



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EL SISTEMA DE POLICULTIVO TRADICIONAL DE  
CAFÉ, Y LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES  
ARBOREAS Y ARBUSTIVAS SILVESTRES EN EL  
CAMPANARIO, OAXACA, MÉXICO**

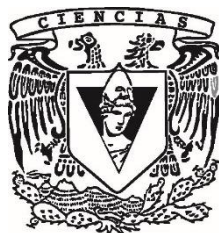
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:**

**MARÍA TERESA HERNÁNDEZ TÉLLEZ**



**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. ANDREA MARTÍNEZ BALLESTÉ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO. 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

1. Datos del alumno.

Hernández  
Téllez  
María Teresa  
5537013204  
Universidad Nacional Autónoma de  
México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
310236427

2. Datos del tutor

Dra.  
Andrea  
Martínez  
Ballesté

3. Propietaria 1

Dra.  
Mariana  
Vallejo  
Ramos

4. Propietario 2

Dr.  
Luis Alberto  
Bernal  
Ramírez

5. Suplente 1

Dr.  
José Juan  
Blancas  
Vázquez

6. Suplente 2

Dr.  
Leonardo Alejandro  
Beltrán  
Rodríguez

3. Datos del trabajo escrito.

El sistema de policultivo tradicional de café, y la conservación de especies arbóreas y arbustivas silvestres en el Campanario, Oaxaca

72p  
2023

*Somos memoria y nuestro superpoder es recordar.*

*Nu koyo. Pueblo húmedo. Mixteco.*

Yásnaya Elena A. Gil  
Manifiestos sobre la diversidad lingüística

## AGRADECIMIENTOS

Terminar este ciclo se veía lejos desde que el doctor Caballero enfermó, sin duda llevar el proceso con él fue un reto, pero sin duda no pensaba dejar todo el tiempo invertido de ambos en una titulación por experiencia laboral. Lo prometido es deuda y me da gusto saber que he saldado ese pendiente. Con cariño le dedico esta tesis.

El día de hoy puedo decir que me siento perfecta del intestino, relajada y lista para salir de la licenciatura, muchas gracias a mis padres y hermana por apoyarme en todo el proceso con paciencia y amor, les juro que antes no me sentía bien. Los quiero.

A mis friends y en particular a Sara, Diego, Fernanda y Ulises, amores de mi universo gracias por estar siempre en nuestros procesos más tristes y felices de toda nuestra juventud universitaria y adultez, el poder de estos lazos lo han podido todo, los quiero inmensamente.

A Diego por ser mi compañero de trabajo y cuidarnos en todo momento en campo.

A mis amigos universitarios por tantos descubrimientos, bailes, risas y libros leídos. Les recuerdo con cariño.

A Rafa, por apoyarme con cariño y amor, además de darme la estabilidad emocional que tanto necesitaba.

A toda la comunidad del Campanario por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación a su lado, fueron momentos realmente inolvidables. Gracias a Braulia López y a Heriberta Pérez por abrirme las puertas de su casa y dejarme dormir en ellas. A Doña Sirila por preparar deliciosos alimentos, a Doña María, Doña Vicky y Doña Otilia por invitarme un taquito. A Don Beto, Don Arturo, Don Reynaldo, Don Lupe, Doña Florencia, Don Eduardo, Don Pedro y a todos sus familiares que apoyaron todas las visitas al campo, en verdad los estimo y admiro.

A mis sinodales Luis Bernal, Leonardo Beltrán, Mariana Vallejo y José Blancas, por tomarse el tiempo de realizar las revisiones de forma cuidadosa y oportuna para que la tesis quedara lo mejor posible. Me siento muy afortunada de su compromiso, atención y gentileza que tuvieron durante mi revisión.

Y agradezco inmensamente a Andrea Martínez por adoptarme con gusto y ser una tutora increíblemente buena, sin su ayuda esta tesis jamás habría tenido sentido. Gracias por acompañarme hasta el final de este proceso, de verdad lo aprecio.

## ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	1
3. MARCO TEÓRICO.....	4
La vida rural y alternativas a la deforestación y la pérdida de la biodiversidad .....	4
El manejo tradicional de los agroecosistemas.....	6
Los sistemas agroforestales de la producción de café.....	8
Historia del café en Oaxaca.....	11
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	15
5. MÉTODOS.....	16
Área de trabajo.....	16
Selección y ubicación de sitios de muestreo.....	17
Caracterización socioecológica.....	19
Muestreo e identificación de cafetales .....	20
Análisis de datos.....	22
Análisis de la relación socioeconómica, ecológica y ambiental.....	24
6. RESULTADOS.....	25
Caracterización socioecológica .....	25
Manejo en los cafetales.....	26
Composición florística de los cafetales.....	29
Estructura ecológica de las comunidad .....	34
Riqueza y diversidad arbórea y arbustiva.....	38
Análisis de la relación entre variables socioeconómicas, manejo y ecológicas de los cafetales del Campanario.....	41
7. DISCUSIÓN.....	46
Caracterización socioecológica y manejo de los cafetales en el Campanario.....	46
Caracterización de la composición y estructura, riqueza y diversidad .....	49
Prácticas de manejo y su variación ambiental con base en el estrato altitudinal.....	53
8. CONCLUSION .....	54
9. ANEXOS.....	56
10. REFERENCIAS.....	60

## **Resumen**

Los sistemas agroforestales de café son sistemas tradicionales manejados altamente complejos. En general cada zona de la república mexicana donde crece el café de altura tiene las mismas condiciones climáticas que le permiten un crecimiento y desarrollo exitoso, sin embargo, en cada una de ellas se realizan dinámicas de manejo totalmente distintas. En la comunidad del Campanario, ubicada en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, gran parte de sus regiones montañosas contienen sistemas de café importantes para sus habitantes por lo que independientemente de su valor productivo al que están comprometidos se decidió estudiar la estructura y composición vegetal de diez parcelas de café, y evaluar factores como altitud, riqueza, diversidad, escolaridad de los propietarios y la presencia de especies vegetales de sombra para conocer los aspectos influyen en el manejo actual del bosque. Se registraron un total de 71 especies diferentes de árboles y arbustos, de las cuales, las familias con mayor frecuencia en el muestreo fueron Fabaceae y Melastomataceae. El índice de riqueza (índice de Mehninick) comprobó que existe mayor riqueza en altitudes menores. Respecto a la diversidad beta fue posible observar diferencias respecto a la altitud, en donde las parcelas más cercanas entre sí tienen un menor valor en el recambio de especies. De acuerdo con la escolaridad se considera que la incorporación de especies de sombra para el desarrollo en el crecimiento de café está relacionada con personas con mayor instrucción formal, en contraste con, los que tienen un menor o nulo nivel educativo, por lo que aspectos sociales como estar inscrito en la escuela formal y sucesos históricos como la implementación de programas de gobierno, permearon la toma de decisiones sobre el uso de estas especies en el bosque del Campanario.

## **Introducción**

La mayor parte de la superficie de México está cubierta por ecosistemas manejados o modificados por el humano, desde las costas hasta las zonas más altas del país, por lo que el estudio de la conservación de la naturaleza actualmente no se limita a las áreas naturales protegidas prístinas sino hace referencia a

ecosistemas manejados por el ser humano que han sido cuidadas y mantenidas por largos periodos de tiempo (Casas, 2023). Las zonas bajo manipulación difieren en su estructura vegetal dependiendo de la intensificación y el propósito, algunos han sido convertidos en zonas de infraestructura industrial, otras en tierras agrícolas productivas (González-Abraham *et al.*, 2015) y en algunas circunstancias han procurado que el terreno tenga cambios menores, dando así, sistemas diversificados como por ejemplo, los de carácter agroforestal. Estos últimos, entendidos como sistemas de manejo dinámicos con una base ecológica, los cuales, a través de la integración de árboles y cultivos agrícolas diversificados, sostienen una pequeña producción para el incremento de beneficios sociales, económicos y ambientales (Torquebiau, 2000), con el propósito de resguardar la vida silvestre y generar servicios ecosistémicos (Jose, 2009).

La complejidad biológica que se desarrolla dentro de los sistemas agroforestales se destaca por la diversidad de elementos que se comparten. En nuestro país, los sitios con zonas manejadas por comunidades han desarrollado a lo largo del tiempo costumbres, necesidades y cosmovisiones (Toledo *et al.*, 2008), generando espacios productivos de alimento, medicina u ornamentos que suelen mantenerse mediante el uso constante, la identidad y la cadena de valor generacional que promueven dentro de la comunidad, evitando así, la escasez de la cubierta vegetal y reduciendo la degradación de la tierra.

Varios autores (Moguel *et al.* 1999; Soto-Pinto *et al.* 2000; Soto Pinto *et al.* 2001; Perfecto *et al.* 2003; Bandeira *et al.* 2005; López-Gómez *et al.* 2018), han estudiado la biodiversidad presente en los sistemas agroforestales con la finalidad de entender la composición florística y el papel de estos sistemas en la conservación de la vegetación original. En este sentido, mediante diversos análisis, se ha confirmado que la conservación de árboles silvestres y domesticados, ayudan considerablemente en la persistencia de la humedad y al equilibrio de la temperatura, además de formar sitios idóneos para el tránsito y hogar de ciertas especies de plantas, hongos y animales que favorecen de forma complementaria el manejo sostenible del ambiente (Lin, 2007).

Los sistemas agroforestales no son específicos ya que depende de los productos y servicios que las regiones ofrecen. En ese sentido, en la comunidad del Campanario, ubicada en la mixteca baja, en el



Municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, México uno de los productos naturales con mayor importancia económica y cultural es el café que específicamente se cultiva bajo sombra, esto es, bajo el dosel junto con especies de plantas cultivadas y nativas del bosque. A pesar de no ser un cultivo nativo, se ha adaptado climáticamente a las diversas altitudes de la Sierra Madre del Sur, hasta formar sistemas agroforestales de café que después de varias generaciones y largos periodos de tiempo han sido convertidos en tradicionales.

Los sistemas cafetaleros de gran escala en México han sido reportados y descritos por Moguel y colaboradores (1999), y existen estudios de caso que se han realizado en los estados de Veracruz (Villavicencio-Enríquez, 2012; López-Gómez *et al.* 2018) y Chiapas (Soto-Pinto *et al.* 2000; Soto-Pinto *et al.* 2001; Perfecto *et al.* 2003; Bandeira *et al.* 2005). En Oaxaca y otros estados, han sido, de igual forma, descritos y estudiados dichos sistemas debido a la gran cantidad de zonas en donde han encontrado cultivos de café (Ventura-Aquino *et al.* 2008; Juárez-López *et al.* 2021), considerándolos parte esencial de los beneficios ecológicos y económicos que han proporcionado a los pobladores, dando un equilibrio ecosistémico real, acorde a las exigencias de distribución de los recursos naturales actuales (Blackman *et al.* 2005; Benton *et al.*, 2016; Bia'ni Madsa' *et al.* 2017; Pascual-Mendoza *et al.*, 2021).

Los cafetales bajo sombra, independientemente de la percepción utilitaria a la cual están comprometidos, han demostrado que ayudan considerablemente a la creación de nuevas metodologías sobre estrategias de conservación para la biodiversidad (Moguel *et al.*, 1999). En el Campanario, se observa que la relación entre los ejidatarios y el ambiente es realmente estrecha, ya que realizan actividades prácticas refinadas con una serie de procedimientos anuales que les permite una cosecha exitosa del fruto del café y otros productos del bosque.

Por lo tanto, el incremento de especies domesticadas junto con la mezcla de especies nativas, dan a la comunidad diversidad en su composición y abundancia en los beneficios ecosistémicos que proveen el cuidado del bosque. La presencia de diversas especies distribuidas en todo el sitio ha generado a través del tiempo conocimientos específicos acerca de su manejo, así como cambios en el paisaje, donde la mayor parte de los árboles domesticados (frutales) se encuentran en zonas con menor altitud mientras que

el resto del espacio conserva a las especies nativas-silvestres con abundancias mayores. Por lo que la diversificación de los cultivos fomenta la permanencia de la composición y estructura del bosque original.

## **Marco teórico**

### ***Los cambios de la vida rural y alternativas a la deforestación y la pérdida de la biodiversidad en México.***

La vida rural mexicana nace de las familias que por generaciones han crecido en los ejidos y comunidades después de la repartición de tierras (Gómez de Silva, 2016). Durante la historia, las comunidades han desarrollado sus propias costumbres mediante la diversidad cultural empleada en el desarrollo de tecnologías para el uso de la vida natural que les rodea (Mejía, 2004).

Los humanos y su interacción con el ambiente crearon y construyeron conocimientos como parte de las necesidades de los humanos y sociedades en actividades rutinarias, y de uso frecuente tal como la producción alimenticia, la búsqueda de nuevos remedios para curar sus enfermedades y la construcción de viviendas para protección del exterior. Cada uno de estos elementos naturales mediante el aprendizaje y el desarrollo tecnológico de cada uno de ellos ayudó considerablemente al entendimiento sobre las temporadas o ciclos en donde suele ser más favorable su uso (Mejía, 2004).

Estos aprendizajes se construyeron a partir de momentos cruciales y completamente adversos, en donde, el encarecimiento y la necesidad de alguno de estos elementos naturales produjo a largo plazo entender procesos específicos refinados que produjeran la supervivencia.

En ese sentido, la lógica de los pueblos originarios consistió en transmitir dichos conocimientos a las siguientes generaciones. Sin embargo, cada generación fue sumando a cada una de estas actividades productivas, influencias agrícolas externas y experiencias campesinas mesoméricas desarrolladas de su interacción diaria (Boege, 2008).

Actualmente los procesos de identidad y herencia que crearon en cada localidad han tenido un enorme parteaguas en los últimos años, ya que después de la revolución verde se produjo la idea sobre la maximización agrícola a través de los monocultivos para cubrir las supuestas demandas alimenticias

nacionales y extranjeras, que trajeron consigo la preferencia de ciertos productos y olvidando la diversidad y el cuidado que tenían a cada una de las especies que habitan a su alrededor (Foley *et al.* 2005).

Este tipo de lógica afectó considerablemente a los sistemas productivos tradicionales y la reducción de uno de los componentes principales de estos espacios: la biodiversidad. Lo que condujo al sacrificio de cada uno de estos conocimientos adquiridos por décadas y costumbres que fueron aprendidas para el bienestar común (Boege, 2008).

En la actualidad a través de diversos estudios se ha comprobado como el uso de estos modelos de cultivo impuestos por la industria han producido la fragmentación de los ecosistemas, afectado la reducción de la cubierta vegetal y el desplazamiento de especies nativas (Ventura-Aquino *et al.* 2008). En el estado de Oaxaca, por ejemplo, han sufrido muchos cambios debido a que las especies con mayor extracción de madera son del género *Pinus* y *Quercus* (Ventura-Aquino *et al.* 2008), provocando déficit en los servicios ecosistémicos como el agua y la humedad. Pero también, en las regiones del sur el Soconusco, México, han observado a través de experimentos en gradientes como entre más fuerte sea la intensificación del territorio, mayor será la pérdida de la biodiversidad y en particular, la de los árboles, aves y hormigas (Perfecto *et al.* 2003). Además de problemas sociales y económicos como la dependencia a ingresos monetarios regulares necesarios para pagar insumos de los monocultivos. (Ribeiro, 2020).

El fenómeno ha sido estudiado demostrando que efectivamente las consecuencias del cambio en el uso del suelo, la intensificación agrícola y otras actividades modifican la cubierta vegetal, reportando cómo la relación entre la biodiversidad y el nivel de intensificación muestra un patrón significativo, donde a mayor desmonte de la cubierta vegetal las poblaciones de animales y plantas nativas suelen disminuir, mientras que por el contrario a menor intensificación y eliminación de la cubierta vegetal la cantidad de especies aumenta considerablemente (Sahagún *et al.* 2018).

Desde hace algunos años iniciativas internacionales para la conservación de la biodiversidad promueven retomar las prácticas tradicionales para el manejo de la naturaleza (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1993) ya que con el paso de los años se han dado cuenta que los procesos de intensificación

traen muchísimos costos ambientales y pocos beneficios a los que trabajan el campo. En ese sentido, las prácticas que promueven el manejo diversificado de los recursos naturales y fomentan flujos económicos locales sostenibles se han vuelto soluciones tangibles sobre el manejo correcto de los ecosistemas (Llano *et al.* 2017)

Por lo que el registro de sistemas agroforestales ha sido una propuesta enormemente considerada para replantear las formas en la que se pueden obtener recursos, reduciendo los cambios drásticos sobre el uso del suelo. Con estas propuestas los sistemas híbridos con funcionalidades agrícolas y de conservación, junto con la dignificación y apropiación de sus propios aprendizajes derivado de sus tradiciones y manejo a lo largo del tiempo (Juárez-López, 2017) abona a las soluciones y a las formas convencionales de producción de alimentos, y evita considerablemente la destrucción de bosque.

### ***El manejo tradicional de los agroecosistemas***

Los sistemas de manejo tradicionales son intervenciones, transformaciones y decisiones sobre los sistemas naturales y artificiales (Casas *et al.* 2007), contienen recursos y servicios ecosistémicos mostrados en unidades paisajistas heterogéneas localizadas en sitios concretos en donde converge la diversidad silvestre y la domesticada, asociada directa o indirectamente con sistemas de producción de alimentos y de materias primas (Casas *et al.*, 2017).

Cada uno de estos sistemas cuenta con una estructura y dinámica visible en poblaciones, comunidades y ecosistemas, según la región y las necesidades de cada sitio. Las decisiones sobre el manejo en los agroecosistemas dependen de la producción y propagación de cada producto, ya que algunos requieren de la simple recolección, mientras que existen otros que utilizan partes que demandan mantenimiento y cuidados para su manejo y supervivencia (Casas, *et al.* 2007). Cuando existen presiones para disponer de algún recurso natural, los humanos tienden a forzar e intensificar su producción y manipulan sus poblaciones provocando cambios en el paisaje, creando diferencias entre la cantidad de nutrientes, humedad, luz, temperatura, competidores, depredadores y polinizadores en ecosistemas o las regiones donde se establecen (Casas *et al.* 2017).

A nivel individual, el manejo de los sistemas agroforestales puede influir considerablemente en los fenotipos y genotipos, al seleccionar individuos con las características deseadas, que a largo plazo podrán tener rasgos heredables y que forman parte de las nuevas variantes (Casas *et al.* 2014).

Estas variantes son utilizadas por las sociedades que forman parte del funcionamiento base de todo el manejo, donde estos aprendizajes y son refinados por largos periodos de tiempo. He incluso durante su uso cotidiano, el manejo forma parte de una costumbre compleja donde la mayoría de los individuos aportan, mejoran, enseñan y lo recrean, volviéndolo parte de su cultura. (Casas *et al.* 2014).

En ese sentido, la composición de sistemas tradicionales en México a pesar de producir ciertos cambios en el paisaje, generando muchos sistemas agroforestales, en donde dependiendo de la región y el tipo de vegetación diversifican los espacios, como es el caso del *tlalcolol*, el *kool*, el metepantle, las chinampas, la milpa-cactácea, el huamil, el *kuojtakiloyan*, el *te'lom*, los cacaotales, el *ekuario* y los solares (Moreno-Calles *et al.* 2013). Estos espacios con aproximaciones sobre el manejo de los recursos y ecosistemas para la construcción de experiencias técnicas y organizativas han dado lugar al cuidado y el mantenimiento, con expresiones sobre la conservación de especies silvestres y domesticadas, sin comprometer la diversidad de especies.

Sin embargo, aunque existe un manejo de los agroecosistemas basado en el cuidado indirecto de la biodiversidad, los cambios mundiales de bosques, tierras agrícolas, vías fluviales y aire están siendo impulsados por la necesidad de proporcionar alimentos, fibras, agua, y refugio a millones de personas. Las tierras de cultivo, los pastos, las plantaciones y áreas urbanas a nivel mundial se han expandido en las últimas décadas, acompañadas de grandes aumentos en el consumo de energía, agua y fertilizantes, junto con pérdidas considerables de biodiversidad (Foley *et al.* 2005).

Por lo tanto, las tierras de regiones locales actualmente están tomando gran importancia, como espacio de producción y conservación de ecosistemas, dirigiendo el manejo hacia el uso de sistemas tradicionales y locales que ayuden a la restauración o recuperación, en ese sentido, procuran de manera local la resiliencia a las pequeñas perturbaciones que pueden ser generadas por el manejo de los ecosistemas (Casas *et al.* 2007) a escalas globales.

### ***Los sistemas agroforestales de producción de café***

Los sistemas agroforestales dedicados a la producción de café se componen de un conjunto de especies nativas e introducidas, suelen ser de tradición moderna o con una larga historia de manejo, en ciertos casos, precolombinos (Krishnamurthy *et al.* 1999), donde el sistema integra, dependiendo de cada sitio, árboles, ganado, pastos o follaje en una misma unidad productiva. En este caso, las plantas perennes leñosas se usan deliberadamente en las mismas unidades de manejo de tierra que los cultivos agrícolas (Mendieta-López *et al.*, 2007), dando lugar a una combinación entre bosque nativo y siembra comercial.

Los sistemas agroforestales a través de la preservación selectiva de componentes forestales o silvícolas, han desarrollado un manejo incipiente mediante prácticas como la tolerancia, el fomento, la protección y la siembra de grupos de plantas y especies particulares (Moreno-Calles *et al.* 2013).

En ese sentido, su adaptación ha sugerido la especulación sobre el origen de los sistemas cafetaleros bajo sombra, de los cuales, Moguel (1999) menciona, que desde su llegada se acoplaron a los sistemas agroforestales nativos. Por lo que en la actualidad es visible ver a los sistemas cafetaleros y cacao funcionando sobre los mismos estratos medios de selvas cálidas húmedas (Quiroz *et al.* 2022).

El café, se cultiva en una gran variedad de entornos, ya que pueden ser localizados desde los 300 msnm hasta los 2000 msnm en áreas que muestran una amplia gama de climas, suelos y tipos de vegetación. La producción más exitosa está entre los 600 y 1200 msnm, en pendientes pronunciadas y en la zona de transición entre ecotonos tropicales y templados (Moguel *et al.*, 1999).

Los sistemas de producción de café se conforman de una amplia variedad de diseños en las plantaciones, las cuales cambian dependiendo de las necesidades productivas de cada sitio y la labor de aprovechamiento por parte de los productores. Las condiciones de siembra en el mundo son muy diversas, sin embargo, hay ciertas tendencias en el manejo y en los espacios destinados al café.

En México se han identificado cinco sistemas de producción de café y se diferencian por su manejo, su composición y su estructura vegetativa. Moguel (1999) los nombraron como: 1) rústico tradicional o de

montaña; 2) policultivo tradicional; 3) policultivo comercial; 4) monocultivo sombreado y 5) monocultivo sin sombra (Figura 1). Pero López-Gómez (2008) habla únicamente de tres sistemas encontrados en el estado de Veracruz: 1) Monocultivo de sombra (MS); 2) Policultivo sencillo (PS); y 3) Policultivo diverso (PD), los cuales por su descripción, se encuentran incluidos en la clasificación de Moguel (1999) y pueden ser únicos en dicho estado.

Las diferencias consisten en la cantidad y tipo de especies que se conservan, sus especificaciones consisten en lo siguiente: El sistema tradicional rústico o de montaña consiste en sustituir las plantas de los bosques por arbustos de café, el sistema elimina los estratos inferiores y mantiene la cubierta original de los árboles. En México, este tipo de manejo puede observarse en áreas relativamente aisladas donde las comunidades indígenas o locales han introducido los arbustos en los bosques nativos. Este sistema presenta un manejo mínimo, sin el uso de productos agroquímicos como pesticidas y herbicidas, y con un rendimiento productivamente bajo (Moguel *et al.* 1999).

El sistema de policultivo tradicional (Moguel *et al.* 1999) o policultivo diverso (López-Gómez *et al.* 2008) es una etapa más avanzada de manipulación del bosque nativo. El café se introduce bajo la cobertura del bosque original, sólo que, en este caso, se cultiva junto con numerosas especies de plantas útiles, formando un complejo de especies nativas e introducidas, favoreciendo y eliminando ciertas especies de árboles. El resultado es un “jardín de café” con una gran variedad de especies de árboles, arbustos y herbáceas, tanto silvestres como domesticadas (Moguel *et al.* 1999).

El sistema de policultivo comercial (Moguel *et al.* 1999). o policultivo sencillo (López-Gómez *et al.* 2008) se basa en la eliminación completa de los árboles nativos del dosel del bosque y la introducción de árboles de sombra apropiados para el cultivo del café. En lugar de los árboles nativos, la cubierta forestal comprende especies de árboles de leguminosas, las cuales tienen la propiedad de agregar nitrógeno al suelo, protegen al suelo de impactos de lluvias y contribuyen a frenar el crecimiento de especies invasoras. También, suelen sembrar ciertas plantas útiles comerciales como: la pimienta (*Piper sp.*), el cedro (*Cedrela odorata*), el caucho, el jinicuil (*Inga sp.*), el colorín (*Erythrina americana*), los cítricos

(*Citrus sp.*), los platanos (*Musa x paradisiaca*) y otros cultivos comerciales. Este sistema tiene un mejor rendimiento para la producción de café ya que hacen uso de productos agroquímicos con cierta frecuencia (Moguel *et al.* 1999).

El sistema de monocultivo sombreado tiene árboles del género Inga, los cuales proporcionan sombra a los arbustos de café. El resultado es una plantación de café monoespecífica debajo de un dosel seleccionado. El uso de agroquímicos es obligatorio, y la unidad de producción se centra en generar productos orientados al mercado (Moguel *et al.* 1999).

Por último, el sistema de monocultivo sin sombra no tiene ninguna cubierta arbolada, y los arbustos de café están expuestos a la luz directa. Este manejo representa un sistema agrícola y pierde el carácter agroforestal o silvopastoril, por lo que esta condición fomenta el uso de altos insumos de fertilizantes químicos y pesticidas, maquinaria y fuerza de trabajo intensiva durante todo el ciclo anual. En este sistema se obtiene el mayor rendimiento en la producción de café (Moguel *et al.* 1999).

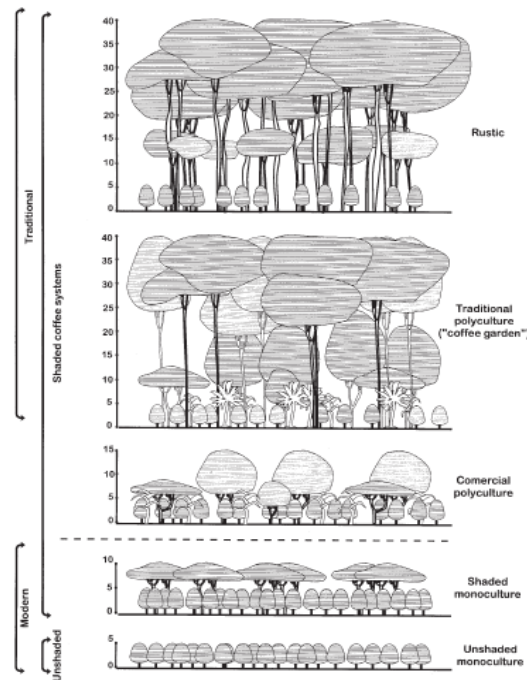


Figura 1. Los cinco sistemas de producción de café en México (Moguel y Toledo, 1999).



Según Moguel y colaboradores (1999) para 1991, un total de 850,000 ha se dedicaban al cultivo de café en México, y al menos el 70% de los productores trabajaban en explotaciones de menos de 2 ha. Su producción al abarcar gran parte del territorio promovió el mercado local e internacional, por lo que se importó cierta cantidad del producto a otros países. Por lo tanto, con el paso de los años se modificaron los sistemas de café y algunos generaron una tendencia de transformación de sistemas rústicos a monocultivos con el fin de adecuarse mejor al mercado. Por el contrario, sitios donde se implementó la siembra del café, los productores decidieron diversificar sus parcelas con el fin de obtener más de un producto, para mejorar la diversidad y la capacidad de recuperación de su sistema agroforestal plantado y cosechado selectivamente, para proporcionar una producción continua de alimentos y otros productos básicos funcionales.

### ***Historia del café en Oaxaca***

Los primeros registros de la planta de café al estado de Oaxaca fueron reportados a finales del siglo XIX, y se debieron a la crisis en la producción de la grana cochinilla. Durante esa época, los comerciantes que dedicaban tiempo a la venta del pigmento, por recomendación, se les dio la propuesta de comenzar con la producción de la planta de café. (Rojas, 1964).

El proceso de introducir la planta de café no fue sencilla debido a que el distrito de Miahuatlán donde planeaban introducir las primeras plantas no tenía las condiciones climáticas necesarias, por lo que buscaron una sombra apropiada para el desmonte y la creación de canales, en ese tiempo mencionaban que: *“el lugar debía caer, en medio, entre la sierra y la costa, con clima templado húmedo (sitio donde ya no crecen oyameles, ni ocotales pero tampoco cocotales) terrenos de guarumbos y cuajinicules, armadillos y caudas”* (Rojas, 1964).

El distrito de Miahuatlán, Oaxaca sitio de la producción de la grana cochinilla, no tenía tierras de calidad que propiciara el crecimiento de la planta sino pequeñas porciones que limitaban con los distritos de Pochutla y Juquila, por lo que se realizaron algunos arreglos con propietarios de terrenos alledaños para

poder realizar la primera siembra de café en la zona. Fue en ese entonces, cuando los primeros cultivos fueron establecidos en el cerro de la Pluma, perteneciente al distrito de Pochutla, Oaxaca (Rojas, 1964). Con el tiempo, el cultivo del café fue considerado un bien para la nación creando tres zonas cafetaleras de suma importancia en el estado y generando una nueva fuente de ingresos para los productores. Se zonificó dependiendo de las condiciones climáticas que favorecieran el crecimiento de la planta, estas fueron: 1) Pochutla, Miahuatlán, Juquila y parte de Jamiltepec; 2) Ixtlán, Choapan, Villa Alta, Distrito Mixe, Tehuantepec, Juchitán y Tuxtepec; y 3) Tlaxiaco y los pueblos de la Mixteca Alta (Figura 2).

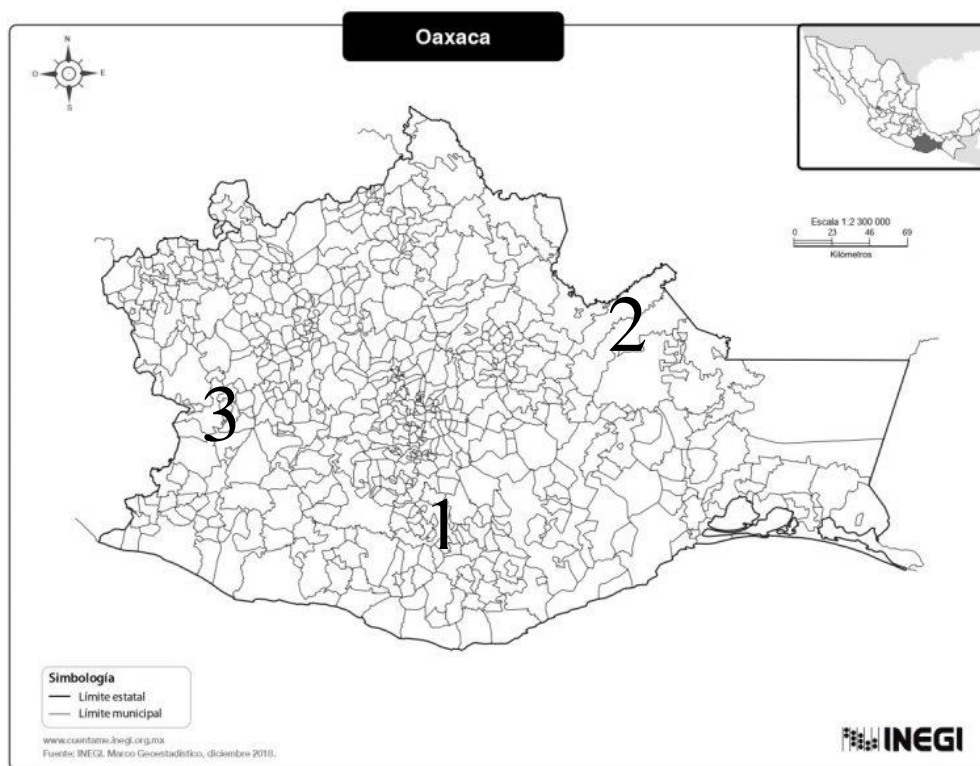


Figura 2. 1) Pochutla, Miahuatlán, Juquila y parte de Jamiltepec; 2) Ixtlán, Choapan, Villa Alta, Distrito Mixe, Tehuantepec, Juchitán y Tuxtepec; y 3) Tlaxiaco y los pueblos de la Mixteca Alta. (Basilio Rojas, 1964). Mapa: INEGI, 2018.

Debido al éxito de café, el 30 de diciembre de 1958 se creó el Instituto Mexicano del café INMECAFE (Rojas, 1964) órgano encargado en gestionar la producción de café en México a nivel internacional, nacional y local. Su creación, por consiguiente, provocó uno de los procesos que marcarían considerablemente el paisaje natural en México. Durante ese tiempo, la producción de cultivos estaba

estrechamente asociada con la conducta económica del mercado internacional, desplazaron la producción tradicional de cacao y tabaco (Early, 1982; Nestel 1995); y promovieron patrones de sistemas sombreados con una sola especie (*Inga sp.*) o sin sombra.

El aumento en la producción sustituyó otros sistemas agrícolas y en muchos casos se redujeron los bosques nativos sin ningún grado de perturbación, lo cual generó la maximización, y el aprovechamiento de las tierras, y por lo tanto, introdujeron innovaciones tecnológicas para aumentar los rendimientos productivos de la planta (Nestel, 1995).

El cambio en el uso de suelo y de los paisajes fue masificado, todo a partir del control jerarquizado de la Organización Internacional del Café (OIC) y el Instituto Mexicano de Café (INMECAFE), lo cual creó al menos, un ingreso mayor a los productores y ayudó a la movilización del producto (Nestel, 1995).

Con el tiempo, estos órganos perdieron fuerza y empezó el abandono, primero hacia los locatarios y como consecuencia a las parcelas de café, dejaron a los productores con excedentes de café sin tener ningún respaldo o mercado disponible para su distribución. Al poco tiempo, llegaron a la quiebra y fue en ese instante, que los locatarios tomaron decisiones importantes para el manejo de sus parcelas.

Los primeros cambios que fueron hechos en las parcelas consistieron en la diversificación de especies en el terreno, incluyeron árboles frutales comestibles y árboles con flores para la producción de miel, y en los peores casos abandonaron las parcelas. En el Campanario, se creó una cooperativa llamada “21 de septiembre” donde los productores hacían aportaciones de café para su venta a externos interesados.

Algunos se independizaron y comenzaron su negocio propio, llevando el café a las poblaciones locales del centro de Putla y otros llegaron a la Ciudad de Oaxaca y a la Ciudad de México.

Hoy en día, comercializan el café y otros productos de forma local y familiar. Las variedades antiguas se conservan y evitan la proliferación de plantas propuestas por la industria. El manejo actual demuestra su poder como reservorio natural de especies criollas y silvestres en la zona.

## Justificación

Los sistemas agroforestales mexicanos debido a su orografía, diversidad de la vegetación y manejo local de sus integrantes se han reportado una gran cantidad de tipos y formas, en donde a partir de las cosmovisiones e ideas se han construido a través de generaciones sistemas productivos con amplios beneficios, evitando la deforestación y la pérdida de la biodiversidad.

En los últimos años se han reportado estudios descriptivos de los sistemas agroforestales que representan específicamente actividades que pueden ser de carácter útil a corto y mediano plazo, y pueden incidir más allá de un bien local. Los sistemas de café han sido ampliamente estudiados desde temas históricos como lo relata Rojas (1964) y Nestel (1995), hasta una perspectiva descriptiva como lo hizo Moguel y colaboradores (1999), López-Gómez (2008) y García-Mayoral (2015) en donde describen los tipos de cafetales del país, y estos dos últimos, en cómo es la estructura y diversidad de las fincas en Veracruz. En ese sentido, en la actualidad, se ha intentado abarcar zonas cafetaleras del estado de Oaxaca que aún no han sido descritas, en temas sobre su beneficio desde la variación florística de otras especies que promueven dentro de los sistemas (Bandeira *et al.* 2005) hasta cómo es el uso y la conservación de los recursos forestales afecta la riqueza y la abundancia de las especies que cohabitan la zona (Ventura-Aquino *et al.* 2008). Estos últimos dos han ayudado a entender mejor los sistemas mediante el uso de variables económicas y sociales, lo cual también determina aspectos importantes sobre el manejo.

En ese sentido el motivo de elaborar un proyecto en el Campanario, Putla villa de Guerrero, Oaxaca fue debido al poco conocimiento que existe en estas zonas cafetaleras y en particular a con la finalidad de conocer mejor esta zona cafetalera de la cual no había registros en temas de composición y estructura de árboles y arbustos, y como se relaciona con su gradiente altitudinal, manejo y actividades que los ejidatarios de la mixteca baja realizan sobre sus tierras cafetaleras.

### ***Pregunta de investigación***

¿Cómo es el manejo y la caracterización ecológica de los árboles y arbustos de los cafetales bajo sombra del Campanario, Municipio Putla Villa de Guerrero, Oaxaca?

### ***Objetivo general***

Describir la estructura y composición ecológica de los cafetales a partir de la variación del manejo y la distribución altitudinal de los cafetales en la región montañosa del Campanario.

### ***Objetivos particulares***

- Realizar una caracterización socioecológica sobre información y manejo de las productoras y los productores cafetaleros.
- Caracterizar la estructura, composición y diversidad florística del estrato arbóreo y arbustivo de los cafetales del Campanario.
- Describir la relación de las prácticas de manejo de los cafetales y su variación ambiental con base en el estrato altitudinal.

### ***Hipótesis***

La estructura y composición de los árboles y arbustos que forman parte de los cafetales pueden tener diferencias entre ellos dependiendo el manejo de cada propietario y su ubicación.

# Métodos

## *Área de estudio*

El proyecto de investigación fue realizado en la comunidad del Campanario, perteneciente al Ejido de Putla Villa de Guerrero Oaxaca, cuyas coordenadas son 16°45' y 17°13' de latitud norte 97°43' y 98°07' de longitud oeste (Figura 3). El municipio de Putla Villa de Guerrero geográficamente se encuentra ubicado en la Sierra Madre del Sur y está dividido en dos áreas; la principal colindante al norte con los municipios de Santiago Juxtlahuaca y San Martín Itunyoso, al este con los municipios de Heróica Ciudad de Tlaxiaco, Santo Tomás Ocotepec, Santa María Yucuhiti, Santiago Nuyooó y Santa Lucía Monteverde, al sur con Santa Lucía Monteverde, San Andrés Cabecera Nueva y Mesones Hidalgo, Constanca del Rosario, Santiago Juxtlahuaca y el estado de Guerrero. La fracción restante colinda al norte y oeste con el municipio de San Andrés Cabecera Nueva, al este y al sur con los municipios de San Andrés Cabecera Nueva y Santa Cruz Itundujia. (Figura 3) (INEGI, 2010).

En Putla Villa de Guerrero Oaxaca se pueden encontrar altitudes de 400 a 2800 m, con temperaturas de 12-26° C y un rango de precipitación de 1 000 – 3 000mm. El clima durante todo el año y dependiendo de la precipitación y la temperatura es semicálido subhúmedo con lluvias en el verano en un 37.68%, cálido subhúmedo con lluvias en verano en un 31.82%, templado subhúmedo con lluvias en el verano (15.29%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (15.21%) (INEGI, 2010).

Se localiza en la cuenca del río Atoyac y el río Ometepec o Grande y forma parte de la región hidrológica a la cual pertenecen es a la Costa Chica-Río Verde (96.83%) y Balsas en un 3.17% (INEGI, 2010).

La vegetación predominante en la zona es bosque de coníferas (50.99%), sabana (11.87%), pastizal inducido (6.61%) y selva caducifolia y subcaducifolia (2.16%), y el uso de suelo es para la agricultura en un 25.56%, el pastizal cultivado 1.02% y la zona urbana en un 1.02%. (INEGI, 2010).

La población total de Putla Villa de Guerrero Oaxaca en 2020 fue de 34, 652 habitantes, siendo 53.3% mujeres y 46.7% hombres. En comparación con el 2010, la población en Putla Villa de Guerrero creció un 8.64%. Los idiomas más hablados son Triqui (5,394 habitantes), Mixteco (2,236) y Zapoteco (38

habitantes). El nivel de escolaridad de la población fue primaria (35.5%), secundaria (26.4%) y, preparatoria y bachillerato general (21.5%) personas (Censo de Población y Vivienda, 2020). Y las ocupaciones con más trabajadores durante el segundo trimestre 2023 fueron trabajadores en cultivo de maíz y/o frijol (504k), trabajadores de apoyo a actividades agrícolas (312k) y comerciantes en establecimiento (197k) (Data Mexico, 2020).

En el Campanario han tenido injerencia varias instancias de gobierno entre ellas el INECAFE (Rojas, 1964).

*Figura 3. Ubicación del ejido del Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca*



### *Selección y ubicación de sitios de muestreo*

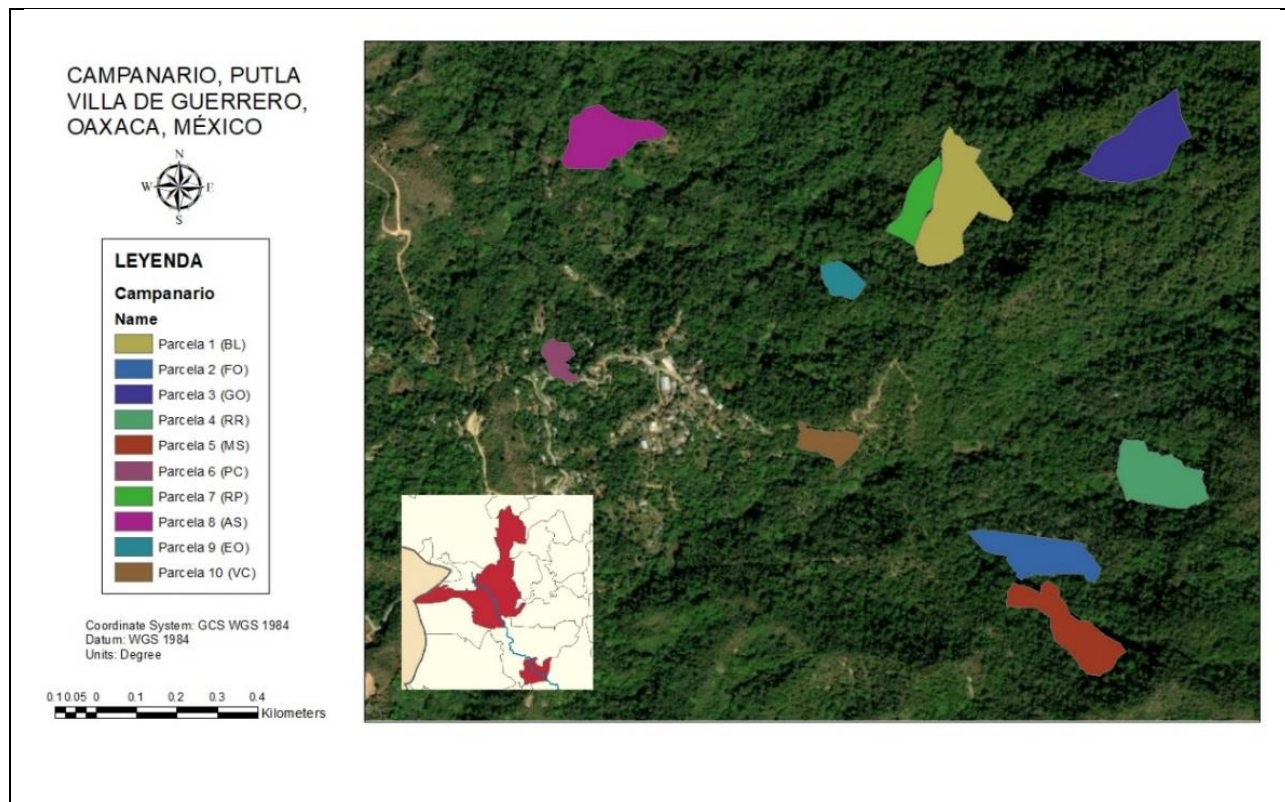
La selección del sitio de muestreo fue dada en el Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca en un muestreo dirigido hacia esa localidad cafetalera.

El permiso para trabajar en determinados cafetales se obtuvo en una asamblea ejidal con propietarios de parcelas cafetaleras en el Campanario quienes accedieron a dar información y a facilitar el trabajo en sus predios.

La selección de las 10 parcelas de café fue a partir de una selección a mano alzada donde de forma voluntaria por parte de los ejidatarios decidieron cooperar en el muestreo. Las únicas características puntuales es que fueran dueños de las parcelas y que permitieran el acceso a los espacios de trabajo.

La ubicación, la forma y extensión de cada parcela (Figura 4) se obtuvo mediante coordenadas geográficas en varios puntos de la parcela mediante un Garmin GPS modelo eTrex 20. Dichas coordenadas se plasmaron en un mapa realizado en ArcMap para obtener la información necesaria de su estado geográfico.

*Figura 4. Mapa de la ubicación y delimitación de las parcelas de café muestreadas en el Campanario con el nombre de los dueños correspondiente.*



*Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo realizado en 2018.*



### ***Caracterización socioecológica***

La caracterización socioecológica se determinó a través de la construcción de la definición del sujeto de estudio, en este caso: *caficultores del Campanario*, mediante el entendimiento de que cualquier productor es un reflejo de los demás productores existentes en el Campanario. Y desde esta perspectiva, como actores activos que transforman los procesos (Calvillo *et al.* 1996). La unidad de análisis, que se utiliza en este trabajo, son las parcelas de café compuestas por los árboles y arbustos que se ven afectadas por procesos que determinan los caficultores y que forman parte de la estructura real del manejo de los cafetales de esa región (Neves *et al.* 2017).

De acuerdo con las condiciones del sitio de trabajo se decidió comenzar por el uso de una metodología llamada “*observación participante*” donde el investigador se compromete a visualizar las dinámicas sociales y naturales ocurridas en la comunidad donde se desarrolla el estudio en situaciones ordinarias, observando de forma cautelosa y externa información sobre procesos que ayudan a entender mejor los mecanismos reales de las comunidades (Sánchez *et al.* 2008).

En ese sentido, para complementar de manera adecuada la caracterización socioecológica única del Campanario, se realizó una *entrevista semiestructurada* a 16 personas que fueran productoras de café, lo que incluye únicamente a personas dedicadas a la siembra y cosecha del café, de las cuales 10 eran dueñas de las parcelas muestreadas. La entrevista se utilizó como un instrumento de valor para la recolección de información, y se formuló en dirección de la investigación. Se utilizó un formato semiestructurado (Vela-Peón, 2008) con la finalidad de que se incluyeran relatos de experiencias en caso de que los productores quisieran dar más información para la investigación (Hernández-Sampieri *et al.* 2010). Los temas generales de la entrevista fueron: datos personales del productor como su edad, el grado escolar que tenía, la ocupación y el tipo de idioma que hablaba. Posteriormente se realizaron preguntas referentes a los datos del terreno y el manejo, sobre todo los tipos de árboles que se encuentran en sus parcelas, cuáles eran sus temporadas en el mantenimiento y qué tipo de plantas había introducido en su terreno. Para finalizar se recabó información adicional sobre sus jornadas de trabajo, datos históricos, plagas y enfermedades (Anexo 2).

## ***Muestreo e identificación de los cafetales***

### *Colectas e identificación*

Se realizaron caminatas botánicas (Aguilar *et al.* 1994) acompañadas de los dueños de las parcelas para el reconocimiento y recolección de especímenes arbóreos y arbustivos que crecen en los cafetales. Las colectas realizadas se prensaron y se secaron para su identificación. Las prensas utilizaron cartón y periódico, además de sesiones al sol para evitar, hongos y bacterias.

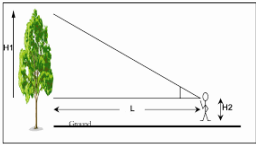

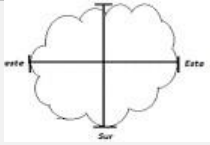
Las colectas fueron identificadas con ayuda de la Dra. Susana Valencia Ávalos, el M. en C. Ramiro Cruz Durán y el Biól. Jesús Ricardo de Santiago Gómez de la Facultad de Ciencias UNAM. Además de consultar claves taxonómicas, el catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas de Maximino Martínez (1994), la base de datos abiertos del herbario del IB-UNAM y verificar algunas especies en el MEXU IB-UNAM.

### *Composición y estructura de los cafetales*

La vegetación arbórea y arbustiva al interior de cada parcela (n=10) fue muestreada tres veces (tres transectos al azar en cada una de las 10 parcelas) en los años 2018 y 2019, esto de acuerdo con el Manual y procedimiento para el muestreo de campo de la CONAFOR (2011). El diseño experimental más eficiente para un muestreo representativo de densidad y cobertura es utilizando una línea de Canfield o transecto para establecer áreas de muestreo con una superficie mínima de 400 m<sup>2</sup> para árboles en selvas y bosques.

Se seleccionaron tres puntos de forma aleatoria en cada parcela, en donde se censaron todas las especies arbustivas y arbóreas a lo largo de una línea de Canfield. Las medidas de la línea fueron de 100m, con una línea perpendicular de 4m, para generar con ello, un rectángulo de muestreo de 400m<sup>2</sup> (Figura 5). Se prefirió una forma rectangular con el fin de abarcar la transición de los distintos tipos de vegetación (Krebs, 1989). Para árbol y arbusto censado en tres réplicas de línea de Canfield se tomaron datos estructurales de cobertura de copa, altura y diámetro a la altura del pecho, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de los atributos utilizados para la medición de la estructura del componente arbóreo y arbustivo de los cafetales.

Variable	Descripción	
<b>Altura</b>	La altura de cada árbol se midió mediante el uso de un hipsómetro calibrado a 10m de distancia de la base del árbol y en línea recta hasta llegar hasta la altura total del árbol.	
<b>Diámetro a la altura del pecho</b>	El DAP, se mide a la altura del pecho de la persona, normalmente 1.30m. Para árboles más jóvenes con altura menor a eso, se toma la medida de la base del tronco o dependiendo del tamaño se miden como renuevos.	
<b>Tamaño de copa</b>	Los datos de cobertura de las copas calculado a partir de su medición en dos ejes uno vertical y otro horizontal de forma transversal, de norte a sur y de este a oeste.	



*Figura 5. Fotografía que muestra una línea de Canfield de 100m al interior del cafetal.*

*Foto: Diego Gutiérrez*

El esfuerzo de muestreo y el grado en que representa la composición de especies arbóreas y arbustivas de los cafetales se evaluó mediante una curva de acumulación de especies con el programa EstimateS versión 9.1.0. (2009). (Gráfico 2).

### ***Análisis de los datos***

#### ***Estructura del cafetal***

Para verificar si existían diferencias significativas entre parcelas debido a su ubicación altitudinal en relación con las alturas, coberturas y diámetros a la altura del pecho de los individuos arbóreos y arbustivos se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía o unifactorial. De ser significativa la prueba ANOVA entonces se realizó una prueba *pos hoc* llamada Tukey, la cual tiene la cualidad de demostrar que tratamientos o grupos comparados difieren de los demás. La prueba de Tukey fue calibrada con un nivel de significancia de 0.05.

Así mismo se agrupó en categorías a los individuos muestreados en cada cafetal con base en sus características estructurales (cobertura, altura y diámetro a la altura del pecho) y se representaron gráficamente para comparar las diferencias entre los sitios. La categorización se realizó de tal forma que resumieran los datos obtenidos y se realizaron por cada una de las características estructurales entre dos y tres categorías. Las categorías fueron las siguientes: Cobertura (0-100m<sup>2</sup>, 101-200m<sup>2</sup>, 201-300m<sup>2</sup>), altura (0-17m, 17.1-34m, 34.1-51m) y el diámetro a la altura del pecho DAP (0-35cm, 35.01-100cm).

#### ***Riqueza y diversidad de los cafetales***

Los datos obtenidos del muestreo de vegetación se usaron para calcular las diferencias en cuanto a riqueza de especies por cafetal utilizando el índice de Menhinick; y el componente de equitabilidad mediante índices de diversidad. Alfa de Shannon-Wiener. Finalmente se estimó la diversidad beta usando el índice de Whittaker y el coeficiente de Jaccard.

#### ***Índice de Menhinick***

El índice se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de muestra (Moreno, 2001).

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

S= es número de especies

N=número de individuos

### Índice de Shannon-Wiener

Este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos cuyas probabilidades de ocurrencia son  $p_1 \dots p_S$ )

Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, C., 2001).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie i ( $p_i = n_i/N$ ).

Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña.

### Índice de Whittaker

Describe el nivel de reemplazo de las especies entre una unidad y otra. Se describe mediante la integración de las diversidades gamma y alfa, por lo que se puede calcular como la relación entre las dos (Moreno, 2001).

$$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$$

Donde:

S= Número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gamma).

$\alpha$ = Número promedio de especies en las muestras.

### Coeficiente de Jaccard

El coeficiente de Jaccard expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición (Moreno, 2001).

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a= número de especies presentes en el sitio A

b= número de especies presentes en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B.

### ***Análisis de la relación socioeconómica, ecológica y ambiental***

Las variables socioeconómicas y de manejo de los cafetales establecidas como edad de la parcela, especies sombra, nivel educativo y especies introducidas fueron obtenidas durante la entrevista semiestructurada (Anexo 2) con la finalidad de observar que tipo de variables determinaban el manejo actual del bosque, por lo tanto, se vincularon mediante análisis multivariado de ACP (Análisis de Componentes Principales) y con la información ecológica obtenida de cada parcela como la riqueza y la altitud el comportamiento de los efectos del manejo en la conservación de la diversidad arbórea y arbustiva del sitio de estudio.

De acuerdo con nuestras observaciones esperábamos que existieran diferencias entre la diversidad y riqueza influidas por los años que llevan laborando en la parcela y por su ubicación altitudinal en la zona montañosa.

Mediante análisis de regresión lineal con la paquetería de análisis de datos Microsoft Excel (2013), se probó si existía algún efecto de la ubicación altitudinal sobre los cafetales y la edad que tiene las parcelas de manejarse como cafetales con sus índices de riqueza y biodiversidad.

Para observar las similitudes de acuerdo con la composición de especies que vinculan el manejo entre una parcela y otra (10 Parcelas), se realizó un Análisis de Correspondencia (AC) en R Studio (Versión 4.2.3.), utilizando los datos de la frecuencia en presencia y ausencia de las especies tomados durante el muestreo.

El Análisis de Componentes Principales PCA, se analizó mediante el programa Past 3.0 (Hammer, 2001) para resumir datos de una matriz a partir de correlaciones producto de un conjunto de variables o componentes no relacionados. (Crisci, *et al.* 1983). El análisis trata de hallar los componentes (factores) que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total. El PCA se utilizó para analizar cómo las variables socioeconómicas (nivel educativo), de manejo (sembrar arboles de sombra, introducción de especies nuevas y edad de los cafetales) y ecológicas (índice de Menhinick) explicaban la variación entre los cafetales.

## Resultados

### *Caracterización socioecológica*

De acuerdo con las entrevistas se logró comprender parte del manejo realizado en las parcelas obteniendo datos importantes para la interpretación del funcionamiento de los cafetales. El promedio de edad de los propietarios de los cafetales es de 54.8 años, teniendo la persona más grande 75 años y la persona más joven 38 años. De acuerdo con el número de entrevistados, el 56.25% fueron hombres y el 43.75% mujeres. Los idiomas predominantes son el español y el mixteco. El nivel de escolaridad máximo de las personas entrevistadas es de secundaria, mientras que otros no recibieron una instrucción formal. La ocupación predominante es el campo con un 87.5%, seguido del hogar 37.5%, taxistas con un 12.5% y carpintería únicamente el 6.25%.

El uso de las tierras en esta zona es agroforestal enfocado a la producción de café, visible en las parcelas del ejido. Además, existen algunos ejidatarios que se dedican a la producción de miel con *Apis melífera*, proveniente de programas sociales. En la zona de agricultura de la localidad existen cultivos de maíz y frijol, producido para la venta local y consumo personal. Y en los traspatios de las viviendas se encuentran pequeñas producciones ganaderas de tipo avícola, porcina y caprina.

El Campanario actual fortalece su producción de café mediante la presencia de programas de gobierno, distribución y venta de café por medio de la cooperativa 21 de septiembre, compra de café por intermediarios y venta directa a locatarios.

De acuerdo con la selección de las parcelas a muestrear se obtuvieron datos más específicos del terreno como el tamaño de los cafetales por productor, su ubicación y altitud, los cuales se visualizan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Datos de los productores y parcelas seleccionadas para el muestreo de los árboles y arbustos de la zona.

NOMBRE	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	ALTITUD	AÑOS DE MANEJO*	TAMAÑO DE LA PARCELA
Parcela 1	97° 53' 20" W 17° 1' 38.6" N	960 m	30 años	3.652 ha
Parcela 2	97° 53' 15" W 17° 1' 13.3" N	964 m	25 años	0.079 ha
Parcela 3	97° 53' 4.7" W 17° 1' 46" N	1076 m	50 años	3.073 ha
Parcela 4	97° 53' 5.7" W 17° 1' 19.2" N	1041 m	20 años	2.448 ha
Parcela 5	97° 53' 9.9" W 17° 1' 6.5" N	1034 m	40 años	2.29 ha
Parcela 6	97° 53' 51.7" W 17° 1' 28.6" N	853 m	40 años	0.544 ha
Parcela 7	97° 53' 22.9" W 17° 1' 40.6" N	931 m	25 años	1.143 ha
Parcela 8	97° 53' 49.9" W 17° 1' 45.2" N	817 m	18 años	2.23 ha
Parcela 9	97° 53' 29.4" W 17° 1' 35" N	916 m	60 años	0.668 ha
Parcela 10	97° 53' 29.3" W 17° 1' 21.1" N	913 m	35 años	0.891 ha

\*Los años de manejo mostrados se refieren al tiempo total de manejo incluyendo dueños pasados.

### *Manejo en los cafetales*

Los sistemas de café tienen un promedio aproximado de 31 años de manejo. Están compuestos por un conjunto complejo de arbustos de café dentro de un bosque nativo con una mezcla de árboles cultivados que sirven como alimento y sombra. Los árboles silvestres y domesticados que identifican los lugareños se encuentran enlistados en la Tabla 3.

La producción es anual y es posible encontrar variedades de café en la zona como mondonovo, caturra, garnica, borbón, criollo y a últimas fechas oro azteca. Todas ellas durante al menos cuatro veces al año tienen actividades de mantenimiento en las parcelas. El ciclo comienza en el mes de mayo cuando los dueños se dirigen a sus terrenos con el fin de eliminar algunas plantas y arbustos del sotobosque, y despejar la zona dejando únicamente a las especies que les proporcionan algún beneficio o que consideran



importantes. En los meses de junio y julio se siembran las plantas de café que se beneficiarán de las lluvias, aumentando su probabilidad de supervivencia. En el mes de septiembre los dueños vuelven a los terrenos con el fin de realizar una segunda eliminación de las plantas del sotobosque que crecieron durante la temporada de lluvias (chaponeo). En este momento es cuando seleccionan los árboles y arbustos que permitirán crecer en su cafetal. La cosecha de café se realiza durante noviembre, diciembre y enero. Cada mata de café se cosecha a lo largo de los tres meses para dar tiempo a que todos los frutos de las plantas maduren y puedan ser aprovechados. El ciclo concluye los meses de febrero y abril en donde se realiza la poda de arbustos de café que no son viables realizando dos tipos de poda, la de “*cariño*” enfocada en quitar ramas y hojas secas; y la de “*recepta*”, la cual se basa en la realización de un corte en el tronco principal dejando 30 cm a partir del suelo, con el fin de generar un nuevo rebrote (Figura 6).

Los demás árboles frutales que cultivan dentro del cafetal se encuentran dando frutos durante todo el año a excepción del mango que únicamente se produce en primavera. Su cosecha ocurre cuando suben a realizar alguna actividad de mantenimiento al cafetal o bien, cuando pasan a vigilar el estado de su parcela.



Figura 6. Las diferentes actividades de manejo que se realizan a lo largo de un año. A) Recepa y Poda de las matas de café B) Chaponeo de la vegetación que afecta al café. C) Siembra de nuevos individuos de café D) Cosecha de los frutos de café. Elaboración propia.

El perfil de un cafetal del Campanario está compuesto por árboles silvestres que son nativos de la zona, árboles frutales introducidos y domesticados para su consumo local, arbustos silvestres de crecimiento secundario de tamaños parecidos a los árboles y los arbustos de café.

En ese sentido todo el sotobosque que crecer es eliminado por los productores, con la finalidad de que no haya competencia por los nutrientes del suelo con los arbustos de café. Por lo que es posible visualizar a un cafetal de Campanario como se muestra en la Figura 7.

El estrato arbóreo está compuesto por especies domesticadas como aguacate (*Persea americana*), guayaba (*Psidium guajava*), limón (*Citrus x limón*), mandarina (*Citrus reticulata*), naranja (*Citrus x auratum*), mango (*Mangifera indica*), guanábana (*Annona sp.*), Cuajinicuiles (*Inga sapindoides* y *Leucaena macrophylla*).

Las especies silvestres que comprenden el estrato arbóreo del Campanario son *Aphelandra* sp, palo verde (*Barleria oenotheroides*), palo de agua (*Saurauia* sp.), árbol de chivato (*Rauwolfia tetraphylla*), *Philodendron* sp., palo de mano (*Oreopanax sanderianus*), *Verbesina mexiae*, palo mulato (*Bursera simaruba*), tachistle (*Hirtella* sp.), colorado (*Clethra mexicana*), tigrillo (*Garcinia intermedia*), tlachicón (*Curatella americana*), palo de fuego (*Bejaria* sp.), hoja ancha (*Alchornea latifolia*), palo flecha (*Sapium lateriflorum*), azulillo (*Haematoxylum brasiletto*), cuajinicuil perico (*Inga laurina*), cuajinicuil 1 (*Inga jinicuil*), cuajinicuil 2 (*Inga vera*), cuajinicuil 3 (*Inga* sp.), cuatololote (*Andira inermis*), frijol rojo (*Erythrina americana*), huachipil (*Diphysa americana*), huapinol (*Hymenaea coubaril*), palo de sangrita (*Pterocarpus officinalis*), tepehuaje (*Lysiloma* sp.), encino amarillo (*Quercus elliptica*), encino blanco (*Quercus glabrescens*), encino rojo (*Quercus crispifolia*), cafecillo (*Casearia javitensis*), *casearia* sp., quebracho (*Casearia corymbosa*), *lacistema aggregatum*, aguacatillo (*Nectandra* sp.), nanche (*Byrsonima crassifolia*), moradillo (*Trichospermum galeottii*), yacua (*Tilia americana*), cedro (*Cedrela odorata*), *Guarea glabra*, *Ardisia compressa*, mala mujer (*Ctenardisia* sp.), pomarosa (*Syzygium jambos*), pino 1 (*Pinus maximinoi*), pino 2 (*Pinus oocarpa*), tuyú (*Myrsine juergensenii*), *Palicourea hoffmannseggiana*, coronollia (*Xylosma* sp.), huela de noche (*Solanum nigrum*) y guarumbo (*Cecropia obtusifolia*).

Las especies arbustivas incluye a todos los capulines como *Clidemia seríceea*, *Miconia schlechtendalii*, *Conostegia xalapensis*, *Miconia* sp., *Miconia ibaguensis*, *Miconia albicans* y *Miconia prasina*.

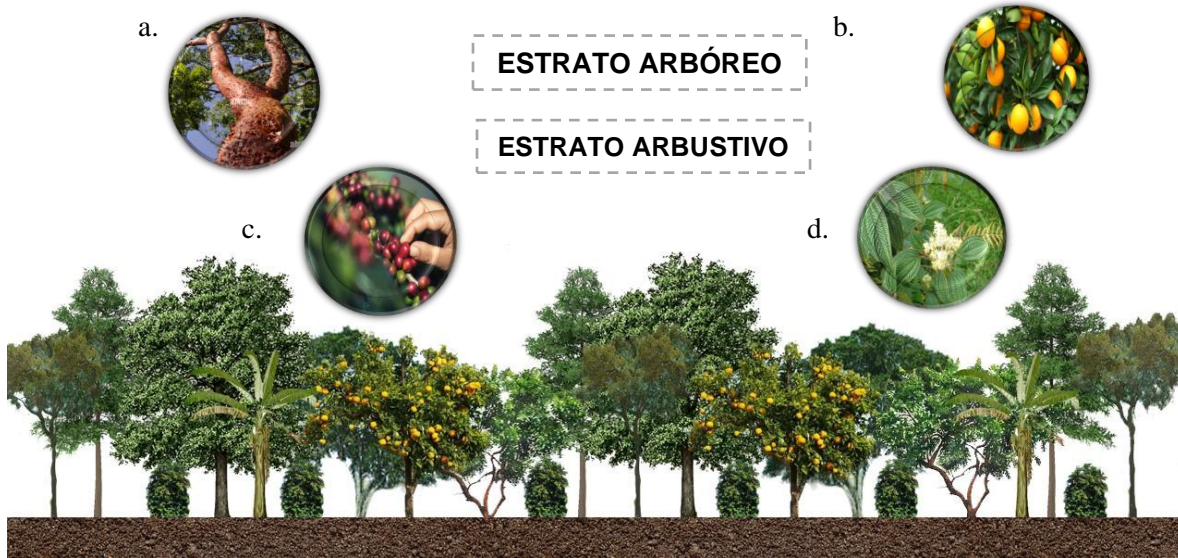


Figura 7. Perfil de un cafetal del Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. Las representaciones muestran: a. especies del trato arbóreo silvestre. b. especies domesticadas del estrato arbóreo. c. estrato arbustivo con café (*Coffea arabica*). d. Especies silvestres del estrato arbustivo. Elaborado en colaboración Arq. Sara Atzimba Hernández para este trabajo.

### **Composición florística en los cafetales**

Con base en las colectas realizadas al interior de los cafetales se encontraron 71 especies diferentes de árboles y arbustos recolectadas en los muestreos y recorridos. Sesenta especies se identificaron mediante el uso de claves botánicas, con la ayuda de investigadores especializados en cada familia botánica y mediante su confirmación comparando con ejemplares pertenecientes al Herbario Nacional “MEXU” del instituto de Biología UNAM. Once especies de las 71 no pudieron ser colectadas debido a la dificultad de obtener una muestra por la altura del árbol o la ausencia de flores y frutos durante las visitas al El Campanario. Nueve de las once especies se pudieron identificar mediante su nombre común, utilizando como referencia el Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas de Maximino Martínez (1994), mientras que dos especies no pudieron identificarse y se le mantuvo como morfoespecies con su nombre común (Tabla 3, Anexo 1).

**Tabla 3.** Composición de especies de árboles y arbustos del Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. La información recabada fue el sufijo, la familia, el nombre común, el científico, autor, silvestre/cultivado y año descrito.

ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Silvestre/ Domesticado
Apsp	Acanthaceae	<i>Aphelandra</i> sp. R. Br.	Desconocido 6	S
Baoe	Acanthaceae	<i>Barleria oenotheroides</i> Dum. Cours.	Palo verde	S
Sasp	Actinidiaceae	<i>Saurauia</i> sp Willd.	Palo de agua	S
Sasp2	Actinidiaceae	<i>Saurauria</i> sp. Willd.	Palo de escopeta	S
Main	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	D
Ansp	Annonaceae	<i>Annona</i> sp L.	Palo de anona	D
Rate	Apocynaceae	<i>Rauwolfia tetraphylla</i> L.	Árbol de chivato	S
Phsp	Araceae	<i>Philodendron</i> sp. Schott	Desconocido 5	S
Orsa	Araliaceae	<i>Oreopanax sanderianus</i> Hemsl.	Palo de mano	S
Veme	Asteraceae	<i>Verbesina mexiae</i> B.L. Turner	Desconocido 7	S
Jami	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	D
Busi	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Palo mulato	S
Hisp	Chrysobalanaceae	<i>Hirtella</i> sp. L.	Tachistle	S
Clme	Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	Colorado	S
Gain	Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	Tigrillo	S
Cuam	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Tlachicón	S
Besp	Ericaceae	<i>Bejaria</i> sp Mutis	Palo de fuego	S
Alla	Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Hoja ancha	S
Sala	Euphorbiaceae	<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	Palo flecha	S
Habr	Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Azulillo	S
Insa	Fabaceae	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	Cuajinicuil de cajón	D
Lema	Fabaceae	<i>Leucaena macrophylla</i> Benth.	Cuajinicuil de casa	D
Inla	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Cuajinicuil perico	S
Inji	Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i> G. Don	Cuajinicuil 1	S
Inve	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	Cuajinicuil 2	S
Insp	Fabaceae	<i>Inga</i> sp Mill.	Cuajinicuil 3	S
Anin	Fabaceae	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Cuatololote	S

ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Silvestre/ Domesticado
Eram	Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Frijol rojo	S
Diam	Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	Huachipil	S
Hyc0	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Huapinol	S
Ptof	Fabaceae	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Palo de sangrita	S
Lysp	Fabaceae	<i>Lysiloma sp.</i> Benth	Tepehuaje	S
Quel	Fagaceae	<i>Quercus elliptica</i> Née	Encino Amarillo	S
Qugl	Fagaceae	<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	Encino blanco	S
Qucr	Fagaceae	<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	Encino rojo	S
Caja	Flacourtiaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Cafecillo	S
Casp	Flacourtiaceae	<i>Casearia sp.</i> Jacq.	Desconocido 3	S
Caco	Flacourtiaceae	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Quebracho	S
Laag	Lacistemaceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	S/N	S
Nesp	Lauraceae	<i>Nectandra sp.</i> Rol. Ex Rottb.	Aguacatillo	S
Peam	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Popenoe	Aguacate	D
Bycr	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nanche	S
Trga	Malvaceae	<i>Trichospermum galeottii</i> (Turcz.) Kostem	Moralillo	S
Dowa	Malvaceae	<i>Dombeya wallichii</i> (Lindl.) Baill.	Reunión de señoritas	D
Time	Malvaceae	<i>Tilia americana</i> L.	Yacua	S
Clse	Melastomataceae	<i>Clidemia sericea</i> D. Don	Capulin 1	S
Misc	Melastomataceae	<i>Miconia schlechtendalii</i> Cogn.	Capulin 2	S
Coxa	Melastomataceae	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC.	Capulin 3	S
Misp	Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i> Ruiz & Pav.	Capulin 4	S
Miib	Melastomataceae	<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	Capulin azul	S
Mial	Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud.	Capulin blanco	S
Micr	Melastomataceae	<i>Miconia crenata</i> (Vahl) Michelang.	Capulin cenizo	S
Mipr	Melastomataceae	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Capulin liso	S
Ceod	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	S
Gugl	Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> Vahl	Desconocido 1	S
Arco	Myrsinaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth.	Desconocido 4	S
Ctsp	Myrsinaceae	<i>Ctenardisia sp.</i> Ducke	Mala mujer	S

ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Silvestre/ Domesticado
Psgu	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	D
Syja	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarosa	S
Pima	Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	Pino 1	S
Pinoo	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i> Martínez	Pino 2	S
Myju	Primulaceae	<i>Myrsine juergensenii</i> (Mez) Ricketson & Pipoly	Tuyú	S
Paho	Rubiaceae	<i>Palicourea hoffmannseggiana</i> (Roem. & Schult.) Borhidi	Desconocido 2	S
Cixli	Rutaceae	<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	Limonero	D
Cire	Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	D
Cixa	Rutaceae	<i>Citrus x aurantium</i> L.	Naranja	D
Xysp	Salicaceae	<i>Xylosma sp.</i> G. Forst.	Coronilla	S
Morfo1	Sin ID	Sin ID	<i>Limoncillo</i>	S
Morfo2	Sin ID	<i>Sin ID</i>	Palo chitle	S
Soni	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	Huele de noche	S
Ceob	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumbo	S

Las 71 especies de árboles y arbustos identificados en los cafetales se agrupan en 35 familias de plantas, destacando la familia de las Fabáceas que representan el 18.30% del total de especies de árboles, seguida por la familia Melastomataceae con un 11.26% de las especies. La mayor proporción de especies corresponden al grupo de las angiospermas (97.18%) mientras que las gimnospermas abarcan solo una pequeña parte del total (2.81%).

La frecuencia con la que fueron contabilizadas las familias botánicas en los cafetales estudiados nos muestra que 21 familias son poco frecuentes y fueron registradas una sola vez, 10 familias fueron contabilizadas dos veces en los transectos y el resto (5 familias) fueron localizadas más de tres veces. (Figura 8).

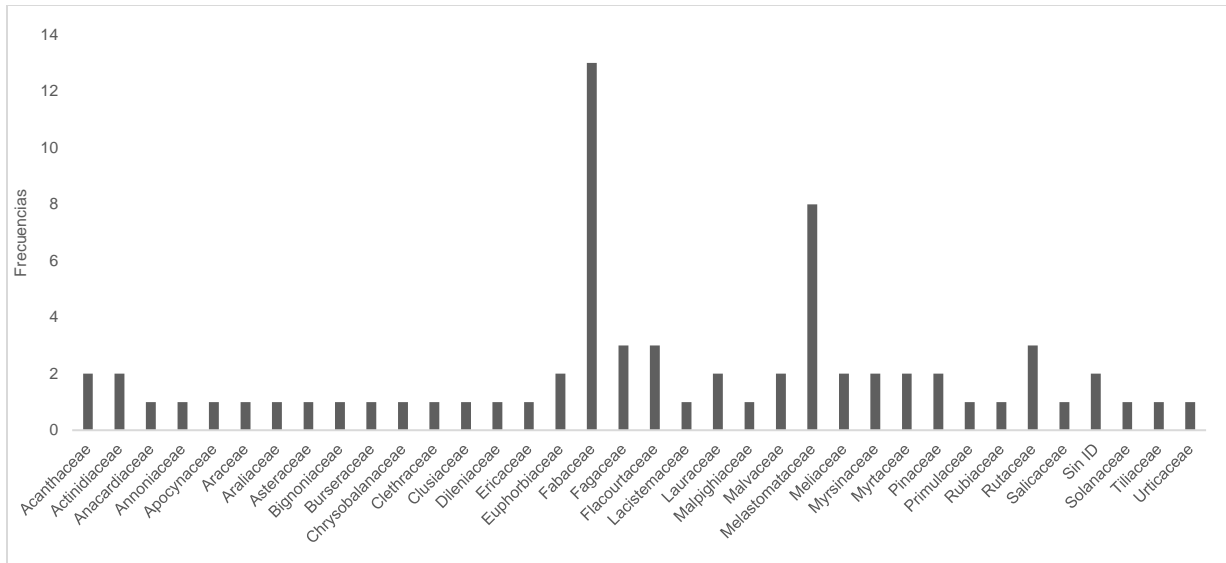


Figura 8. Frecuencia de las familias presentes en el Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

La curva de acumulación de especies (Colwell *et al.* 2004) obtenida del conteo de los individuos arbóreos y arbustivos usando líneas de Candfield en 10 parcelas elegidas (Figura 9) muestra un incremento que no llega a asíntota en su totalidad, debido a los tiempos y temporadas establecidas para la elaboración de los muestreos, por lo que sugiere que de muestrear un mayor número de parcelas aún se pueden encontrar nuevas especies.

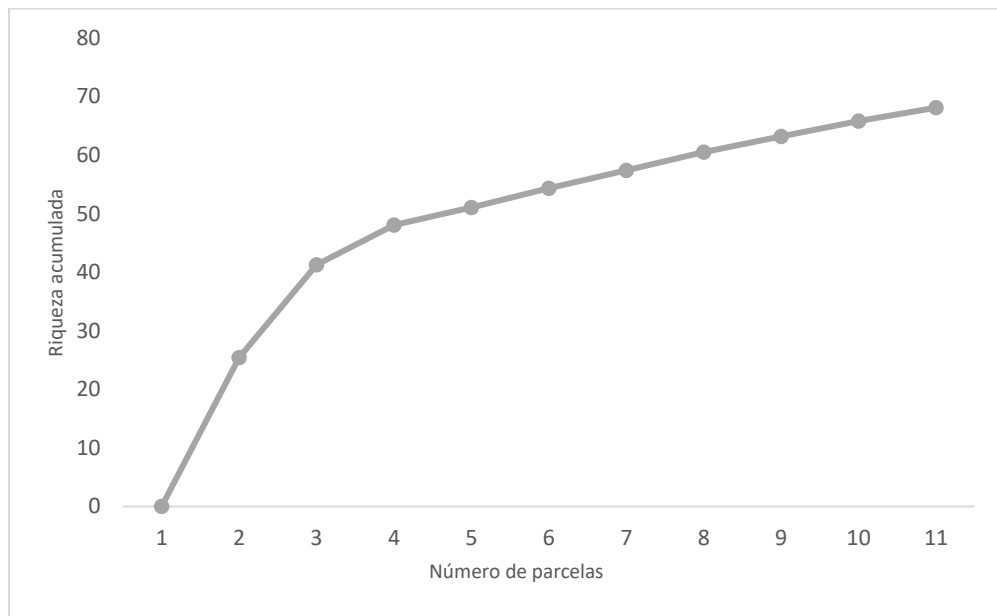


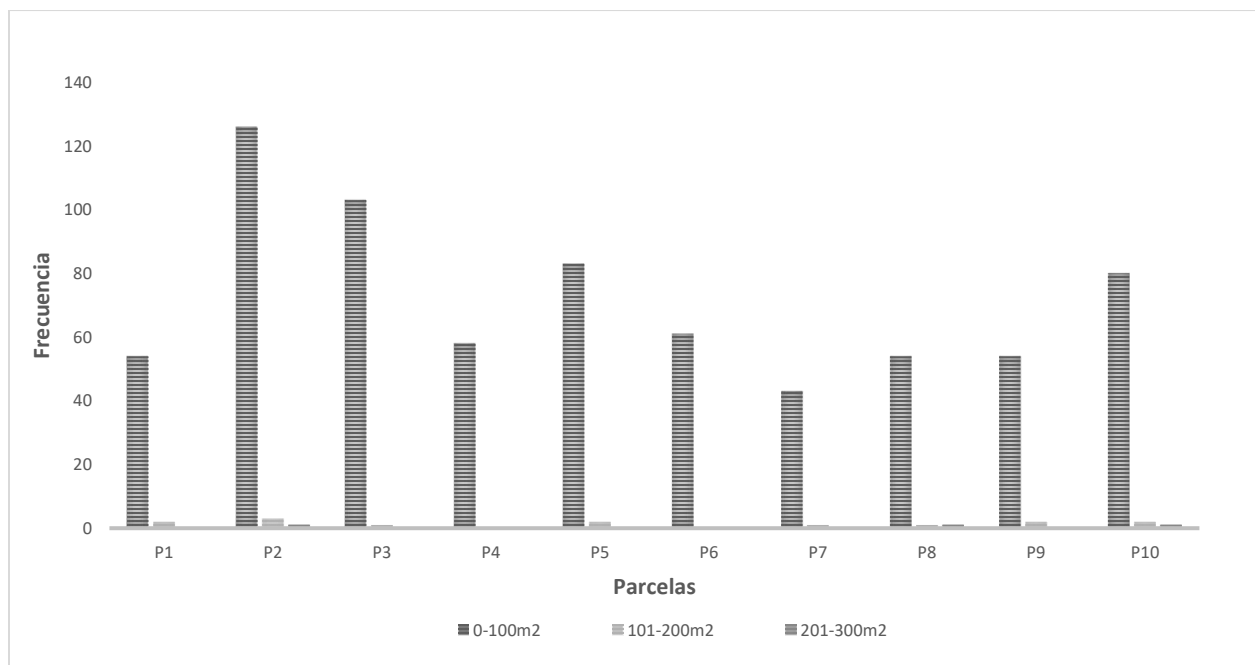
Figura 9. Curva de acumulación de especies arbóreas y arbustivas en las 10 parcelas de muestreo de los cafetales del Campanario. Realizado con el estimador CHAO 1.

## ***Estructura ecológica de la comunidad***

### **Cobertura**

Las distribuciones de frecuencias de clases en cobertura de árboles y arbustos de 10 parcelas de café (figura 10), la clase inicial (0-100m<sup>2</sup>) contiene el mayor número de frecuencias (716) y las especies que tienen una moda mayor en las 10 parcelas fueron *Clethra mexicana* (68) y *Myrsine juergensenii* (37). Las parcelas con más frecuencias fueron la 2 y la 3 con más individuos dentro de sus cafetales.

En el análisis de ANOVA ( $p= 0.06684$ ) se muestra que no tienen diferencias significativas con el resto de las parcelas, por lo que los tamaños de copas son parecidos o iguales en la mayor parte de los individuos de árboles y arbustos del Campanario, sin que alguna otra variable, como la altitud influya.



**Figura 10.** Frecuencias de coberturas de copa en metros cuadrados de las 10 parcelas muestreadas en el Campanario ( $n=732$ )



## Altura

Las distribuciones de las clases en la altura de árboles y arbustos de las 10 parcelas cafetaleras (figura 11), muestran que la mayor parte de los árboles y arbustos del Campanario no rebasan los 20 m, pero dentro de las parcelas son observadas diferencias significativas entre cada una ( $F=3.75$  y  $p= 0.00012$ ). En un inicio, se pensaba que la altura podía estar influida por un gradiente altitudinal, que durante la comprobación de estos datos únicamente las parcelas 3 y 5 seguían con este patrón, sin embargo al revisar el gradiente altitudinal de las parcelas 8, 9 y 10 que tenían árboles de tamaños mayores, no se ajustaban a dicho patrón, por lo que se piensa que el tamaño de los árboles puede estar influido por el tipo de manejo de cada productor ya que durante su muestreo, los conteos con mayor tamaño, se localizaban las especies de mayor tamaño en la zonas más externas de la parcelas, fungiendo como delimitadores entre una parcela y otra.

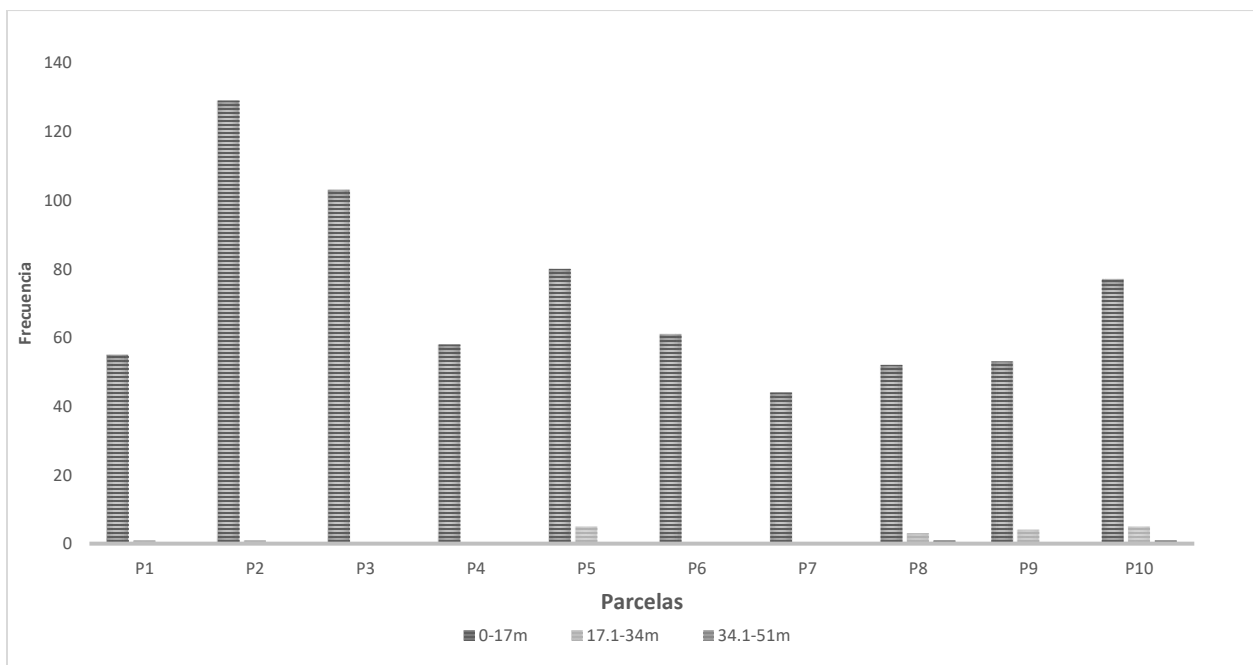


Figura 11. Frecuencias de las alturas en m de las 10 parcelas muestreadas en el Campanario ( $n=732$ ).

El análisis de varianza (ANOVA) muestra diferencias significativas ( $F= 3.75$  y  $p= 0.00012$ ) entre parcelas muestreadas. De acuerdo con los resultados emitidos por la prueba Tukey, los pares de parcelas que

mostraron un  $p$  valor menor al nivel de significancia de 0.05 fueron las parcelas 1 y 2 ( $p=0.030$ ), la 1 y la 3 ( $p=0.017$ ), la parcela 3 y 9 ( $p=0.042$ ), la parcela 2 con la 10 ( $p=0.015$ ) y la parcela 3 con la 10 ( $p=0.008$ ).

Indicando que las medias de cada parcela tienen una diferencia que está asociada por algún fenómeno que afecta su distribución como es el manejo. Lo anterior se observa en la figura 12.

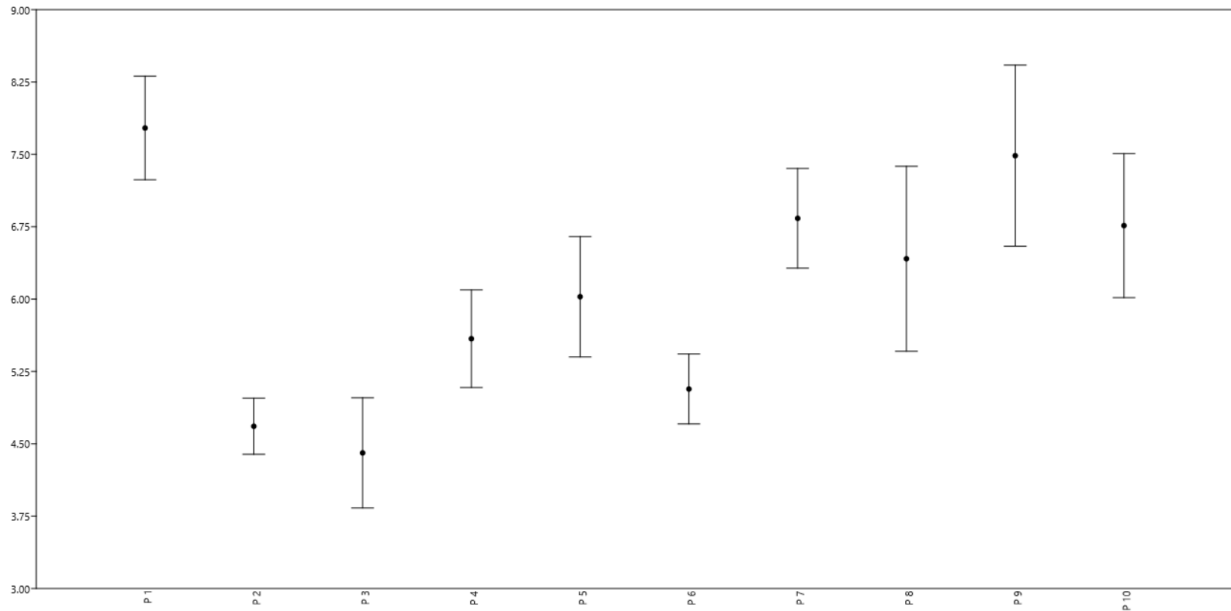


Figura 12. Gráfico de caja y bigote que nos muestra el valor medio y la varianza de la altura media en los árboles y arbustos en 10 parcelas de cafetal muestreadas en el Campanario ( $n=732$ )

### **Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

Las distribuciones de clases en el diámetro a la altura del pecho de los cafetales (figura 13), de los árboles y arbustos del Campanario muestran que la clase con mayor número de frecuencias fue de (0-35 cm) en donde la mayor parte de los árboles y arbustos no excedían dicho tamaño, la siguiente clase únicamente contiene datos mínimos de individuos grandes.

Se esperaba que dependiendo del diámetro a la altura del pecho de cada árbol se encontrara un patrón significativo respecto al gradiente altitudinal presente en el Campanario, sin embargo, de acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) muestran que  $F=1.963$  y  $p=0.0408$ , tienen diferencias significativas entre

los grupos por lo que no existe ningún patrón que demuestre alguna tendencia en particular, de la misma forma se piensa que depende de la relación del manejo que tiene cada productor con su misma parcela cafetalera.

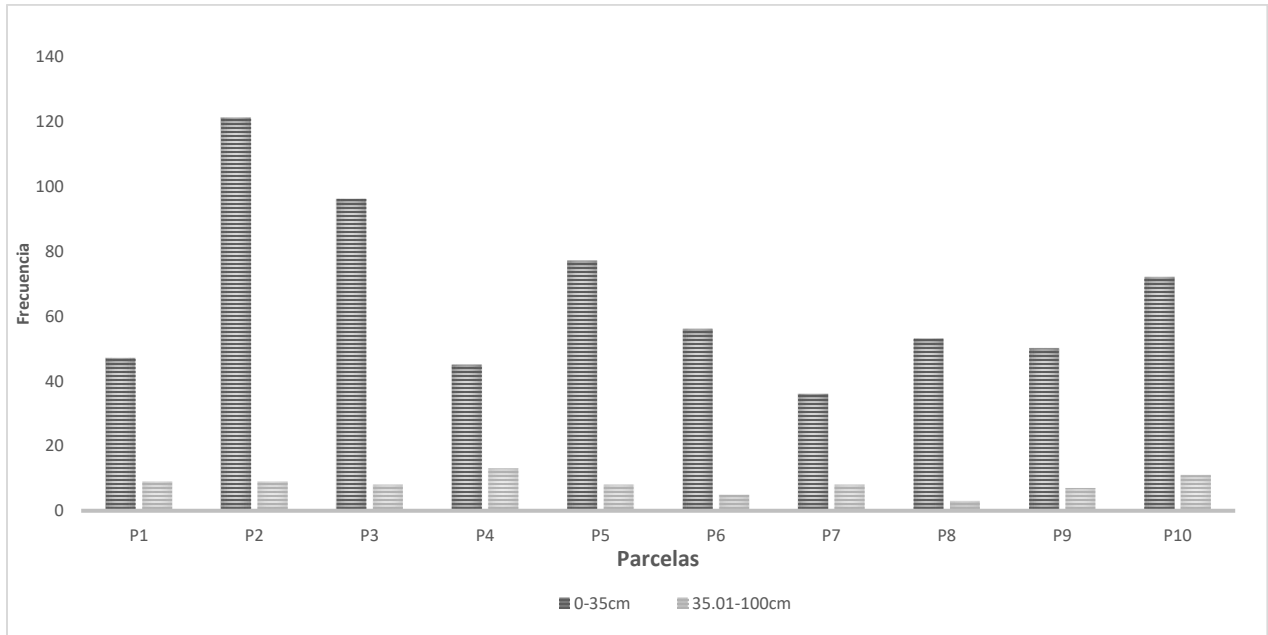


Figura 13. Frecuencias de los diámetros a la altura del pecho en m de las 10 parcelas muestreadas en el Campanario. (n=732).

De acuerdo con la prueba de Tukey, el único par donde hubo diferencias significativas fue en los árboles y arbustos de las parcelas 1 respecto a la 3 ( $p=0.0264$ ) (Figura 14). En el cafetal de la parcela 1, se encontraron árboles y arbustos con un mayor diámetro en su fuste mientras que en la parcela 3 los árboles tienen troncos más delgados (Figura 14).

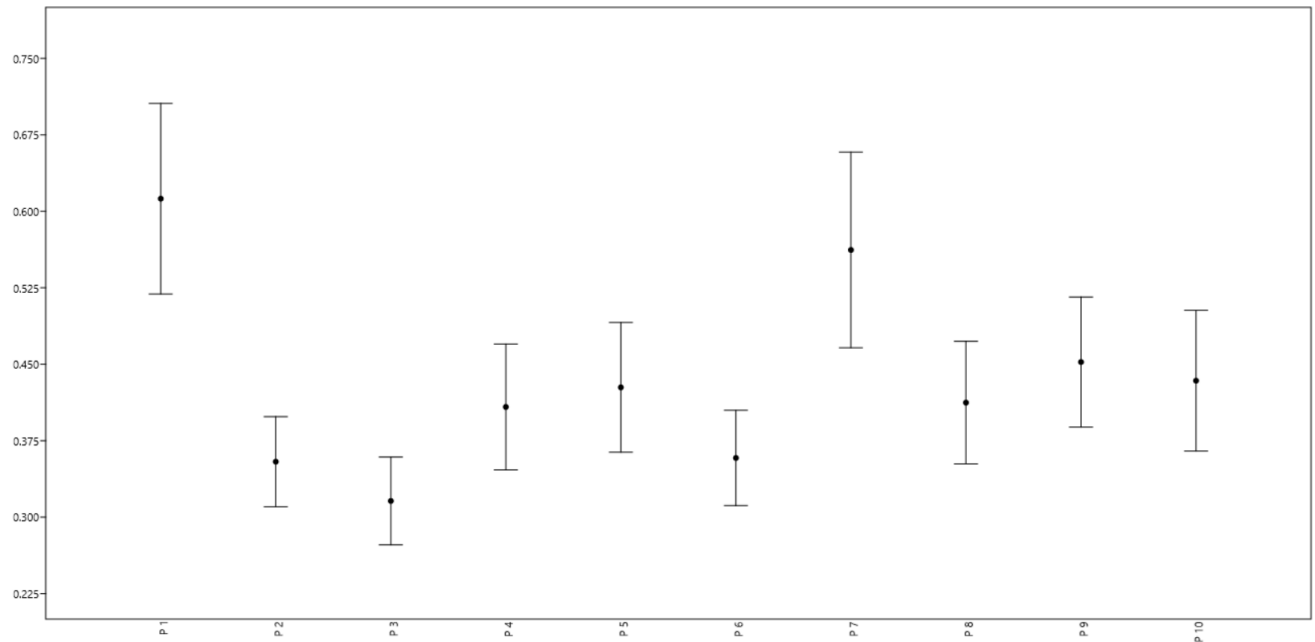


Figura 14. Gráfico de caja y bigote que nos muestra el valor medio y la varianza en el diámetro a la altura del pecho de los árboles y arbustos medidos en 10 parcelas de cafetal en el Campanario (n=732).

**Riqueza y diversidad arbórea y arbustiva.**

**Índice de Menhinick**

El índice de Menhinick proporcionó información sobre la riqueza a partir del conteo total de especies dependiendo del tamaño de la muestra (Tabla 4). En los cálculos establecidos por este índice las parcelas que obtuvieron una menor riqueza en especies fueron la 1 y 3, mientras que las que obtuvieron una mayor riqueza fueron las parcelas 6 y 8. El resto de los grupos, se localizaron dentro de un rango de 2.08-2.70 en la escala del índice.

**Tabla 4.** Índice de Menhinick de las 10 parcelas muestreadas en el Campanario. Cada uno de los datos representa la riqueza.

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 9	Parcela 10
1.737	2.708	1.677	2.649	2.169	3.329	2.864	3.341	2.782	2.634

### Índice de Shannon-Weaver

El índice de diversidad de Shannon nos ayudó a estimar y medir la diversidad de especies en una comunidad. En este caso, las parcelas que mostraron valores más altos de diversidad fueron las parcelas 2 y 6, consecutivamente las parcelas 8,9 y 10, seguido de las parcelas 4 y 7 y por último 1, 3 y 5.

En la escala del índice (Tabla 5), los datos obtenidos de las parcelas del Campanario van en un intervalo de 2 a 2.9, mostrando que en la parcela 2 y 6 a pesar de tener tamaños de superficie menores al de los demás, el manejo que han ejercido los ejidatarios en dichos terrenos ha influido en una mayor diversidad de árboles y arbustos. Por el contrario, los que tienen parcelas de tamaños mayores muestran tener una menor diversidad.

**Tabla 5.** Índice de Shannon-Weaver de las 10 parcelas muestreadas en el Campanario. Cada uno representa una diversidad alfa.

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 9	Parcela 10
2.005	2.960	2.505	2.705	2.597	2.966	2.733	2.872	2.860	2.861

### Índice de Whittaker

El índice de Whittaker mostró el recambio de especies entre 10 parcelas muestreadas. Los pares de parcelas que demostraron (Tabla 6) tener un menor recambio de especies fueron la 1 y la 3, y la 4 y la 7 mostraron una mayor similitud entre especies. El par de parcelas con mayor recambio de árboles y arbustos fueron la parcela 3 y la 9, y 6 y 3, obteniendo una gran diferencia de especies. No existe un patrón específico en la altitud para el recambio de especies por lo que podemos inferir que la mayoría de las parcelas se encuentran influidas por el manejo que los dueños le otorgan de manera particular a sus terrenos.

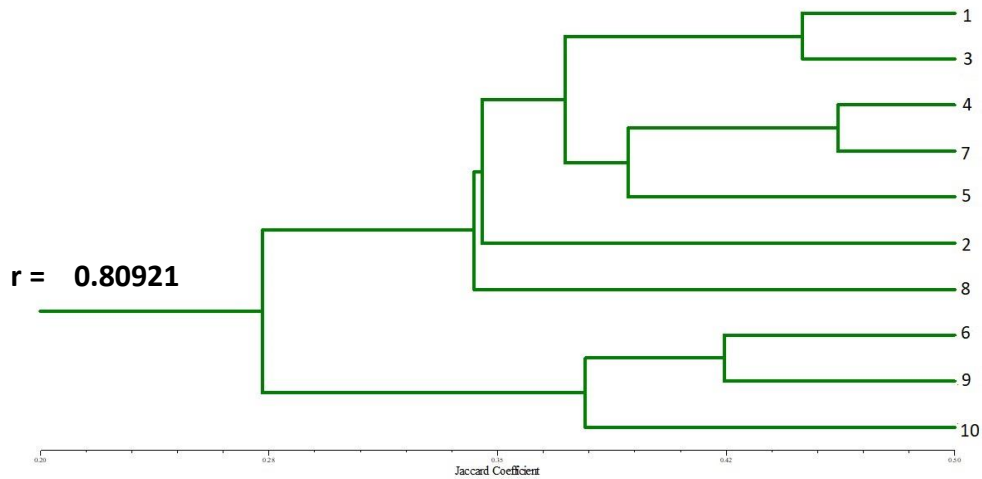
**Tabla 6.** Resultados del análisis de Whittaker realización con Past 3.0 Se muestran de color verde los resultados con menor recambio y en color naranja los que tenían mayor recambio.

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>
<b>P1</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.379</b>	<b>0.454</b>	<b>0.454</b>	<b>0.589</b>	<b>0.500</b>	<b>0.421</b>	<b>0.647</b>	<b>0.567</b>
<b>P2</b>	0.5	<b>0</b>	<b>0.489</b>	<b>0.450</b>	<b>0.529</b>	<b>0.578</b>	<b>0.480</b>	<b>0.500</b>	<b>0.576</b>	<b>0.527</b>
<b>P3</b>	0.379	0.489	<b>0</b>	<b>0.444</b>	<b>0.500</b>	<b>0.714</b>	<b>0.428</b>	<b>0.512</b>	<b>0.675</b>	<b>0.650</b>
<b>P4</b>	0.454	0.450	0.444	<b>0</b>	<b>0.450</b>	<b>0.608</b>	<b>0.384</b>	<b>0.511</b>	<b>0.658</b>	<b>0.500</b>
<b>P5</b>	0.554	0.529	0.500	0.450	<b>0</b>	<b>0.521</b>	<b>0.435</b>	<b>0.511</b>	<b>0.560</b>	<b>0.590</b>
<b>P6</b>	0.589	0.578	0.714	0.608	0.521	<b>0</b>	<b>0.466</b>	<b>0.529</b>	<b>0.404</b>	<b>0.48</b>
<b>P7</b>	0.500	0.480	0.428	0.384	0.435	0.466	<b>0</b>	<b>0.500</b>	<b>0.550</b>	<b>0.488</b>
<b>P8</b>	0.421	0.500	0.512	0.511	0.511	0.529	0.500	<b>0</b>	<b>0.565</b>	<b>0.510</b>
<b>P9</b>	0.647	0.576	0.675	0.658	0.560	0.404	0.550	0.565	<b>0</b>	<b>0.422</b>
<b>P10</b>	0.567	0.527	0.650	0.500	0.590	0.480	0.488	0.510	0.422	<b>0</b>

### **Coefficiente de Jaccard**

De acuerdo con el fenograma, existe una evidente relación entre 3 pares de parcelas de café, que conforman nodos de agregación en el análisis, la parcela 1 y 3, la parcela 4 y 7, y las parcelas 6 y 9. Estas parcelas a su vez se relacionan con otras a nivel grupo, la 1 y 3 con el nodo de agregación de las parcelas 4 y 7, la 5, 2 y 8. En el otro gran grupo se encuentra el nodo de agregación 6 y 9, unido a la parcela 10 (Figura 15). Todas estas parcelas tienen el común denominador tener especies silvestres y domesticadas de árboles y arbustos que les proporciona al Campanario el carácter agroforestal. Por otro lado, se aprecia una clara separación de las parcelas 2 y 8, las cuales son parcelas que fueron distinguidas por tener un amplia cantidad de especies de arbustos y sotobosque, lo cual permitió distinguirse por especies de la familia de las Melastomataceae.

Es importante considerar que el coeficiente va de 0 a 1, donde a pesar de que las parcelas 4 y 7 tengan una similitud mayor a 0.46 y sean las más parecidas, en este caso, no cumplen ni con el 50% de especies compartidas entre ellas.



*Figura 15. Dendrograma del coeficiente de Jaccard mostrando la similitud y disimilitud de las diez parcelas cafetaleras de acuerdo con las especies de árboles y arbustos que comparten. Coeficiente de correlación genético=0.80921*

***Análisis de la relación entre las variables socioeconómicas, de manejo y ecológicas de los cafetales del Campanario.***

**Regresión lineal**

La regresión lineal simple ayudó a entender mejor el comportamiento de los datos en relación con variables que podrían demostrar algún patrón determinante. Las variables independientes que fueron consideradas fue la edad del manejo de la parcela y la ubicación altitudinal.

Los resultados únicamente fueron significativos para la relación entre el índice de riqueza de Menhinick y la ubicación altitudinal, demostrando un coeficiente de determinación alto (0.546) en comparación con los demás. El coeficiente muestra que los datos de la riqueza de Menhinick están influidos por la altitud donde se encuentra las parcelas en un 54%. Por lo que, más de la mitad de los datos muestran una asociación fuerte entre las dos variables (índice de Menhinick-Altitud).

En ese sentido, al calcular el valor de significancia de  $p$  se obtuvo como resultado un valor de 0.014 que comparado con el valor estadístico que fue de 9.64, se rechaza la hipótesis de que a mayor altitud mayor índice de Menhinick por lo que se corrobora de que a mayor altitud menor índice de Menhinick (Figura 16).

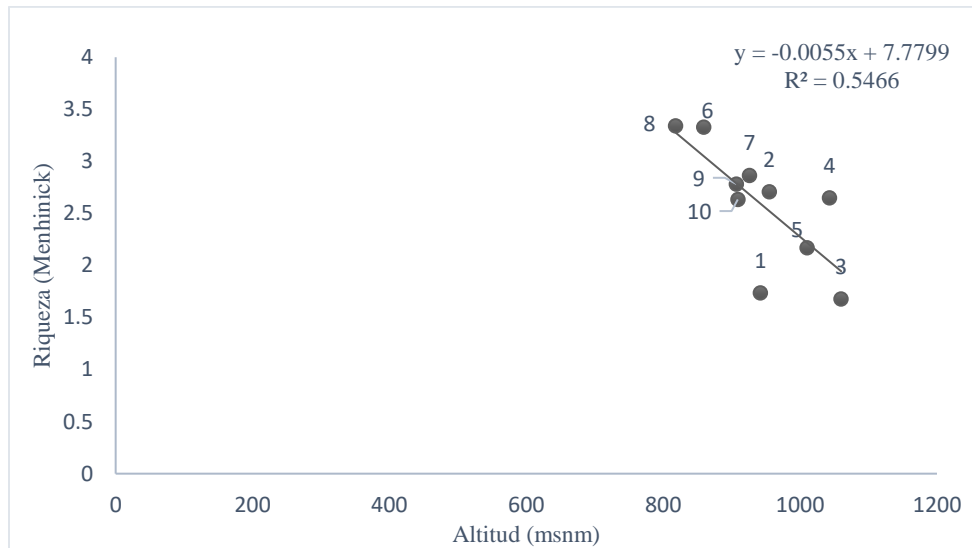
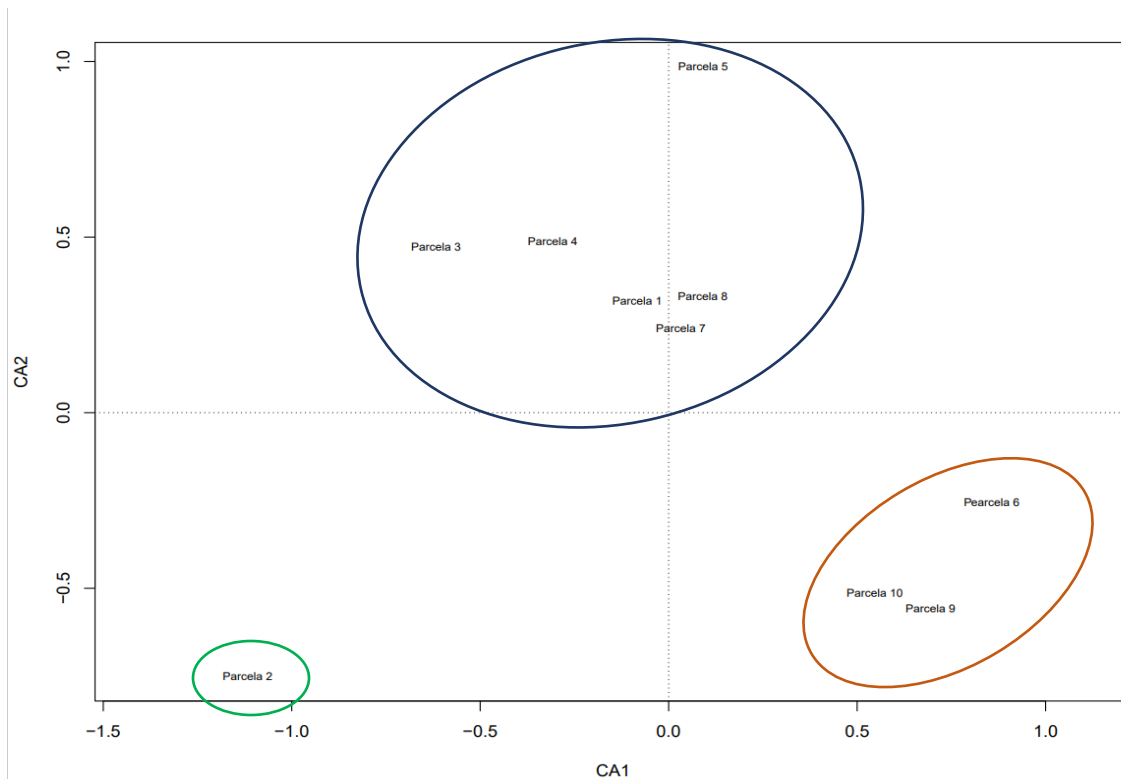


Figura 16. Relación entre la riqueza de especies de árboles y arbustos por parcela (Índice de Menhinick) y la altitud a la cual se encuentran los 10 cafetales muestreados.

### Análisis de Correspondencia (AC)

El análisis muestra la formación de tres grupos en el Campanario con base en las especies de árboles y arbustos que comparten (Figura 17 y 18). El primero contiene a las parcelas 6, 9 y 10, en donde las especies silvestres que se encontraron en esas zonas determinan considerablemente las diferencias respecto a los otros grupos de parcelas/cafetales que se formaron. El segundo grupo lo conforman las parcelas 1, 3, 4, 5, 7 y 8, los cuales los determina la mayor parte de las especies domesticadas que se encuentran en el Campanario, pero también las especies de árboles y arbustos silvestres que se comparten en la mayoría de los cafetales. En el tercer grupo solo está el cafetal 2 que se separó de los demás por tener una gran cantidad de especies de la familia Melastomataceae, principalmente arbustos silvestres que crecen cuando no se chaponea el cafetal. En este caso uno de los transectos cayó en un sitio del cafetal con estas características.





*Figura 17. Análisis de Correspondencia (CA) en el que muestra la relación de las parcelas, a través de la presencia/ausencia de las especies en la zona.*

En la siguiente representación es posible ver la distribución de las especies de plantas en el plano bidimensional y qué especies determinan los grupos vistos en la imagen anterior.

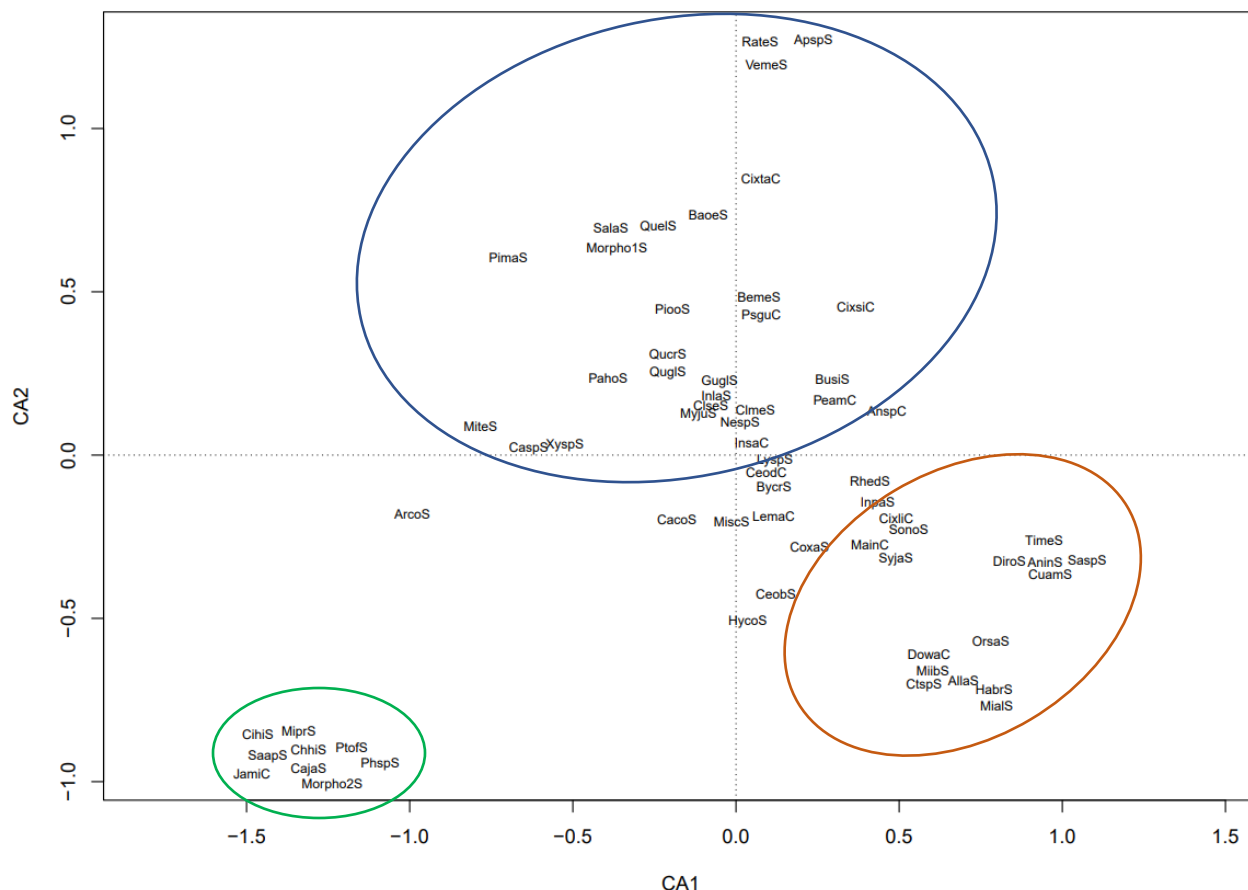


Figura 18. Distribución de especies de plantas de árboles y arbustos en relación con las parcelas y sus parecidos dentro de ellas.

### Análisis de Componentes Principales (ACP)

Mediante el análisis de componentes principales buscamos reconocer la relación del manejo de los cafetales (riqueza, edad de los cafetales, especies de sombra y especies introducidas), con aspectos socioeconómicos de sus propietarios (nivel educativo) y ambientales sobre la ubicación altitudinal de los cafetales. Los dos primeros componentes principales del PCA explican el 69.53% de la varianza, distribuido en 38.02% del primer componente (PC1) y 31.50% del segundo componente principal (PC2).

Las variables que explican la mayor variación sobre el ordenamiento de los cafetales a lo largo del PC1 es la riqueza de Menhinick y la ubicación altitudinal. Dentro del PC2 las variables que mejor explican el ordenamiento de los cafetales son la edad de la parcela, las especies de sombra y ligeramente menor el nivel de escolaridad de los propietarios (Tabla 1).

	<b>Eigenvalor</b>	<b>% varianza</b>	<b>PC 1</b>	<b>PC2</b>
<b>Riqueza de Menhinick</b>	<b>2.2814</b>	<b>38.023</b>	<b>-0.5832</b>	0.1702
<b>Edad de la parcela</b>	<b>1.89053</b>	<b>31.509</b>	0.25966	<b>-0.57945</b>
<b>Ubicación (msnm)</b>	0.996908	16.615	<b>0.61143</b>	-0.065194
<b>Spp. sombra</b>	0.423285	7.0548	0.25103	<b>0.59772</b>
<b>Nivel Educativo</b>	0.242461	4.041	0.35886	<b>0.48187</b>
<b>Spp. introducidas</b>	0.165411	2.7569	0.20387	0.20387

*Tabla 7. Valores del PCA destacando aquellos más importantes para el análisis.*

En el PC1 las parcelas del lado izquierdo están a menor altitud y por lo tanto tienen mayor riqueza que las parcelas ubicadas a lado derecho de la gráfica. Este resultado ya se había descrito antes. En el PC2 el ordenamiento de las parcelas ocurrió principalmente por la escolaridad y las especies de sombra. La tendencia que se observa es la de tener mayor número de especies para sombra cuando existe una mayor escolaridad, como ocurrió en las parcelas 4 y 1. La edad de los cafetales también fue un factor importante que separó a la parcela más antigua (parcela 3) de las demás. Si bien la parcela 9 también es una de las más antiguas, esta se separa principalmente por el número de especies introducidas. Las parcelas con mayor tiempo de manejo (mayor edad) no son necesariamente aquellas de mayor riqueza ni de más especies introducidas y de sombra.

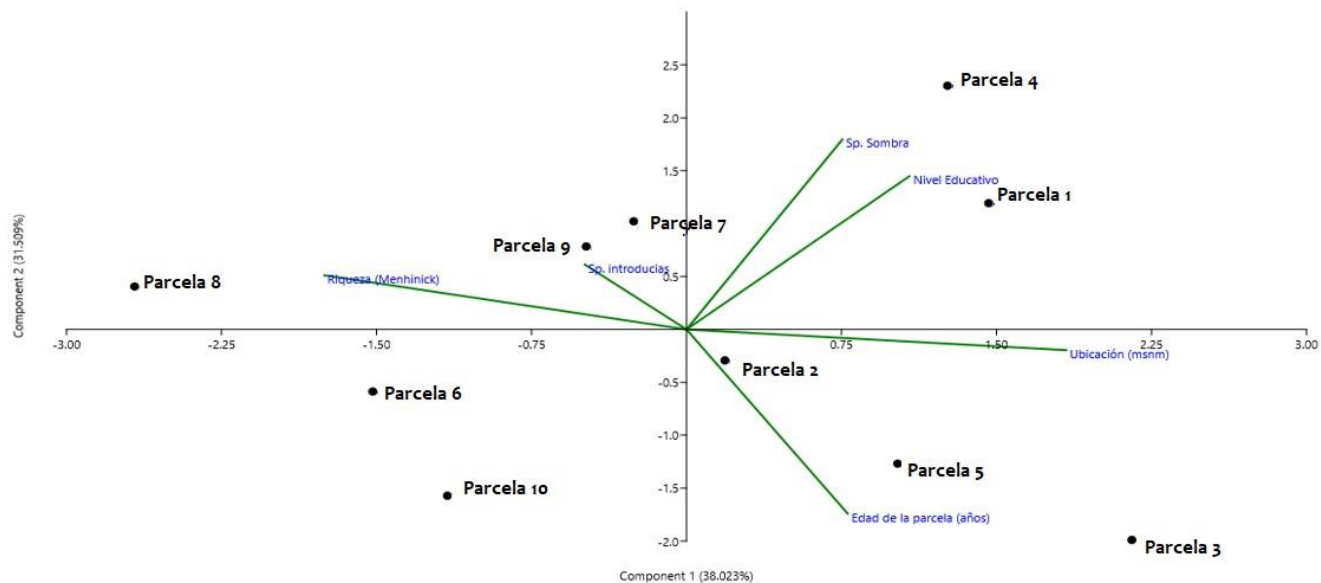


Gráfico 12. Análisis de Componentes Principales (ACP), en el que muestra la relación entre el manejo de los cafetales (riqueza, edad de los cafetales, especies de sombra y especies introducidas), aspectos socioeconómicos de sus propietarios (nivel educativo) y aspectos ambientales sobre la ubicación altitudinal de los cafetales.

## DISCUSIÓN

### Caracterización socioecológica sobre el manejo de los cafetales.

Los sistemas agroforestales de café tienen características sociales que en ocasiones determinan el manejo ambiental de los bosques. Durante el análisis de los datos socioecológicos del Campanario se ha demostrado que dependiendo del nivel escolar formal de la mayor parte de los productores tienden a incluir en mayor o menor medida especies de sombra. En ese sentido, los grados educativos más altos que cursaron las personas entrevistadas en el Campanario son la primaria y secundaria a excepción de las personas mayores de 70 años que no recibieron ninguna. Aunque el porcentaje es menor para estos últimos, consideremos que existen comunidades en donde la mayor parte de los productores dedicados al campo no han recibido instrucción formal como lo fue San Agustín Loxicha en donde al menos el 50% de las personas entrevistadas tiene problemas relacionadas con analfabetismo. (Ventura-Aquino *et al.* 2008).

Lo anterior, no influye en la calidad de los cultivos, sin embargo, suele ser importante en los análisis ya que eso puede impactar considerablemente en las decisiones de manejo implementados en los cafetales.

La ocupación principal en las comunidades cafetaleras es el campo y la mayoría utiliza las producciones de café como principal medio de subsidio económico, sin embargo, además del café, en las comunidades de Chilón, Chiapas (Soto-Pinto *et al.* 2000), Rancho Grande, Oaxaca (Bandeira *et al.* 2005), San Agustín Loxicha, Oaxaca (Ventura-Aquino *et al.* 2008), Amatlán de los Reyes y Córdoba, Veracruz (García-Mayoral *et al.* 2015) y San José El Paraíso, Oaxaca (Juárez-López *et al.* 2017), se dedican al trabajo de pequeñas producciones de cultivos como lo es el maíz, el frijol y la calabaza para el consumo familiar y en algunas ocasiones para venta local. En algunas zonas como el Campanario se maneja la producción de miel (*Apis mellifera*), pero existen zonas como en Rancho Grande, Oaxaca y Veracruz que manejan dentro de su mismo sistema cafetalero vainilla (*Vanilla plantifolia*) e ixtle (*Aechmea magdalenae*) (Bandeira *et al.* 2005).

El manejo de los cafetales al realizar actividades que los pobladores reconocen como mejoras para su producción determina la diversidad arbórea y la estructura forestal actual de cada una de las parcelas. Como ya se había mencionado, cada comunidad se rige bajo sus propias actividades dependiendo de sus características sociales y ecológicas de cada lugar, en ese sentido, el caso de San José el Paraíso donde hablan sobre el manejo de árboles y arbustos es intervenido al menos 2 o 3 veces al año, en donde seleccionan y eliminan árboles de sombra y cafetos que ofrecieron ya una vida útil (Juárez-López *et al.* 2017). Además de seccionar sus tierras en 3 áreas productivas en donde dependiendo de su altitud y cercanía con la propia comunidad tienen una menor o mayor intervención (Juárez-López *et al.* 2017). Esto último, ocurre en el Campanario, las zonas más altas son las menos intervenidas a comparación de las que tienen menor altitud, pero no son tan establecidas y marcadas como en San José el Paraíso. Sin embargo, se tienen mayores intervenciones al año (5 veces) realizando actividades como: siembra, chaponeo, cosecha, poda y recepa, y nuevamente chaponeo (Figura 6). El patrón altitudinal no es visible en el estudio realizado por Bandeira y colaboradores (2005), ya que únicamente hablan de que las plantas de café son introducidas en parches de bosque maduro y secundario, pero en cuanto al manejo anual

reconoce tres estados: el establecimiento, el desarrollo y el deceso de las plantas, además de la eliminación de árboles pequeños y hierbas (Bandeira *et al.* 2005), lo cual tiene cierta similitud con el caso de nuestra comunidad y San José el Paraíso en la realización de actividades de mantenimiento.

La producción de café representa una de las actividades económicas más importantes para la comunidad del Campanario y por lo tanto, como ya lo hemos mencionado, el manejo del bosque está altamente enfocado en la producción de café. Moguel y colaboradores (1999), describieron cinco tipos de manejo y estructura de sistemas cafetaleros, llamando nuestra atención los primeros dos, los cuales hacen referencia a los de tipo tradicional: el sistema rústico o de montaña y el policultivo tradicional. La diferencia entre cada uno de ellos es que el primero tiene arbustos de café y especies nativas, y realizan actividades de mantenimiento eliminando todo el sotobosque, y el segundo tiene especies silvestres nativas y domesticadas y conservan gran parte de las especies herbáceas útiles (Moguel *et al.*, 1999). En el caso del Campanario, observamos que existe una combinación entre los dos sistemas tradicionales descritos por los autores pues contienen árboles silvestres nativos y domesticados, escasos arbustos y la eliminación completa del sotobosque. En este contexto consideramos que los cafetales del Campanario se encuentran en una fase transitoria de un sistema rústico o de montaña a uno de policultivo tradicional, debido a que es posible ver una hibridación entre ambas categorías y la exigencia de los productores de diversificar sus parcelas y conseguir más de un producto.

Los cafetales en general como se ha observado son sistemas socio ambientales que contienen una gran cantidad de información sobre el manejo del territorio mexicano ya que están sujetos a decisiones que han repercutido en el ambiente natural. Históricamente la producción del café ha sido apoyada por instancias de gobierno, encargadas de promover su producción para su posterior comercialización (Nestel *et al.* 1995). El desarrollo de la actividad cafetalera globalizada en el Campanario implicó la transformación de la vegetación original provocando un cambio en el paisaje natural producto de la introducción de especies de árboles frutales, como el aguacate (*Persea americana*), la guayaba (*Psidium guajava*), limón, (*Citrus x limón*), mandarina (*Citrus reticulata*), naranja (*Citrus x aurantium*), mango (*Mangifera indica*) y la guanábana (*Annona sp.*), que conviven con las especies nativas en la región. Por lo tanto, el bosque de la

comunidad está influido por variables económicas, técnicas y procesos históricos, además de las decisiones propias de cada productor sobre sus necesidades.

### **Caracterización de la composición, estructura y diversidad florística de los cafetales.**

#### ***Composición de los cafetales***

Esta investigación aporta el primer listado florístico en el municipio de Putla Villa de Guerrero y aunque esta tesis se limita únicamente al estudio de los árboles y arbustos de los cafetales, hace un aporte sobre la flora de este sistema agroforestal en esta región oaxaqueña. Cercanos a esta región existen algunos trabajos que nos muestran el registro de algunas especies que guardan similitudes geográficas, como el estudio sobre el género *Cucúrbita* en comunidades mixtecas en San Antonio Hildepepec y Santa Catarina Estetla en la mixteca oriental (Velasco, *et al.* 2009), también una lista de árboles para leña en San Agustín Loxicha (Ventura- Aquino, *et al.* 2008), un listado de plantas que componen a los huertos familiares en San Andrés Paxtlán Miahuatlán (Zurita-Vásquez, 2012), la diversidad de árboles y usos en plantaciones de café en una región mixteca en Oaxaca (Juárez-López, *et al.* 2017) y un estudio sobre la nomenclatura y la clasificación de plantas creada por los mixtecos (De Ávila, 2010).

El trabajo de Ventura-Aquino y colaboradores (2008) en San Agustín Loxicha es un referente para nuestra investigación debido a la cercanía con nuestra comunidad de estudio. El número de especies de árboles y arbustos que hemos reportado para el Campanario fue mayor que para San Agustín Loxicha, esto se debe a que Ventura-Aquino y colaboradores acotan su investigación a especies de árboles para leña mientras que nosotros registramos todas las especies arbóreas con diversos usos. A pesar de la diferencia numérica la mayor parte de los árboles encontrados en el Campanario y Agustín Loxicha tienen especies en común y la familia botánica más abundante en las dos comunidades fue Fabaceae.

Haciendo referencia a esta última familia botánica, en sitios en donde se cultiva el café es muy común la siembra de los árboles del género *Inga spp.* para obtener las propiedades elementales de dar sombra, aportar materia orgánica y realizar la fijación de nitrógeno a través de las hojas, además de otros elementos como proteger el suelo del impacto de lluvias y frenar el crecimiento de especies invasoras que

entran en competencia con los arbustos de café (Bandeira *et al.* 2002). Por lo que, la manipulación de las especies del género *Inga spp.* dentro de los sistemas agroforestales, y en particular en el Campanario, resultan ser benéficos para el crecimiento y vigor del café y por ende se encuentran presentes en todos los sistemas agroforestales de café que se han registrado en el país (Soto-Pinto *et al.* 2000, Soto-Pinto *et al.* 2001, Bandeira *et al.* 2005, Ventura-Aquino *et al.* 2008, García-Mayoral *et al.* 2015). La segunda familia botánica más representada en las colectas fue Melastomataceae en donde se agrupan una gran cantidad de especies presentes en la vegetación de tipo secundaria, por lo que, su adaptación, crecimiento y esparcimiento de semillas suele ser efectivo debido a su colonización altamente rápida (Horn, 1974). Aunque no fue reportada esta familia en otros estudios por no tener propiedades útiles, en este trabajo sí consideramos su presencia dentro de la comunidad arbustiva del Campanario.

Es común la presencia de árboles silvestres nativos de la zona, pertenecientes a los géneros de *Pinus* y *Quercus*, los cuales, tienen tamaños mayores y dan una idea sobre paisaje antes de las intervenciones en la formación de los sistemas agroforestales de café. Su presencia fue localizada mayormente en los cafetales ubicados en las zonas con mayor altitud dentro de la comunidad, sin embargo, algunos cafetales ubicados a menor altitud mostraron presencia en los linderos que delimitan las parcelas. La frecuencia de estas especies no es alta y posiblemente fueron eliminadas para el consumo local de leña como lo muestra Ventura-Aquino y colaboradores (2008) en su trabajo sobre especies de leña. Pero también, su eliminación puede estar relacionada al manejo de una sombra menos densa y la creación de espacios idóneos para el aprovechamiento óptimo del sistema agroforestal cafetalero.

La composición florística del estrato arbóreo y arbustivo de los cafetales del Campanario se compone principalmente de especies silvestres (Tabla 3) y en menor proporción de especies domesticadas como árboles frutales. Esta composición es similar con los cafetales reportados por Bandeira (2005) en donde significativamente encontraron más especies silvestres (27) que especies domesticadas (12), lo cual era un argumento respecto al papel de los cafetales tradicionales como espacios de conservación activa, ya que independientemente del factor productivo al que están comprometidos, no interrumpe el crecimiento de especies silvestres que habitan en la zona y ayuda considerablemente al bienestar del bosque nativo.



Las especies que mayormente están identificadas para el estrato arbustivo en su mayoría, como Melastomataceae y que como hemos mencionado, ni Ventura-Aquino (2008), ni Juárez-López (2017) las integran en sus listados debido a su atención a especies únicamente útiles.

### ***Estructura ecológica de la comunidad.***

La estructura ecológica del Campanario fue determinada por tres parámetros de los cuales cumplen funciones importantes dentro de todo su sistema: la copa o cobertura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura.

Como se sabe la copa está altamente influenciada por la exposición de la luz indicando procesos fisiológicos en su arquitectura y dinámica (Hernández-Ramos *et al.* 2022) pero también forma parte de la sombra la cual cumple con una de las propiedades de mayor peso en los sistemas de café bajo sombra, y aunque su análisis suele ser más complejo, demuestra ser un parámetro estructural que afecta considerablemente su paisaje y el funcionamiento productivo (Soto-Pinto *et al.* 2000). En el trabajo que realizó Soto-Pinto y colaboradores (2000) en el Chilón, Chiapas se dieron cuenta que la densidad de árboles de sombra no tiene efecto sobre los rendimientos de café y que más bien depende de la densidad de arbustos de café. Por lo que en el caso del Campanario al no tener diferencias significativas en cuanto a su tamaño de copa demuestra la uniformidad en la manipulación del cafetal por no tener un efecto determinante en las producciones cafetaleras, dejando a los árboles con una copa no mayor a los 100m<sup>2</sup> y con el deber de sombrear las parcelas de café.

En el caso de la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) al mostrar diferencias significativas entre parcelas, se demuestra que su manejo depende del dueño para el desarrollo de su propio cafetal. Ya que las especies que demostraron tener una mayor altura (*Quercus crispifolia*, *Bursera simaruba* e *Inga sapindoides*) son especies nativas que se encuentran en distintos espacios del Campanario independientemente de la altitud y por elección a su permanencia de cada productor. Las estrategias de cada uno para la permanencia de estos árboles pueden estar influenciadas por el poco o mucho uso de

ciertos árboles como material combustible o bien únicamente por su funcionalidad como delimitante de parcelas.

Como mencionan García-Mayoral y colaboradores (2015) normalmente las especies de árboles con diámetros mayores a 35 cm son en gran parte los que tiene un menor porcentaje dentro de todo el sistema de café debido al manejo histórico al que han estado comprometidos. En el Campanario las especies de mayor tamaño (10.9%) a pesar de ser apreciadas su porcentaje fue menor mostrando como en algún momento fueron eliminadas por el contexto histórico de manejo por parte de INMECAFE o bien, porque fueron utilizadas para algún propósito específico de la comunidad.

### ***Diversidad florística.***

La diversidad específica (índice de Shannon-Weaver) en algunos sitios como en rancho Grande, Oaxaca obtuvieron una diversidad alfa de 2.2 en el bosque maduro (Bandeira *et al.* 2005) lo cual, tuvo relación con lo reportado en el Campanario donde la mayoría de sus parcelas estuvieron en un rango de 2.00-2.96 considerando que los cafetales bajo sombra tienen en común diversidades alfa medias.

Considerando que este tipo de índice no varía mucho entre cafetales y lo poco que cambia depende principalmente del manejo, el valor de mayor diversidad fue en un cafetal cercano al hogar (parcela 6) en donde, por la accesibilidad se introducían muchas especies domesticadas, y el segundo valor estuvo en la parcela 2 en donde su dueño no llevo a cabo el chaponeo y por lo tanto, había una gran abundancia de matorrales silvestres de crecimiento secundario (Melastomataceae) como lo demuestra Bandeira y colaboradores (2005) en donde hubo mayor diversidad alfa en especies pioneras en colonización que el bosque maduro.

Algunos estudios como el reportado por Torres-Torres (2022) sobre los bosques del Chocó en Colombia, aseguran observar un recambio altitudinal de especies y que esto sucede entre lapsos mayores a los 200 m. En el caso del Campanario entre regiones altitudinales menores a los 200 m pero se observa heterogeneidad en el paisaje por variaciones orográficas y microclimáticas lo cual, hacen que el paisaje montañoso muestre una alta diversidad beta. Las estimaciones generadas en este estudio sobre diversidad

beta (Tabla 6) se encuentra altamente influenciadas por la altitud, lo que sugiere que las parcelas que tienen una separación de 160 m.snm (diferencia máxima) contienen una tasa de recambio alta (0.714, tabla 6). Por el contrario, es posible mirar como parcelas que encuentran en altitudes casi iguales, parcelas 1 y 3 (0.379, tabla 6), y parcelas 7 y 4 (0.384, tabla 6), son las que tienen menor recambio de especies en donde cada par de parcelas tiene mayor parecido en la composición de plantas, compartiendo al menos el 45% de ellas.

### **Prácticas de manejo y su variación ambiental con base en el estrato altitudinal**

La riqueza de árboles y arbustos de los cafetales del Campanario estuvo influenciada por la ubicación altitudinal de los mismos. Los cafetales ubicados a menor altitud tuvieron una mayor riqueza (índice de Menhinick) y por el contrario los que estaban en las partes altas mostraron una menor riqueza a (gráfico 9). Esto es interesante pues el manejo de un agroecosistema también se encuentra limitado por las condiciones ecológicas. En este caso, las investigaciones respecto a este fenómeno han afirmado que la riqueza disminuye monotónicamente cuando hay aumento en la elevación del terreno y por el contrario, la riqueza suele ser mayor en elevaciones bajas o intermedias (Rahbek, 1995; MacCain, 2009; Jaime-Escalante *et al.* 2016). Por lo tanto, los patrones ecológicos altitudinales del Campanario pueden estar influyendo en la variación de la riqueza de los cafetales.

La cercanía de los cafetales a las zonas habitadas y la altitud fueron variables que en su conjunto llamaron la atención debido a su función como indicadores de patrones importantes en los análisis. En el caso del análisis de correspondencia (AC) y coeficiente de Jaccard, las parcelas ubicadas a mayor altitud (3, 4 y 5) se separaron por tener especies silvestres únicas como *Pinus* y *Quercus*, y por tener menos especies domesticadas además de estar más lejos de las zonas habitadas. Por el contrario, las parcelas que se encuentran a una altitud más baja (Parcela 6, 7, 8, 9 y 10) se separaron por la presencia de plantas domesticadas y de uso alimenticio, y por encontrarse más cercanas a los hogares lo que produce que haya un mayor manejo mediante la introducción de las especies domesticadas. En ese sentido, como lo menciona Juárez-López *et al.* (2017) en su estudio sobre la diversidad de árboles y usos en las

plantaciones de café, la composición y la estructura de los cafetales está determinada por condiciones ambientales (altitud), uso de árboles, intensidad de manejo y la distancia de la comunidad, ya que en su artículo muestra como dos regiones bajas de la comunidad del Paraíso (ladera y chahuite) son las que tienen mayores especies de árboles de uso comestible y madera que las zonas más alejadas (montaña) (Juárez-López *et al.* 2017). Aunque las altitudes son distintas en el Campanario respecto a San José El Paraíso, muestran como el patrón de manejo está altamente influenciado por la cercanía a la interacción humana del poblado, mostrando un mayor manejo y presencia de especies comestibles. Por lo tanto, entendemos que la composición depende principalmente del manejo de los cafetales en la introducción de especies domesticadas ligado a un fenómeno altitudinal en la distribución de especies y a la edad de los productores como fue visto en el ACP. En donde a edades menores tienden a introducir más especies de sombra (Gráfico 12), esto a pesar de no estar relacionado al flujo de conocimiento ecológico tradicional generacional como ocurre en muchas comunidades como las relata Guimbo y colaboradores (2011), está ligado a los conocimientos tecnificados del uso de las especies de árboles de leguminosas que les fueron enseñadas durante la etapa de su juventud, ya que las personas más jóvenes dentro de la muestra tenían entre 40 a 50 años de edad, años en los que seguía el funcionamiento de INMECAFE. (Nestel, 1995).

## CONCLUSIÓN

De acuerdo los análisis realizados podemos concluir que los sistemas cafetaleros del Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, contienen una amplia variedad de árboles y arbustos representativos de la región, que de acuerdo con el listado y la curva de acumulación de especies quedamos a poco de obtener la totalidad de los registros. Por lo que la presente tesis ayudó considerablemente en el registro, conocimiento y composición de la especies silvestres y domesticadas, además de realizar un análisis ecológico sobre el manejo de los cafetales en el Campanario.

La dinámica de las parcelas de café, han demostrado tener ciertos patrones establecidos por los aspectos ecológicos y del manejo. Los cambios altitudinales, la cercanía a los hogares y las decisiones del manejo

por aspectos personales influenciados por la escolaridad contribuyen significativamente en la composición, estructura, riqueza y diversidad de los sistemas agroforestales de café como medios de producción.

La idea de que los cafetales del Campanario como policultivo tradicional influye considerablemente en la conciencia sobre las alternativas de la conservación, en donde la producción del café favorece la diversidad de la vegetación original en el área de estudio. Se espera que con la información presente en la tesis se demuestren resultados sobre el beneficio de usar sistemas agroforestales tradicionales como medios sostenibles de producción y conservación del medio ambiente actual.



*Integrantes de la comunidad del Campanario finalizando actividades de tequio.*

Anexo 1. Imágenes de árboles y arbustos encontrados en la zona



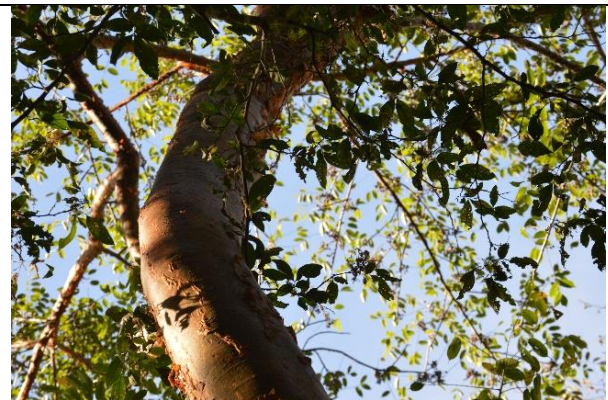
Familia: Anacardiaceae  
Mango (*Mangifera indica*)



Familia: Annonaceae  
Palo de anona (*Annona* sp.)



Familia: Bignoniaceae  
Jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*)



Familia: Burseraceae  
Palo mulato (*Bursera simaruba*)



Familia: Clethraceae  
Colorado (*Clethra mexicana*)



Familia: Clusiaceae  
Tigrillo (*Rheedia edulis*)



Familia: Dilleniaceae  
Tlachicón (*Curatella americana*)



Familia: Fabaceae  
Cuajinicuil de cajón (*Inga sapindoides*)



Familia: Fagaceae  
Encino (*Quercus elliptica*)



Familia: Flacourtiaceae  
Quebracho (*Caesaria corymbosa*)



Familia: Lacistemaceae  
(*Lacistema aggregatum*)



Familia: Malpighiaceae  
Nanche (*Byrsonima crassifolia*)



Familia: Malvaceae  
Reunión de señoritas (*Dombeya wallichii*)



Familia: Rubiaceae  
Cafeto (*Coffea arabica*)



Familia: Rutaceae  
Naranja (*Citrus x sinensis*)



Familia: Salicaceae  
Coronilla (*Xylosma* sp.)



## Anexo 2. Entrevista

### Entrevista para el Pueblo del Campanario, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca

#### Datos del productor

- ¿Cuál es su nombre?
- ¿Qué edad tiene?
- ¿Cuál es su género?
- ¿Cuáles son las lenguas que usted habla?
- ¿Tiene estudios?
- ¿Hasta que grado escolar estudio?
- ¿Actualmente, cuál es su ocupación?

#### Datos del terreno

- ¿Es de usted el terreno?
- ¿Cómo lo adquirió?
- ¿Desde hace cuánto tiene la parcela?
- ¿Cuál es la edad de la parcela?
- ¿Qué tipo de árboles había cuando usted adoptó la parcela?
- ¿Usted ha metido algún tipo de especie de árbol o arbusto a la zona?
- ¿Hace cuánto usted introdujo ese árbol o arbusto?
- ¿Por qué introdujo esa especie en la zona?
- Actualmente ¿qué especies de árboles y arbustos le dan sombra a su cafetal?
- ¿Qué tipo de café tiene?

#### Manejo

- ¿Cómo es el manejo de su cafetal?
- ¿Cómo es la siembra/Poda/Cosecha/Chaponeo?
- ¿Cuáles son las temporadas?

#### Jornada

- ¿Cuánto tiempo se le invierte (al mes, a la semana, por día y por hora)?
- ¿Cuántas personas van a las tareas del cafetal?
- ¿Reciben algún pago? ¿Cuánto?

#### Plagas y enfermedades

- ¿Ha tenido plaga su cafetal?
- ¿Qué tipo de plaga?
- ¿Utiliza algo para remover la plaga?
- ¿Utiliza algún agroquímico para el control de la plaga?
- ¿Qué tanto afecta la plaga a la cosecha?

#### Datos históricos

- ¿Sabe hace cuánto llegó el café a la zona?
- ¿Hace cuánto llegó INMECAFE a la zona?
- ¿Cuál fue el impacto INMECAFE en la zona?
- ¿Qué se hacía en las parcelas durante el periodo de INMECAFE?
- ¿Hace cuánto INMECAFE dejó de tener presencia en el Campanario?
- ¿Bajo su producción de café cuando INMECAFE se retiró?
- ¿Después de INMECAFE existió algún otro tipo de programa o apoyo?
- Actualmente ¿Cómo comercializa su café?
- ¿Desde cuándo comercializa su café de esa forma?

## Referencias

- Aguilar, A., Camacho, J., Chino, S., Jáquez, P., López, M. (1994). *Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social*. México, DF., Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Alix-García, J., Janvry A., Sadoulet, E. (2005). A tale of two communities: Explaining deforestation in México. *ELSELVIER World Development*, Vol. 33. No. 2. 219-235
- Bandeira, F., López Blanco, J., Toledo, V., (2002). Tzotzil maya ethnoecology: Landscape perception and management as a basis for coffee agroforest design. *Journal of ethnobiology*. Vol. 22. No. 2. 247-272
- Bandeira F., Martorell, C., Meave, J. Caballero, J. (2005). The role of rustic coffee plantations in conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and conservation* 14:1225-1240.
- Rojas, B. (1964). El café. Estudio de su llegada, implantación y desarrollo en el estado de Oaxaca, México, México, Sociedad Mexicana de Geografía e Historia.
- Benton Hite, E, Barton Bray, D, Duran, E., Rincón-Gutiérrez, A. (2016). From Forest and fields to coffee and back again: historic transformations of a tradicional coffee agroecosystem in Oaxaca, México. *Society & Natural Resources*. Vol. 30 pp. 613-626
- Berkes, F. (2004). Rethinking Community-Based Conservation. *Conservation Biology*. Manitoba, Canadá, Vol.18 No.3, 621-630.
- Berkes F., Folke C., Gadgil M. (1994) *Traditional Ecological Knowledge, Biodiversity, Resilience and Sustainability*.
- Blackman, A., Albers, HJ., Avalos-Sartorio, B.; Crooks, Lisa. (2005). Deforestation an shade coffee in Oaxaca, Mexico: key research findings. *Resources for the future*. Washington 202-328.
- Boege Schmidt, Eckart. (2018). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas. México.
- Burke, A. (2003). How special are Etendeka mesas? Flora and elevation gradients in an arid landscape in north-west Namibia. *J. Arid Environ*. 55: 747-764
- Caballero, J. (1992). Maya homegardens: Past, present and future. *Etnoecología*, 1(1):35- 54

Casas, A. Camou A. Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S. Cruse-Sanders, J. Solís, L. Torres, I. Delgado, A. Moreno-Calles A. Vallejo, M. Guillén, S. Blancas, J. Parra, F. Farfán-Heredía, B. Aguirre-Dugua, C. Arellanes, Y. (2014). *Investigación Ambiental* 6(2).

Casas, A. (2023). *Sistemas soci ecológicos una perspectiva histórica. Libro: Apropiación social del conocimiento socio ecológico.* (pp.46-82). Universidad de Guadalajara/Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM.

Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E. Valiente-Banuet, A. (2007) *In situ Management and domestication of plants in Mesomerica.* Oxford Journals. *Annals of Botany* 100: 1101-1115

Casas, A, Torres-Guevara J. Parra F. (2017) *Domesticación en el continente Americano. Vol.2, Primera edición.* UNAM-UNALM

Calvillo, M., Favela, A., (1998). *Hacia la categoría del sujeto social en la teoría sociológica. POLIS Sociología teórica y rural, análisis político y psicosocial* 96. Vol. 2. 13-52. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Sociales y Humanidades.

Comisión Nacional Forestal (2011). *Manual de Procedimientos para el muestreo de Campo. Inventario Nacional Forestal de Suelos.*

Colwell, R.K., Mao, C.X. and Chang, J. (2004) *Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves.* *Ecology*, 85, 2717-2727

Colwell, R.K. (2009). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0.. User's Guide and application published at:* <http://purl.oclc.org/estimates>.

Crisci, J.V., y López Armengol, M.F. (1983) *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica.* Secretaria General de la organización de los Estados Americanos, Washington D.C. EUA.

Data México: Putla Villa de Guerrero, Municipio de Oaxaca (2020) Gobierno de México. URL: [Putla Villa de Guerrero: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México \(economia.gob.mx\)](http://putlavilladeguerrero.gob.mx)

De Ávila, A. (2010) *Mixtec plant nomenclature and classification.* [Tesis de Doctorado] University of California, Berkeley, EUA.

Early, D. K. (1982). *Café: Dependencia y efectos.* Instituto Nacional Indigenista. México City. 159 pp.

Foley JA, Defries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK. (2005) *Global consequences of land use.* *Science*. Jul 22;309(5734):570-4.

García-Burgos, J., Gallina, S., González-Romero, A. (2014). Relación entre la riqueza de mamíferos medianos en cafetales y la heterogeneidad espacial en el centro de Veracruz. *Acta Zool. Mex* Vol.30 n.2 Xalapa.

García-Mayoral L. E., Valdez Hernández, J., Luna Cavazos, M., López Morgado, R. (2015). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y bosques*. Vol. 21, Núm.3:69-82

Gómez de Silva Cano, J.J. (2016) El derecho agrario mexicano y la constitución de 1917. Secretaría de Gobernación, Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revoluciones de México, UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas. Pp. 232.

González-Abraham C., Ezcurra E., Garcillán P., Ortega-Rubio A., Koib M., Bezaury-Creel J. (2015). The human footprint in México: Physical Geography an Historical Legacies. *PLoS ONE* 10(3): e0121203.

González Ocampo H., Cortés-Calva P., Íñiguez Dávalos L.I., Ortega-Rubio A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 60, (7-15).

González-Pérez, D. (2012). Introducción del café en Oaxaca según documentos del archivo de poder ejecutivo en el estado: el caso de Santiago Xanica. *Relaciones en Estudios de historia y sociedad*. Vol. 33. No. 130, Zamora.

González, U, Padilla, H., González, F., Uvalle J., Reséndiz L. (2012). Mejora a la estimación de la cobertura vegetal por línea intercepto o línea de Canfield. *Ciencia UANL*. No. 59.

Gordillo, G., Méndez Jerónimo, O., (2013). Seguridad y Soberanía Alimentaria. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. México.

Granados Sánchez, D. (2000). Sucesión ecológica. Dinámica del Ecosistema. 56230, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Guimbo, I.D., Muller, J. & Larwanou, M. (2011). Ethnobotanical knowledge of men, women and children in rural Niger: A mixed-methods approach. *Ethnobotany Research & Applications* 9:235-242

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

Hernandez-Ramos, J., Reyes-Hernández V. J., Beltrán-Rodríguez, L. (2022). The Crown as a relevant photosynthetic agent over forest management in temperate forest. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 13 (74).

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, Pilar (2010). Metodología de la investigación. Sexta Edición. MacGraw Hill.

Horn, H. S. (1974). The Ecology of Secondary Succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 25–37.

Íñiguez-Dávalos, L. I.; Jiménez Sierra, C.L.; Sosa Ramírez, J.; Ortega-Rubio, A. (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. *Investigación y Ciencias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. Vol. 22. No. 60, (65-70).*

INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Putla Villa de Guerrero Oaxaca. Clave geoestadística 20073. [Compendio de información geográfica municipal 2010. Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. \(inegi.org.mx\)](http://inegi.org.mx)

Jaime-Escalante, N. Figueroa-Esquivel, E. Villaseñor-Gómez, J.F. Jacobo-Sapien, E. A. Puebla-Olivares, F. (2016). Distribución altitudinal de la riqueza y composición de ensamblajes de aves en una zona montañosa al sur de Nayarit, México. *Revista de Biología Tropical*, Vol 64 (4).

Juárez-López, B., Velázquez-Rosas, N., López-Binnqüist, C. (2017). Tree diversity and uses in coffee plantations of a mixe community in Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 37 (4):765-778.

Juárez-López, B., López-Binnqüist (2021). Territory and coffee plantations in a mixe community in Oaxaca: Analysis of forest cover changes. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, Vol. 18(1):67-87

Juárez-López, B. (2015). “Cafetales mixes de San José el Paraíso, Oaxaca relaciones sociales y diversidad arbórea.” [Tesis de maestría: Universidad Veracruzana. Centro de investigaciones tropicales] Xalapa. Veracruz.

Villavicencio-Enríquez, L. (2013) Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol.19 no.1*

Jociles, M. I. (2017). La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista Colombiana de Antropología*, Vol,54, núm. 1, Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH. Colombia.

Jose S. (2009). Agroforestry for ecosystem service and environmental benefits: an overview. *Springer* 76:1-10

Krebs, J. C. (1989). *Ecological Methodology*. University of British Columbia. Harper & Row. Publishers. Nueva York.

Krishnamurthy L. y Ávila M. 1999. Agroforestería Básica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México, D.F.

Llano, Manuel, y H. Fernández. (2017). Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017. Ciudad de México, 120 pp

Lima Mota, M, Díaz Lauer-Leite, I, Santos de Novais, J. (2021). Distribution of traditional ecological knowledge about medicinal plants in an Amazonian community. Revista Etnobiológica. Vol. 19, núm 1, pp:29-40

Lin B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *ELSELVIER Agricultural and Forest Meteorology* 144 (2007) 85-94

López-Gómez, A. M. y Williams-Linera G.. (2006). Evaluación de métodos no-paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78:7-15.

López-Gómez A.; Williams-Linera G., Manson R. (2018). Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, México. *ResearchGate Agriculture, ecosystems & environment*. 124 (3):160-172.

MacCain, C. M. (2009). Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 346-360.

Martínez, M. (1994) Catálogo de nombre vulgares y científicos de plantas mexicanas. 2da. Edición Fondo de Cultura Económica. P.1247

Mazzola M., Kin A., Morici, E., Babinec, F. Tamborini, G. (2008). Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa Argentina). *Bol. Soc. Argentina Bot.* (1-2): 103-119.

Mendieta López, M., Rocha Medina, L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad nacional Agraria. Managua, Nicaragua

Mejía, R. (2004). La tecnología, la (s) cultura(s) tecnológica(s) y la educación popular en tiempos de globalización. *Sabere(s), Ciencia(s) y tecnología(s)*. POLIS Revista Latinoamericana. Vol.7

Moguel, P., Toledo, V.M., (1999) Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of México. *Conservation Biology*. Vol. 13. No.1. 11-21.

Moguel, P., Toledo, V.M., (1996). El Café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* núm. 43. Pp. 40-51.

Morales Hernández, J. (2011). La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural. Siglo XXI e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. México.

Moreno-Calles, A. I., Toledo V.M., Casas, A. (2013) Agroforestry systems of México: A biocultural approach. Scielo. Botanical Sciences. Vol. 91. No. 4. México

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. 1era edición. Vol.1 Zaragoza, España.

Moreno-Cavazos, M.P., Soto-Medina, E.A., Torres-González, A. M., Llano-Almario, M. (2018). Patrones altitudinales de las comunidades vegetales en el Chocó biogeográfico del Valle del Cauca, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 42 (164):269-279.

Murphree, W. (2009). The strategic pillars of communal natural resource management: benefit, empowerment and conservation. Springer Science Business Media B.V.. 18:2551-2562

Millán-Rojas, L., Arteaga-Reyes, T, Moctezuma-Pérez, S, Velasco-Orozco, J., Arzate-Salvador, J (2016). Conocimiento ecológico tradicional de las biodiversidad de bosques en una comunidad matlatzinca, México. Ambiente y desarrollo, Bogotá (Colombia. Vol.XX(38) 111-123.

Nestel, D. (1995). Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology. ELSELVIER Ecological Economics. Vol 15. 165-178.

Neves, A. P., Rios-Osorio, L.A., Pérez, J., Mayer, P. H., (2017) Propuesta metodológica para la caracterización socioecológica de unidades familiares de producción y vida en el campo. Revista Mexicana de ciencias agrícolas Vol. 8 no. 6 Texcoco.

Pascual-Mendoza, S, Saynes-Vázquez A, Pérez-Herrera, A. (2021). Traditional knowledge of edible plants in an indigenous community in the Sierra Norte of Oaxaca, México. Plant Biosystems- An international Journal dealing with all aspects of plant. Vol 156. 515-527}

Perfecto, I., Mas, A., Dietsch T., Vandermeer J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. Biodiversity and conservation 12, 1239-1252.

Primack Richard B. (2010). Essentials of Conservation Biology. Fifth edition. Sinauer Associates, Inc.

Quiroz Antunez, U., Monterroso Rivas, A., Calderón Vega, M., y Ramírez García, A. (2022). Aptitud de los cultivos de café (*Coffea arabica* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando escenarios de cambio climático. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 36(2):60-74

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, 18 (2), 200-205

Reynoso-Santos, R., Hernández-Ramos, J., López-Báez, W., Sánchez-Gómez, N. A., (2022) Predicción del diámetro normal, altura, y volumen a partir del diámetro del tocón en sistemas agroforestales con *Inga edulis*. XII Reunión Nacional de Investigación Forestal. Memoria. Tabasco, México.

Ribeiro, S. (2020). Maíz, transgénicos y transnacionales. Fundación Heinrich Böll México y el Caribe. Editorial Itaca. Ciudad de México, México.

Sahagún-Sánchez F. J., Reyes-Hernández, R. (2007), Impactos por cambio de uso en suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT* Vol. 12. Ciudad Victoria.

Rojas, Basilio. (1964). El café: estudio de su llegada, implantación y desarrollo en el estado de Oaxaca, México, México. Sociedad Mexicana de Geografía e Historia.

Sánchez Serrano, R. (2008). La observación participante como escenario y configuración de la diversidad de los significados. En María Luisa, Tarrés. *Observar, Escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Pp. 97-131. México: Porrúa, El Colegio de México, FLACSO.

Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo, J., Caballero-Nieto, J., 2000. Shade effect on coffee production at the Northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agriculture Ecosystems Environmental*. 80, 61–69.

Soto-Pinto, L., Romero-Alvarado, Y., Caballero-Nieto, J., Segura, G., 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop.* 49, 977–987

Soulé Michael E. (1985) *What is Conservation Biology?*. University of California Press and American Institute of Biological Sciences with JSTOR. Pp. 727-734

Sturges H (1926). The choice of a class-interval. *Journal of American Statistical Association* 21: 65-66.

Toledo VM., Barrera-Bassols N. (2008). *La memoria biocultural*. Barcelona. Icaria editorial S.A.

Torquebiau, E. (2000). A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/ Life Sciences* 323 (2000) 1009-1017. Académie des sciences/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Torres-Rojo, J. M., Flores-Xolocotzi, R. (2014). Deforestation and land use change in México. *Journal of sustainable forestry*. Vol. 12. Pp.171-192.



Torres-Torres, J. J., Mena-Mosquera, V.E., Rueda-Sánchez, M.N. (2022). Influencia de la altitud sobre la estructura, composición florística y carbono de bosques del Chocó. *UNED Research Journal*. Vol. 14(1)

Vela Peón, P. (2008). Un acto metodológico básico de la investigación social: entrevista cualitativa. En María Luisa, Tarrés. *Observar, Escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. Pp. 63-95. México: Porrúa, El Colegio de México, FLACSO.

Velasco Gutiérrez, K., Juárez-Sierra, J. (2009). Etnobotánica del género curcubita en dos localidades mixtecas de Oaxaca, México. Vol. 7 Núm. 1: *Etnobiología*. Pp. 63-85

Ventura- Aquino, Y., Rendón, B., Rebollar, S., Hernández, G. (2008). Use and conservation of forest resources in the municipality of San Agustín Loxicha, Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México. *Agroforest Syst* (2008) 73:167–180

Zurita Vásquez, G. G. (2012). Estudio etnobotánico y ecológico de los huertos familiares de San Andrés Paxtlán, Miahuatlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. [Zurita Vásquez, G. G .pdf \(ipn.mx\)](#)