



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**Caracterización de la estructura y funcionalidad de
especies arbóreas en sistemas de café con sombra en
cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia**

Autores:

Br: Aura Zenia Calderón Zelaya

Br: Belkis de los Ángeles Dávila Alvarado

Asesor:

Dr. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua

Agosto 2020



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**Caracterización de la estructura y funcionalidad de
especies arbóreas en sistemas de café con sombra en
cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia**

Autores:

Br: Aura Zenia Calderón Zelaya

Br: Belkis de los Ángeles Dávila Alvarado

Asesor:

Dr. Álvaro Noguera Talavera

Presentado al honorable tribunal examinador
como requisito final para optar al título de Ingeniero
Foresta.

Managua, Nicaragua

Agosto 2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÒN	PÀGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÌNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÌNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÒN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos especÌficos.....	3
III. MATERIALES Y MÈTODOS.....	4
3.1. Ubicaciòn geogràfica del àrea de estudio.....	4
3.1.2. CaracterÌsticas biofÌsicas del municipio de Dipilto, Nueva Segovia.....	5
3.2. Diseño Metodològico.....	5
3.2.1. Planificaciòn del estudio.....	5
3.2.2. Selecciòn de las fincas incluidas en el estudio.....	6
3.2.3. Recolecciòn de informaciòn.....	7
3.2.4. Mètodos de muestreo de las especies arbòreas en el sistema de cafè con sombra.....	7
3.2.5. Variables evaluadas.....	8
3.2.6. Anàlisis de datos.....	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN.....	12
4.1. Caracterizaciòn de las àreas bajo sistemas de cafè con sombra en cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia.....	12
Cuadro 2. Resumen de las variables de estructura de los àrboles en los sistemas de cafè con sombra.....	14
5.1.2. Composiciòn de especies de àrboles en las fincas con sistemas de cafè con sombra.....	15
5.1.4. Importancia de las especies arbòreas dentro de los sistemas.....	20
V. Actividades de manejo de àrboles para mejorar la funcionalidad de especies de àrboles en el sistema.....	25

VI.	CONCLUSIONES.....	28
VII.	LITERATURA CITADA.....	29
VIII.	ANEXOS.....	33

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios por ser el inspirador y darnos fuerza, sabiduría para poder continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí, convertirnos en lo que somos y terminar con éxito nuestra carrera universitaria.

Al Ingeniero Claudio Calero (q. e. p. d), por su apoyo, amistad, sus consejos, dedicación y por estar siempre cuando se le necesitaba.

“Nunca desistas de un sueño. Solo trata de ver las señales que te lleven a él”

Paulo Coelho.

Br. Aura Calderón

Br. Belkis Dávila

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le doy gracias a Dios por haberme dado la fuerza para salir adelante y haberme permitido terminar con éxito mi carrera en esta prestigiosa alma mater.

A mis padres Mario Calderón y Bianney Zelaya quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a culminar un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos a quienes quiero y amo mucho porque siempre me brindaron su apoyo y motivación.

A mi asesor de tesis Dr. Álvaro Noguera Talavera por haberme brindado su confianza, dedicación y conocimientos en el transcurso de la elaboración de este trabajo y al profesor Claudio Calero (q.p.d) por su tiempo, amistad y sus consejos que me motivaron a seguir adelante.

A mis amigos y ex compañeros de clase generación 2014-2018 de Ingeniería Forestal en especial a mi compañera de tesis Belkis Dávila Alvarado por su apoyo y confianza en todo momento y Tania Vega por su amistad, consejos, apoyo incondicional que me brindó en todos mis años de estudio.

De manera perseverante, agradezco a las familias de las comunidades y promotores que trabajaron en los nueve municipios de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí, así como Community Agroecology Network (CAN), Santa Clara University (SCU), Centro de Información e Innovación de la Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (CIASDENIC), la asociación de la Central de Cooperativas (PRODECOP R, L), Fundación AGROPOLIS y la Universidad Nacional Agraria, (UNA) en el marco del proyecto “Asesorando Estrategias de Diversificación en Sistemas de Café de Pequeños Productores en Mesoamérica”.

Br. Aura Zenia Calderón Zelaya

AGRADECIMIENTO

Le agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy y le doy infinitamente gracias a mi familia.

A mis hermanos Luis Manuel Dávila, Roberto Carlos Dávila, Gladis Patricia Dávila, mi sobrina Cristhel Johana , a mi motor a seguir mi madre que me apoya en todo momento y me brinda su amor incondicional Julia del Carmen Dávila que por ella estoy culminando mi formación académica.

A mi hija Lucia Rachell Molina Dávila, a mi pareja Kevin Noé Molina que son mis pilares para poder seguir adelante que los adoro con todo el corazón a todas las personas que de alguna forma me brindan su apoyo.

A mi asesor de tesis que me ha brindado su apoyo, paciencia Dr. Álvaro Noguera Talavera y al profesor Claudio Calero (q.p.d) por su tiempo, dedicación.

A mis compañeros generación 2014-2018 de ingeniería forestal que compartimos muchos momentos juntos y se les aprecia mucho a todos y a mi compañera de tesis Aura Zenia Calderón que fue un gran honor haber trabajado con ella se le aprecia mucho.

De manera perseverante, agradezco a las familias de las comunidades y promotores que trabajaron en los nueve municipios de los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí, así como Community Agroecology Network (CAN), Santa Clara University (SCU), Centro de Información e Innovación de la Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (CIASDENIC), la asociación de la Central de Cooperativas (PRODECOP R, L), Fundación AGROPOLIS y la Universidad Nacional Agraria, (UNA) en el marco del proyecto “Asesorando Estrategias de Diversificación en Sistemas de Café de Pequeños Productores en Mesoamérica”.

Br. Belkis de los Ángeles Dávila Alvarado

ÌNDICE DE CUADRO

CUADROS	PÁGINA
1. Caracterización de las áreas con sistemas de café con sombra establecida en las cuatro fincas evaluadas.	12
2. Resumen de las variables de estructura de los árboles en los sistemas de café con sombra	14
3. Composición, abundancia y uso de las especies arbóreas con presencia en sistemas de café con sombra.	15
4. Valores de la diversidad de especies arbóreas con presencia en sistemas de café con sombra.	19
5. Procesos ecológicos de las especies arbóreas y usos	21
6. Especies arbóreas recomendadas en sistemas de café con sombra.	24

ÌNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1. Ubicación de las fincas en el municipio de Dipilto Nueva Segovia.	4
2. Tamaño y forma de la parcela utilizada para el muestreo de las especies arbóreas en sistemas de café con sombras en cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia	8
3. Medición de la longitud de copa para determinación de la cobertura forestal.	9

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1. Registro de datos del censo en el arbolado ≥ 5 cm de DAP	32

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en cuatro fincas del municipio de Dipilto, departamento de Nueva Segovia con el objetivo de realizar una caracterización de la estructura y funcionalidad de especies arbóreas en sistemas de café con sombra. Para la recolección de información se realizó un censo completo con una unidad de muestreo de 50 x 20 metros. Las variables evaluadas fueron diámetro normal, altura del fuste, altura total, diámetro de copa, nombre común de las especies. El resultado de la tipificación muestra características de tipo biofísica como la pendiente, la cual fue similar entre las fincas evaluadas, registrándose un valor mínimo de 10% y valor máximo de 17%, que muestra una localización asociada a sitios irregulares comunes y/o predominantes en el municipio. Se registró un total de 81 árboles, pertenecientes a 21 especies en el dosel de sombra. Los valores porcentuales de representatividad, con base en la función que desempeñan dentro del sistema de café se presentan a continuación: el 10% son especies utilizadas para sombra, 3% frutales, 5% para leña, 2% maderable y el restante 80% de las especies representan otros usos que son de gran importancia para el productor. Las especies más utilizadas para la sombra del café pertenecen a los géneros: *Acacia*, *Albizia*, *Eritrina*, e *Inga*, tratándose de leguminosas que además de la reducción de la intensidad lumínica, aportan cantidades notables de residuos vegetales naturales o por podas como material de cobertura. En cuanto a los valores de la diversidad de árboles que existe en los sistemas de café con sombra, fue notable una baja diversidad, ya que en todas las fincas el valor fue menor a 2. Las fincas con mayor diversidad son las fincas 4 San Martín con (1.96) y la finca 2 El Carmen con (1.91) y las fincas con menor diversidad fueron la finca 1 El Recuerdo con (1.29) y la finca 3 Buena vista con (1.30). Las alternativas para mejorar tanto la productividad como eficiencia del sistema debe ser orientado hacia un incremento en la diversificación, tanto desde el punto de vista de las especies como de su uso.

Palabras claves: Funcionalidad, Diversidad, Policultivo.

ABSTRACT

The present research was carried out in four farms in the municipality of Dipilto, department of Nueva Segovia with the objective of carrying out a characterization of the structure and functionality of tree species in shady coffee systems. For the collection of information, a complete census was carried out with a 50 x 20 meter sampling unit. The variables evaluated were normal diameter, stem height, total height, crown diameter, diversity. The result of the characterization shows biophysical characteristics such as the slope, which was similar among the farms evaluated, registering a minimum value of 10% and a maximum value of 17%, which shows a location associated with common and / or predominant irregular sites. in the town. A total of 81 trees, belonging to 21 species, were recorded in the shade canopy. The percentage values of representativeness, based on the role they play within the coffee system, are presented below: 10% are species used for shade, 3% fruit, 5% for firewood, 2% timber, and the remaining 80% of species represent other uses that are of great importance to the producer. The species most used for shade of coffee belong to the genera: Acacia, Albizia, Eritrina, and Inga, being legumes that, in addition to reducing the light intensity, provide significant amounts of natural vegetable waste or pruning as cover material. Regarding the values of the diversity of trees that exist in the shaded coffee systems, a low diversity was notable, since in all the farms the value was less than 2. The farms with the greatest diversity are the farms 4 San Martin with (1.96) and the farm 2 El Carmen with (1.91) and the farms with the least diversity were the farm 1 El Recuerdo with (1.29) and the farm 3 Buena vista with (1.30). The alternatives to improve both the productivity and the efficiency of the system should be oriented towards an increase in diversification, both from the point of view of the species and their use.

Keywords: functionality, diversity, policultural.

I. INTRODUCCIÓN

Los cafetales bajo sombra ofrecen servicios ambientales estratégicos para la protección de las cuencas hidrológicas y la conservación de los suelos (Gallusser *et al.*, 2014). Son sistemas agroforestales que combinan la producción agrícola con el cuidado ambiental para mantener la capacidad de los bosques y proveer servicios como lo son: fijadores y reservorios de carbono en el tiempo, mismo que depende de la productividad, la finalidad para la cual se haya diseñado el sistema, y las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan (Montagnini *et al.*, 2015).

Entre los servicios eco sistémicos derivados de la incorporación de árboles en el cafetal el reciclaje de nutrientes tiene un papel central. Es conocido que los cafetales con árboles de sombra aportan mayor cantidad de materia orgánica al suelo, lo cual fue demostrado por (Capon, 2015). Este beneficio de los árboles puede favorecer a los sistemas agroforestales sobre otros sistemas de uso de la tierra, siempre y cuando las interacciones positivas sean más fuertes que las interacciones negativas (por ejemplo. Competencia, nutrientes y por agua) (Muschler, 2000).

La Agroforestería, como un sistema de producción, puede ser una alternativa potencial (aporte de nitrógeno de los árboles, para mejorar la productividad de los cultivos, protección y recuperación del suelo, abono verde, diversificación de la producción, alternativas de bajo costo, etc.).(Mendieta, 2007).

En Nicaragua se han implementado prácticas agroecológicas, como una necesidad de responder a la demanda de alimentos en armonía con los sistemas naturales. Es por ello que se han trazado políticas de fomento a la producción agroecológica, empleando todas las herramientas científicas y técnicas disponibles para solucionar los problemas encontrados en el campo agrícola (Espinoza *et al.*, 2015).

El incremento y manejo de la biodiversidad productiva en los sistemas con enfoque de mejoramiento de la sostenibilidad requieren de la determinación de la eficiencia en el arreglo, por tanto, la caracterización de la estructura, con base en el rol de algún componente del sistema, y en particular el arbóreo.

De acuerdo con Rangel, (2015), el estudio de la diversidad arbórea en diferentes sistemas naturales o agro ecosistemas permite conocer la representación del capital natural o biodiversidad, donde se encuentra, su estado de conservación y cuáles son las posibilidades de uso sostenible del componente arbóreo.

El presente trabajo tiene como propósito generar información a los productores sobre los aspectos estructurales y funcionales de las especies arbóreas en sistemas de café con sombra, para hacer un mejor aprovechamiento de las especies arbóreas que se encuentran dentro de las fincas, tanto desde el punto de vista económico como ecológico.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Caracterizar la composición y funcionalidad de especies arbóreas en sistemas de café con sombra para generar medidas que aporten al mejoramiento de la productividad del sistema.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la composición de especies arbóreas en sistemas de café con sombra.
2. Evaluar la importancia de las especies arbóreas dentro del sistema.
3. Definir actividades de manejo de árboles para mejorar la funcionalidad de especies de árboles en el sistema.

2.2.3. Preguntas de Investigación

¿Cuáles son los procesos ecológicos asociados a árboles en sistema de café con sombra?

¿Qué uso se les da a las especies encontradas en cada finca?

¿Por qué los productores eligen ciertas especies para introducir al sistema?

¿Cuáles son las especies forestales más frecuentes en sistema de café con sombra?

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se realizó en cuatro fincas del municipio de Dipilto, departamento de Nueva Segovia.

El municipio de Dipilto se encuentra entre las coordenadas 13°43' de latitud Norte y 86°30' longitud Oeste y a 822 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), con una superficie de 104.9 km². Limita al Norte con Honduras, al Sur con el municipio de Ocotal, al Este con el municipio de Mozonte, y al Oeste con el municipio de Macuelizo (CENAGRO, 2010)

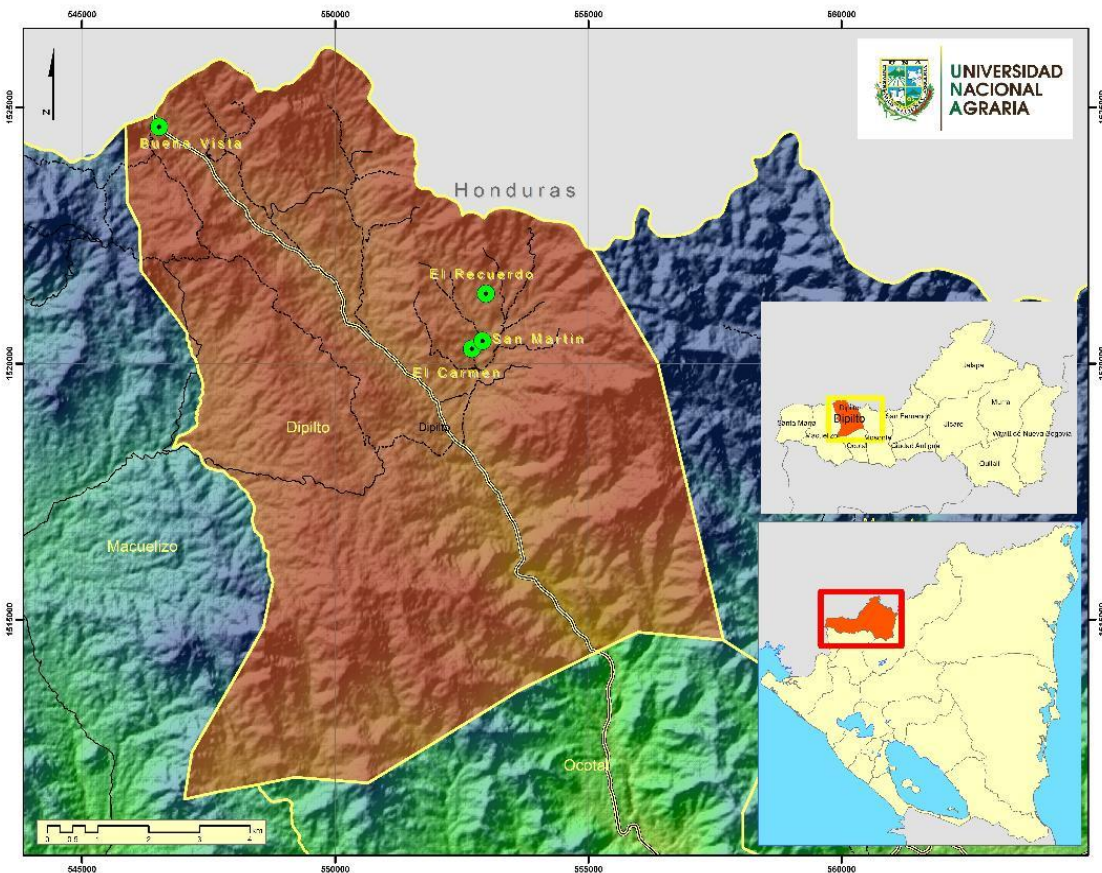


Figura 1. Ubicación de las fincas en el municipio de Dipilto Nueva Segovia. **Fuente:** Fernando Mendoza.

3.1.2. Características biofísicas del municipio de Dipilto, Nueva Segovia

- **Clima**

El clima del área de estudio se define como sabana tropical de montaña, la precipitación anual oscila entre los 1,000 y 1200 mm, con temperaturas que oscilan entre los 23 y 24°C (CENAGRO, 2010).

- **Suelo**

El suelo que predomina es poco profundo y de textura arenosa con abundantes gravas de cuarzo, que se derivan de esquistos micáceos, sus características denotan una alta fragilidad, asociadas a las fuertes pendientes en su mayoría mayores del 45% que predominan en la zona.

Los suelos tienen una fertilidad de mediana a pobre, tal como lo indica la vegetación natural de pino, la vegetación latifoliada existente se origina por el cultivo del café (MECD, 2004).

3.2. Diseño Metodológico

3.2.1. Planificación del estudio

Se realizó reuniones de organización para planificar los distintos aspectos (técnicos, logísticos) que se consideraron como importantes para asegurar la efectividad y eficiencia de las actividades prácticas del estudio.

Este proceso de planificación se desarrolló con el acompañamiento de productores y promotores de PRODECOOP. En dichos encuentros se discutió sobre los criterios bajo los cuales se seleccionaron los productores, como el número y tamaño de parcelas, elementos importantes para el muestreo como las variables y el interés de las especies para los productores y el enfoque del proyecto.

De la misma forma, se definió fechas para el desarrollo del trabajo en campo, las que tuvieron variación, en dependencia de factores como disponibilidad de fondos, medios de transporte y actividades locales de las áreas en que se realizó el trabajo.

Otro producto importante en el proceso de planificación fue la definición de variables tomadas en campo, las que fueron representadas en formato en digital y en físico (Anexo 1).

3.2.2. Selección de las fincas incluidas en el estudio

Durante el período 2017-2018, fueron estudiadas 170 Unidades de Producción (UP) en nueve municipios de los departamentos de Estelí (Estelí, Condega, Pueblo Nuevo), Madriz (San Juan de Río Coco, San Lucas, Telpaneca) y Nueva Segovia (Dipilto, Jalapa, Quilalí). Dicho trabajo se realizó en el marco del proyecto “Asesorando Estrategias de Diversificación en Sistemas de Café de Pequeños Productores en Mesoamérica”, y desarrollado por Community Agroecology Network (CAN), Santa Clara University (SCU), Centro de Información e Innovación de la Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (CII-ASDENIC), la asociación de la Central de Cooperativas (PRODECOP R, L), Fundación AGROPOLIS y la Universidad Nacional Agraria (UNA).

De esta información se dividió en estrategias de diversificación en 50 fincas, patio, milpa, apicultura, café diversificado y café menos diversificado. En nuestro estudio trabajamos con cuatro fincas de café correspondieron a la categoría menos diversificadas, las que son fincas que recientemente iniciaron a establecer sus sistemas de café con sombra. Para el proceso de selección se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. Disposición por parte de los productores a colaborar en el presente estudio.
2. La ocupación del productor debe ser la finca misma
3. Las fincas deben de ser menores de cinco manzanas
4. Los productores fueran 50 % mujeres y 50 % hombres

Partiendo de esta información se creó un plan estratégico para incorporar y mejorar sistemas productivos a familias vulnerables, en la medida que se evidenció a aquellas familias de productores que en los meses de mayo-octubre se encontraban con escasos ingresos y recursos económicos por falta de disponibilidad de producción agrícola.

3.2.3. Recolección de información

Durante la visita a cada finca, se inició con una breve explicación a los productores sobre la metodología del estudio, lo cual se constituyó en un proceso de capacitación para crear habilidades en promotores y productores sobre los procedimientos de la metodología de levantamiento de información.

Como parte del proceso, se realizó las siguientes actividades:

- **Observaciones mediante recorridos dentro de cada una de las fincas**, esto nos permitió conocer cómo estaba establecido el sistema, el manejo que el productor le da a la finca y visualizar la abundancia de especies arbóreas.
- **Selección de los sitios de muestreo dentro del sistema café con sombra**: La parcela fue establecida utilizando un esquema de muestreo intencionado, ya que al momento del recorrido se definió el lugar que presentaba las condiciones de interés, siendo algunos de los siguientes criterios los más relevantes: Abundancia de árboles y porcentaje de pendiente baja, lo que facilitó la delimitación de la parcela y el levantamiento de la información.

3.2.4. Métodos de muestreo de las especies arbóreas en el sistema de café con sombra

- Inventario del arbolado

Se desarrolló un censo completo de los árboles en una unidad de muestreo de 50 x 20 metros como método de muestreo. El número de parcela por finca fue un aspecto definido de común acuerdo con la metodología e interés del proyecto; esto producto que la coordinación consideró que debido a que las fincas tienen áreas pequeñas destinadas a la producción de café con sombra (1 a 2 Mz); era posible establecer una sola parcela en cada finca (Ministerio de Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de conservación, 2014).

En cada finca se tomaron los datos de los árboles dentro del área de cada parcela en el sistema café con sombra, tomando como diámetro mínimo un grosor a partir de 5 centímetros de diámetro normal.

- Forma y tamaño de parcela utilizada

Se utilizó parcelas con dimensiones de 50 metros de largo por 20 metros de ancho, en los sistemas de café bajo sombra debido a que son parcelas fáciles de evaluar, y se pueden establecer en terrenos irregulares como los del área de estudio.

- Procedimiento

Las parcelas se establecieron considerando un punto de origen o eje central. Partiendo de este se midieron dos distancias perpendiculares de 25 metros a cada lado, y una distancia horizontal de 20 metros, para formar la parcela (Figura 2).

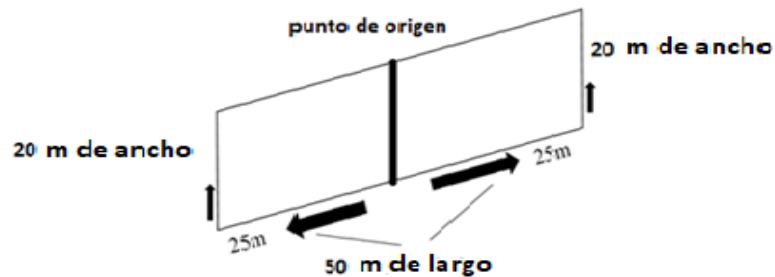


Figura 2. Tamaño y forma de la parcela utilizada para el muestreo de las especies arbóreas en sistemas de café con sombras en cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia.

3.2.5. Variables evaluadas

Para cumplir con los objetivos específicos planteados se trabajó con las siguientes variables:

- **Diámetro normal**

En el caso de la variable diámetro del árbol el valor mínimo que se priorizó fue de 5 cm con la finalidad de tener una idea de la composición de especies arbóreas en diferentes estados de desarrollo, el diámetro fue medido con una cinta diamétrica a una altura de 1.30 m a partir del nivel del suelo.(Prodan *et al*, 1997).

- **Altura del fuste**

Altura vertical que se tomó desde el nivel del suelo hasta la primera rama del fuste o la primera bifurcación, medida con un clinómetro. (Ugalde, 1981).

- **Altura total**

Esta variable fue medida con un clinómetro que es un instrumento de medida de la inclinación o pendiente que se mide verticalmente desde el suelo hasta el ápice del árbol.

$$H = \frac{(L_1 + L_2) * d}{100}$$

100

En donde:

H: Altura total del árbol (m)

L₁: Lectura uno, realizada con el clinómetro en la base del árbol

L₂: Lectura dos, realizada con el clinómetro en el ápice del árbol

d: Distancia a la que se ubicó el observador de la base del árbol.

- **Diámetro de copa**

Esta variable constituyó la base para el cálculo del porcentaje de cobertura que forma el árbol en la parte superior del fuste, fue medida en cruz y de forma perpendicular considerando la proyección vertical de la copa, fue realizada por dos personas con una cinta métrica y se utilizó la siguiente fórmula:

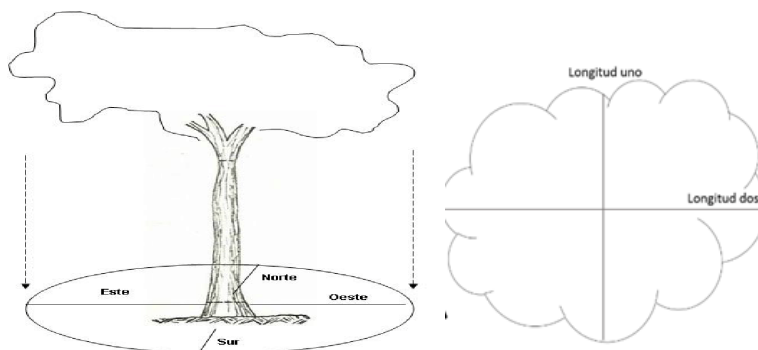


Figura 3. Medición de la longitud de copa para determinación de la cobertura forestal.

Longitud Promedio= $\text{Longitud}_1 + \text{Longitud}_2 / 2$ (representa un aproximado de la proyección de la copa)

Donde:

Longitud₁: Longitud uno, primera medición del área de la copa en el suelo.

Longitud₂: Longitud dos, segunda medición del área de la copa en el suelo.

Los resultados de la variable diámetro de copa son presentados o generan el indicador % de cobertura que es un indicador de la cobertura de la copa de los árboles sobre el suelo del sistema y que se reconoce como un servicio ambiental de los SAF.

- **Diversidad**

Las especies arbóreas encontradas en las cuatro fincas fueron reconocidas con ayuda de un productor de la zona, el cual brindó los nombres comunes de las especies, de las cuales sola una especie no fue identificada.

3.2.6. Análisis de datos

En el análisis de datos una vez recolectada la información se utilizó Microsoft Excel, digitalizando los datos recolectados para analizarlos, se utilizó las formulas correspondientes al análisis de índices de diversidad en este caso el índice de Shannon.

3.2.7. Análisis de la diversidad en los sistemas

Índice de Shannon

Delgado (1997), señala que el índice de Shannon es una medida del grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo de un conjunto de especie. Esta incertidumbre aumenta con el número de especie y con la distribución irregular de los individuos entre las especies. De acuerdo a esto, Shannon establece dos propiedades:

Es igual a cero si sólo hay una especie en la muestra y es máximo si todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Por lo tanto, la diversidad de una población será mayor conforme muestre un mayor valor para Shannon.

La diversidad de una especie vegetal tiene que ver mucho con el sitio donde se encuentra el bosque, las diferencias están relacionadas con la altura, generalmente existe mayor riqueza en sitios bajos que en sitios altos y respecto a la latitud existen más especies en los trópicos que en los bosques templados (Louman, *et al.*, 2001), el cual se calcula utilizando la fórmula:

Shannon:

$$H' = -\sum_{i=1}^N (ni/n) \ln(ni/n)/N$$

Donde:

H' = Promedio de incertidumbre por especies en una comunidad finita.

ni = Número de individuos pertenecientes a la i – ésima especie de la muestra.

N = Número total de individuos de la muestra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de las áreas bajo sistemas de café con sombra en cuatro fincas de Dipilto, Nueva Segovia.

El cuadro 1, representa una forma de descripción o tipificación de las áreas con el sistema diversificado de café con sombra. Esta tipificación muestra características de tipo biofísica como la pendiente, la cual fue similar entre las fincas evaluadas, siendo el valor mínimo de 10% y valor máximo de 17%, que muestra una localización asociada a sitios irregulares comunes y/o predominantes en el municipio de Dipilto (figura 1).

Cuadro 1. Caracterización de las áreas con sistemas de café con sombra establecida en las cuatro fincas evaluadas.

Fincas	Características
Finca 1 El Recuerdo	Se encuentra entre las coordenadas 552792,1521432 UTM. El área de café con sombra presentó un área de cobertura de 24% incluyendo arbustos, con una altura total 12.4 m, con un diámetro de 18.40 cm, con una altura al fuste de 3.23 m y un porcentaje de pendiente de 10.
Finca 2 El Carmen	Se encuentra entre las coordenadas 552733,1519470, UTM presentando la parcela un área de cobertura de 12% incluyendo arbustos, con una altura total de 11.45 m, con diámetro de 21.96 cm, con altura de fuste de 5.37 m y un porcentaje de pendiente de 15.
Finca 3 Buena Vista	Se encuentra entre las coordenadas 546524,1524622,UTM presentando la parcela un área de cobertura de 16%, con una altura total de 16.64 m, con un diámetro de 37.7 cm, con una altura al fuste de 8.72 m y un porcentaje de pendiente de 17.
Finca 4 San Martin	Se encuentra entre las coordenadas 552887,1520288, UTM presento un área de cobertura de 19% incluyendo arbustos, con una altura total de 16.13 m, con diámetro de 34.12 cm y con una altura al fuste de 5.1 m y un porcentaje de pendiente 15.

Desde el punto de vista estructural la variable altura total de las arbóreas muestra similitud entre las fincas San Martín y Buena Vista (16.13 m y 16.64 m, respectivamente), mientras las fincas El Recuerdo y El Carmen presentaron valores menores de altura total (cuadro 1). Los valores de altura de fustes fueron más variables, (3 a 8 m) en comparación a la altura total del dosel. Como es explicado en diversos estudios, el comportamiento en crecimiento de las especies arbóreas está influenciada por factores como la edad, el gremio ecológico al que pertenece, así como el porte que por condición natural alcanza.

En este caso las diferencias en la altura estuvo relacionada a la composición de las especies, que al ser más diversa genera mayor variabilidad en la altura total media determinada para cada sistema, siendo también posible las condiciones de sitio y origen de las arbóreas.

En cuanto a la variable diámetro a la altura del pecho los valores promedios fueron variables entre fincas, con valores superiores en la finca Buena Vista (37.7 cm), menores de 18.40 que muestran, el origen de los sistemas (asociados a relictos de bosques cuyos árboles de mayor dimensión fueron dejados como sombra para el café) y, por otro lado, la potencialidad del uso de las especies con características maderables.

Desde el punto de vista del beneficio de las especies arbóreas al sistema, fue posible determinar que el porcentaje de cobertura forestal en las áreas de producción de café con sombra fue variable, con valores entre 12% y 24% lo cual muestra el aporte de las especies arbóreas al proceso de creación de microclima, al ciclaje de nutrientes en el sistema, entre otros. Para el caso de esta variable, se considera que los porcentajes son bajos, lo que se debe a lo reciente en el establecimiento de las áreas.

El cuadro 2, ofrece de manera complementaria una explicación de la estructura dasométrica de los árboles que conforman el componente forestal en las áreas con sistema de café con sombra.

La información presentada permite tener una idea en primer lugar de la edad de los árboles y origen de las especies arbóreas que según los diámetros por fincas hacen pensar que los sistemas de café con sombra están constituidos por árboles remanentes de vegetación forestal que había anteriormente. Esta hipótesis se puede comprobar al registrar árboles con DAP mayor a 50 cm y,

hasta árboles con diámetro mayor a 100 cm como en las fincas 3 Buena vista y la finca 4 San Martin .

Cuadro 2. Resumen de las variables de estructura de los árboles en los sistemas de café con sombra.

Variables	Finca 1 El Recuerdo			Finca 2 El Carmen			Finca 3 Buena Vista			Finca 4 San Martin		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Diámetro (cm)	5.0	18.4	67.2	5.0	20.9	94.0	5.0	34.5	107	5.0	32.3	120
Diámetro de copa (m ²)	2.0	8.36	21.5	1.6	5.99	14.0	4.0	9.9	22.0	3.2	7.16	13.0
Altura Total (m)	3.5	12.4	28.0	4.0	10.9	40.0	7.0	15.2	28.0	4.5	15.2	35.0

Min: mínimo, Med: medio, Max: máximo

Los resultados de las variables diámetro de copa y altura muestran una relación entre la composición de las especies y altura, lo cual tiene un efecto directo sobre el porcentaje de cobertura de copas o cobertura forestal, que a la vez tiene un efecto sobre el grado de protección de la vegetación sobre el suelo, en este caso las fincas 1 y 3 presentaron los valores más importantes; mientras que para el caso de la altura las fincas 3 y 4 presentaron valores similares, y de la misma forma las fincas 1 y 2.

5.1.2. Composición de especies de árboles en las fincas con sistemas de café con sombra

Del inventario en las parcelas de las cuatro fincas con sistemas de café con sombra, se registró un total de 81 árboles, pertenecientes a 21 especies en el dosel de sombra. Los valores porcentuales de representatividad, con base en la función que desempeñan dentro del sistema de café presentan: el 10% son especies frecuentemente exclusivas para sombra, 3% frutales, 5% para leña, 2% maderable y el restante 80% de las especies representan otros usos, (cuadro 3).

La guaba (*Inga vera*) fue la especie que más predominó dentro de los cafetales con un total de 22 individuos, de igual manera se encontraron otras especies frecuentes en las cuatro fincas entre ellas están: Búcaro (*Erythrina fusca*) con un total de 14 individuos y cítricos con total de 16 individuos. Las demás especies se encontraron con menor frecuencia y en una abundancia mínima de 1 árbol en las cuatro fincas.

En este estudio se observó que la especie que más predominó en estos sistemas agroforestales fue *Inga vera*, debido a que los productores consideran que es una especie de fácil propagación y establecimiento, genera un gran aporte de materia orgánica e incorpora nitrógeno al suelo, es de fácil manejo, produce excelentes postes para cercado y su madera es utilizada como leña, es de rápido crecimiento, se adapta a climas cálidos y húmedos (Montagnini *et al.*, 1977).

Cuadro 3. Composición, abundancia y uso de las especies arbóreas con presencia en sistemas de café con sombra (Fuente: Conversación con productores).

Fincas	Nombre científico	Nombre común	Número de árboles	Usos de las especies
Finca 1 El recuerdo	<i>Inga vera Willd.</i>	Guaba	15	Leña Sombra
	<i>Erythrina fusca Lour.</i>	Búcaro	5	Sombra
	<i>Spondias mombin L.</i>	Jocote	3	Comestible y poste
	<i>Diphysa americana Mill.</i>	Guachipilín	1	Cercas vivas, cortinas rompe vientos y sombra

	<i>Citrus X sinensis L.</i>	Naranja	5	Comestible
	<i>Citrus reticulata blanco</i>	Mandarina	1	Comestible
Finca 2 El Carmen	<i>Casimiroa edulis Llave & Lex</i>	Matasano	1	Comestible y de uso medicinal
	<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>	Guácimo de ternero	2	Sombra, leña, carbón y forrajero
	<i>Citrus X sinensis L.</i>	Naranja	5	Comestible y melíferas.
	<i>Teobroma cacao L.</i>	Cacao	5	Comestible
	<i>Inga vera Willd.</i>	Guaba	2	Comestible, postes, leña, carbón y ornamental
	<i>Swietenia humilis zucc.</i>	Caoba del pacífico	1	Sombra, melífera, para madera y medicinal
	<i>Erythrina fusca Lour.</i>	Búcaro	2	Cercas vivas, sombra para el café, cacao.
	<i>Prunus pérsica L.</i>	Melocotón	2	Comestible
	<i>Citrus x limón L.</i>	Limón	1	Bebidas y trabajos de ebanistería
Finca 3 Buena vista	<i>Erythrina fusca Lour.</i>	Búcaro	4	Cercas vivas, sombra para el café, cacao
	<i>Cordia dentata Jacq.</i>	Tigüilote Negro	2	Poste, cercas vivas, leña, medicinal y carbón, melífera
	<i>Inga vera Willd.</i>	Guaba	3	Leña Sombra
	<i>Citrus X sinensis L.</i>	Naranja	1	Comestible y melíferas
	<i>Citrus x limón L.</i>	Limón	3	Bebidas y trabajos de ebanistería

Finca 4 San Martín	<i>Gliricidia sepium</i> <i>Jacq.</i>	Madero Negro	3	Postes, cercas vivas, leña, carbón, sombra y forraje.
	<i>Tapirira gianensis</i> <i>Aubl</i>	Trotón	1	Sombra, cortinas rompe vientos y maderables
	<i>Erythrina fusca</i> <i>Lour.</i>	Búcaro	3	Cercas vivas, sombra para el café, cacao
	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	2	Sombra y comestible
	<i>Spondias mombin</i> L.	Jocote	1	Sombra, medicinal y comestible
	<i>Persea schiedeana</i> <i>Nees</i>	Aguacate monte	1	Sombra y comestible
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro real	1	Maderable y sombra
	<i>Inga vera</i> will.	Guaba	2	Comestible, postes, leña, carbón y ornamental
	<i>Hymenolobium mesoamericanum</i> <i>H. C. Lima</i>	Cola de pava	2	Maderable y sombra
	<i>Inga spuria</i> Humb.	Paterno	2	Sombra, maderable y comestible
<i>Persea americana</i> <i>Mill.</i>	Aguacate	1	Comestible y sombra	

La composición de las especies por individuos encontradas en cada una de las parcelas establecidas fue igual en la finca 1 (El recuerdo) y finca 3 (Buena vista), encontrando una similitud de individuos en ambas fincas y una diferencia de individuos en la finca 2 (Buena vista) y finca 4 (San Martín).

Las especies registraron abundancia similar en tres de las cuatro fincas evaluadas . En la finca 1 las especies con mayor abundancia fue la guaba (*Inga vera*), en la finca 2 (El Carmen) se encontraron 2 especies con mayor abundancia, las que fueron Naranja (*Citrus X sinensis*) y Cacao (*Teobroma cacao*) ambas con 5 individuos, en la finca 3 (Buena vista) la especie con mayor abundancia fue

el búcaro (*Erythrina fusca*) con 4 individuos y en la finca 4 (San Martín). las especies con mayor abundancia fue el Madero Negro (*Gliricidia sepium*) y el búcaro (*Erythrina fusca*) con 3 individuos ambas especies. Este resultado muestra que en las cuatro fincas hay necesidad de una mayor diversificación de árboles ya que la mayoría de productores se inclinan más a la siembra de café y no le dan mucha importancia a los árboles ya sea maderables, frutales o árboles de sombra.

En relación a la composición de especies en sistemas de café con sombra en el norte nicaragüense Watton. (2018) registró similar composición de arbóreas con usos frutales como *Citrus*, *M. indica*, *P. guajava* y *P. americana*; además de otras con usos maderables, leña, entre otras. El mismo autor mencionó que algunas de las especies como son: *Inga*, *Erythrina*, presentan una particularidad de resistencia a los cambios de distribución por cambio climático.

Este resultado nos refleja que las especies encontradas en las cuatro fincas son preseleccionadas e incluidas en los sistemas de café bajo sombra, siendo el principal interés especies para usos maderables, leña y frutales, lo cual sugiere que desde el punto de vista práctico no existe una composición de especies idónea para sistemas de café con sombra, sino que el asocio está determinado por el uso alternativo que representan las arbóreas.

Diferentes estudios demuestran que el uso de los árboles dentro de estos sistemas productivos según la perspectiva de los productores está basado solo en la importancia que tienen para ellos, como un recurso estratégico de sus medios de vida, cuya expresión es la obtención de diversos productos con oportunidades de mercado.

De acuerdo con la percepción que tienen los productores sobre los beneficios que tiene el componente arbóreo en los sistemas de café con sombra, existen limitantes asociadas a interés para darle un mejor manejo a las especies presentes en los asocio con el café, destacándose entre las medidas de manejo, la inclusión de mayor número de especies; analizándose aquí que la falta de interés por parte de los productores puede estar asociada a los bajos ingresos económicos percibidos por el limitado aprovechamiento de las especies arbóreas, falta de apoyo de instituciones en cuanto al acompañamiento para el mejoramiento del sistema, entre otros.

De ser manejadas, estas especies arbóreas además de brindar sombra, proveerían ingresos adicionales a través de la venta de madera o frutos, ayudan al medio ambiente y pueden corregir deficiencias de nitrógeno y otros nutrientes importantes lo que puede representar una alternativa

agroforestal sostenible para la economía y protección de los recursos naturales especialmente para pequeños productores (FAO 2015).

5.1.3. La diversidad florística como parte de la composición de especies de los sistemas de café con sombra.

En el cuadro 4, se presentan los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenidos de la composición y estructura de los sistemas.

Los datos obtenidos en las cuatro fincas nos permiten evaluar la diversidad que existe entre ambas fincas, esto nos refleja la importancia de los árboles al integrarlos en sistemas de café con sombra, ya que un análisis de este tipo permite tener una visión más allá que la que hace referencia, a que los productores están enfocados en solo la producción y no tienen una visión más amplia sobre el aprovechamiento que puede tener en un futuro y no depender solo del rubro del café.

Fueron comparados los valores numéricos asociados a los índices de diversidad de Shannon-Wiener por finca, obteniendo diferencias estadísticas (cuadro 4), siendo la excepción la diversidad arbórea de las fincas 1(El recuerdo) y 3(Buena vista).

Cuadro 4. Valores de la diversidad de especies arbóreas con presencia en sistemas de café con sombra.

Fincas	Riqueza	Diversidad de Shannon	Probabilidad estadísticas
Finca 1 El Recuerdo	6	1.29	t=2.6923
Finca 2 El Carmen	10	1.91	p=0.009
Finca 3 Buena vista	5	1.30	t=-2.7054
Finca 4 San Martin	10	1.96	p=0.0132

En general, la diversidad de arbóreas en los sistemas registró valores bajos al estar por debajo del valor mínimo del índice de Shannon, que es de 2. Las fincas con mayor diversidad son las fincas 4 (San Martin) con (1.96) y la finca 2 (El Carmen) con (1.91) y las fincas con menor diversidad es la finca 1(El recuerdo) con (1.29) y la finca 3 (Buena vista) con (1.30).

De los resultados particulares se puede analizar que, aunque existen 21 especies en el registro general, la riqueza específica por finca es relativamente baja tanto en especies por finca, así como en la abundancia que presentan, lo cual influye en el valor de equitatividad que se requiere para

que exista una funcionalidad activa en pro de los procesos ecológicos necesarios en los sistemas.

También es posible asumir que, la diversidad en sistemas agroforestales está asociada por un lado a la edad de establecimiento del sistema. En este sentido, Ayuke *et al.*, 2013 mencionaron que la diversidad incrementa en la medida que el sistema se establece y alcanza cierta madurez; mientras otras teorías sugieren que la incorporación de especies al sistema y, por tanto, el incremento de la diversidad depende de la experiencia de los productores, y el acompañamiento técnico que los proyectos realizan ayudando al cumplimiento de objetivos de tipo productivos.

5.1.4. Importancia de las especies arbóreas dentro de los sistemas

Este estudio se realizó con el fin de demostrar cuál es la importancia que tienen las especies arbóreas dentro de los sistemas de café bajo sombra.

Uno de los aspectos que lleva a valorizar el uso de los árboles en la actualidad es sin duda los beneficios ecológicos que estos aportan a los agroecosistemas. Entre estos están; la protección del suelo, aumento de la fertilidad de los suelos, la moderación del clima y conservación de la biodiversidad.

De esta manera los productores deben de introducir en sus sistemas diversidad de árboles que tengan otros objetivos de producción, más beneficios tanto para las familias como para el cultivo, se pueden asociar especies fijadora de nitrógeno, con los cultivos.

En cuanto a los servicios ecológicos que brindan las especies arbóreas encontradas en nuestro estudio se mencionan los siguientes: (cuadro 5).

Cuadro 5. Procesos ecológicos de las especies arbóreas y usos

Especies arbóreas	Proceso ecológico
Guaba (<i>Inga vera Willd.</i>)	Desempeña una función de fijadores de nitrógeno, su hojarasca produce abundante materia orgánica, lo que contribuye a la transferencia de nutrientes y la conservación de la humedad del suelo
Búcaro (<i>Erythrina fusca Lour</i>)	Especie óptima para la conservación de suelos, posee una alta capacidad de fijar nitrógeno al suelo y protege los nacimientos aguas.

Jocote (<i>Spondias mombin L.</i>)	Fijadora de nitrógeno, protege el manto acuífero, reservorio de agua, las flores son una fuente de néctar para abejas.
Guachipilín (<i>Diphysa americana Mill.</i>)	Es importante para rehabilitación de los suelos y como alternativa ecológica en el manejo de cuencas hidrográficas, al estabilizar los cauces fluviales y proteger el manto acuífero.
Madero negro (<i>Gliricidia sepium Jacq</i>)	Especie fijadora de nitrógeno, productora de néctar y polen por lo que es visitada por una gran variedad de insectos, aves y sirve de refugio de fauna silvestre.
Mango (<i>Mangifera indica l</i>)	Melífera, hábitat.
Matasano (<i>Casimiroa edulis Llave & Lex</i>)	Es productora de néctar y es visitada por insectos y animales, es fijadora de nitrógeno y mantienen una buena humedad en el suelo.
Guácimo de ternero (<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>)	Hábitat y alimento para animales tanto terrestres como aves, evita erosión del suelo, mantiene una buena infiltración de agua.
Paterno (<i>Inga spuria Willd</i>)	Hábitat y alimentos para aves, control de erosión, fijador de nitrógeno, restaurador ecológico, materia orgánica y controlador biológico.
Cedro real (<i>Cedrela odorata L.</i>)	Mantiene los suelos fértiles, orgánicos y húmedos, sirve de refugio para aves.
Aguacate (<i>Persea americana Mill</i>)	Hábitat y alimentos para aves, control de erosión, fijador de nitrógeno y restaurador ecológico.
Aguacate de monte (<i>Persea schiedeana Nees</i>)	Alimento para aves, sus hojas sirven de materia orgánica y mantiene la humedad del suelo.
Tigüilote negro (<i>Cordia dentata poir</i>)	Conservación de suelo, control de erosión, restaurador ecológico del bosque y agro-hábitats de especies.
Trotón (<i>Tapirira guianensis</i>)	Sus frutos sirven de alimento para la fauna, restauración ecológica
Cola de pava (<i>Hymenolobium mesoamericanum H. C. Lima</i>)	Control de erosión, funciona como refugio para las aves.
Caoba del pacífico (<i>Swietenia humilis zucc</i>)	Ayuda a la conservación de la flora y fauna, evita la erosión del suelo.
Cacao (<i>Teobroma cacao L.</i>)	Mantiene la humedad del suelo, funciona como alimento para aves y mamíferos pequeños.
Cítricos (limón, naranja, mandarina, melocotón)	Tienen una función para alimentación de aves y mamíferos Pequeños.

Las especies arbóreas en los sistemas proporcionan muchos de los servicios ecológicos que se observan en terrenos forestales. La protección a los suelos contra los elementos erosivos, producción de materia orgánica y su incorporación a los suelos, absorción de carbono y la conservación o mejora del hábitat solo son algunos de los servicios que el café de sombra puede proporcionar. (Comisión para la cooperación ambiental, 1999).

Los productores de las cuatro fincas donde se realizó este estudio tienen una perspectiva negativa con respecto al uso de los árboles en sus fincas, ya que opinan que no es muy importante porque generan mucha sombra y perjudica su cultivo, los productores prefieren mantener poca sombra en sus cafetales para reducir la incidencia de plagas y enfermedades, además de preferir especies solo de uso maderables y frutales.

Desde una perspectiva agronómica, estos sistemas de café bajo sombra pueden funcionar inherentemente para proteger y enriquecer los suelos, así reducir la necesidad de usar insumos químicos, tóxicos y costosos, para controlar plagas o hierbas. (Comisión para la cooperación ambiental, 1999).

El valor ecológico de estos agroecosistemas ha sido señalado por sus servicios potenciales al hábitat de organismos como aves, insectos y mamíferos pequeños. Adicionalmente, algunos pueden actuar como refugio para la biodiversidad de plantas epífita (Comisión para la cooperación ambiental, 1999).

Estos sistemas provocan una interacción muy estrecha entre los árboles y el café haciendo de la finca un verdadero centro de biodiversidad, donde no solamente se logra un café de la mejor calidad; sino que, además, se produce madera, frutas, belleza escénica, leña, forraje, fijación de nitrógeno, se mejoran los suelos y la calidad de las aguas, se promueve y conserva la fauna silvestre y se eleva el valor de la propiedad. (Rojas *et al.*, 2005).

El asocio de diversidad de especies arbóreas en estos sistemas desde la perspectiva ecológica ayuda a la conservación de la biodiversidad.

Sin embargo, el oficio de estos productores no es el de conservar la biodiversidad, ellos cultivan café para ganarse la vida y la diversidad de especies arbóreas en sus fincas no es su preocupación

más importante, por el contrario, las especies arbóreas representan beneficios alternativos del sistema.

Las especies arbóreas son seleccionadas por el productor, tomando en cuenta algunos criterios como: Copa pequeña, fácil manejo, rápido crecimiento y desarrollo (Cordero *et al.*, 2003).

Las especies más utilizadas para la sombra del café pertenecen a los géneros: Acacia, Albizia, Eritrina e Inga, tratándose de leguminosas que además de la reducción de la intensidad lumínica, aportan cantidades notables de residuos vegetales naturales o por podas como material de cobertura (Pérez *et al.*, 2005).

En el (Cuadro 6) están algunas especies arbóreas que son comunes en sistemas de café con sombra y que pueden ayudar a tener un mejor sistema de producción, haciendo énfasis en las especies maderables y fijadoras de nitrógeno.

Cuadro 6. Especies arbóreas recomendadas en sistemas de café con sombra.

Especies	Usos
Laurel (<i>Cordia alliodora Ruiz & Pav</i>)	Sombra, cortinas rompevientos, árboles en potreros, postes, medicinal y en época de floración es muy visitada por las abejas ya que son fragantes y ricas en néctar.
Nancite (<i>Byrsonima cressifolia L Kunth</i>)	Son empleadas para alimentación de aves y venta de mercado local, funcionan para mantener la humedad del suelo.
Guayacán (<i>Tabebuia rosea Bertol</i>)	Postes para cercas, alimento para fauna mediante sus frutos, hábitat para aves, regulador de rayos solares, generador de abono orgánico mediante la caída de hojas y su floración.
Guayaba (<i>Spidium sp</i>)	Son empleadas para alimentación de aves y venta de mercado local, funcionan para mantener la humedad del suelo.
Acetuno (<i>Simarouba glauca DC</i>)	Rápido crecimiento, adaptabilidad a diversos ambientes, fuente de alimento para variedad de aves, medicinal y es un árbol del dosel medio que puede usarse como restauración ecológica y plantaciones de enriquecimiento del bosque natural.
Roble (<i>Quercus segoviensis Liebm</i>)	Mayor infiltración de agua en el suelo lo que conlleva a mantener por un tiempo prolongado el agua disponible para los cultivos.

Las especies arbóreas antes mencionadas son las más frecuentes y recomendadas en sistemas de café bajo sombra, se consideran útiles tanto para el sistema como para el productor, ya que estas presentan un alto valor económico, aportan beneficios ecológicos para el suelo y ayudan a favorecer la supervivencia y biodiversidad de otros organismos.

De acuerdo a Vázquez, (2013). la introducción de especies cultivadas con una debida planificación y con fines económicos contribuye a enriquecer la biota presente en el agroecosistema mejorando las condiciones de vida de las familias y dándole un mayor equilibrio ecológico.

De acuerdo a Salazar *et al.*,(2014), los agroecosistemas de producción simples se están diversificando, este proceso ha iniciado en pequeñas áreas de producción dentro de las unidades productivas, asociando cultivos anuales, perennes con cultivos de coberturas y árboles frutales.

V. Actividades de manejo de árboles para mejorar la funcionalidad de especies de árboles en el sistema.

La estrategia del manejo integrado del sistema café implica un enfoque agroecológico incorporando prácticas que fortalezcan al cultivo, tales como nutrición balanceada de cafetos, el manejo adecuado de sombra es un factor modificante del ambiente favoreciendo al cultivo y reduciendo el riesgo al desarrollo de otras enfermedades como roya y mancha de hierro, la poda sanitaria dirigida al manejo de antracnosis, así como otras prácticas que prevengan plagas, ya que las características del suelo, las condiciones climáticas y los sistemas de manejos practicados influyen sobre el desarrollo, producción y comportamiento de las plagas en el sistema café.

Para realizar actividades de manejos en estos sistemas de café con sombra se debe tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la zona, la cantidad de árboles por hectárea y el objetivo del productor.

En las cuatro fincas donde se realizó este estudio los productores no realizan actividades de manejo, debido a que no cuentan con la orientación necesaria para realizarla dentro de sus fincas, al igual que no lo creen necesario ya que son fincas pequeñas (1 a 2 Mz) que presentan baja abundancia y diversidad de especies arbóreas.

Philipp *et al.*, (2003); indican que la aplicación de prácticas agroecológica es frecuentemente adoptada por pequeños productores, debido a que no cuentan con los recursos económicos necesarios para adquirir productos químicos por lo que la diversificación de los sistemas de producción le confiere al productor la oportunidad de obtener diferentes fuentes de ingreso.

Un manejo adecuado de la sombra contribuye a la protección de las plantas de café del calor excesivo y reduce su exposición a la luz solar directa. Además, los árboles de sombra pueden actuar como rompevientos y también contribuyen a la fertilidad del suelo al proporcionar materia orgánica y nutrientes de las hojas que caen al suelo. Una mayor cantidad de sombra puede ayudar también a reducir la agresividad de algunas malezas. Sin embargo, el manejo de la sombra no se trata solo de plantar árboles, sino de proveer un espacio adecuado y seleccionar las especies más propicias que no compitan por nutrientes, agua y luz con las plantas de café.

Freguin (2017), considera que, en algunas localidades de Nicaragua, el agricultor depende de pocos rubros por las deficientes estrategias de comercialización y la baja diversificación de cultivos agrícolas.

La reconversión y diversificación de los sistemas de producción; aspectos que abarcan, entre otros, la selección de cultivares y cultivos más resistentes recurriendo en lo posible a la agrobiodiversidad local y el uso de sistemas agroforestales para mejorar la calidad del suelo, la retención del agua y la obtención de productos alternativos para el consumo y la venta (Sánchez *et al.*, 2018).

Los productores deben de reunir toda la información posible sobre las características de especies de sombra disponibles, si son útiles para su propósito y luego clasificarlos según el uso que las especies brindan, esto ayudará a que los productores tengan un conocimiento más amplio en cuanto a una mejor sombra para su sistema.

Las especies arbóreas ideales pueden variar mucho de un área a otra, así que debe observar las especies que han sido exitosas en el sistema y hablar con productores de otras fincas sobre sus experiencias con diferentes árboles de sombra, incluyendo especies, establecimiento, densidad de siembra, manejo y costos, etc.

Cada productor debe de elegir la forma de como introducir las especies de sombra requeridas en las fincas, esto ayudará a tomar precauciones necesarias para garantizar que no se introduzcan plagas o enfermedades junto con los árboles.

Se recomienda el uso de especies leguminosas, ya que estas ayudan a mantener la fertilidad en el suelo y, por lo tanto, reduce la competencia entre sombra y café. También es necesario conocer las desventajas de cada especie, ya que ninguna especie es perfecta para cualquier eventualidad y conocer si pueden ser manejadas.

Al momento que el productor elija las especies arbóreas adecuadas para su sistema, debe considerar otros beneficios adicionales (por ejemplo, provisión de frutas, madera, etc.) y los riesgos, (por ejemplo, algunas especies de sombra pueden competir demasiado por el agua y los nutrientes del suelo y otras pueden albergar enfermedades transmisibles al café.

De acuerdo a los productores no consideran necesario los raleos, y de realizarse será en casos muy aislados, más por las consideraciones de una sombra excesiva y no por la necesidad de propiciar

mejores condiciones de crecimiento de las maderas. Lo que sí se debe atender oportunamente son las podas de ramas inferiores, la eliminación de rebrotes, especialmente durante los primeros cuatro años y evitar mediante alguna forma de enderezado, el desarrollo de fustes torcidos o inclinados.

VI. CONCLUSIONES

- En el trabajo se registró 21 especies arbóreas, con riqueza variable entre fincas. Las especies que se asocian con el cultivo de café son incluidas según la visión de uso complementario del sistema, ya que además del café, los productores prefieren introducir especies de valor maderable como Cedro (*Cedrela odorata*) y Caoba del pacífico (*Swietenia humilis*) y fijadoras de nitrógeno como las guabas (*Inga vera*) y Jocote (*Spondias mombin*) aunque las especies tienen muchos más usos.
- De acuerdo a la percepción de los productores las especies tienen diferentes valores o importancia de manera porcentual son: 10% árboles de sombra, 3% frutales, 5% leña, 2% maderable y 80% representa otro uso, sin embargo, la literatura reporta otros usos que pueden generar mayor productividad y beneficios del sistema.
- El enfoque de manejo del sistema debe dirigirse hacia un mayor proceso de diversificación según el estado de desarrollo del sistema de café con sombra, siendo una opción de tipo agroecológica que incremente los beneficios de las especies arbóreas en su aporte a la diversidad y medios de vida.

VII. LITERATURA CITADA

- Ayuke, F.O.; Karanja, N.K.; Muya, E.M.; Musombi, B.K.; Mungatu, J. y Nyamasyo, G.H.N. (2013). Macrofauna diversity and abundance across different land use systems in Embu, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 11: 371-384.
- Comision para la cooperación ambiental. (1999). Definición del café de sombra con criterios biofísicos, Jalapa Veracruz México 3 p. Consultado 10 abr 2020. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/1856-defining-shade-coffee-bio-physical-criteria-es.pdf>
- Cabon, M. (2015). Effect of shade on microclimate, soil fertility and productivity of coffee trees in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Report Internship job. CIRAD-CATIE. 31 p.
- CENAGRO, (2010). Departamento de Nueva Segovia y sus municipios uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario. 96 p. Consultado 10 de ener 2020. Disponible en: <https://www.mag.gob.ni/documents/Publicaciones/CENAGRO/Nueva-Segovia.pdf>
- Cordero, J. Boshier, D. (2003). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Manual para extensionistas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. P. 197-242.
- Delgado, D. (1997). Efecto del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultura en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica. CATIE. Unidad de manejo de bosques naturales. Serie técnica N°28. Turrialba Costa Rica. 43 p.
- Espinoza, E. M., Castellón, J. R. (2015). Tenencia de la tierra de acuerdo al IV CENAGRO de INIDE. REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas, 3(5), 140-162.
- Freguin-Gresh, S. (2017). Agroecología y agricultura orgánica en Nicaragua. Génesis,

institucionalización y desafíos. Consultado el 5 de oct 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/i0112s/i0112s02.pdf>

FAO. (2015). Los bosques y suelos forestales contribuyen de manera esencial a la producción agrícola y la seguridad alimentaria mundial. Consultado el 17 de abr 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>

Gallusser Jacquat, S. (2014). Estudio comparativo sobre sistemas integrados de producción y sistemas agroforestales. Perú, San Martín. 65 p. Consultado 10 de febrero 2020. Disponible en: <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/04/144.pdf>

Louman Quiroz, D. (2001). Silvicultura de bosque latifolios húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 265 p.

MEEC, (2004). Caracterización Municipal de Dipilto, ficha municipal, Nueva Segovia. Consultado el 15 de oct 2019. Disponible en: <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/NuevaSegovia/Dipilto.html>.

Mendieta López, M., Rocha Molina L, R. (2007). Sistemas agroforestales. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 117p.

Ministerio de Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de conservación. (2014). Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Programa REDD/ CCAD/GIZ; Jorge Fallas G. San José, Costa Rica, CR. Manual de campo. Vol 2. 74 p.

Montagnini, F.; Somarriba, E. Murgueitio, E. (2015). Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Costa Rica. 461 p. Consultado el 10 oct 2019. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7124>

- Muschler, RG. (2000). Árboles en cafetales. Módulos de enseñanza agroforestal N° 5. CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Mendoza Jara. F. (2020). Ubicación de las fincas en el municipio de Dipilto Nueva Segovia. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.+
- Philipp, D., & Gamboa, W. (2003). Observaciones sobre el sistema mucuna-maíz en laderas de Waslala, región Atlántica de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 14(2), 215-221.
- Pérez C., Ruiz C., Reyes F., Rojas J., Calero C., (2005). Potencial de plantaciones y fijación de carbono colección .Magfor- Profor. tomo 2. primera edición. 178 p.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F & Real, P.(1997). MENSURA FORESTAL. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura(IICA). San Jose, CR. 586 p.
- Rojas, F., Canessa, R., Ramírez., J. (2005). Cafetales arbolados, Costa Rica. *Revista forestal Kurù*, vol. 2: 4-6 p.
- Rangel, J. (2015). La biodiversidad de Colombia: Significado distribución regional. *Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*. 39(151): 176-200 p.
- Sánchez, O., Muñoz, A., (2018). Análisis de sistemas de producción agrícola en tres municipios del departamento de Nueva Segovia (64-21). Trabajo de titulación para optar el título de ingeniero agrícola, Managua, Universidad Nacional Agraria. Nicaragua, NI. 64 p.
- Salazar., Centeno., D., (2014). Potencial faro regional para el diseño y evaluación de agroecosistemas agroecológicos. *Nicaragua, NI, La Calera*, 13(20), 58-65 p.
- Vásquez, L., (2013). Diseño y manejo agroecológico del sistema de producción: enfoque holístico para suprimir poblaciones de organismos nocivos. Conferencia en el doctorado en agroecología, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. NI.

Ugalde A, L. (1981). Conceptos básicos de dasométria. (En línea) Turrialba, CR. CATIE.
Consultado 10 Oct. 2019.

Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/a5909e/a5909e.pdf>

Watton, A. (2018). Utilización de árboles en cafetales en Centroamérica. Informe de Investigación.
Stourbridge DY8 3YQ, Inglaterra y WBCSysTech Limited, Lichfield, Staffordshire WS13
6LL, Inglaterra. 40 p.

