La superficie de las parcelas se encuentra en un rango de 0.4 a 2.3 hectáreas.

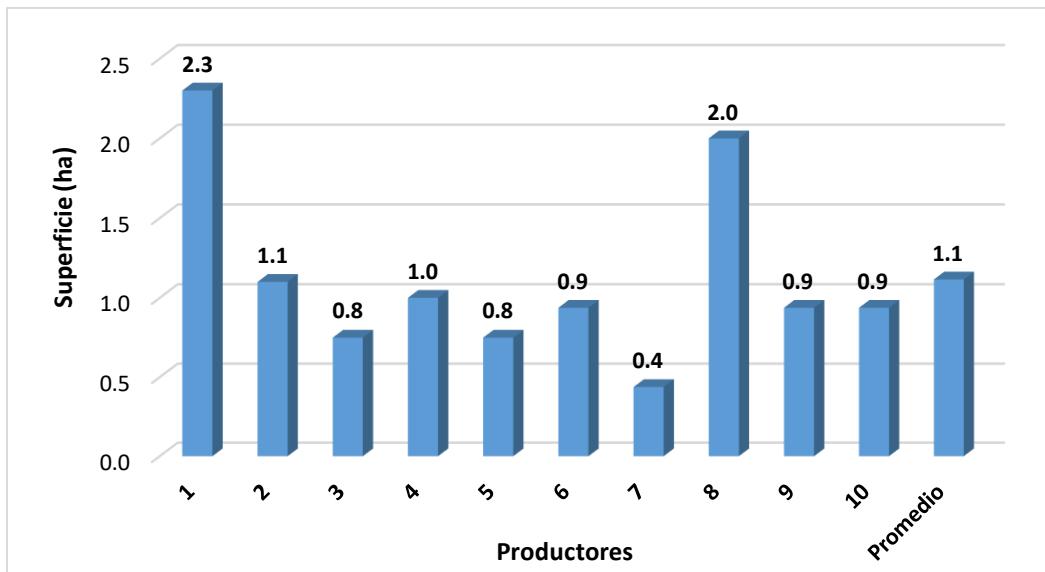


Figura 8. Superficie de terreno dedicado a la producción de café.

El tipo de propiedad que impera en la comunidad corresponde a la pequeña propiedad en su mayoría y a la tenencia ejidal.

Cuadro 3. Tipo de tenencia de la tierra en la comunidad de Ixcatla.

	No. De productores	Porcentaje (%)
Ejidal	4	40%
Pequeña propiedad	6	60%
Comunal	0	0%
Total	10	100%

8.3 Aspectos ambientales

8.3.1 Factor altitudinal

Se ha documentado ampliamente que la altitud tiene una influencia importante en las características del café. Santoyo *et al.* (1996), menciona que en México se definen cuatro calidades en base a este factor: a) <600 m, buen lavado, b) 600-900 m prima lavado, c) 900-1200 m, altura y d) >1200 m, estrictamente altura.

En este contexto se esquematiza la altitud en la siguiente gráfica, observándose que en la comunidad los cafetales se encuentran ubicados desde los 886 a los 1097 msnm catalogándose como prima lavado y de altura.

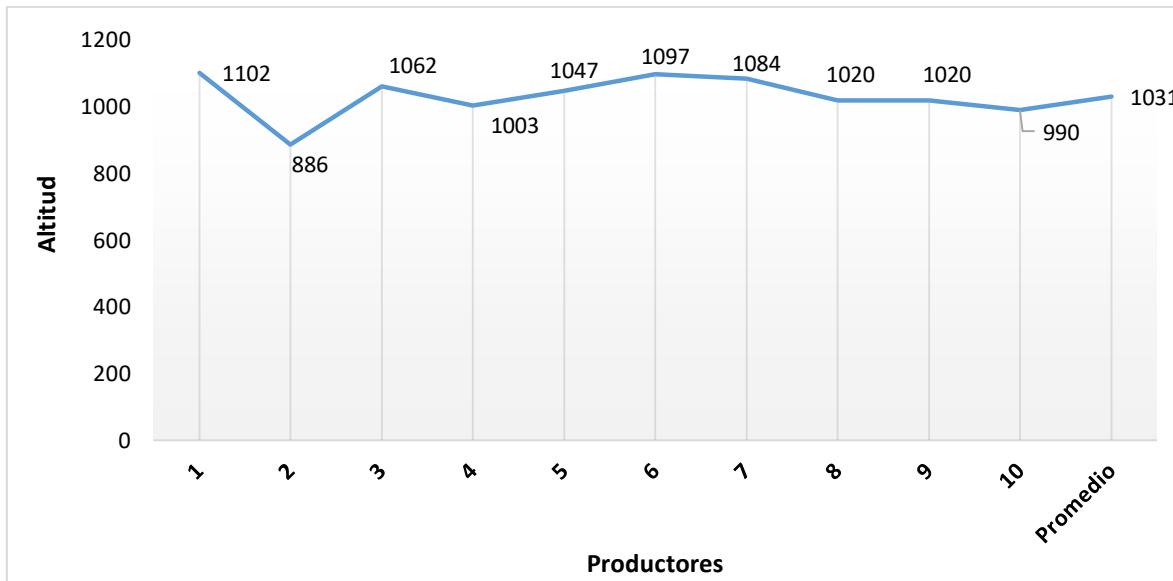


Figura 9. Distribución altitudinal de las parcelas muestreadas.

8.3.2 Clasificación campesina y calificación del suelo

Dependiendo de las características físicas de color y textura del suelo cada productor le asigna de manera particular un nombre. Escamilla (2007), reporta diversos nombres para los suelos cafetaleros, como son: tierra polvilla, barreal, tierra negra, tierra colorada, tierra de grano, suelo arcilloso, de ciénaga, arenoso, tierra barrealosa, tierra arenosa, tierra blanca (sako) y suelo limoso arenoso.

En Ixcatla de acuerdo a la apreciación y conocimiento de los productores se identifican dos tipos de suelos cafetaleros: tierra negra y tierra arenosa.

Cuadro 4. Clasificación local del suelo en Ixcatla

Tipo de suelo	Frecuencia	Porcentaje
Tierra negra	9	90%
Tierra arenosa	1	10%

De igual manera fundamentado en el conocimiento empírico, los productores de la comunidad le asignan una calificación al suelo en función de la aptitud para la producción de café, de esta forma el 80% de los productores mencionan que el suelo es bueno para la cafeticultura y el 20% indican que son excelentes.

8.3.3 Clasificación WRB

Los suelos presentes en la comunidad de Ixcatla se clasifican como Luvisoles y Andosoles.

Los luvisoles es un tipo de suelo que se desarrolla dentro de las zonas con suaves pendientes o llanuras, en climas en los que existen notablemente definidas las estaciones secas y húmedas, este término deriva del vocablo latino *luere* que significa lavar, refiriéndose al lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las capas inferiores, donde frecuentemente se produce una acumulación de la arcilla y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro. La mayoría de los luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas, en pendientes fuertes requieren medidas de control de la erosión

Los andosoles son suelos negros de paisajes volcánicos, Se desarrollan a partir de cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, alrededor de un 20%, además tienen una gran capacidad de retención de agua y mucha capacidad de intercambio catiónico. Se encuentran en regiones húmedas, desde las regiones circumpolares hasta las tropicales, y pueden encontrarse junto una gran variedad de comunidades vegetales. Su rasgo más sobresaliente es la formación masiva de complejos amorfos humus-aluminio. Tienen alto potencial para la producción agrícola. (WRB, 2007)

8.3.4 Clase textural

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como arena, limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se pudo trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo traviesa (FAO, 2009).

Se determinaron cuatro tipos texturales: Arenoso, arcillo arenoso, franco arenoso y franco arcillo arenoso. El de mayor predominio fue franco arenoso (50%) y el de menor frecuencia arenoso (10%).

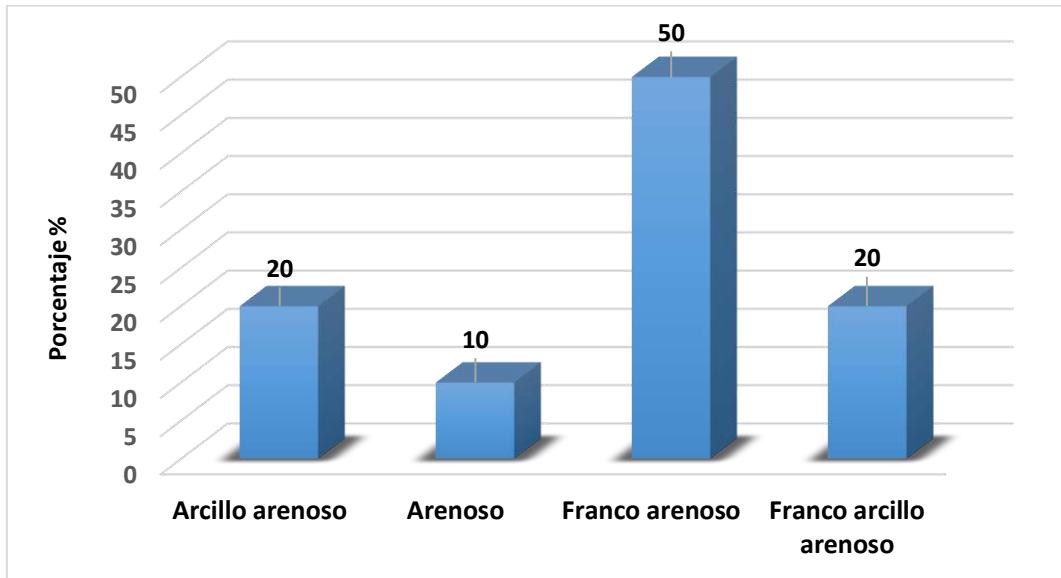


Figura10. Tipos de textura de suelos cafetaleros en Ixcatla.

Los resultados obtenidos coinciden con lo que INIFAP (2013) reporta en los requerimientos agroecológicos del café mencionando que el cultivo prefiere suelos frances y franco-arcillosos, aunque se puede desarrollar en una amplia variedad de suelos.

8.3.5 Caracterización química del suelo

En los análisis de suelo el pH presentó una variación de 4 a 5.6 con un promedio de 4.64 (Cuadro 5). De acuerdo con Benacchio (1982) y citado por INIFAP (2013) el rango del pH para rendimientos satisfactorios es de 4.5 – 7.0, con un óptimo de 5.0

– 6.0. Cuando el valor de pH es menor a 5.0 CENICAFE (2013) recomienda incorporar cal agrícola o dolomítica al suelo para elevar el pH en 0.2 unidades, en el caso de INMECAFÉ-NESTLE (1990) mencionaba que con un valor menor a 4.0 se necesita aplicar cal agrícola y disminuir el uso de fertilizantes a base de sulfatos.

El pH del suelo es un factor clave en el suministro de los nutrientes, en condiciones fuertemente acido, es decir pH menor a 5.5, la disponibilidad de algunos elementos disminuye como el N, P, K, Ca, Mg, S y Mo generando deficiencias nutricionales en el cafeto, contrariamente el Fe, B, Co, Zn, Mn y Al incrementan su disponibilidad.

Adicionalmente, con un pH inferior a 5.5 se reduce la actividad bacteriana y la nitrificación de la materia orgánica se retrasa considerablemente. (López, 2000; Escamilla, 2007).

La acidez también está relacionada con la concentración de aluminio, en suelos ácidos el aluminio se solubiliza y se convierte en su catión trivalente Al^{3+} que es tóxico, en los suelos de la comunidad se tiene una concentración promedio de 1 cmol/kg, la parcela con menor valor presenta 0.03 cmol/kg y la de mayor obtuvo 2.75 cmol/kg. Escamilla (2007), recomienda que los valores de aluminio en suelos cafetaleros sean inferiores a 2 cmol/kg. La materia orgánica que poseen los suelos proviene de la hojarasca producida por las plantas de café y de los árboles de sombra, los contenidos de M.O. encontrados se consideran altos. El valor mínimo encontrado fue de 4.98% y el valor máximo fue de 6.86%, el promedio general fue de 5.96%, INMECAFÉ-NESTLE (1990) recomendaba en suelos con menos de 7% de materia orgánica una fertilización completa, mientras que para niveles superiores a 10% sugería no aplicar ningún fertilizante.

En cuanto a los macronutrientes, el porcentaje de nitrógeno indica un nivel medio de concentración teniendo en promedio 0.123 %, el nivel más bajo corresponde al sitio con 0.020% y de mayor nivel el cafetal con 0.347%. INMECAFÉ-NESTLE (1990) menciona en sus recomendaciones que cuando el contenido de nitrógeno es menor a 0.5% es necesario aplicar fertilización nitrogenada mientras que para porcentajes mayor a 0.8% no se necesita fertilización de este tipo.

En el caso del fósforo el contenido promedio fue de 15.44 mg/kg catalogado como moderadamente bajo, con un valor mínimo de 5.06 mg/kg y el valor máximo fue de 63.37 mg/kg. INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) menciona que cuando el contenido de fósforo sea mayor a 20 mg/kg no es necesario aplicar fertilizantes fosfatados, contrariamente con valores menores a 15 mg/kg se necesita fertilización fosfórica. Comparando los resultados obtenidos el 90% de las parcelas presentaría deficiencias de este elemento.

En general para el caso del potasio el 100% de las parcelas presentaron valores muy bajos, en promedio se obtuvo 58.7 mg/kg en un rango que va de los 32.2 mg/kg a los 87.7 mg/kg. De acuerdo a las recomendaciones de INMECAFE-NESTLE (1990) cuando se presentan valores menores a 195 mg/kg se necesita aplicar fertilizantes potásicos y/o evitar el encalado.

En relación a los micronutrientes se determinó que en los suelos de la comunidad el contenido promedio de calcio fue de 4.59 cmol/kg, el valor más bajo corresponde a 0.91 cmol/kg y el más alto a 10.4 cmol/kg, comparando los resultados con lo que dice INMECAFÉ-NESTLE (1990) para el buen desarrollo del cultivo el intervalo óptimo necesario es de 4 a 6 cmol/kg, el 50% de las parcelas estarían deficientes de este elemento.

El magnesio se encuentra catalogado como bajo para el 90% de las parcelas, el contenido promedio fue de 1.21 cmol/kg, INMECAFE-NESTLE (1990) recomendaba 2 cmol/kg como contenido mínimo para el desarrollo del cultivo, cuando el valor era menor se tendría que aplicar dolomita o sulfato de magnesio.

Cuadro 5. Caracterización química de los suelos cafetaleros de Ixcatla.

	Unidad	Promedio	Evaluación	Rango
pH	-	4.64	Ácido	4 – 5.6
Aluminio (Al)	cmol/kg	1.00	Bajo	0.03 – 2.75
Materia Orgánica (MO)	%	5.96	Alto	4.98 – 6.86
Macronutrientes				
Nitrógeno (N)	%	0.123	Medio	0.020 – 0.347
Fósforo (P)	mg/kg	15.44	Moderadamente bajo	5.06 – 63.37
Potasio (K)	mg/kg	58.7	Muy bajo	32.24 – 87.7
Micronutrientes				
Calcio (Ca)	cmol/kg	4.39	Medio	0.91 – 10.43
Magnesio (Mg)	cmol/kg	1.21	Medio	0.38 – 2.2
Hierro (Fe)	mg/kg	34.25	Alto	11.4 - 78.7
Zinc (Zn)	mg/kg	0.51	Moderadamente bajo	0 – 1.18
Cobre (Cu)	mg/kg	59.11	Alto	6.9 – 163.2
Manganoso (Mn)	mg/kg	1.31	Medio	0.4 – 3.8
Sodio (Na)	mg/kg	13.38	-	12.16 – 14.9

8.3.6 Diversidad de especies arbóreas utilizadas como sombra en los cafetales.

Otra de las características agroecológicas de los cafetales en Ixcatla está relacionada con el tipo de sistema de producción, es decir, la diversidad de árboles que se utilizan para sombra. El 10% de los sitios muestreados corresponde al sistema policultivo comercial donde el predominio son árboles maderables conocidos como Xochicuahuilt (*Cordia alliodora*) seguido de árboles de Vainillo (*Inga* sp.). Mientras que el 90% de los cafetales estudiados presentan características del sistema de policultivo tradicional al incorporar árboles de la vegetación nativa o silvestre y árboles introducidos como frutales o maderables.

En la comunidad se encontraron de 2 a 11 especies arbóreas dentro de la superficie muestreada (625 m²), teniendo un promedio de siete especies de árboles de

sombra; extrapolando estos datos tendríamos de 32 a 176 especies por hectárea con un promedio de 109 árboles/ha.

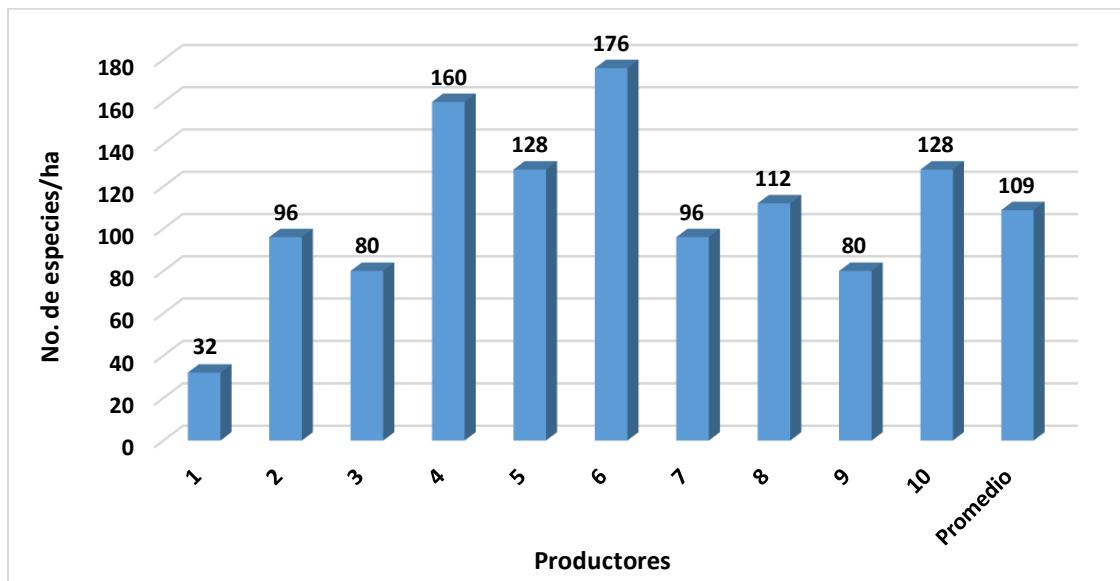


Figura 11. Número de especies de árboles presentes en cada sitio muestreado

Este resultado es similar al que reporta Escamilla (2007), en un estudio sobre las características agroecológicas de cafetales orgánicos en donde para el estado de Veracruz se obtuvo en promedio 8.11 especies de sombra en los sistemas de policultivo tradicional. De la misma forma Velasco (2013), presenta un inventario de las diferentes especies utilizadas como sombra del café en el municipio de Chocamán, Veracruz encontrando que en 625 m² se tiene un promedio de ocho especies diferentes, siendo 13 especies el número mayor y el menor de cuatro especies.

En total se inventariaron 44 especies diferentes utilizadas como sombra para el café (Cuadro 6) de las cuales 24 fueron identificadas hasta especie, en tres se registró hasta género, dos fueron reconocidas hasta familia, en tres árboles solo se tiene el registro del nombre común y en 12 se desconoce el nombre local.

Las familias botánicas con mayor número de especies son Fabaceae (3), Rutaceae (3), Meliaceae (2) y Protaceae (2). Mientras que las familias con mayor individuos registrados son Fabaceae (85), Boraginaceae (41), Rutaceae (25), Proteaceae (13), Musaceae (8), Fagaceas (8) y Myristicaceae (8).

Cuadro 6. Inventario de especies arbóreas utilizadas como sombra en cafetales de Ixcatla.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Frecuencia
Cedro rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Fabaceae	1
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	2
Palo mulato	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	1
Guarumbo	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Urticaceae	1
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	4
Huele de noche	<i>Cestrum nocturnum L.</i>	Solanáceas	1
Limón	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	1
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	4
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	20
Xochicuahilt	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón) Oken	Boraginaceae	41
Canilla de venado	<i>Cupania dentata</i>	Sapindaceae	4
Grevillea	<i>Grevillea robusta</i>	Proteaceae	1
Jonote	<i>Helicocarpus donnell-smithii</i>	Tiliaceas	4
Vainillo	<i>Inga</i> sp	Fabaceae	83
Gusanillo	<i>Lippia myriocephala</i>	Verbenaceae	3
Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	Proteaceae	12
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	4
Plátano	<i>Musa</i> sp.	Musaceae	8
Melastomatacea	N/I*	Melastomataceae	1
Leguminosa	N/I*	Fabaceae	1
Ixcahuite	N/I*	N/I*	1
Escabiate	N/I*	N/I*	4
Guacalillo	N/I*	N/I*	7
Desconocidos	N/I*	N/I*	12
Macuilillo	<i>Oreopanax xalapensis</i>	Araliácea	1
Aguacate criollo	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	1
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	4
Encino	<i>Quercus</i> sp.	Fagaceas.	8
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	1
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	3
Peicenillo	<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae	1
Ixpepe	<i>Trema micrantha</i>	Cannabaceae	1
Cacao silvestre	<i>Virola guatemalensis</i>	Myristicaceae	8
Total			237

N/I*: No identificada

Dentro de los cafetales de la comunidad se conservan muchos árboles nativos debido a que ofrecen además de sombra subproductos utilizados como alimento, combustible (leña), madera, hongos, hospedero de insectos comestibles, especies medicinales o por la importancia ambiental que estos representan.

El análisis del inventario nos indica que el 59% de los árboles identificados corresponde a especies nativas y el 41% a especies introducidas, de las primeras destacan el Xochicuahilt (*Cordia alliodora*), Vainillo (*Inga* sp.), Encino (*Quercus* sp.), Cacao silvestre (*Virola guatemalensis*), Jonote (*Helicocarpus donnellii*), Canilla de venado (*Cupania dentata*) y Cedro rojo (*Cedrela odorata*). De las del segundo tipo, Naranja (*Citrus sinensis*), Macadamia (*Macadamia integrifolia*), Mandarina (*Citrus reticulata*), Plátano (*Musa* sp) y Mango (*Mangifera indica*)

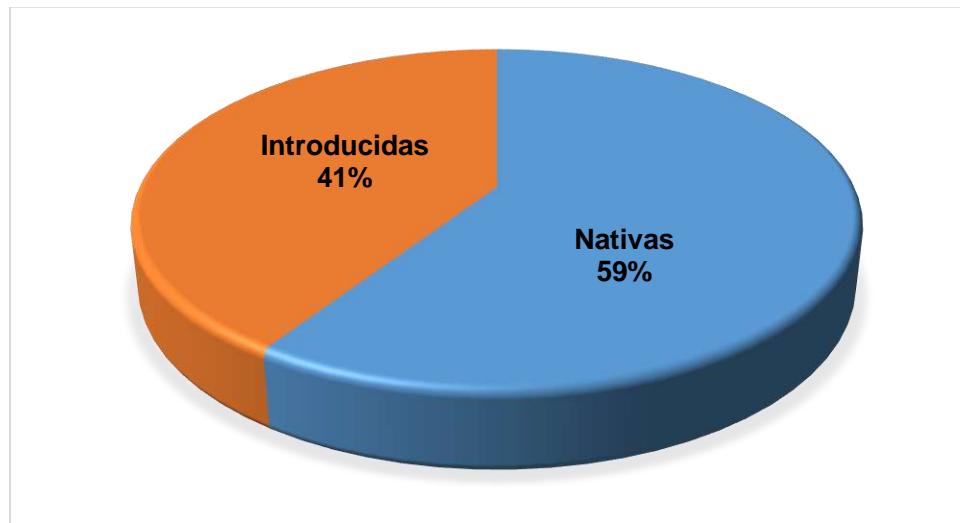


Figura12. Porcentaje de las especies nativas e introducidas registradas en Ixcatla.

Por lo tanto estos resultados nos confirman que los cafetales bajo sombra, especialmente los de sombra diversificada, conservan parte de la biodiversidad de árboles nativos a nivel regional. Velasco (2013), encontró que de un total de 41 especies diferentes que conforman el estrato arbóreo de los cafetales en Chocomán el 67% corresponde a especies nativas y el 33% son especies introducidas. En otro estudio realizado por Williams y López (2008), en la región Huatusco-Coatepec encontraron que en fincas cafetaleras agrupadas como policultivos de sombra diversa se registró la mayor riqueza de árboles con un total de 88 especies

diferentes, de las cuales el 78.4% son nativas y el 21.6% no nativas al bosque mesófilo o tropical subcaducifolio.



“Cafetal bajo sombra de encinos (*Quercus sp.*)”

Fotografía: Hugo A. Pérez Villatoro, 07 de septiembre de 2016,
Ixcatla, Ver.

8.3.7 Diversidad estructural del dosel arbóreo.

La diversidad estructural es la distribución y ordenamiento de los estratos y/o la arquitectura de la cubierta vegetal arbórea, en ese sentido se observó que en la mayoría de los cafetales el arreglo vertical del componente arbóreo es multiestratificado conformado por especies nativas e introducidas.

Se conformaron tres niveles o estratos de acuerdo a la menor y mayor altura registrada. El estrato inferior corresponde a las especies con una altura de 2 a 10 metros, el estrato medio de 11 a 20 metros y el estrato superior abarca de 21 a 30 metros. Los sistemas de policultivo tradicional (SPT) presentaron los tres estratos mientras que el sistema de policultivo comercial (SPC) reúne solo dos.

Descripción estructural del SPT

Del total de 44 especies registradas en los cafetales de la comunidad, en el nivel inferior se distribuyen 23 especies, principalmente árboles de vainillo, seguido de frutales como naranja, macadamia, plátano, mandarina, guayaba y chirimoya, así como árboles de xochicuhuitl en proceso de crecimiento para aprovechar la madera. El dosel medio está conformado por 17 especies entre los que destacan árboles como cacao silvestre, guacalillo, jonote, cedro, caoba, canilla de venado y vainillo, este último en menor número que el estrato bajo. El dosel superior está dominado por cinco especies que son árboles de encino, escabiate, cedro rosado, mango y aguacate criollo.

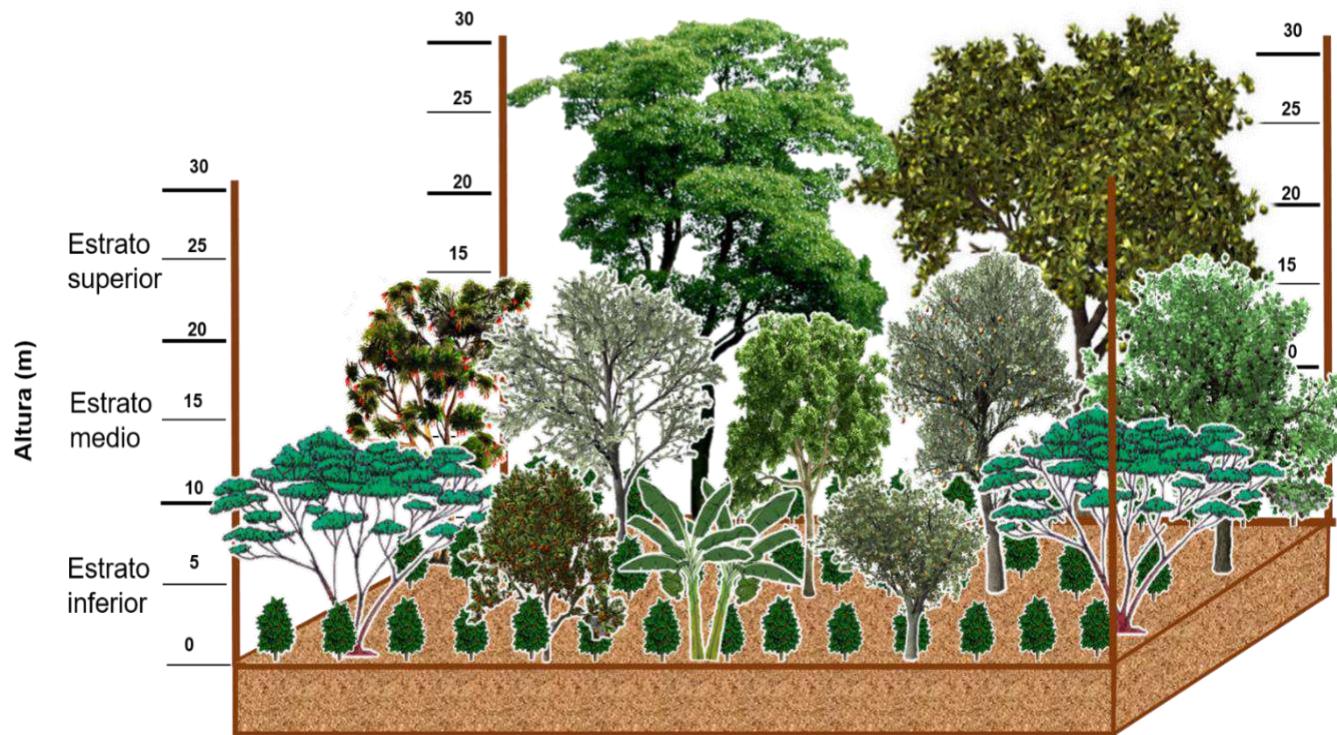


Imagen 8. Estratificación del sistema de policultivo tradicional.

Elaboración propia, 2018.

Descripción estructural del SPC

Debido al propósito productivo del sistema la composición del dosel presenta una disposición vertical en dos capas claras utilizando únicamente árboles de Vainillo (*Inga* sp.) para sombra y combustible (leña) y Xochicuault que tiene importancia económica por el aprovechamiento de su madera muy apreciada, en 625 m² se contabilizaron 24 árboles de *Inga* sp. y 28 de *Cordia alliodora*. La especie más abundante, presente en todos los sitios de muestreo y que determina la estructura del dosel y del sombrío en general fue el Vainillo (*Inga* sp.) con 83 individuos de 237.

El Centro Smithsoniano de Aves Migratorias (SMBC) presenta un modelo de la diversidad estructural para la certificación de café “Bird Friendly” o Amigable con las aves en donde menciona que la cubierta vegetal arbórea debe presentar tres capas: estrato inferior (menor a 12 m.), estrato principal o columna vertebral (12 – 14 m) y estrato superior o emergente (mayor de 15 m). Los resultados obtenidos cumplen con este apartado en los criterios biofísicos para la producción de café sostenible.

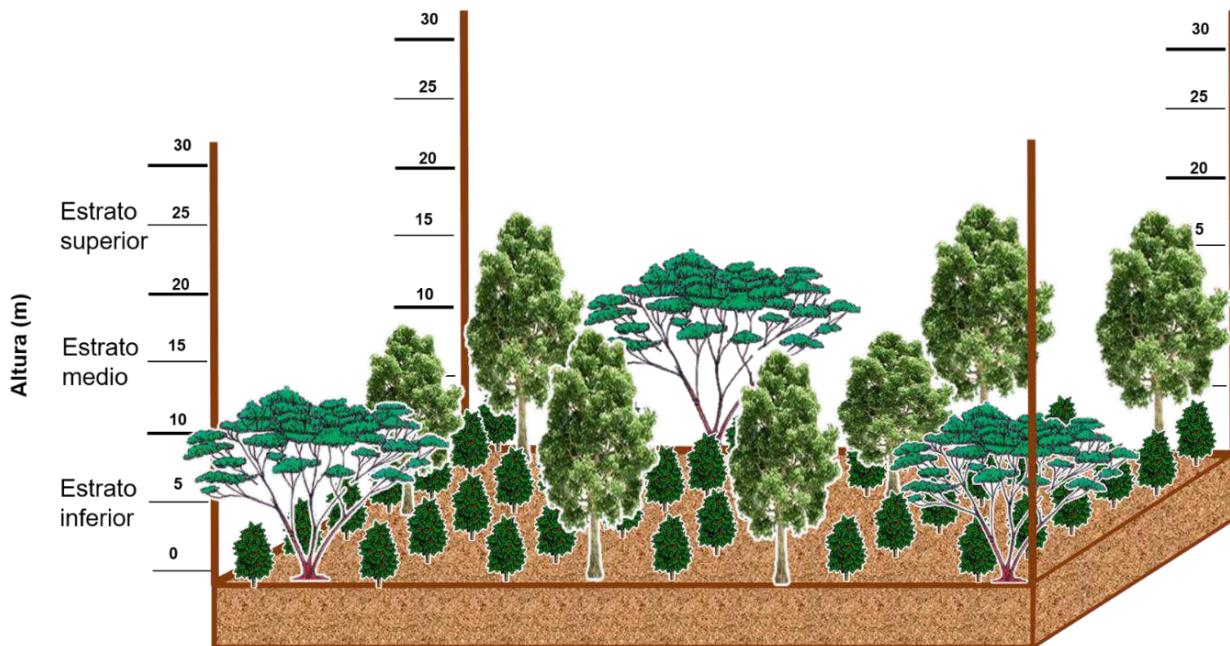


Imagen 9. Estratificación del sistema de policultivo comercial.

Elaboración propia, 2018.

8.3.8 Porcentaje de sombra y cobertura del suelo.

El número de árboles de sombra, depende desde luego del diámetro de la copa del árbol que se trate, así como de la climatología y la fertilidad del suelo donde esté establecido el cafetal.

ANACAFÉ (2018), define la densidad de la sombra considerando cinco factores medibles; una plantación necesita una cobertura de sombra de 50 a 60% cuando las condiciones son: alta temperatura en el ambiente y en el suelo, baja humedad relativa en el ambiente y en el suelo, mayor exposición a la luz solar, suelos con baja fertilidad natural y altitud menor a 1200 msnm.

Se necesitará una cobertura de sombra de 30% a 50% cuando las condiciones son: baja temperatura en el ambiente y en el suelo, alta humedad relativa en el ambiente y en el suelo, menor exposición a la luz solar, alta fertilidad natural del suelo y altitud entre 1200 a 1500 msnm

Finalmente cuando las condiciones sean: días frecuentemente nublados, baja temperatura en el ambiente y en el suelo, alta humedad relativa en el ambiente y en el suelo y altitud mayor a 1500 msnm la densidad de la sombra puede ser menor al 30%.

Por lo tanto el número de árboles disminuye paulatinamente a medida que los cafetales se localizan a mayor altura sobre el nivel del mar.

En la Figura 13 se esquematizan los porcentajes de sombra encontrados en los cafetales de Ixcatla teniendo el sitio 3 con el menor valor (28%) y el sitio 6 con el mayor (49%), de esta manera en promedio los cafetales presentan un porcentaje de sombra del 37%. Según el modelo de sombra recomendado por el Centro Smithsoniano de Aves Migratorias (SMBC) la cubierta vegetal arbórea debe de proyectar entre 40 al 60% de sombra, para que no afecte la producción rentable de café y que sea lo suficiente para crear el hábitat adecuando para la biodiversidad de flora y fauna dentro del cafetal, mientras que CENICAFÉ (2007), menciona que es necesario el aporte de sombrío para cafetales en zonas con deficiencias hídricas

y suelos con limitaciones físicas y con baja disponibilidad de los nutrientos necesarios para el desarrollo normal de la planta, por lo tanto bajo estas condiciones se recomienda un sombrío óptimo de 30 a 40% para mantener niveles rentables de producción.

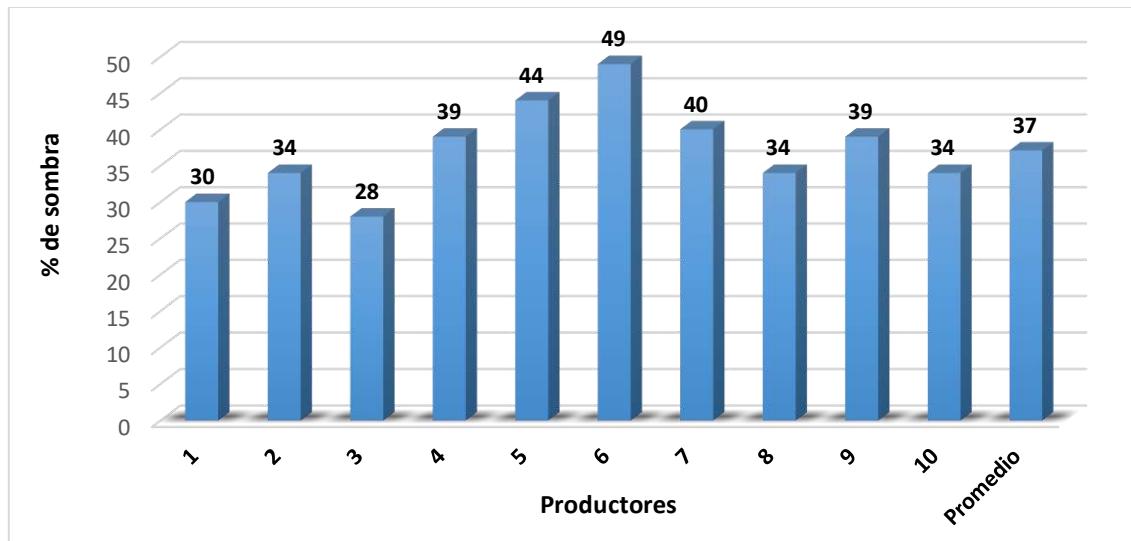


Figura13. Porcentaje de sombra en cada sitio de muestreo en la comunidad de Ixcatla.

Otro de los beneficios del dosel arbóreo es que aporta biomasa u hojarasca incorporando una cobertura natural que conserva la humedad del suelo, reduce el crecimiento de arvenses no deseables, ayuda a la conservación del suelo al atenuar las corrientes de agua procedente de la lluvia y aporta nutrientes a través de su desintegración e incorporación al suelo. Sin embargo, esta protección natural se ve afectada por el grado de pendiente del terreno como lo indica el cuadro 7, en donde el sitio con menor porcentaje de cobertura vegetal (10%) corresponde a la parcela con el mayor grado de inclinación (71%), el sitio dos a pesar de tener una pendiente del 5% está situada a la rivera del Jamapa lo cual influye en el arrastre de la cobertura. En contraste, los sitios con mayor porcentaje de hojarasca (97.5%) son cafetales ubicados en terrenos suavemente inclinados.

Cuadro 7. Cobertura del suelo por hojarasca por sitio muestreado.

Sitio	No. árboles	% de hojarasca	% de pendiente del terreno
1	50	27.5	25
2	19	10	5
3	20	15	28
4	18	40	20
5	19	55	10
6	40	97.5	5
7	20	97.5	4
8	20	70	41
9	15	20	45
10	20	10	71



“Coberturas del suelo”. Superficie cubierta por arvenses de la familia Commelinaceae y cubierta de hojarasca aportada por el dosel de sombra.

Fotografía: Hugo A. Pérez Villatoro, 06 de septiembre de 2016.

Investigaciones como las de Ávila y Zamora (2010), confirman la importancia de los agroecosistemas cafetaleros en la producción de hojarasca y materia orgánica, los resultados de este trabajo demuestran que la producción total de hojarasca en cafetales bajo sombra de selva mediana subperennifolia alcanzan en promedio los 1 341.84 kg ha año⁻¹ para aquellos sistemas bajo sombra de selva alta perennifolia el promedio fue de 431.6 kg ha año⁻¹ mientras que en cafetales bajo sombra de bosque caducifolio el promedio anual es de 2 626.5 kg ha año⁻¹.

Gaudisnki *et al.* (2000), citado por Rivera (2013), menciona que la producción y descomposición de la hojarasca son aspectos clave en el ciclo del carbono y de los nutrientes en los ecosistemas terrestres y que el balance entre la hojarasca que cae y la hojarasca que se descompone influye en la cantidad de carbono almacenado en el suelo.

8.3.9 Índice de importancia cultural (IIC)

El Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) de 1960 a 1990 impulsó la tecnificación de las fincas cafetaleras que incluía un sistema de sombra especializada sustituyendo la sombra de árboles locales por la de árboles del género *Inga*. Sin embargo, en la actualidad muchos productores han tomado como estrategia la diversificación de sus cafetales principalmente con especies que les provee de beneficios directos como madera para la construcción, frutas, follaje, combustible, medicinal etc.

Este apartado se centra en reconocer el estado actual del conocimiento campesino sobre la estructura arbórea del cafetal, en la comunidad se encontraron cuatro usos: sombra, alimento, leña y madera.

Bessete (2006), citado por Elizondo (2015), menciona que incorporar la percepción y conocimiento de las comunidades y productores sobre sus recursos naturales, permite una mayor apropiación por parte de los productores de los recursos disponibles en su entorno, reflejándose en prácticas exitosas, tanto productivas como de conservación.

Los resultados se basaron en frecuencia, intensidad y valor de uso que el productor le da a cada especie, de esta manera las especies con mayor importancia cultural fueron: Vainillo (*Inga* sp.), Xochicuauilt (*Cordia alliodora*), Naranja (*Citrus sinensis*), Macadamia (*Macadamia integrifolia*), Plátano (*Musa* sp), Mango (*Mangifera indica*), Guacalillo (N/I), Encino (*Quercus* sp.), Cedro (*Cedrela odorata*) y Mandarina (*Citrus reticulata*)

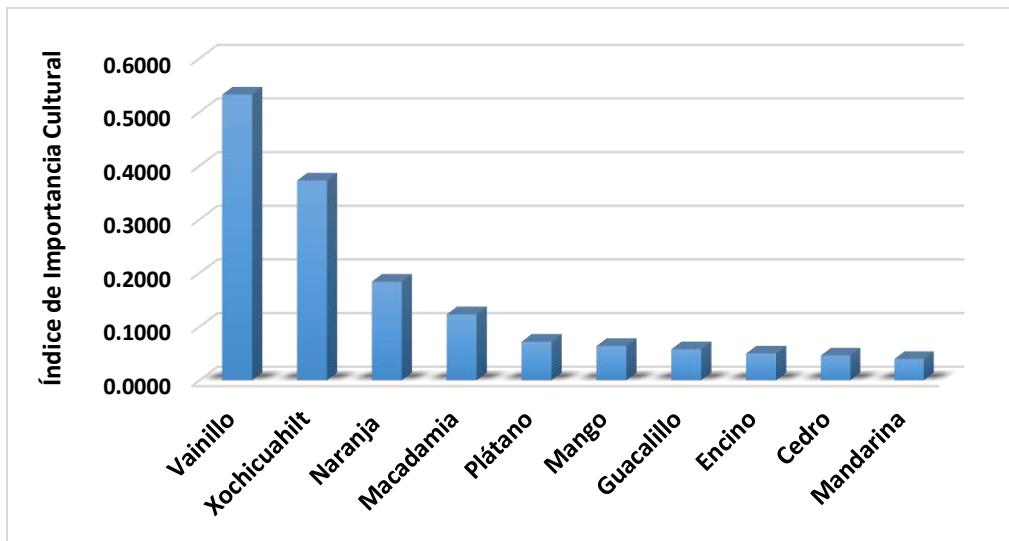


Figura 14. Especies arbóreas con mayor valor de índice de importancia cultural.

La especie *Inga* sp. representó el mayor IIC, con un 0.53 a pesar de tener solo dos usos, a pesar de ello, tiene el valor más alto de frecuencia de mención ($f= 83$), lo cual, muestra para los productores su importancia, por ser una especie útil para el sombrío del cafetal y fuente de combustible (leña). Asimismo, los cafeticultores mencionaron *Cordia alliodora* con 0.37 de IIC, ocupando el segundo puesto en valor de importancia debido al aporte económico al ser maderable y ser una especie de rápido crecimiento puede alcanzar 20 a 30 metros en menos de 15 años. *Citrus sinensis* ocupa el tercer lugar al ser una especie que tiene mayores usos ($n=3$) principalmente por el aprovechamiento del fruto (Cuadro 8).

La macadamia, a pesar de ser una especie introducida tiene importancia cultural para los cafeticultores de la comunidad debido a los buenos precios que mantiene esta nuez, lo que representa una posible fuente de ingreso económico para la familia. Con los precios bajos que se mantienen en el café se vuelve común la introducción de especies que generen ingresos extras.

Cuadro 8. Índice de Importancia cultural para todas las especies arbóreas inventariadas.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	No. usos	Iu	Fm	VuT	IIC
<i>Fabaceae</i>	<i>Inga</i> sp.	Vainillo	83	2	3.8	35.0	120.8	0.5323
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia alliodora</i>	Xochicuahilt	41	2	3.8	17.3	90.5	0.3721
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja	20	3	5.8	8.4	40.9	0.1836
<i>Proteaceae</i>	<i>Macadamia integrifolia</i>	Macadamia	12	2	3.8	5.1	27.9	0.1227
<i>Musaceae</i>	<i>Musa</i> sp.	Plátano	8	2	3.8	3.4	14.3	0.0717
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i>	Mango	4	3	5.8	1.7	11.6	0.0637
N/I	N/I	Guacalillo	7	2	3.8	3.0	10.5	0.0577
<i>Fagaceas.</i>	<i>Quercus</i> sp.	Encino	8	1	1.9	3.4	9.7	0.0499
<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	4	2	3.8	1.7	8.3	0.0461
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	4	1	1.9	1.7	8.2	0.0394
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	4	1	1.9	1.7	7.7	0.0376
<i>Meliaceae</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	3	2	3.8	1.3	6.1	0.0373
<i>Sapindaceae</i>	<i>Cupania dentata</i>	Canilla de venado	4	1	1.9	1.7	6.7	0.0343
<i>Verbenaceae.</i>	<i>Lippia myriocephala</i>	Gusanillo	3	2	3.8	1.3	4.5	0.0321
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola guatemalensis</i>	Cacao silvestre	8	1	1.9	3.4	3.8	0.0303
N/I	N/I	Escabiate	4	1	1.9	1.7	3.8	0.0249
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea americana</i>	Aguacate criollo	1	2	3.8	0.4	2.3	0.0220
<i>Fabaceae</i>	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Cedro rosado	1	2	3.8	0.4	2.2	0.0216
<i>Proteaceae</i>	<i>Grevillea robusta</i>	Grevillea	1	2	3.8	0.4	2.2	0.0216
<i>Cannabaceae</i>	<i>Trema micrantha</i>	Ixpepe	1	2	3.8	0.4	2.2	0.0216
<i>Annonaceae</i>	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya	2	1	1.9	0.8	3.6	0.0211
<i>Solanáceas</i>	<i>Cestrum nocturnum L.</i>	Huele de noche	1	2	3.8	0.4	1.5	0.0192
<i>Fabaceae</i>	N/I	Leguminosa	1	2	3.8	0.4	1.5	0.0192
<i>Burseraceae</i>	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	1	2	3.8	0.4	1.5	0.0192
<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	Peicenillo	1	2	3.8	0.4	1.5	0.0192
<i>Tiliaceas</i>	<i>Helicocarpus donnell-smithii</i>	Jonote	4	1	1.9	1.7	0.5	0.0138
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus limon</i>	Limón	1	1	1.9	0.4	1.8	0.0138
N/I	N/I	Ixcahuite	1	1	1.9	0.4	1.7	0.0134
<i>Urticaceae</i>	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo	1	1	1.9	0.4	0.5	0.0096
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	1	1	1.9	0.4	0.5	0.0096
<i>Araliácea</i>	<i>Oreopanax xalapensis</i>	Macuilillo	1	1	1.9	0.4	0.5	0.0096
<i>Melastomataceae</i>	N/I	Melastomatacea	1	1	1.9	0.4	0.5	0.0096
			237	52				

Según De Foresta *et al.* (2013), los árboles son importantes para los medios de vida de las poblaciones rurales, sea en la provisión de los servicios ecosistémicos o por los ingresos a las familias y reconocen la importancia en la adaptación al cambio climático y su mitigación.

8.4 Cafetales y su manejo



8.4.1 Establecimiento

INMECAFÉ-NESTLE (1990), mencionaba que para el establecimiento de una plantación de café debemos analizar varios factores que pueden ser determinantes para el éxito de la unidad familiar; como son: el objetivo de la plantación, los recursos económicos, materiales y humanos con los que contamos y los factores ecológicos.

En la comunidad se logró observar dos plantaciones de reciente establecimiento, sin embargo los sitios de muestreo se enfocaron a cafetales en etapa productiva encontrando plantaciones de más de 30 años. El trazo de plantación que se utilizó

en su momento fue rectángulo donde la distancia entre plantas es menor que la que existe entre surcos pero por efecto de las resiembras, en algunos casos el marco de plantación se presenta de manera irregular, esta condición aplica también para el componente arbóreo donde fueron aprovechados árboles nativos que conformaban la vegetación natural y los introducidos con intención de aprovechamiento múltiple fueron establecidos en forma deliberada en la parcela.

8.4.2 Edad de los cafetales

El envejecimiento y descuido de los cafetales es uno de los factores del orden técnico que influyen en los bajos rendimientos de las unidades de producción cafetaleras. CENICAFÉ (1994), menciona que el ciclo de vida del cafeto en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. La planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad, continúa su producción durante varios años y alcanza su máxima productividad entre los seis y ocho años de edad. El cafeto puede seguir su actividad por muchos años pero con niveles de productividad bajos.

En el mismo sentido Pulgarín (2007), describe que en los primeros años de vida del cafetal se obtiene una producción de café cereza por planta en cantidad aceptable. Sin embargo, después de los primeros siete ciclos de cosecha la producción disminuye por lo que es necesario implementar un programa de rejuvenecimiento del tejido productivo mediante la aplicación de podas.

La edad de los cafetales muestreados se encuentran en un rango que va de los 6 a 35 años (Figura 15), teniendo un promedio de 14, se consideró la edad de la variedad con mayor presencia en la parcela debido a que es común encontrar cafetos de diferentes años por efecto de las resiembras.

Los cafetos con el mayor número de años corresponden a las variedades como Typica, Bourbón, Caturra y Garnica, mientras que las variedades más jóvenes se distribuyen en Catimores, Sarchimores y Geisha.

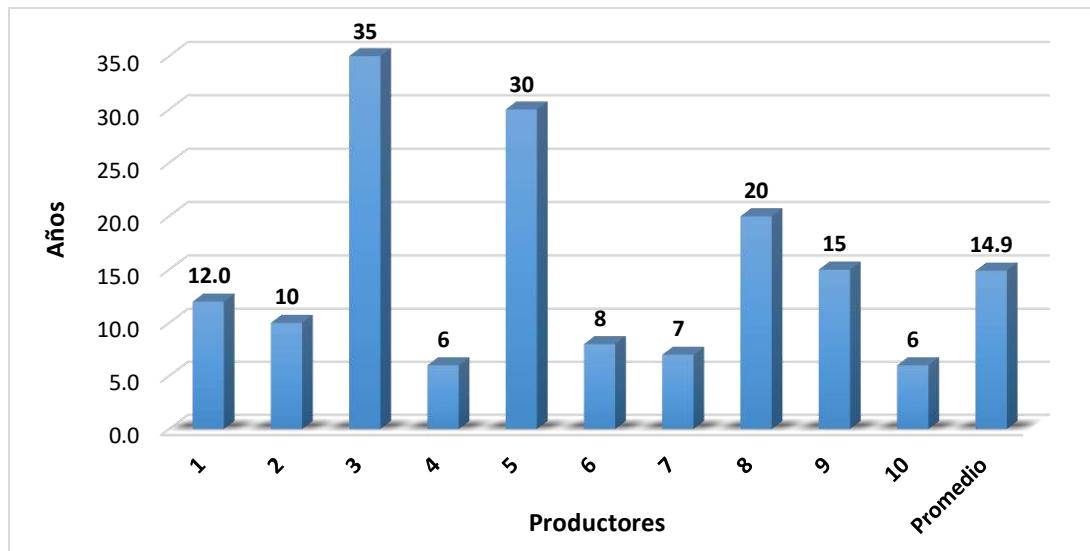


Figura15. Edad las plantaciones de café por sitio muestreado en Ixcatla.

8.4.3 Resiembras

Esta actividad se realiza con el propósito de recuperar los sitios perdidos y mantener una parcela productiva o bien cuando se pretende hacer cambio de variedades. El 40% de los productores realizó resiembras hace un año introduciendo principalmente variedades como Marellesa, Costa Rica y Colombia, elegidas por su capacidad productiva y tolerancia a enfermedades. Las labores de esta tarea se realizan en los meses de junio, julio, agosto y generalmente es desarrollada por el mismo productor desde el ahoyado hasta la siembra.

8.4.4 Variedades

Todos los productores tienen dentro de sus parcelas una mezcla de variedades de diferentes edades siendo las tradicionales la de mayor distribución y edad, Garnica está presente en el 80% de las parcelas seguido de Bourbón y Caturra (40%). Pero con el problema de incidencia de Roya los productores han introducido también variedades tolerantes a esta enfermedad el 70% de los cafeticultores han sembrado Colombia, el 60% de ellos han sembrado Costa Rica y en el 20% tiene también Marellesa. De esta manera se tiene un rango de dos a siete variedades presentes en el cafetal con un promedio de cuatro variedades por parcela.

Cuadro 9. Porcentaje de mención de las variedades presentes en las parcelas.

Variedades tradicionales	Bourbón	Catuai	Caturra	Mundo Novo	Typica	Garnica
	40%	10%	40%	20%	30%	80%
Catimores	Colombia			Costa Rica		
	70%			60%		
Sarchimores	Marsellesa			Sarchimor		
	20%			10%		
Geisha	20%					

8.4.5 Manejo del tejido productivo

La poda de los cafetos contribuye a renovar el tejido agotado e improductivo de la planta y con ello se estimula la formación de ramas secundarias y brotes sobre el tallo central de la planta que permiten mejorar la producción. En la comunidad es frecuente el sistema de poda veracruzano que se basa en la apreciación individual de cada planta, en donde el productor elimina según su decisión ramas improductivas, dañadas y secas, esta labor se realiza al finalizar la cosecha en los meses de abril y mayo. También se realizan recepas cuando el productor evalúa que el cafeto presenta un agotamiento completo en todo el tejido productivo; el 60% de los productores mencionaron haber realizado este tipo de poda. Posterior a la recepa la planta emite brotes que serán los nuevos ejes productivos por lo cual seleccionan dos brotes mediante la práctica de deshije eligiendo aquellos “chupones” que muestren mejor vigorosidad y que estén ubicados de manera paralela en el tronco.

8.4.6 Regulación de sombra

El manejo de la sombra se realiza a través de los aclareos y anillado de los árboles, el 40% de los productores mencionaron que realizan desramados cada año y el 60% ocasionalmente. Los meses cuando se realiza esta actividad son marzo, abril y mayo. Escamilla (2016), menciona que la época más adecuada para efectuar la poda de la sombra del cafeto es al inicio de la temporada de lluvias, que

generalmente se tiene en mayo y junio, lo que permite dejar a los cafetos expuestos a la luz solar durante el periodo de lluvias o bien en áreas frías o húmedas al término de la cosecha, esto con el fin de provocar una buena apertura de flores.

8.4.7 Manejo de arvenses

La eliminación de las arvenses se realiza de dos a tres veces al año para facilitar la producción y cosecha de café, la primera limpia se efectúa en el mes de junio, la segunda en noviembre antes de la cosecha y la tercera en febrero. La mayoría de los productores optan principalmente por un control mecánico utilizando las herramientas como el machete y la desbrozadora. El productor reconoce y permite que arvenses de uso comestible y medicinal crezcan en su cafetal.

8.4.8 Plagas y Enfermedades

El cafeto es afectado tanto por plagas y enfermedades que atacan todos los órganos de la planta durante su ciclo de desarrollo, desde la germinación hasta la producción, si no se cuenta con un plan de manejo fitosanitario los rendimientos o la producción presentará consecuencias negativas.

En México, CENACAFE (2016), ha reportado 16 plagas de importancia económica que afectan al cafeto; entre estas sobresalen la broca (*Hypothenemus hampei*), minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*), piojo harinoso del follaje (*Planococcus citri*), barrenador del tallo (*Plagiohamus maculosus*), y araña roja (*Oligonychus ilicis*); las plagas tienen una incidencia más localizada y muy variada, por ejemplo las palomillas y nematodos atacan el sistema radical; los cortadores y taladradores al tallo y las ramas; los cortadores y chupadores a las hojas y la broca a los frutos.

Los productores de la comunidad mencionan cuatro tipos de plagas presentes en sus cafetales, el 90% reportó incidencia de broca, seguido de barrenador del tallo, tuza y gallina ciega.

El método de control para la broca es etológico o de trampoz utilizando envases de PET y un atrayente a base de alcohol, además durante la cosecha se busca no dejar

frutos para que la broca no tenga alimento y así se reduzca la presencia de esta plaga para la próxima cosecha.

La gallina ciega (*Phyllophaga sp*) se controla aplicando encalados directo al suelo en la parte del tallo del cafeto, mientras que el barrenador y la tuza no son controlados debido a que el daño que ocasionan es menor.

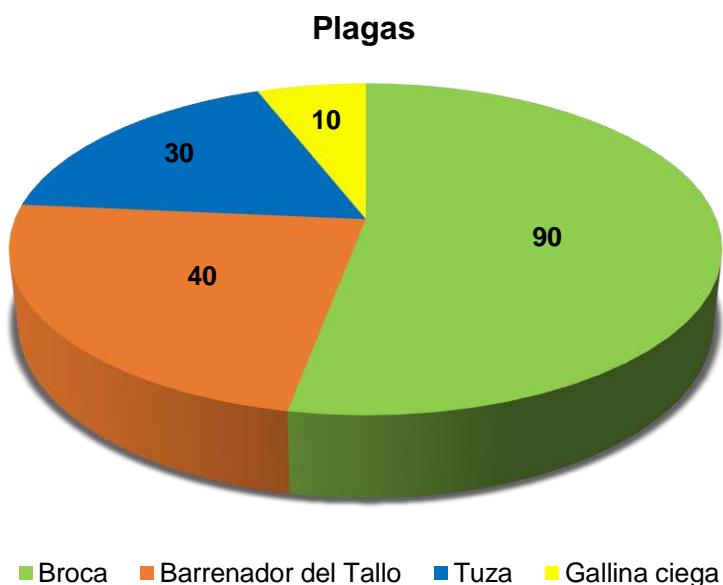


Figura16. Plagas presentes en los cafetales de Ixcatla.

En el caso de las enfermedades se reportan seis tipos diferentes que afectan al cafeto, entre las que sobresalen la roya (*Hemileia vastatrix*), mal de hilachas (*Corticium koleroga*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), antracnosis (*Colletotrichum coffeatum*) y pudrición radicular (*Rhizoctonia solani*).

El 100% de los productores mencionaron que la roya está presente en todos los cafetales evidentemente por que aún se conservan variedades susceptibles, ojo de gallo presenta 80% de mención al igual que mal de hilachas y el 60% de los productores identifican mancha de hierro en sus parcelas.

Para controlar la roya los productores realizan aplicación principalmente de oxicloruro de cobre, caldos minerales y en ocasiones utilizan alto 100 (100 Ciproconazol), cuando observan un brote de ojo de gallo derraman y regulan la

sombra para contrarrestar el ataque del hongo, en el caso de mal de hilachas la acción se reduce a eliminar las ramas dañadas o enfermas, para mancha de hierro se utiliza también oxicloruro de cobre y mancozeb para el control de pudrición de raíz en etapa de vivero.

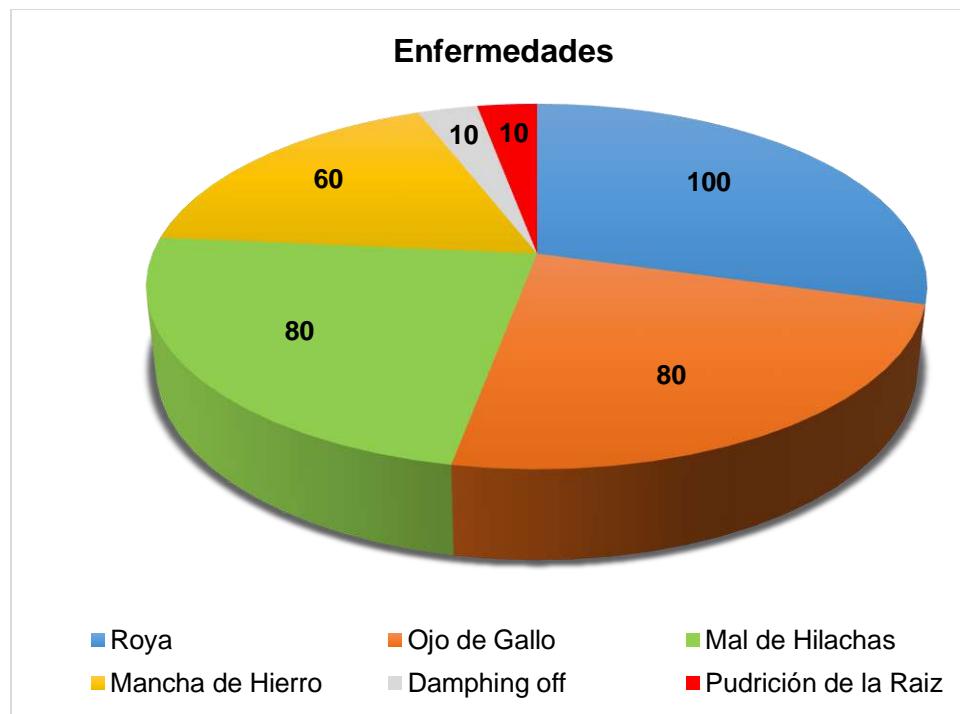


Figura 17. Enfermedades reportadas en los cafetales de Ixcatla.

8.4.9 Fertilización

En Ixcatla se fertilizan los cafetales utilizando de manera intercalada fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos, la frecuencia de aplicación depende de la disponibilidad de recursos económicos de cada productor (Cuadro 10).

Cuadro 10. Frecuencia de aplicación de fertilizantes.

Criterio	Porcentaje
No aplica	10%
Cada dos años	20%
1 vez al año	30%
2 veces al año	30%
3 veces al año	10%

La fertilización es una práctica que influye directamente en el buen desarrollo del cafeto, en el tamaño y en la cantidad de granos cosechados, el 60% de los productores mencionaron aplicar triple 17 en cantidades de 70 a 80 gr cuando son cafetos productivos y 20 g para cafetos en crecimiento en algunos casos aplican la cantidad de fertilizante que cabe en el puño de la mano. La ventaja del uso de fertilizantes químicos es que actúan más rápido que los orgánicos, puesto que al entrar en contacto con el suelo húmedo se disuelven y quedan disponible para los cafetos, sin embargo, el uso constante puede modificar la acidez o pH del suelo y el equilibrio de algunos nutrientes.

En el caso de los abonos orgánicos estos están representados por la pulpa de café y la gallinaza principalmente, la pulpa se aplica de manera esparsa por todo el ruedo en cantidades de 2 a 3 kilos aproximadamente.

El abono y fertilizado del café se realiza en los meses de marzo, junio-julio y septiembre-octubre.

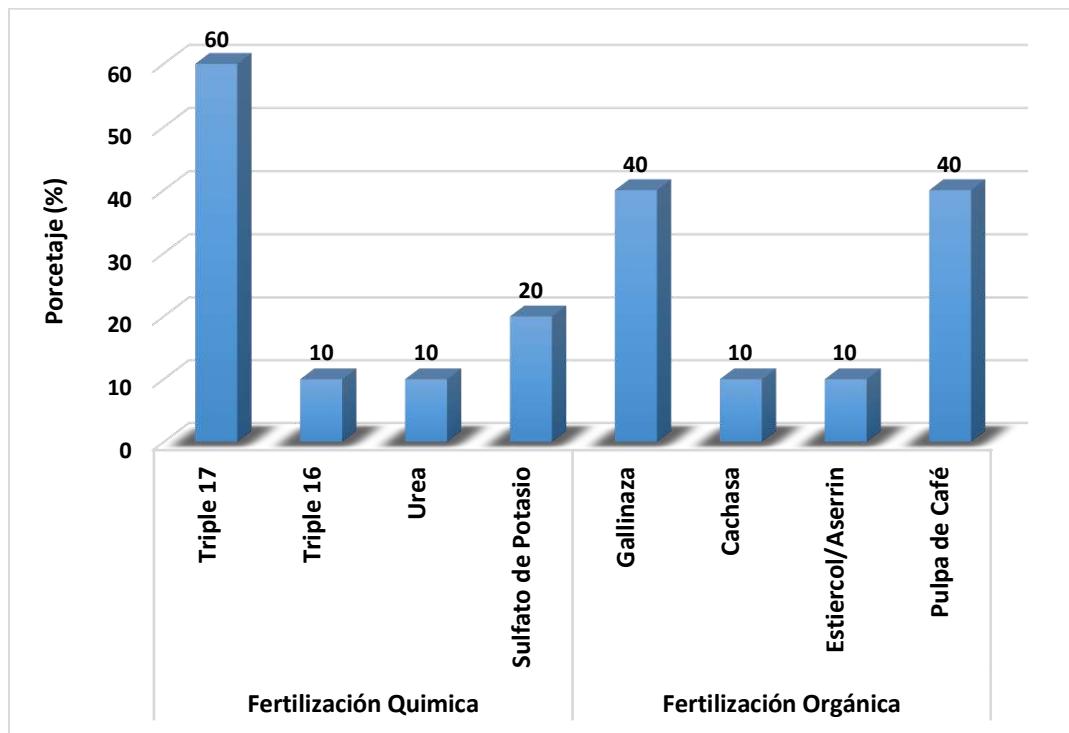


Figura18. Tipo de fertilización que se aplica en Ixcatla.

ANACAFÉ (2018), menciona que el aporte nutrimental de la pulpa de café es 2% de nitrógeno, 0.19% de fósforo, 3% de potasio, 1.5% de calcio y 0.25% de magnesio, mientras que la gallinaza aporta el 3.96% de nitrógeno, 3% de fósforo y 1% de potasio.

8.4.10 Cosecha

El periodo de cosecha en la comunidad inicia en el mes de diciembre y finaliza en el mes de marzo, esta actividad es la que mayor mano de obra utiliza durante los tres a cuatro cortes que se realizan. En el ciclo 2014-2015 se obtuvo una producción mínima de 4 qq de café cereza por hectárea y la máxima de 22 qqha en promedio se alcanzó un rendimiento de 11 qqha de cereza. Mientras que para el ciclo 2015-2016 la producción más baja fue de 8 qqha y la más alta de 26 qqha de esta manera el promedio alcanzó los 15 qq de café cereza por hectárea.

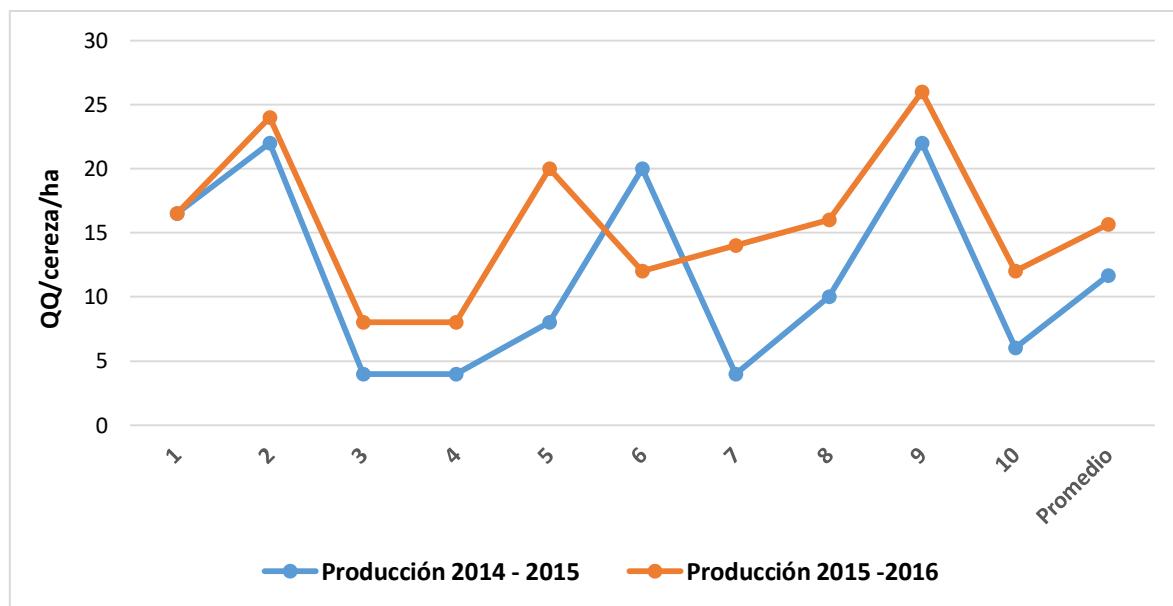


Figura19. Producción de café cereza en dos ciclos de cosecha.

El café cereza que se produce en la comunidad se comercializa principalmente con intermediarios que comúnmente son llamados “coyotes” o bien con la empresa Agroindustrias Unidas de México (AMSA), en el ciclo 2014-2015 el kilo de café cereza se comercializó de 7 a 9 pesos.

Cuadro 11. Calendario de actividades realizadas en el cafetal.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
Actividades	Cosecha											Cosecha
			Fertilización			Fertilización		Fertilización				
			Regulación de sombra									
			Chapeo			Chapeo			Chapeo			
						Resiembra						
				Podas en cafetos								

8.5 Estimación de los costos de producción

Los costos son los gastos en los que se incurre para organizar y llevar a cabo el proceso productivo; estos costos incluyen la cantidad de dinero necesaria para gastar en insumos y servicios usados en la producción (Doll y Orazem, 1978; López y Caamal, 2009).

En el contexto de los acelerados cambios que están ocurriendo en el sector cafetalero mexicano, el conocimiento de los costos de producción del aromático se convierte en un instrumento fundamental para todos los actores participantes en dicha cadena de valor (Sosa *et al.*, 2014).

La información relacionada a los costos de producción del café se presenta a nivel de tipo de sistema, de esta manera se muestran los resultados del Sistema Policultivo Tradicional (SPT) y del Sistema Policultivo Comercial (SPC).

8.5.1 Costos por resiembra

Para el caso de esta actividad, en ambos sistemas los productores destinan dos jornales con un costo unitario de \$120.00 de esta forma el costo alcanza \$240.00/ha, estos gastos dependen de la cantidad de plantas a resemebrar y el precio de la misma. En la región el precio de una planta está alrededor de \$6.00.

8.5.2 Costos por el manejo del tejido productivo

En el SPT los cafetaleros contratan cuatro jornales/ha para realizar la labor de poda y deshíje, generando un gasto de \$480.00/ha, mientras que en el SPC en estas dos actividades se invierten 7 jornales/ha generando un costo de \$840.00/ha. La actividad de recepa se ha realizado de manera mínima ocupando mano de obra familiar.

8.5.3 Costos por manejo de la sombra

La actividad de regulación se sombra se realiza una vez al año, esta labor se reduce a un aclareo o anillado de árboles según lo requiera, en promedio los productores del SPT invierten \$240.00/ha distribuidos entre dos jornaleros, mientras que en el SPC se contratan cinco jornaleros lo que genera un gasto de \$640.00.

8.5.4 Costos por manejo de arvenses

El control de las arvenses se realiza, para el caso de los productores del SPT dos veces al año con un costo unitario por jornal de \$120.00 lo que implica una inversión de \$960.00. En cuanto en el SPC esta actividad se realiza tres veces al año contratando 24 jornales que generan un gasto de \$2,880.00.

8.5.5 Costos por control fitosanitario

En el SPT se genera un costo \$2,164.00, generados por el costo de mano de obra (2 jornales) de \$240.00 y los insumos aplicados de \$1,924.00. Para el caso del SPC el costo aumenta al invertir cuatro jornales más insumos, teniendo un total de gastos \$2,884.00. La mayoría de los insumos están destinados a la prevención y control de la roya.

8.5.6 Costos por fertilización

La fertilización se realiza intercalando productos sintéticos y abonos orgánicos en ambos sistemas, mientras que en SPT esta actividad se realiza dos veces al año generando un gasto entre mano de obra e insumos de \$3,340.00 y en el SPC el gasto asciende a \$4,180.00 realizándose la actividad de fertilizado tres veces al año.

8.5.7 Costos por cosecha

El corte de café es pagado por kilogramo, en la región se pagó de los \$8.00 a los \$9.00, generalmente al inicio y en el arrase de la cosecha la familia realiza esta actividad, en el corte más importante es cuando se contrata mano de obra externa, en la cosecha del SPT se llegan a emplear en promedio 10 jornales teniendo una producción promedio de 11 qqha^{-1} habiéndose invertido \$6,875.00. En el caso del SPC se contratan 12 jornales para la recolección de la cereza, en este sistema se obtuvo rendimientos de 16 qqha^{-1} lo que implicó un gasto de \$10,312.5.

8.5.8 Costos por sistema de producción

En el Cuadro 12 se presenta la estimación de los costos variables, los cuales son aquellos que inciden directamente en un ciclo de cosecha, para el SPT estos costos alcanzan un total de inversión de \$13,819.00. Las labores que generan mayores gastos son cosecha, control de plagas y la fertilidad de las parcelas debido a que demandan mayor mano de obra e insumos.

Cuadro 12. Distribución de los costos variables en el sistema policultivo tradicional.

Actividad	Costos variables promedio por actividad realizada					Subtotal (\$)
	Veces por año	Mano de Obra		Insumos		
		Jornales/ha/año	Jornales Costos unitarios	Jornales Costos/ha/años	Costo/ha/año	
Podas de cafetos	1	2	120	240	-	240
Deshije	1	2	120	240	-	240
Deshierbe o chapeo	2	8	120	960	-	960
Fertilización orgánica	1	1	120	120	1,200	1,320
Fertilización química	1	1	120	120	1,900	2,020
Control de plagas y enfermedades	1	2	120	240	1,924	2,164
Cosecha	1	10	2.5	6,875	-	6,875
Total CV						13,819

En el apartado de costos fijos se incluyó la actividad de resiembra, prácticas de conservación de suelo y regulación de sombra, puesto que son labores que no inciden en la producción del ciclo. En promedio en la región el costo de la parcela con café equivale a \$ 110,000.00 se aplicó el Índice del costo porcentual (CPP) en un 4.6%.

Los costos fijos alcanzan un total de \$6,830.00 incluyendo además de las labores, la depreciación de las herramientas, el impuesto predial y el valor de la tierra.

Cuadro 13. Costos fijos en el SPT

Actividad	Subtotal \$
Regulación de sombra	240
Prácticas de conservación	240
Resiembras	840
Depreciación de herramientas	300
Impuesto predial	150
Valor de la tierra	5,060
Total CF	6,830

Para el caso del SPC los costos de mantenimiento ascienden a un total de \$21,096.5 anuales por hectárea, la actividad de mayor peso es la cosecha con

48.8%, seguido del control de plagas y enfermedades que representa el 13.7% de los costos y el deshierbe de la parcela con 13.6%. Los costos variables aumentan en este sistema con respecto al tradicional debido a que las actividades de mantenimiento se realizan más veces por año, lo cual se traduce en el incremento de la mano de obra.

Cuadro 14. Distribución de los costos variables en el sistema policultivo comercial

Actividad e Insumos aplicados	Costos variables promedio por actividad realizada				Subtotal (\$)	
	Veces por año	Mano de Obra		Insumos		
		Jornales/ha/año	Jornales Costos unitarios	Jornales Costos/ha/años	Costo/ha/año	
Podas de cafetos	1	4	120	480	-	480
Deshije	1	3	120	360	-	360
Deshierbe	3	24	120	2,880	-	2,880
Fertilización orgánica	1	3	120	360	1200	1,560
Fertilización química	2	3	120	720	1900	2,620
Control de plagas y enfermedades	2	4	120	960	1924	2,884
Cosecha	1	12	2.5	10,312.5	-	10,312.5
					Total CV	21,096.5

Como se puede observar en el Cuadro 15, el concepto que participa en mayor medida es el valor de la tierra y las resiembras, en total los costos fijos alcanzan un valor de \$7,230.00.

Cuadro 15. Costos fijos del SPC.

Actividad	Subtotal \$
Regulación de sombra	640
Prácticas de conservación	240
Resiembras	840
Depreciación de herramientas	300
Impuesto predial	150
Valor de la tierra	5,060
Total CF	7,230

En el Cuadro 16, se resumen los rubros y montos correspondientes a las actividades productivas en las que se dividieron los costos de producción por sistema, en el caso del SPC se tomó en cuenta la comercialización de la madera, tomando como dato rendimientos de 4.8 m³/ha/año a un precio de \$22/pie, en promedio en el SPT se obtuvo una producción de café de 11 qqha⁻¹ y en el SPC fueron 16 qqha⁻¹, para ese ciclo la compra de cereza fue de \$9.00/Kg.

En cuanto al ingreso neto en el SPT se obtiene un margen de ganancia de \$4,101 y en el SPC de \$12,568.5, es decir en ambos sistemas se logra recuperar la inversión; costos variables y fijos, se confirma lo anterior con el porcentaje de tasa de rentabilidad, en ambos casos los datos son positivos 19.8% en el SPT y 41% en el SPC, la diferencia del beneficio neto entre el comercial y el tradicional es de \$8,467.00. Por lo tanto la actividad cafetalera de la comunidad está en posibilidades de recuperar los costos de producción de corto y largo plazo

Cuadro 16. Comparación de los costos en dos sistemas de producción.

Costos	S P T	S P C
	Cantidad (\$)	Cantidad (\$)
Costos Variables	13,819	21,096.5
Costos Fijos	6,830	7, 230
Costo Total	20,649	28,326.5
Venta de café	24,750	37,124
Venta de madera	0	3,771
Ingreso Total	24,750	40,895
Ingresos Neto	4,101	12,568.5
Relación Beneficio/Costo	0.19	0.41
Tasa de Rentabilidad (%)	19.8	41

8.6 Almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales

En promedio se encontró que los sistemas agroforestales con café en la comunidad de Ixcatla almacenan 138.05 Mg C ha⁻¹. Ejecutando las diferentes ecuaciones alométricas obtuvimos que en el sitio nueve se encontró la mayor cantidad de carbono total, con 192.78 Mg ha⁻¹ y el sitio dos presentó el nivel más bajo, con 69.39 Mg ha⁻¹.

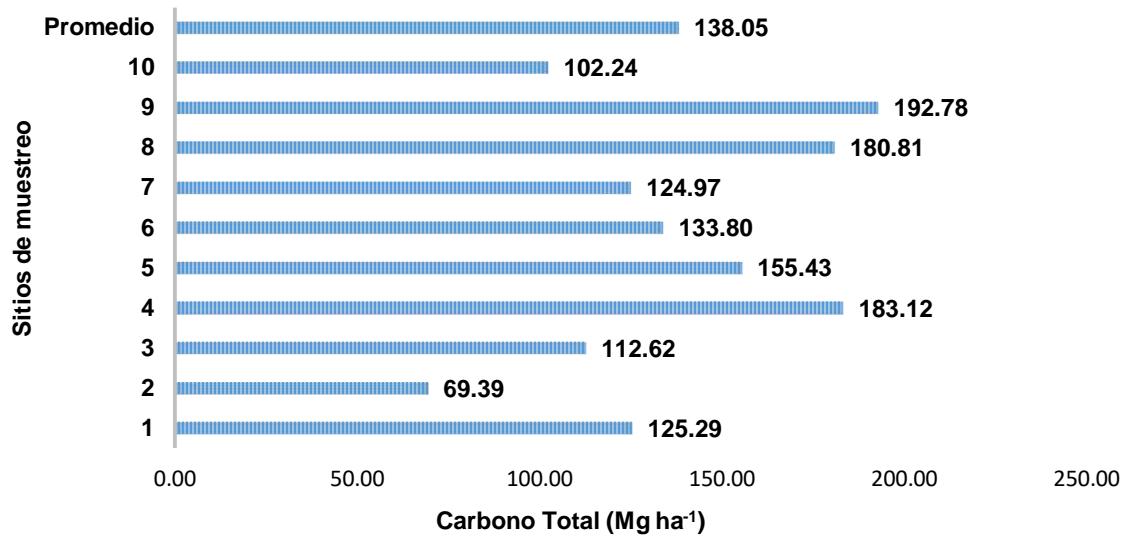


Figura 20. Carbono total almacenado para sistemas agroforestales cafetaleros.

El sistema agroforestal que registró la máxima cantidad de carbono aéreo almacenado fue el perteneciente al sitio nueve con una cantidad de $62.28\ Mg\ ha^{-1}$, a pesar de no ser el sitio de mayor diversidad de especies arbóreas (80 sp. ha) fue el que presentó los árboles con mayor altura y diámetro del fuste principalmente los encinos (*Quercus* sp.), en contraste con el sitio uno que presentó el menor valor de almacenaje, con $6.82\ Mg\ ha^{-1}$ este resultado puede adjudicarse a que es el sitio con menor número de especies arbóreas (32 sp. ha).

Cuadro 17. Carbono almacenado por sitio muestreado en Ixcatla.

Sitio	Carbono en biomasa aérea ($Mg\ ha^{-1}$)	Carbono en suelo ($Mg\ ha^{-1}$)	Carbono total ($Mg\ ha^{-1}$)
1	6.82	118.47	125.29
2	10.11	59.28	69.39
3	4.75	107.87	112.62
4	31.24	151.88	183.12
5	8.40	147.03	155.43
6	7.12	126.68	133.80
7	7.61	117.36	124.97
8	31.60	149.21	180.81
9	62.28	130.5	192.78
10	8.26	93.98	102.24
Promedio	17.82	120.23	138.05

De acuerdo a los resultados, el sitio cuatro fue el que presentó mayor contenido de carbono en el suelo, con $151.88 \text{ Mg ha}^{-1}$ y el menor valor se encontró en el sitio número uno, con 6.82 Mg ha^{-1} . Obteniendo promedios y porcentajes observamos que el suelo representa el principal reservorio de carbono con un 87% mientras que en biomasa aérea el carbono representa el 13%.

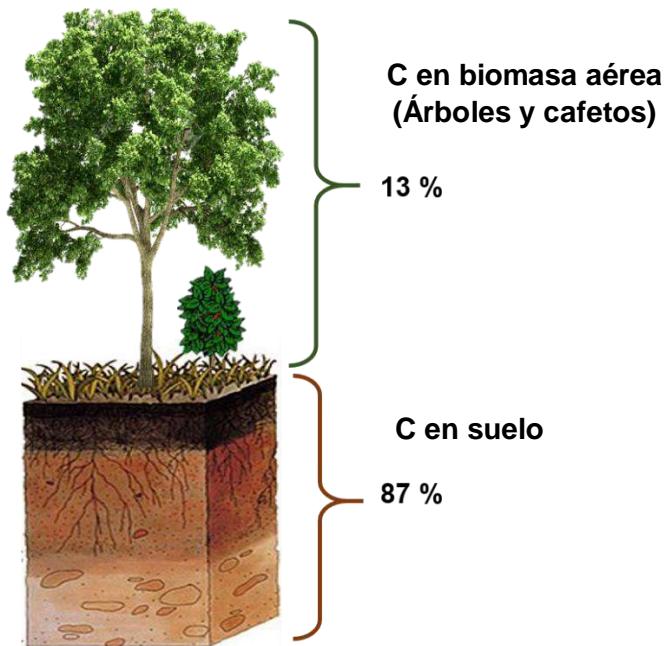


Imagen 10. Distribución del carbono estimado en los cafetales de Ixcatla.

Soto (2008), en un trabajo de investigación más detallado en Chiapas menciona que los cafetales pueden contribuir manteniendo el carbono acumulado en sus diferentes reservorios, por ejemplo 88 toneladas de carbono por hectárea en el suelo (0-30 cm de profundidad), 6.7 Mg ha de carbono en hojarasca, 29 Mg ha entre la vegetación de sombra y los cafetos, lo cual suma un total de 124 Mg ha de carbono.

Por su parte Aguirre (2006), presentó un estudio donde evaluó el almacenamiento de carbono en tres sistemas de café bajo sombra en Chiapas, encontrando que los sistemas “café natural”, “monocultivo bajo sombra” y “policultivo tradicional” poseen densidades promedio de carbono total de 129.82 , 170.46 y $215.64 \text{ Mg C ha}^{-1}$ respectivamente. El mayor reservorio en los tres sistemas es la materia orgánica del suelo con 68.8%, 70.5% y 67.8%.

Mena (2011), reporta que en Costa Rica el sistema agroforestal café-poró almacena 129.1 Mg C ha⁻¹, el SAF café-laurel almacena 113.2 Mg C ha⁻¹ y el bosque secundario 271.7 Mg C ha⁻¹. En promedio el carbono total almacenado fue de 171.3 Mg C ha⁻¹, de los cuales 102.0 Mg C ha⁻¹ estuvieron en 0-30 cm de suelo.

De igual forma Ávila (2001), determinó el almacenamiento de carbono en diferentes sistemas agroforestales en Costa Rica, encontrando que el SAF café-poró (10 años) almacena 195 Mg C ha⁻¹, seguido del SAF café-eucalipto de seis años, con 168.7 Mg C ha⁻¹, café-eucalipto de cuatro años con 151.6 Mg C ha⁻¹. Más del 89% del C almacenado en los sistemas correspondió al C del suelo.

Estudios realizados en los municipios cafetaleros del centro de Veracruz han encontrado que el tipo de cultivo que incorpora un mayor número de árboles y por consiguiente, de capacidad potencial de almacenar carbono, es el sistema rusticano (42.4 Mg C ha⁻¹), seguido por los policultivos (16.1 Mg C ha⁻¹). En cambio, el sistema denominado monocultivo tiene una menor capacidad potencial de almacenar carbono (4.5 Mg C ha⁻¹), debido a que existe un menor número de árboles presentes en esa clase de fincas (Manson *et al.*, 2008; Velasco, 2013).

REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL CAFETALERO EN LA COMUNIDAD DE IXCATLA.

INDICADORES AMBIENTALES

- Altitud: 1031 msnm.
- Diversidad arbórea: 109 especies/ha.
- Árboles nativos: 59%; árboles introducidos: 41%
- Carbono total almacenado:** 138.05 Mg C ha



INDICADORES AMBIENTALES

- Tipo de suelo: Luvisol y Andosol
- pH: 4.64
- Materia orgánica: 5.96 %
- Textura: Franco arenoso

INDICADORES HISTÓRICOS

- El café ingresa al municipio de Ixhuatlán a mediados y finales del siglo XIX.
- En 1896 se funda la congregación de Ixcatla.
- En 2016 se consolidan como Unión de Cafetaleros Kolping de las Altas Montañas (UCKAM).

INDICADORES TÉCNICO-PRODUCTIVOS

- Edad de los cafetos: 15 años
- Variedades: Garnica, Colombia, Costa Rica, Bourbón, Caturra, Typica, Mundo Nuevo.
- Rendimiento: 15 qqha
- Porcentaje de sombra: 40%
- Cobertura del suelo con hojarasca: 45%

INDICADORES SOCIOCULTURALES

- Edad de los productores: 46 años
- Escolaridad: Ocho años
- Superficie de cafetales: 1.1 ha
- Tenencia de la tierra: 60% pequeña propiedad y 40% ejidal.

Imagen 11. Diagrama del sistema agroforestal cafetalero en la comunidad de Ixcatla.

Elaboración propia, 2018

ÁRBOLES DE MAYOR FRECUENCIA

1. *Inga* sp.
2. *Cordia alliodora*
3. *Citrus sinensis*
4. *Macadamia integrifolia*
5. *Musa* sp.
6. *Virola guatemalensis*
7. *Quercus* sp.
8. *Mangifera indica*
9. *Cedrela odorata*
10. *Citrus reticulata*

9. Conclusiones

1. La producción de café en Ixcatla se enmarca en un proceso histórico que dio lugar a la construcción de una tradición y cultura ligada al aromático, su desarrollo y crecimiento tuvieron lugar en torno a la cafeticultura. El inicio de esta cultura parte de los conocimientos heredados por las haciendas establecidas en el Cantón de Córdoba sobre la llamada ruta agrícola que vinculaba a esta región con la Ciudad de México.
2. El florecimiento de la cafeticultura en el país, y más extensamente en Veracruz permitió la transferencia tecnológica del manejo de los cafetales; por ello, la región se integró a las luchas revolucionarias para la dotación de tierras en producción de café.
3. Durante la postrevolución el cultivo continúo su producción y beneficiado en el grupo familiar de grandes y medianos propietarios y para quienes lucharon por el reparto agrario, se organizaron para solicitar tierras ejidales como fue el caso de Ixcatla en 1930, quienes formarán el actual sector cafetalero minifundista.
4. El conocimiento profundo sobre la transformación y comercialización del café perteneció a los hacendados que fueron quienes lo trajeron a tierras Veracruzanas sin que los pequeños productores participaran en esos procesos.
5. Durante los años que el INMECAFÉ organizó la cafeticultura (1958-1989) fue el responsable del beneficiado y la comercialización lo que explica la actual búsqueda por parte de los productores en la capacitación postcosecha del grano.
6. Los estudios realizados en la región indican que en los años recientes la cultura cafetalera de la comunidad permanece y se mejora, a pesar de las crisis fitosanitarias, de precios bajos y de libre mercado.
7. Los productores de Ixcatla han tomado un rol protagonista al instrumentar la organización social y productiva como estrategia de desarrollo comunitario,

lo que representan desafíos y oportunidades en el futuro, cuyos logros consolidaran el desarrollo de la construcción histórica de la comunidad.

8. Las condiciones fisiográficas, edáficas y agroecológicas de la región de estudio favorecen en el predominio de cafetales bajo sombra diversificada, esta condición de sistema agroforestal tendrá en un futuro próximo mayor importancia ante el inminente cambio climático.
9. En la comunidad se define el tipo de sistema de agricultura exclusivamente campesina conformado por pequeños productores de edades promedio de 46 años, con una superficie de cultivo que no sobrepasa las dos hectáreas, utilizando mano de obra familiar para todas las actividades dentro del cafetal y empleando mano de obra eventual por ciclos de cosecha. Por las condiciones socioeconómicas de los productores y edafoclimáticas de la región la producción de cafés diferenciados y de calidad puede representar una opción viable.
10. La estructura de la vegetación de los cafetales tiene una función de reservorio de biodiversidad regional, ya que las especies arbóreas registradas en su mayoría son nativas al bosque, además, la disposición de sus componentes (multiestratificado) favorece al funcionamiento e integridad del paisaje de bosque fragmentado.
11. El buen manejo de los sistemas agroforestales, incluyendo una sombra diversificada, puede asegurar la provisión de múltiples servicios ambientales; en la comunidad de Ixcatla los cafetales almacenan en promedio 138.5 toneladas de carbono por hectárea.
12. El componente edáfico representa el depósito más importante de carbono en los agroecosistemas cafetaleros, es el almacén de 120.2 toneladas de carbono por hectárea que equivale al 87% del total. Por estas consideraciones los sistemas cafetaleros de la comunidad deberían ser incluidos en los planes de pago por servicios ambientales.
13. A pesar de la relevancia del café, los productores enfrentan una serie de problemas económicos, si bien, en el estudio los costos de producción de corto plazo logran recuperarse, los beneficios netos no guardan diferencias

en ambos sistemas estudiados, es decir, el margen de ganancia sigue siendo insuficiente para el sustento de la familia, obligando al productor a realizar otras actividades económicas que generen ingresos y complementen la economía familiar. Sin embargo, se necesita un análisis económico profundo que no lo restrinja a un año de cultivo.

14. Los cafeticultores entrevistados poseen un amplio conocimiento sobre las especies arbóreas y sus usos. El estudio del agroecosistema en la comunidad permite un acercamiento importante para la documentación del acervo en el conocimiento etnobotánico. Las especies, el uso y la cantidad de los árboles son el reflejo del modo de vida de los habitantes de la zona, incluyendo sus necesidades, preferencias e influencias.

10. RECOMENDACIONES

1. Generar ventajas competitivas comerciales buscando mecanismos de diferenciación y valor agregado al producto, los mercados de cafés de especialidad, de café orgánico y de comercio justo siguen siendo un nicho de mercado atractivo y con características de crecimiento.
2. A pesar de ser un gremio de productores jóvenes, es fundamental seguir reforzando las acciones para mitigar los procesos migratorios y propiciar el arraigo de los jóvenes en la comunidad, crear las oportunidades educativas para los hijos de los cafeticultores y que estos puedan acceder a empleos y se involucren conscientemente en los procesos productivos y de comercialización del sector.
3. A partir de las actividades de renovación conformar lotes de una sola variedad para conservar las características organolépticas de cada variedad cultivada y evitar que está pueda demeritar al ser mezclada.
4. Mantener y promover los modelos de policultivo tradicional que permita reducir la dependencia con respecto a un producto único; en este caso café,

introduciendo además de especies nativas, especies de valor comercial en la región, por ejemplo: plátano velillo, macadamia, palma camedor, cítricos.

5. En términos de biodiversidad, se necesita fomentar la conservación de los recursos naturales a través de los esquemas de pagos por servicios ambientales como una herramienta que promueva la producción, conservación y mejore simultáneamente la condición económica de los productores, es necesario revalorar los sistemas agroforestales como elementos estratégicos para enfrentar los retos del cambio climático.

11. LITERATURA CONSULTADA

Aguirre, D. C. M. (2006). Servicios ambientales: captura de carbono en sistemas de café bajo sombra en Chiapas, México. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, 91 p.

ANACAFE (Asociación Nacional del Café). (2018). La sombra en el café. Guatemala. (http://www.anacafe.org/glifos/index.php/La_sombra_y_el_cafe).

ANACAFE (Asociación Nacional del Café). (2018). Fertilización. Guatemala. (https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion).

Anguiano, J. M.; Aguirre, J., Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala*, var. *cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 17 (1):pp. 149-160.

Aristizábal J., D. (2011). Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. . Colombia, Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica, Vol 14(1), pp 49-56.

Ávila B., y Zamora M. (2010). Producción de hojarasca y materia orgánica en agroecosistemas cafetaleros marginales de Ocotl Chico, Veracruz, México. Revista Polibotánica, No. 30, pp 69-87.

Ávila, G. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE, Costa Rica, pp 32 - 35.

Bartra, A., Cobo, R., Meza, M., y Paz, L. (2002). Sombra y algo más. Hacia un café sustentable. Instituto Maya. México D.F.

Bartra, A., Cobo, R., Paz, L. (2011). La hora del café. Dos siglos a muchas voces. CONABIO, México D.F. 238 p.

Beer, J., Ibrahim M., Harvey C., Vargas B. (2003). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Árboles de Centroamérica. CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 197-242.

Córdova S., S. (2005). Café y sociedad en Huatusco, Veracruz. Formación de la cultura cafetalera (1870-1930). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 461 p.

Consejo Mexicano del Café, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2002). Café de México: Hacia los mercados de calidad. México, Distrito Federal, 56 p.

Contreras H., A. (2010). Los cafetales de Veracruz y su contribución a la sustentabilidad. Revista Estudios Agrarios. pp 143 – 161.

Centro Agroecológico del Café (CAFECOL). (2017). Regiones cafetaleras de Veracruz: Aroma de la biodiversidad. Xalapa, Veracruz, 17 p.

Cachón T., O. (2003). La problemática de la autogestión en pequeños productores cafetaleros en Ixhuatlán del Café, Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, 83 p.

Dávalos S. R., Rodríguez M. M, Martínez P. E. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación, Cap. 16 Almacenamiento de carbono. Instituto de Ecología, México, pp. 223-233

De Foresta (2013). Towards the Assessment of Trees Outside Forests: A Thematic Report Prepared in the Framework of the Global Forest Resources Assessment 2010. 2013. Roma, Italia, 335p.

De la Cruz, B. (2009). Sistemas agroforestales: Ventajas y desventajas. Disponible en: <http://edialogo.ning.com/forum/topics/sistemas-agroforestales>.

De la Ossa, L., A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. Revista Colombiana Cienc. Anim. 5 (1): pp. 171-193.

Elizondo S., A. (2015). Conocimiento campesino de árboles maderables en cafetales diversificados en la zona templada de la sierra de Zongolica. Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales, Xalapa, Veracruz, 123 p.

Escamilla P., E. (2016). Manejo de la poda en los cafetos. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE), Primera edición, Xalapa, Veracruz, 31 p.

Escamilla P., E. y Díaz C., S. (2016). Sistemas de cultivo de café en México. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE), Primera edición, Xalapa, Veracruz, 61 p.

Escamilla, P. E. (2016). Manejo de la poda en los cafetos. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del café (CENACAFE), Primera edición, Xalapa, Veracruz, 31 p.

Escamilla P., E. (2007). Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Colegio de Posgraduados, Veracruz, México, 267 p.

Escamilla P., E. (2005). El agroecosistema café orgánico en México. Foro Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica, No. 76, 5-16 p.

Espinoza D., W. Krishnamurthy L. Vázquez A., A. Torres R., A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 18(1): pp. 57-70.

Farfán, V. F. (2014). Agroforestería y Sistemas Agroforestales con café. CENICAFE, Caldas, Colombia, 342 p.

Farfán, V. F. (2007). Producción de café en sistemas agroforestales. CENICAFE, Caldas, Colombia, 40 p.

FNC – CENICAFE. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Centro Nacional de Investigación de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia, Boletín Técnico N. 32, 45p.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). Panorama agroalimentario. Café 2016. México, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, 37 p.

FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición, Roma, 111 p

Figueroa, S. (2000). Uso agroecológico actual y potencial de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del sureste de México. Colegio de Posgraduados. México. 35 p.

Giraldo B. y Salinas M. (2009). Aplicación del modelo de sistemas de producción y medios de vida a un casi rural del departamento de Risaralda. Universidad de Caldas, Revista Luna Azul, No. 28, 68-85 p.

Gobierno del Estado de Veracruz. (1998). Ixhuatlán del Café, Enciclopedia municipal Veracruzana. Primera Edición, Xalapa, Veracruz, 289 p.

H. Ayuntamiento Ixhuatlán del Café. (2018). La cafeticultura en Ixhuatlán del Café. (<http://ixhuatlandelcafe.gob.mx/todo-cafe>).

Hernández A., J. (2010). Incidencia de enfermedades foliares del café bajo diversos tipos de sombra y manejo de insumos, en sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 90 p.

IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

INMECAFÉ-NESTLE (1990). El cultivo de café en México. Instituto Mexicano del Café, 248 p.

Instituto de Investigación Forestal Agrícola y Pecuarias (INIFAP). (2013). Requerimientos agroecológicos de cultivos. Jalisco, México, Libro Técnico No. 3, 546 p.

Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). (2017). Informe estadístico 2016-2017. IHCAFE, 72 p.

INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Ixhuatlán del Café, Veracruz, 9 p.

INEGI. (2007). VIII Censo Agrícola Ganadero. INEGI. México, y Sistema Producto Café, 2006. Plan Rector Nacional del Sistema Producto Café. México

INEGI. (2007). Censos agropecuarios, datos interactivos (<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/>).

Jiménez A., H. (2013). Inequidad educativa en Chiapas, un asunto de justicia social. Universidad Autónoma de Chiapas, Foro “Méjico con educación de calidad”, Chiapas, 9 p.

Juárez L., B. (2015). Cafetales mixes de San José El Paraíso, Oaxaca, relaciones sociales y diversidad arbórea. Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales, Xalapa, Veracruz, 152 p.

Leal M., J. (2017). Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas, en los municipios de Cubulco, Granados, Rabinal, Salamá y San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz. Universidad Rafael Landívar, Alta Verapaz, 107 p.

López G., A. (2004). Los cafetales de sombra como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, 80 p.

Lozano, N. G. (2000). Ixhuatlán de San Pedro y del Café, Ensayo histórico de una comunidad, Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales, Universidad Veracruzana, Veracruz, 63 p.

López, L. E., Caamal, C. I. (2009) Los costos de producción del café orgánico del estado de Chiapas y el precio justo en el mercado internacional. Revista Mexicana. De Economía. Agrícola y de los Recursos naturales, Vol 2 No. 1: pp. 175-198.

Masuhara A., Valdés E., Pérez J., Gutiérrez D., Vázquez C., Salcedo E., Juárez M. Merino A. (2015). Carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, Vol. 4, No. 1, pp. 66-93.

Manson R. H., Hernández-Ortiz V., Gallina S. y Mehltreter K. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 348 p.

Martínez M., Evangelista V., Basurto F., Mendoza M., Cruz A. (2007) Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: pp.15-40.

Martínez P. D., Pérez P. E., Partida S. J. G., Escamilla P. E., López G. F. J. (2003). La calidad integral en café. Estrategia para su comercialización. Foro Nacional de Vinculación de Investigación. Chapingo, México. 182 p.

Mena E. V., Andrade H., Navarro C. (2011). Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y bosques secundarios en gradientes altitudinales en Costa Rica. Agroforestería Neotropical, No 1, 12 p.

Montoya G., Soto L., De Jong B., Nelson K., Farias P., Yakctic P. (1995). Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabal del estado de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas, 50 p.

Moguel, P. y Toledo, V. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Centro de Ecología, UNAM, Revista Ciencias No. 34, 12 p.

Moguel, P. y Toledo, V.M. (2004). Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. CONABIO. Biodiversitas 55:1-7.

Toledo, V. M., y Moguel, P. (2012). Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee. *Journal of sustainable agriculture*, 36, pp 353–377.

Nadler C., Meza A. Torres R., Jara M. (2001). Medición de carbono almacenado en los bosques de la reserva nacional Malleco, IX Región, Chile. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile, 13 p.

Niembro R., Vázquez T., Sánchez S. (2010) Árboles de Veracruz, 100 especies para la reforestación estratégica. Centro de Investigaciones Tropicales, 256 p.

Palma, J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 9 (1): pp.1-11.

Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017. Ixhuatlán del Café, Gobierno Municipal 2014-2017, 180 p.

Pulgarín, A. J. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Capítulo 2 Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Caldas, Colombia, CENICAFE, pp. 22-66.

Quezada P., Bolaños T., Pilz M., Munguía H. (2011). Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. Revista Científica La Calera, Vol. 11, No. 17, pp. 41-47.

Ramírez, E. y Calvo, J. (2003). Caracterización de los sistemas agroforestales con café en el área de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera La amistad, Pejibaye de Jiménez, Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas, Vol. 10, No. 37, 6 p.

Robles, B. H. (2011). Los productores de café en México: problemas y ejercicios del presupuesto. Subsidios al campo en México. FUNDAR-Centro de análisis e investigación. México D.F. 63 p.

Román M., Mora S., González C. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México. Revista Avances en Investigación Agropecuaria, 20(2), pp. 53-72.

Ruiz L., Moreno C., Guevara S., Gallardo C. (2016). El uso de los árboles en Jamapa, tradiciones en un territorio deforestado. Revista Madera y Bosques, vol. 22, no. 1, pp. 17-36.

Rivera V. R., Soto P. L., Nuñez C. C., De Jung B., Hernández R. M., Ordóñez D. J. (2013). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuales de selva caducifolia en Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Vol 4, No. 20, pp. 20-30.

Rojas G., De Jong B., Martínez P. y Paz F. (2015) Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests. INRA Science and Impact, 30 p.

SAGARPA. (2007). Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimento (http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html).

SAGARPA. (2015). Carpeta de difusión. Convención Internacional del café, México 2015.

SAGARPA, COFUPRO, CRUO-Chapingo, AMECAFE, INCA Rural. (2011). Plan de innovación de la cafeticultura en el estado de Veracruz. Huatusco, Veracruz, 144 p.

SAGARPA. 2007. Sistema Integral in Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimento (http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html).

Sánchez H. S., Mendoza B. M., García H. R. (2017). Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Vol. 8 (40) pp. 7-17.

Sánchez H. S., Schwentesius R. R. (2015). Diversidad arbórea en cafetales de San Vicente Yogondoy, Pochutla, Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, Revista de Geografía Agrícola, No. 54, pp. 25-34.

Santoyo, C. V. H., Díaz C. S., Rodríguez P. B., Pérez P. J. (1996). Sistema agroindustrial café en México: diagnóstico, problemática y alternativas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De Méx., México. 320 p.

Silva C., Orozco L., Rayment M., Somarriba E. (2013). Conocimiento local sobre los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra en los cacaotales de Waslala, Nicaragua. Revista Agroforestería en las Américas, No. 49, 11p.

Sistema Producto Café. (2006). Plan rector nacional del sistema producto café, México (<http://www.sistemaproductoslp.gob.mx/cafe/index.php>).

Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz (SEFIPLAN). (2016). Cuadernillos municipales: Ixhuatlán del Café. 11p.

Soto P., L. (2008). Diseño de Sistemas Agroforestales para la producción y la conservación. Experiencia y tradición en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal, Chiapas, 97 p.

Soto P. L., Perfecto J. I., Castillo H., Caballero N. J. (2000). Shade effect on coffee production at the northern tzeltal zone of the state of Chiapas, México. Agriculture, Ecosystems and Environment 80(1-2): pp. 61-69.

Solidaridad Network, Plataforma Nacional de Cafés Sostenible-SCAN Guatemala. (2002). Nutrición del cafeto “Nutriendo el cafeto según sus necesidades”. Guatemala, 36 p.

Somarriba, E. (1987). Investigación agroforestal del proyecto UNU/CATIE 1979-1987. Turrialba, CATIE, 130 p.

Sosa, R., Escamilla P. E., Robledo M. D. (2014). Situación actual de los costos de producción de café en México y sus implicaciones financieras. CRUO-UACH, Veracruz, 45 p.

Smithsonian Migratory Bird Center. (2002). Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización de café “Bird Friendly”. Washington, DC, 19 p.

Velasco G. J. (2013). Análisis del agroecosistema café orgánico desde la perspectiva: ambiental, económica y sociocultural del municipio de Chocomán, Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo, Huatusco, Veracruz, 177 p.

Vázquez L. D., Cuevas D., M., Perera E. T., Hernández R. A., Retureta A. A. (2014). Secuestro de carbono en suelo cafetalero con alta pendiente en la Sierra de Santa Marta. Universidad Veracruzana, Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(4) pp. 798-806.

Valencia P., A. (2000). Efecto de las estrategias de producción sobre las condiciones microclimáticas en diferentes agroecosistemas cafetaleros en Ixhuatlán del Café, Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, 133 p.

Villarreyna A., R. (2016). Efecto de los árboles de sombra sobre el rendimiento de los cafetos, basado en perfiles de daño. CATIE-CIRAD, Costa Rica, 35 p.

Villarreyna A., R. (2016). Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. CATIE-CIRAD, Costa Rica, 39 p.

Villarreyna, A., R. (2016). Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto. CATIE-CIRAD, Costa Rica, 36 p.

Villavicencio E., L. (2012). Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 14 p.

Williams, L. G., López, G. A. (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Capítulo 4. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa Instituto de Ecología. México, pp. 55-68.

WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelo. No. 103. FAO, Roma. 130 p.

12. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo por sitio muestreado.



LABORATORIO DE SUELOS CENACAFE

Folio: 17-05-G-165-174

Fecha: 22 de septiembre 2017

Usuario: M.C. Angel Tinoco Proyecto Tesis Sistemas Agroforestales

No. muestras: 10

Tipo de análisis: Completo

Métodos empleados:

pH: Potenciómetro, Relación suelo-agua, 1:2. AS-02, NOM-021-RECNAT-2000

Conductividad eléctrica: Puente de conductividad en suspensión suelo-agua 1:2

Densidad aparente: Método de probeta.

Textura: Hidrómetro de Bouyoucos AS-09, NOM-021-RECNAT-2000

Humedad: Gravimetría AS-05, NOM-021-RECNAT-2000

Materia Orgánica: Walkley y Black AS-07, NOM-021-RECNAT-2000

Nitrógeno: Nitrógeno total por digestado AS-25, NOM-021-RECNAT-2000

Fosforo: Bray-Kurtz 1 (suelos ácidos) AS-11, NOM-021-RECNAT-2000

Fosforo*: Olsen (suelos alcalinos) AS-10, NOM-021-RECNAT-2000.

Potasio: Extracción en acetato de amonio 1.0N, pH 7, Relación 1:20, por espectrofotometría en emisión de flama (Flamómetro), AS-12, NOM-021-RECNAT-2000

Capacidad de intercambio catiónico y bases de cambio: Extracción con acetato de amonio AS-12, NOM-021-RECNAT-2000.

Microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn): Extracción con DTPA AS-14, NOM-021-RECNAT-2000

Acidez y aluminio intercambiables por KCl AS-33, NOM-021-RECNAT-2000

Número Control Interno	Muestra	Productor	Localidad	Municipio	Estado
165	L1	Silvano Dellín Reynoso	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
166	L2	Irma Cantor Solís	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
167	L3	Eugenio Vera	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
168	L4	Martha Solís	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
169	L5	Leonilla Escobar	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
170	L6	Leonardo Dellín Solís	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
171	L7	Felipe Dellín Solís	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
172	L8	Estela Ramos	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
173	L9	Reyes Ramos	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz
174	L10	Raymundo Ramos	Ixcatla	Ixhuatlán Del Café	Veracruz

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	5.30	5.60	4.70	4.00	4.70	4.50	4.20	4.30	4.50	4.60
CE dS m ⁻¹	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Da g/cm ³	1.45	1.17	1.07	1.35	1.52	1.28	1.27	1.29	1.45	1.27
%Arena	50.40	63.48	51.12	47.12	54.76	52.76	62.76	56.04	50.04	39.70
%Arcilla	23.60	2.52	30.52	26.52	26.52	46.88	36.88	33.96	29.96	47.96
%Limo	26.00	14.00	18.36	26.36	18.72	0.36	0.36	10.00	20.00	12.34
Textura	Franco Arenoso	Arenosa	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Arcillo Arenoso
%Humedad	6.56	2.36	7.79	7.26	6.73	7.44	8.51	7.44	5.86	7.08
%MO	5.11	4.98	5.78	6.45	6.05	6.19	5.78	6.86	6.45	5.92
N (ppm)	347.90	2087.40	417.48	487.06	2156.96	3479.00	695.80	208.74	2226.56	278.32
Fosforo (ppm)	8.63	5.06	6.96	13.87	11.72	13.39	7.68	13.39	10.30	63.37
Potasio (ppm)	47.38	80.19	39.81	32.24	87.77	62.53	75.15	44.86	60.00	57.48
CIC (Cmol/ Kg)	43.47	11.86	9.88	39.52	23.71	25.69	9.88	19.76	13.83	3.95
Na (ppm)	13.91	13.16	12.41	14.66	12.16	14.91	12.91	12.66	13.41	13.66
Fe (ppm)	78.70	39.30	17.20	11.40	49.80	14.60	24.00	15.80	16.30	75.40
Cu (ppm)	18.10	6.90	36.00	13.40	131.10	163.20	113.40	23.50	27.10	58.40
Zn (ppm)	0.68	0.28	0.46	0.00	1.18	0.48	0.82	0.08	0.22	0.90
Mn (ppm)	1.20	1.50	1.40	0.40	3.80	0.90	0.90	0.50	0.60	1.90
Ca (Cmol/ Kg)	10.43	6.53	4.54	0.91	5.38	3.51	2.32	1.80	3.68	4.80
Mg (Cmol/ Kg)	1.16	1.49	2.20	0.38	1.63	1.03	0.44	0.83	1.88	1.11
H ⁺ (Cmol/ Kg)	0.09	0.09	0.46	3.00	0.28	1.05	2.01	3.00	0.90	0.46
Al ⁺ (Cmol/ Kg)	0.06	0.03	0.41	2.69	0.16	0.82	1.96	2.75	0.79	0.41

LABORATORIO DE SUELOS CENACAFE




Ing. Ilcent Mariana González Altamirano
Ced. Prof. 10187804

Anexo 2. Galería fotográfica



Café TIERRA LIMPIA,
producto final que
comercializan los
productores de la
UCKAM.



Niña de la comunidad
colectando café en
una parcela de
variedades
susceptible a la roya.



Vista general de un sistema de policultivo tradicional en Ixcatla.



Vista general de un sistema especializado en Ixcatla.



Renovaciones de 1 año de edad sembradas en terrazas continuas.



Proyecto: Tienda de abarrotes Kolping en la comunidad.



Proyecto: Invernadero de anturios Kolping en la comunidad.



Proyecto: Granja avícola Kolping en la comunidad.



Orquídea epífita
encontrada dentro del
cafetal.



Siproeta stelenes
Lepidóptera observada en
los cafetales de Ixcatla.



Hongos abundantes
dentro de los cafetales,
división Basidiomycota.



Aprovechamiento de la madera de los cafetos y árboles de sombra para leña.



Aprovechamiento de frutos de aguacate que forman parte del dosel de sombra.



Aprovechamiento de la madera de los cafetos para la elaboración de artesanías.



Mientras los padres trabajan en la parcela es común ver a los hijos en los cafetales.

Reunión con los productores durante el desarrollo del proyecto.



Parte de los integrantes de la Unión de Cafetaleros Kolping de las Altas Montañas de Veracruz (UCKAM).

“En la medida en que el recuerdo de las acciones colectivas se enlazan con los caprichos de la topografía el espacio se convierte en territorio”

Paul Claval