



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**Estructura y funciones de especies arbóreas en
sistemas de café con sombra en cuatro fincas del
norte de Nicaragua**

Autor

Br. Fernando Aníbal López Aguilera

ASESOR

Dr. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua

Octubre, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**Estructura y funciones de especies arbóreas en
sistemas de café con sombra en cuatro fincas del
norte de Nicaragua**

Autor

Br. Fernando Aníbal López Aguilera

ASESOR

Dr. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua

Octubre, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Tesis para optar al título de ingeniero forestal

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad de recursos naturales y del ambiente como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero forestal

Miembros del tribunal examinador

MSc. Jael Cruz Castillo

Presidente

MSc. Edwin Alonzo

Secretario

Mp. Álvaro Martínez

Vocal

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. MARCO DE REFERENCIA.....	5
3.1. Agroforestería.....	5
3.2. Sistemas agroforestales	6
3.3. Café con sombra	6
3.4. Servicio ambiental	8
3.5. El manejo de los SAF de café bajo sombra.....	9
3.6. Funcionalidad ecológica.....	9
3.7. Productividad.....	10
3.8. El papel que juegan los árboles en los SAF de café con sombra.....	11
3.9. Aporte en almacenamiento de carbono de los SAF de café con sombra	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. Ubicación geográfica del estudio.....	13
4.2. Características biofísicas del área de estudio Las Sabanas, Madriz	15
4.2.1. Clima.....	15
4.2.2. Suelo	15
4.3. Características biofísicas del área de estudio Mirafior-Moropotenté, Estelí.	15
4.3.1. Climas	15
4.3.2. Suelos.....	15
4.4. Diseño metodológico	16

4.4.1.	Planificación de estudio	16
4.4.2.	Recolección de la información.....	16
4.4.3.	Método de inventario del componente arbóreo del sistema agroforestal café con sombra... ..	17
4.4.4.	Método de inventario del componente arbustivo y del sistema café con sombra... ..	18
4.5.	Variables del componente arbóreo a evaluar	19
4.5.1.	Diámetro normal.....	19
4.5.2.	Altura total.....	19
4.5.3.	Diámetro de copa.....	20
4.5.4.	Procesamiento de datos.....	20
4.5.5.	Cálculos dasométricos	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1.	Composición florística de especies arbóreas en los sistemas de café con sombra	22
5.2.	Caracterización del sistema café con sombra en las 4 fincas del norte de Nicaragua... ..	26
5.2.1.	Altura promedio de los árboles en los sistemas evaluados	27
5.2.2.	Diámetro promedio de los árboles en los sistemas evaluados.....	27
5.2.3.	Porcentaje de cobertura generada por los árboles en los sistemas evaluados	28
5.2.4.	Abundancia de árboles en los sistemas de café con sombra en cada finca	29
5.3.	Diferentes usos que se encuentran en las cuatro fincas	30
5.4.	Categorías diámétricas para sombra	32
5.5.	Distribución diámétricas de árboles maderables en las fincas evaluadas	32
5.6.	Beneficios que obtienen los productores de los árboles asociados al café	34
5.7.	Servicio ambiental almacenamiento de carbono como parte de la funcionalidad de los árboles	35
5.7.1.	Especies con mayor almacenamiento de carbono	35
VI.	RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAFÉ CON SOMBRA EN LAS FINCAS EVALUADAS	37
VII.	CONCLUSIONES	38
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
IX.	ANEXOS	43

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación es dedicado a Dios nuestro padre, que es el único que nos da la fuerza y sabiduría de seguir luchando en esta vida.

A mis padres por el sacrificio de luchar por sacarme adelante en esta vida, gracias a ellos por llegar hasta estas instancias en las que estoy, por el apoyo emocional y económico en estos largos cinco años de carrera universitaria.

A mis hermanas por ayudarme económicamente y por el amor que me tienen, este triunfo es también de ellas.

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente, no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vallas. **"Josué 1:9."**

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haber llegado a estas etapas de la vida y terminar con éxito mi carrera universitaria en nuestra alma mater, un sueño que siempre tuve desde pequeño ser un profesional en esta vida.

A mis padres Modesto López y Rosibel Aguilera por el amor y aprecio que me tienen al igual la oportunidad de darme de estudiar mi carrera universitaria y cumplir un sueño más.

A mi hijo Thiago Fernando López por ser un pilar más en mi vida, en lo que me motiva a seguir adelante.

A mis hermanas Paola López y Mariela López por la motivación que me brindaron al igual con el apoyo económico para coronar mi carrera universitaria.

A mi asesor de tesis Dr. Álvaro Noguera por haberme dado su confianza, enseñanzas y dedicación en el transcurso del trabajo de graduación.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	PÁGINA
1. Número de árboles por especies en fincas con sistemas de café con sombra.	22
2. Caracterización de las áreas de café con sistemas de café con sombra establecidas en las cuatro fincas evaluadas.	26
3. Número de árboles por tipo de uso en las cuatro fincas con sistemas de café con sombra.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1. Ubicación del municipio de Las Sabanas.	13
2. Ubicación del Área Protegida Miraflor-Moropotente, Estelí.	14
3. Tamaño y forma de la parcela utilizada para el muestreo de las especies arbóreas en sistemas de café con sombras en cuatro fincas del norte de Nicaragua.	18
4. Distribución de diámetros de las especies usadas para sombra en los sistemas de café.	32
5. Distribución de diámetros de las especies usadas para madera en los sistemas de café.	33
6. Beneficios que obtienen los productores, de los árboles asociados al cafetal.	34
7. Carbono almacenado por las especies arbóreas en los sistemas de café con sombra.	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1. Almacenamiento de carbono por especies y por finca, en los sistemas de café con sombra evaluados.	43

RESUMEN

La presente investigación señala la relevancia del inventario florístico, como alternativa del conocimiento de especies importantes para asociarse al sistema café y para generar servicios sustentables en cuatro fincas del norte de Nicaragua en el municipio de Las Sabanas, departamento de Madriz y el Área protegida Mirafior-Moropotente, departamento de Estelí, con el objetivo de evaluar la composición y funcionalidad de especies arbóreas en sistemas café bajo sombra para mejorar la productividad del sistema en cuatro fincas del norte de Nicaragua. Para la recolección de la información se realizó un censo al 100%. Este componente fue muestreado mediante parcelas con dimensiones de 10 x 10m, y en un número total de 4 fincas. Las variables evaluadas fueron diámetro normal, altura del fuste, altura total, diámetro de copa, nombre común de las especies. Se registró un total de 124 árboles en general, pertenecientes a 49.19% de utilidad para sombra, 24.19% de utilidad para madera, y 12.90% de utilidad para leña, y 13.70% de especies frutales. La especie más utilizada es Guaba blanca (*Inga vera*) presentó la mayor cantidad de individuos con un total de 47. Tratándose de leguminosa que además de la reducción de la intensidad lumínica, aportan cantidades notables de residuos vegetales naturales o por podas como material de cobertura. Fue posible determinar que el porcentaje de cobertura forestal en las áreas de producción de café con sombra fue variable, con valores entre 28.7% que constituye la menor cobertura y 44.2% como el valor más alto, lo cual muestra el aporte de las especies arbóreas al proceso de creación de microclima, al reciclaje de nutrientes en el sistema, entre otros.

Palabras claves: Diversidad arbórea, sombra en cafetales, agroforestería

ABSTRACT

The present investigation indicates the relevance of the floristic inventory, as an alternative to the knowledge of important species to be associated with the system. Coffee and to generate sustainable services in four farms in the north of Nicaragua in the municipality of Las Sabanas, department of Madriz and protected area of Mirafior - Moropotente, department of Estelí with the objective of evaluating the composition and functionality of tree species, brown systems under shade to improve the productivity of the system in four farms in the North of Nicaragua. To collect the information, a 100% census was carried out. This component was sampled through plots with dimensions of 10×10 m, and in a total number of four farms. The variables evaluated were normal diameter, stem height, total height, crown diameter, commonname of the species. A total of 124 trees were registered in general. Belonging to 49.19% of utility for shade, 24.19% of utility for wood, and 12.90% of utility for firewood, and 13.70% of fruit species. The most widely used species is White Guaba (*Inga vera*) presented the largest number of individuals with a total of 47, being legumes that, in addition to the reduction of or light intensity, provide notable amounts of natural plant residues or by pruning as covering material. It was possible to determine that the percentage of forest cover in the areas of shade coffee production was variable, with values between 28.7% which constitutes the lowest cover and 44.2% as the highest value, which shows the contribution of the tree species to the microclimate creation process to the recycling of nutrients in the system, among others.

Key words: Tree diversity, shadow coffee plantation, agroforestry

I. INTRODUCCIÓN

"La producción de café en Nicaragua, representa un rubro económico que aporta un importante aporte al producto interno bruto del país" (Reyes y Rodríguez, 2014, p.1). "Lo que ocupa el sexto lugar en el PIB, siendo el principal producto de exportación con un 18.2 % de las exportaciones totales" (Molinares y Castiblanco, 2015, p.1).

La historia muestra que el cafeto se encontró en un ambiente natural bajo sombra y en Nicaragua se cultiva el café bajo sombras, ya que ésta permite regular la penetración de luz solar necesaria para propiciar un mejor desarrollo y mayor longevidad de los cafetales. (Molinares y Castiblanco, 2015, p.12)

La caficultura en la zona del norte de Nicaragua es una actividad de hace muchos años y representa una importancia económica debido a la pobreza que presentan familias de las comunidades rurales del norte de Nicaragua, en esta situación obliga a los grandes cafetaleros a reducir el precio del pago por jornal y reducción de los contratos de mano de obra significando un impacto económico negativo en la población.

Los productores en el corredor seco del norte de Nicaragua cuentan con pocas opciones productivas lo cual ha desembocado en el incremento del nivel de pobreza de las familias campesinas, por ende, la Facultad de Agronomía en conjunto con la Universidad de San José, California, USA ha venido desarrollando un proyecto cuya meta es el mejoramiento del nivel de vida y productividad de las fincas cuya base es el beneficio que brinda el sistema agroforestal café con sombra, tanto ambiental como económicos a las pequeñas familias campesinas.

Debido a la baja diversificación productiva, la baja captación de ingresos por producción agrícola durante la época seca del año y otros factores asociados a la presencia de pocos medios de vida, es necesario la generación de alternativas de uso de suelo adaptadas a la zona, para asegurar la mejora de vida de las familias de los municipios de Estelí y Madriz.

Según Leal (2018) en la actualidad, ante la creciente demanda en la implementación de sistemas de producción más sostenibles y amigables con el ambiente, los sistemas agroforestales (SAF) son una alternativa en áreas marginadas o en comunidades aisladas, que les permite diversificar la producción, generando bienes y servicios que satisfagan las necesidades básicas de los productores, asimismo proporcionando beneficios socioeconómicos y ecológicos.

La importancia social y biológica de los cafetales ha llevado a la necesidad de caracterizarlos, para comprender mejor su estructura y funcionamiento, dado que la diversidad biológica influye en la producción, pues mantiene la funcionalidad ecológica que presta servicios ecosistémico como el mantenimiento de la estructura del suelo, la polinización o el control biológico. También, es necesario conocer qué prácticas ayudan a preservar la biodiversidad funcional dentro de los cafetales para evidenciar su capacidad multifuncional, con producción y conservación. (Cepeda, 2015, p.2)

El cultivo del café en Nicaragua puede generar beneficios ambientales como: conservación de la biodiversidad, mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mantenimiento del microclima y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en el suelo, en la mayoría del área cafetalera de Nicaragua, se maneja bajo sombra arbórea, permitiéndole mayor potencial en la fijación y almacenamiento de carbono. (Medina *et al.*, 2010, p.29) asimismo pueden obtenerse otros beneficios tangibles como frutos, leña, madera, plantas medicinales entre otros productos que permiten a los productores tener ingresos económicos.

Él es un cultivo de mucha importancia para Nicaragua ya que además de ser una fuente importante de divisas para el país constituye una fuente importante de empleo tanto temporal como permanente, además desde el punto de vista ambiental es un cultivo muy valioso ya que es establecido mayormente con árboles de sombra, los cuales juegan un rol muy importante en la absorción de carbono y en la producción de oxígeno. (Balladares y Calero, 2005, p.1).

Por lo que el entendimiento de elementos como diversidad, estructura, funcionamiento, criterios de selección y alternativas de manejo de dicho arbolado permitiría una mayor comprensión de los procesos en el sistema y, por tanto, una mejor precisión en la toma de decisiones sobre la mejora del sistema.

Este estudio tiene como propósito evaluar la estructura y potencial de funciones que pueden ejercer los árboles en sistemas de café con sombra en cuatro fincas del norte de Nicaragua. Se considera que la información generada puede ser de utilidad para definir medidas de mejoramiento del sistema a través de un planificado manejo de la biodiversidad auxiliar que la constituyen los árboles.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la composición y funcionalidad de especies arbóreas en sistemas café bajo sombra para mejorar la productividad del sistema en cuatro fincas del norte de Nicaragua.

2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la composición florística de especies arbóreas en el sistema de café con sombra.
2. Estimar la funcionalidad de las especies arbóreas basado en beneficios tangibles (madera y leña) e intangibles (sombra y carbono almacenado).
3. Definir medidas para el mejoramiento de los sistemas productivos en función del rol de árboles dentro de los sistemas productivos.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Agroforestería

La agroforestería es parte fundamental del proceso integral de la conservación y mejoramiento del suelo. Es una estrategia que tiene como objetivos reforzar y establecer la sostenibilidad en las fincas de los agricultores mediante la promoción de la diversificación productiva y capacitación en el manejo de sistemas estratificados; mejorar y mantener todo tipo de agricultura; aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, fijación del nitrógeno atmosférico, reciclaje de nutrientes, modificación del microclima dentro del cultivo, y optimizar la productividad del sistema mediante la producción sostenible, entre otras. (Farfán, 2014, p.35)

La agroforestería es un sistema de uso y manejo de los recursos naturales ampliamente practicado, en el que los árboles/arbustos (especies leñosas) se utilizan combinados espacialmente (topológico) y/o temporalmente (cronológico) con animales y/o cultivos agrícolas. Las formas de producción agroforestal son aplicables tanto en ecosistemas frágiles como estables, a escala de campo agrícola, finca, región, a nivel de subsistencia o comercial, el objetivo es diversificar la producción, controlar la agricultura migratoria, aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema, respetando el principio de sistema sostenible. (Leal, 2018, p.3)

Agroforestería es el nombre genérico para describir un sistema de uso de la tierra en el cual los árboles se combinan temporal y espacialmente con pasturas (uso animal) o cultivos agrícolas; en la agroforestería interactúan elementos de la agricultura con elementos forestales que se traducen en sistemas de producción sostenibles en la misma unidad de terreno. La combinación de árboles y cultivos es una asociación entre entes diferentes que coexisten y comúnmente difieren en rendimientos económicos. En el caso de los cafetales en sistemas agroforestales, sería de los árboles de los cuales se esperaría la menor utilidad. Por tanto, la introducción de estos en los cultivos no debe causar pérdidas en la productividad por máspreciado que sea su servicio ambiental. (Farfán, 2014, p.14)

3.2. Sistemas agroforestales

Un Sistema Agroforestal es un método de aprovechamiento de la tierra que combina la utilización de los árboles (para sus productos y servicios) con los cultivos agrícolas y animales. Es un nombre muy general, bajo el cual se incluyen un sinnúmero de sistemas diferentes, desde el más sencillo (por ejemplo, un campo agrícola con algunos árboles intercalados) hasta el más complicado por ejemplo el huerto mixto con cientos de especies diferentes de árboles y cultivos anuales. (Ramírez y Almendarez, 2007, p.1)

En los sistemas agroforestales los árboles son considerados como un componente integral para el logro de la sustentabilidad de los recursos existentes en el sistema; mediante las características morfológicas, fisiológicas y fenológicas que permiten modificar las condiciones de microclima temperatura, humedad relativa, precipitación, viento y radiación solar (Munguía *et al.*, 2010).

Los sistemas agroforestales proporcionan una gran cantidad de climas, suelos, tipo de vegetación y sistema de producción en los agros ecosistemas cafetaleros en Nicaragua. Debemos resaltar que en Nicaragua aproximadamente el 80% o más del café se encuentran bajo sombra. Estas tecnologías para el cultivo del café, han constituido uno de los sistemas más exitosos del mundo de las tecnologías agroforestales. (Connolly y Corea, 2007, p.16)

3.3. Café con sombra

El café bajo sombra representa, por lo tanto, una ventaja económica y ecológica, pues conserva paisaje tradicional y genera un potencial importante de ecoturismo. El café bajo sombra, además de protegerlos de las lluvias y de los vientos fuertes.

Las motivaciones para plantar árboles en los cafetales, considera tantos beneficios económicos como ecológicos, sin embargo, una de las motivaciones más fuertes para plantar árboles en los cafetales ha sido la reducción de sus precios en los últimos años. Otra de las motivaciones viene de consideraciones ecológicas. Los sistemas agroforestales (SAF) logran

combinar muchos beneficios de un sistema agrícola con los de un sistema forestal. Las interacciones positivas entre los componentes son: modificación de microclima, reciclaje de nutrientes y mayor biodiversidad. (Sandoval y Mendoza, 2006, p.7)

Los factores como la lluvia, la humedad y el viento crean las condiciones macro ambientales de las zonas cafetaleras, sin embargo, las condiciones micro ambientales dentro de los cafetales dependen mucho del arreglo de la siembra, de la estructura de las plantas y de la presencia de árboles asociados al cultivo del café.

Los árboles dan sombra, proveen de materias orgánicas y nutrientes, conservan el suelo, facilitan la penetración del agua y albergan una gran diversidad de organismos; son fuentes de alimentos, de leña y madera para las familias rurales. Por estas razones se cultiva el café bajo sombra en gran parte del país, la presencia de estos árboles reduce la entrada de luz, la temperatura y aumenta la humedad en el ambiente, por ejemplo, los cafetales bajo sombra mantienen sus hojas durante el verano y comienza el proceso de revestimiento antes de las lluvias. Durante la segunda mitad del verano las nuevas hojas de las plantaciones a pleno sol quedan sujetas al ataque del minador que normalmente es controlado por la llegada de las lluvias, gran parte de la incidencia e impacto de las plagas en el cultivo del café está relacionada con el manejo de los árboles asociados con el café. (Ramirez y Almendarez, 2007, p.9)

Los árboles de bosques aportan una gran cantidad de material vegetal principalmente hojas, que se riegan por el terreno. Allí las gotas de las lluvias no golpean sobre el suelo sino por la hojarasca, con la cual las partículas del suelo no se aflojan ni se desprenden. Esa capa de material vegetal absorbe una gran cantidad de agua evitando que corra sobre el suelo en forma de escorrentía. (Ramirez y Almendarez, 2007, p.8)

En el sistema agroforestal con café, el componente de los árboles y el mismo cafetal contribuyen continuamente a través de la hojarasca, los residuos de poda de los árboles de sombra y de las raíces muertas, al incremento de la materia orgánica del suelo, siendo fuente muy importante para mantener y/o aumentar la fertilidad de los suelos. (Munguia, 2007, p.11)

3.4. Servicio ambiental

Este concepto involucra la calidad de hábitat, las condiciones y recursos (agua, luz, y alimentos) que proveen un lugar y satisfacen los requerimientos de los organismos. La diversidad de la flora y fauna posibilita un mejor hábitat en los sistemas donde se encuentran una mayor diversidad de especie, los cuales ofrecen oportunidades de alimento para la flora y fauna.

Los árboles en combinación con café no sólo generan servicios ambientales -y por ende mejoras en la productividad-sino que además brindan ventajas al productor; entre ellas, el aprovechamiento de productos maderables y no maderables como frutos, forraje, semillas, etc. Esto le permite al productor diversificar sus ingresos a mediano y largo plazo con el aporte económico de los productos maderables y reducir el riesgo económico que generan las fluctuaciones de los precios del café. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2012, p.146)

El cultivo del café en Nicaragua puede generar beneficios ambientales como: conservación de la biodiversidad, mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mantenimiento del microclima y almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en el suelo. En la mayoría del área cafetalera de Nicaragua, se maneja bajo sombra arbórea, permitiéndole mayor potencial en la fijación y almacenamiento de carbono. (Medina *et al.*, 2010, p.29)

El debate actual se intensifica alrededor de los beneficios que los sistemas agroforestales pueden proporcionar, más allá de sus funciones productivas, el de los denominados “**Servicios ambientales**” los árboles, base de los sistemas agroforestales, juegan un papel importante en el ciclo global del carbono, porque cuando una planta crece, progresivamente acumula carbono y lo convierte en biomasa es almacenada en forma estable, se captura y retiene una significativa cantidad de carbono de la atmósfera durante mucho tiempo. (Corral *et al.*, 2006, p.2)

3.5. El manejo de los SAF de café bajo sombra

Tipos de producción de café: bajo sombra y a plena exposición de la radiación solar, dentro del cultivo de café bajo sombra existen dos formas diferentes de manejo, en función de cómo se establezca la sombra, si en la estructura arbórea aparece más de una especie, se considera una estructura diversa, que puede ser sombra rústica (o sombrío tradicional) o sombra plantada (o sombrío tecnificado). En la estructura de sombra rústica no hay un arreglo espacial sistemático de los árboles y el cultivo, las densidades de siembra del café son bajas y su principal característica es la de poseer muchas especies de árboles. (Andrade y Elser, 2014, p.3)

Un exceso de sombra, aparte de reducir el rendimiento (directamente), también puede beneficiar ciertas plagas y patógenos, que pueden afectar también el rendimiento, aunque posiblemente puede desfavorecer otras plagas y enfermedades que se desarrollan mejor a pleno sol. Aunque el uso de árboles de sombra contribuye a la diversificación de los sistemas cafetaleros y mejorar la provisión de varios servicios eco sistémico, también se conoce que pueden tener un efecto reductor en el rendimiento de los cafetos. La reducción del rendimiento por la sombra, está en dependencia del porcentaje de sombra que se maneje en el cafetal. (Acuña, 2016, p.3)

3.6. Funcionalidad ecológica

Según Cepeda (2015, p.2) expresa que la funcionalidad ecológica presta servicios eco sistémicos como el mantenimiento de la estructura del suelo, la polinización o el control biológico. También, es necesario conocer qué prácticas ayudan a preservar la biodiversidad funcional dentro de los cafetales para evidenciar su capacidad multifuncional, con producción y conservación.

Los sistemas de sombríos ayudan a reducir costos asociados a insumos, pues disminuye la necesidad de fertilizantes y la presión de plagas, al igual son más eficientes en la producción, en el sentido que generan un café de alta calidad, lo que los hace más resilientes y adaptables. (Cepeda, 2015, p.3)

Según Ramírez y Almendarez (2007, p.10) regula las condiciones ambientales, lo que hace posible la producción sostenible, contribuye a enriquecer la biodiversidad del agro ecosistema generando como resultado el equilibrio biológico natural, conserva la humedad del suelo mediante la formación constante de una cobertura natural de hojarasca, disminuye el efecto de la irradiación solar sobre el suelo, lo cual beneficia la actividad biológica del mismo, disminuye la evaporación del agua , y transpiración del cafeto, mejorando sus reservas durante el verano, dificulta el desarrollo de las malezas, minimiza la pérdida del suelo a causa de la erosión atenuando el golpe del agua de lluvia con su follaje y materia orgánica.

Es fuente de energía alterna aprovechable mediante la obtención de leña y madera como producto de su manejo, protege a los cafetales de la acción directa de los vientos al reducir la velocidad, al regular el cambio brusco de temperatura reduce daño de temperaturas bajas, conserva y mejora la fertilidad de los suelos mediante la materia orgánica que genera, los árboles de sombra a través de las raíces extrae nutrientes que han sido trasladados a las capas profundas del suelo y lo retornan hacia la capa superficial haciéndolo disponible para los cafetos, contribuye a mejorar la calidad de la taza de café gracias a la maduración lenta del grano. (Ramírez y Almendarez, 2007, p.10)

3.7. Productividad

El rendimiento del café es una variable de tipo cuantitativo de mucha importancia desde el punto de vista económico para los productores de café. El potencial productivo de todas las especies o variedades es un extremo variable, el cafeto está sometido a una alternancia de producción, el periodo de plena productividad es más o menos largo ya que su duración está influenciada por numerosos factores, medio ecológico, método de cultivo. (Balladares y Calero, 2005, p.44)

3.8. El papel que juegan los árboles en los SAF de café con sombra

En un SAF de café los árboles de sombra ocupan el segundo lugar de importancia dentro del sistema, debido al beneficio que estos proveen al desarrollo del cultivo y manteniendo del sistema, tomando esto en cuenta, la conveniencia del asocio entre el café y los árboles de sombra se puede cuestionar cuando el punto central es aumentar la productividad del café. (Espinoza, 2017, p.4)

Una mezcla de sombra crea también, una mezcla de hojarasca. Las diferentes tasas de descomposición, así como las distintas composiciones químicas de los varios tipos de hojarasca, provocan que haya una incorporación de materia orgánica constante con un gran rango de nutrientes. (Connolly y Corea, 2007, p.17)

Los árboles asociados al café afectan su fisiología, los nutrientes de suelo y la flora y fauna aérea y del suelo. Los árboles dan sombra y hojarasca. Los árboles también contribuyen a la provisión de leña, madera y frutas a la economía familiar para consumo y venta. La sombra afecta la luz y la humedad relativa micro climática que rodea los cafetos, dependiendo de la fenología, la arquitectura y el manejo de los árboles. Idealmente el estrato arbóreo debe minimizar el estrés fisiológico de los cafetos, contribuir a la disponibilidad de nutrientes y crear las condiciones para la minimización de plagas, enfermedades y malas hierbas (Hagar *et al.*, 2001, p.50)

Las implementaciones de sistemas agroforestales contribuyen a mejorar la productividad y sostenibilidad económica y ecológicas de las fincas, al conservar los recursos naturales como el agua, suelo y biodiversidad, al mismo tiempo pueden aumentar la diversidad ecológica del sistema la conservar la flora nativas y la flora relacionada con ellas. (Linkimer *et al.*, 2002, p.37)

3.9. Aporte en almacenamiento de carbono de los SAF de café con sombra

Los sistemas agroforestales son importantes reservorios de carbono en el tiempo, mismos que dependen de la productividad, la finalidad para la cual se hayan diseñado y las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan, además de ser una fuente de alimento para los dueños y proporcionar alimento para animales. La acumulación de carbono secuestrado es más evidente en la biomasa de árboles y arbustos; las cantidades de almacenamiento de carbono en la biomasa dependen de la proporción de árboles presentes y del tamaño del árbol. (Espinoza *et al.*, 2012, p.58)

Los bosques son el principal sumidero del carbono atmosférico; no obstante, los sistemas agroforestales (SAF), al ser agro ecosistemas de café con sombra al ser parecidos a los bosques, pueden también capturar y almacenar importantes cantidades de carbono atmosférico. SAF -principalmente los que combinan cultivos perennes (café y cacao) con árboles de sombra- cumplen un papel relevante en la mitigación del calentamiento del planeta, ya que pueden almacenar entre 12 y 228 t C ha⁻¹, principalmente en la madera del componente leñoso. (Poveda *et al.*, 2013, p.43)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación geográfica del estudio

El estudio se realizó en el año 2020 en cuatro fincas del norte de Nicaragua, en el departamento de Madriz, municipio Las Sabanas comunidad Sontule y el departamento de Estelí, en la Área protegida Mirafior-Moropotente, en la comunidad El Escambray, y El Chichicaste.

El municipio de Las Sabanas, se localiza en las coordenadas UTM 541513, 1474030, a 1260 metros sobre el nivel del mar (msnm) y con un área superficial de 64.54 km². Se caracteriza por ser una región de topografía irregular, con elevaciones que van desde 1000 a 1735 msnm. (Delgado, 2016, p.4)

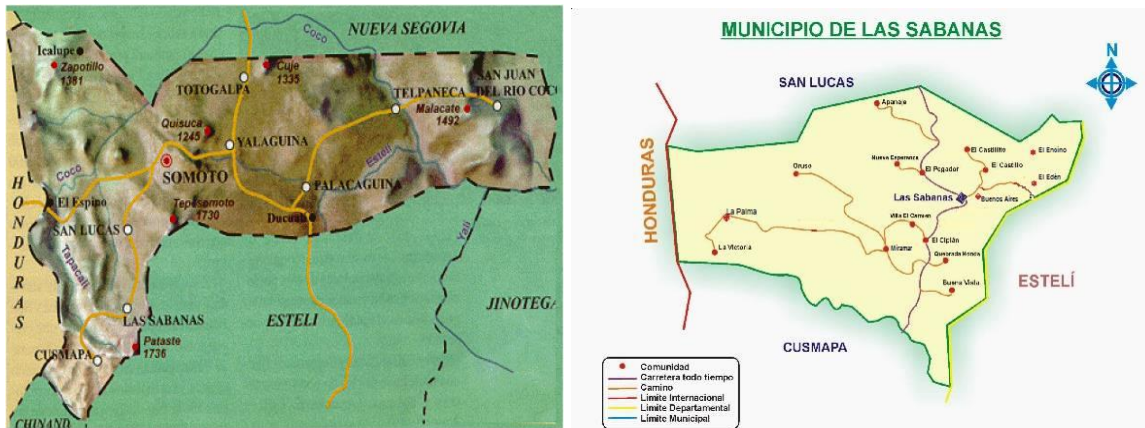


Figura 1. Ubicación del municipio de Las Sabanas. (Delgado, 2016)

Miraflor-Moropotenté, cuenta con una extensión de 240 km², ubicada a 25km de la ciudad de Estelí, se encuentran en las coordenadas UTM 577648, 1461637 a 1300 metros sobre el nivel del mar (msnm), en él se aprecian tres tipos de climas, seco en la zona baja, intermedia y húmeda así con un bosque de nebliselva predominante. (Gutiérrez *et al.*, 2015, p.18)

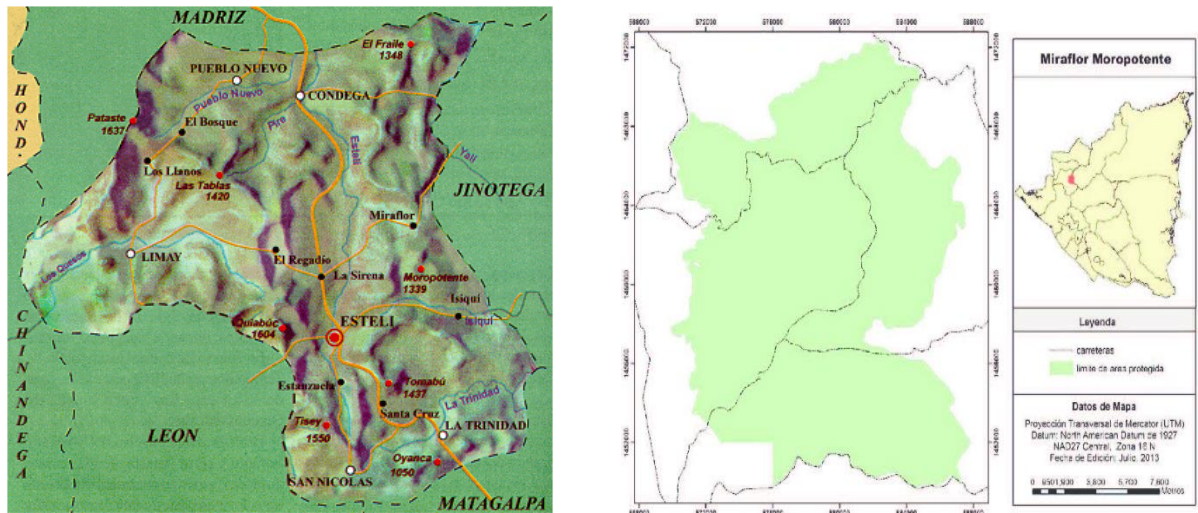


Figura 2. Ubicación del área protegida Miraflor-Moropotenté, Estelí. (Ruiz *et al.*, 2013)

4.2. Características biofísicas del área de estudio Las Sabanas, Madriz

4.2.1. Clima

El municipio presenta un clima de nebliselva, con temperatura mínima de 18 °C, promedio de 22 °C y máxima de 26 °C. La precipitación media anual oscila entre 2 000 a 4 000 mm/año con una humedad relativa que fluctúa entre 70 y 90 %. Por lo general la época de lluvia inicia en el mes de abril y finaliza en diciembre. Los meses de mayor lluvia es junio y octubre, los de menor incidencia es enero, febrero y marzo. (Delgado, 2016, p.4)

4.2.2. Suelo

Los suelos son irregulares, con pendientes que van desde el 30 - 75%, lo que genera un relieve abrupto (muy irregular), estos suelos son moderadamente profundos a muy superficiales (25 – 90 cm), con estructura granular, franco-arcillosa, pH de 6.2. Los suelos pueden variar y en la mayoría de los casos están fuertemente erosionados. (Delgado, 2016, p.5)

4.3. Características biofísicas del área de estudio Mirafior-Moropotenté, Estelí.

4.3.1. Climas

"La temperatura promedio anual es de 21 °C, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y mínima promedio de 20 °C. La humedad relativa es del 80%" (Zúñiga *et al.*, 2004, p.106).

4.3.2. Suelos

"Los tipos de suelos de la zona son: molisoles, ultisoles y vertisoles. Está ubicada entre las coordenadas en UTM (579,382; 1, 460,896) y (572,130; 1, 462,190) con una altitud que va desde los 800 a los 1500 msnm" (Maradiaga, 2012, p.5).

4.4. Diseño metodológico

4.4.1. Planificación de estudio

Se realizaron reuniones de organizaciones 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 personal del proyecto del que forma parte este estudio. En dichos encuentros se discutió sobre los criterios bajo los cuales se seleccionarían los productores, como el número y tamaño de parcelas, y elementos importantes para el muestreo como las variables y el interés de las especies para los productores y el enfoque del proyecto, el cual es agroecológico.

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.

4.4.2. Recolección de la 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 el productor sobre los procedimientos de la metodología de levantamiento de información. Como parte del proceso, se realizaron las siguientes actividades.

- **Observaciones mediante recorridos dentro de cada una de las fincas:** esto 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 las parcelas y el levantamiento de la información.

Para el reconocimiento de las especies presentes en la finca, se contó persona con conocimientos propios adquiridos de la localidad y que conozca las especies presentes en la zona, siendo que las especies aquí presentes son conocidas por sus nombres comunes, las cuales se registraron en los formatos de campo.

4.4.3. Método de inventario del componente arbóreo del sistema agroforestal café con sombra

Fundamentado en el factor del área de estudio, se definió contar en las fincas con pequeñas áreas del sistema de café con sombra que pueden variar de 0.5 a 5 manzanas, se decidió aplicar el método de inventario por muestreo intencionado, es decir, un levantamiento de datos de todos los individuos que conforman el componente arbóreo asociado al cultivo de café, siendo el número de parcelas de cinco por finca.

Las unidades de registro de información definidas fueron parcelas con dimensiones de 10 x 10 m.

Los resultados asociados a este método permitirán realizar un análisis basado en la totalidad de la diversidad arbórea, estructura y funcionalidad de la misma, y recomendaciones más precisas de las actividades de manejo en función de la sostenibilidad que el componente arbóreo aportan al sistema.

4.4.4. Método de inventario del componente arbustivo y del sistema café con sombra

Por la impredecible predicción en la distribución y densidad del componente arbustivos en los sistemas productivos, y la alta dependencia del sistema de control aplicado en las diferentes fincas. Se ha definido la implementación de un método de muestreo intencionado, el cual consiste en establecer unidad de muestreo según la consideración de los técnicos a cargo del inventario, siendo el criterio único que exista presencia del componente que se requiere incluir en el muestreo, que en este caso es la vegetación arbustiva. Este componente fue muestreado mediante parcelas con dimensiones de 10m y un número total de 4 fincas, por lo que se estableció y midió una parcela por finca.

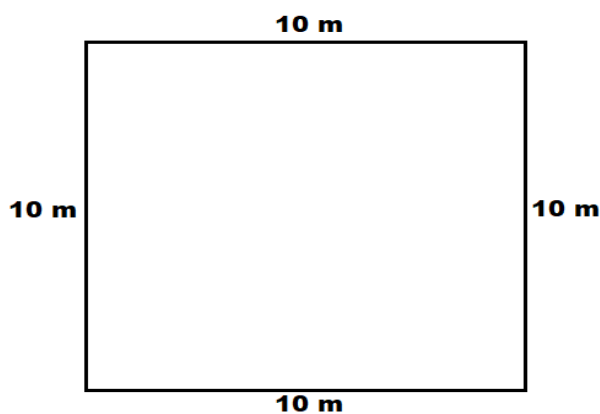


Figura 3. Tamaño y forma de la parcela utilizada para el muestreo de las especies arbóreas en sistemas de café con sombras en cuatro fincas del norte de Nicaragua.

4.5. Variables del componente arbóreo a evaluar

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

4.5.1. Diámetro normal

En el caso de la variable diámetro del árbol el valor mínimo que se priorizó fue de 5 centímetros con la finalidad de tener una idea de la composición de especies arbóreas, el diámetro fue medido con una cinta diamétrica a una altura de 1.30 metros a partir del nivel del suelo.

4.5.2. 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, utilizando la siguiente fórmula:

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

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.

4.5.3. Diámetro de copa

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:

Longitud Promedio= $\text{Longitud1} + \text{Longitud2} / 2$ (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 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.

4.5.4. Procesamiento de datos

En esta etapa se ordenó y procesaron los datos en tabla de Excel por finca y se realizaron los cálculos correspondientes al área basal, volumen y carbono. Para estos cálculos se emplearon ecuaciones establecidas por el Centro Agronómico Tropical de la Investigación y Enseñanza, (CATIE). (Maravi, E. 2014)

4.5.5. Cálculos dasométricos

Para calcular el **área basal**, según Maravi, E. (2014) se puede determinar de la siguiente manera

$$AB = \pi/4 * D^2$$

Donde:

AB: Área basal en metros cuadrados (m²)

$\pi/4$: Constante 0.7854

D: Diámetro normal a los 1.30 metros.

Para calcular el **volumen (m³)** según Maravi, E. (2014) se puede determinar de la siguiente manera.

$$\text{Vol} = \text{AB} * \text{H} * \text{Ff}$$

Donde:

Vol: volumen en metros cúbicos (m³)

AB: área basal calculada en m²

H: altura total en (m)

Ff: factor de forma 0.70 para especies latifoliado

Para calcular la **biomasa arbórea** se utilizarán la relación siguiente.

$$\text{B} = \text{V} * \text{GE} * \text{FEBa}$$

Donde:

B: biomasa de los árboles expresada en Kilogramos

V: volumen de la masa arbórea en metros cúbicos

GE: gravedad específica de la madera expresada en g/m³ (constante 0.5)

FEB: factor de expansión de biomasa= 1.62

Para calcular el **carbono almacenado** se utilizará la relación.

$$\text{C} = \text{B} * \text{Fc}$$

Donde:

C: carbono almacenado

B: biomasa de la masa arbórea en Kilogramos

Fc: factor de carbono=0.5

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Composición florística de especies arbóreas en los sistemas de café con sombra

El cuadro 1, muestra la composición florística de las especies arbóreas en los sistemas de café con sombra en las cuatro fincas del norte de Nicaragua.

Cuadro 1. Número de árboles por especies en fincas con sistemas de café con sombra.

Nombre de finca	Nombre científico	Nombre común	Nº de árboles/especie
Búcaro	<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>	Cola de pava	1
	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Granadillo	7
	<i>Inga vera</i>	Guaba blanca	8
	<i>Psidium guajava</i>	Guaba negra	5
	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	2
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	1
El parral	<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>	Cola de pava	1
	<i>Inga vera</i>	Guaba blanca	16
	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	5
	<i>Persea americana</i>	Aguacate de mono	1
	<i>Lonchocarpus velutinus</i>	Chaperno	1
	<i>Croton guatemalensis</i>	Copalchi	1
	<i>Tradescantia zebrina</i>	Cucaracha	1
	<i>Samanea saman</i>	Genízaro	3
	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín	1
	<i>Malpighia glabra</i>	Huesito	1
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	3

	<i>Citrus X sinensis</i>	Naranja dulce	4
	<i>Schinopsis balansae</i>	Quebracho	1
	<i>Polylepis australis</i>	Tabaquito	1
	<i>Perymenium grande</i>	Tatascam	1
Limonaria	<i>Inga vera</i>	Guaba blanca	13
	<i>Psidium guajava</i>	Guaba negra	1
	<i>Persea americana</i>	Aguacate de mono	2
	<i>Chrysophyllum oliviforme</i>	Guite	1
	<i>Ficus carica</i>	Higo	1
	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	2
	<i>Mangifera indica</i>	Mango	1
	<i>Casimiroa edulis</i>	Mata sano	4
	<i>Cordia alba</i>	Tigüilote	1
	<i>Tapirira guianensis</i>	Trotón	1
Las Mandarinas	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Granadillo	6
	<i>Inga vera</i>	Guaba blanca	10
	<i>Psidium guajava</i>	Guaba negra	3
	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	2
	<i>Persea americana</i>	Aguacate de mono	2
	<i>Lonchocarpus velutinus</i>	Chaperno	2
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedrillo	1
	<i>Myrospermum frutescens</i>	Chiquirín	1
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo de ternero	2
		Manpas	1
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	2	

La mayor cantidad de especie fue en la finca El Parral con 15 especies identificadas, mientras en las fincas Las Mandarinas (10 especies) y La Limonaria (13 especies), (cuadro 1), los valores resultaron bajos. En la finca El Búcaro fue donde se encontró menos especies con 6.

Este resultado muestra que en estas fincas hay necesidad de incrementar la diversificación de árboles, ya sea con árboles maderables o frutales, se puede percibir que los productores se inclinan más a la siembra del café como monocultivo, por lo que no le dan mucha importancia a los árboles maderables dentro del sistema.

Resultados sobre composición de especies reportados por Leyequien *et al.*, (2010) "muestran un mayor número de especies (>20) en cafetales reconocidos como diversificados"; por otro lado, Zapata, (2019) registró resultados similares a este trabajo, ya que en fincas con manejo tradicional de áreas de café la composición de especies de árboles estuvo determinada por un máximo de 15 y valores mínimos de 10. Lo concluyente de esta comparación es que cada sistema es diferente en número y tipo de especies, ya que la composición depende de una diversidad de factores, como culturales y económicos.

Las especies más frecuentes que se encontraron en las fincas fueron las siguientes, guabablanca (*Inga vera*) Laurel (*Cordia alliodora*) Granadillo (*Dalbergia melanoxylon*) Mango (*Mangifera indica*) Mata sano (*Casimiroa edulis*). Estas especies se presentan constantemente en la zona, los productores se benefician en la parte ambiental como en lo socioeconómico, también, al igual están aptos al sitio biofísico que presenta la zona.

La especie Guaba blanca (*Inga vera*) presentó la mayor cantidad de individuos con un total de 47. Esta especie es la que mayormente se encuentra en el sistema café bajo sombra en la zona norte. El laurel (*Cordia alliodora*) de esta especie se encontraron 9 individuos dentro de las cuatro fincas, esta especie es adaptable al sitio y, la especie Granadillo (*Dalbergia melanoxylon*) de esta especie encontramos 13 individuos, Mango (*Mangifera indica*) se encontraron 4 especies en general, Mata sano (*Casimiroa edulis*) se encontraron 5 individuos en todas las fincas.

"Se han tenido experiencias valiosas que demuestran que existen árboles nativos, con un alto potencial para producir asociación con el cafeto, al mismo tiempo que pueda aumentar la diversidad ecológica del sistema a la hora de conservar la flora nativa" (Linkimer *et al.*, 2002, p.38).

Los árboles que se encuentran dentro de estos sistemas productivos según la perspectiva de los productores están 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 ser manejadas, estas especies arbóreas además de brindar sombra, proveerían ingresos adicionales a través de la venta de madera o frutos, además de ayudar 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.

5.2. Caracterización del sistema café con sombra en las 4 fincas del norte de Nicaragua

El cuadro 2, muestra la 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 altura total, el diámetro promedio, el porcentaje de cobertura que ejercen las especies arbóreas en los sistemas evaluados; lo que constituye un primer elemento para entender como está estructurado el sistema en cada una de las fincas evaluadas.

Cuadro 2. Caracterización de las áreas de café con sistemas de café con sombra establecidas en las cuatro fincas evaluadas.

Fincas	Características
Finca 1 El Búcaro	Los árboles presentan una altura total promedio 12.4 m, con un diámetro de 20.8 cm, y cuenta con un porcentaje de cobertura forestal de 31.4%, fue determinada una abundancia de 480 árboles por hectárea.
Finca 2 El Parral	Los árboles de esta finca, presentan una altura total promedio 10.6 m, con un diámetro promedio de 18.7 cm, y cuenta con un porcentaje de cobertura forestal de 41.4%.y una abundancia de 840 árboles por hectárea.
Finca 3 La Limonaria	Se registró árboles con una altura total promedio 11.3 m, con un diámetro promedio de 18.8 cm, y cuenta con un porcentaje de cobertura vegetal de 28.7%, mientras la abundancia fue de 520 árboles por hectárea.
Finca 4 Las Mandarinas	El área de café con sombra está constituida por árboles con una altura total promedio 11 m, con un diámetro promedio de 22.2 cm, y cuenta con un porcentaje de cobertura vegetal de 44.2% y abundancia de 720 árboles por hectárea.

5.2.1. Altura promedio de los árboles en los sistemas evaluados

Desde el punto de vista estructural, la variable altura total promedio de los árboles muestra bastante similitud entre las fincas La Limonaria y Las Mandarinas (11.3 m y 11.0 m, respectivamente), mientras la finca El Búcaro presentó mayor valor en altura total promedio con (12.4 m) y la finca que presentó menor valor, fue la finca El Parral con (10.6 m) del dosel. La similitud en los valores de altura promedio entre las fincas La Limonaria y Las Mandarinas indica que los árboles que hay en cada finca presentan edades o características de crecimiento similares.

El comportamiento en crecimiento de las especies arbóreas está 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.

5.2.2. Diámetro promedio de los árboles en los sistemas evaluados.

La variable diámetro promedio tiene similitud entre la finca El parral y La Limonaria, con valores de 18.7 cm y 18.8 cm, respectivamente; siendo estas las que presentan valores más bajos en comparación con la finca Las Mandarinas con 22.2 cm y la finca El Búcaro (20.8 cm).

Estos valores de diámetros sugieren que el origen de los sistemas asociado con bosques cuyos árboles dejados después de extraer los de mayor dimensión y/o maderables son empleados como sombra para el café.

La información presentada permite tener una idea en primer lugar de la edad de los árboles que se encuentran en las fincas al igual el 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.

5.2.3. Porcentaje de cobertura generada por los árboles en los sistemas evaluados

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 28.7% que constituye la menor cobertura y 44.2% como el valor más alto, lo cual muestra el aporte de las especies arbóreas al proceso de creación de microclima, al reciclaje de nutrientes en el sistema, entre otros. Para el caso de esta variable, se considera que los porcentajes que se debe a lo reciente en el establecimiento de las áreas.

En el caso de este parámetro, es posible observar una alta cobertura forestal en la finca Las Mandarinas que está influenciada por las variables abundancia, y el tamaño de los arboles reflejados en el diámetro y altura (cuadro 1).

La determinación adecuada del porcentaje de sombra que debe tener un cultivo de café es de 40% a 45% y depende de diferentes aspectos como la ubicación geográfica, altitud, topografía, pendiente, radiación solar, temperatura, humedad (Pérez y Suarez, 2011, p.4).

Zapata (2019) reportó resultados que en cierto modo permiten identificar el porcentaje variable de la cobertura forestal en plantíos de café, siendo algunos de los valores similares a los registrados en este estudio, los cuales son los correspondientes a coberturas de 30 y 40%. Sin embargo, el autor encontró cafetales con cobertura mayor al 60%.

Farfán (2014) analiza que la cobertura generada por la copa de los árboles de sombrero, afecta negativamente la cantidad y calidad de luz disponible para los cultivos, para café el límite de sombra aceptable esta entre el 40 y 70%, lo que además determina la calidad de micro clima en que se desarrolla el cultivo. Los resultados obtenidos en este estudio, muestran que la sombra en los sistemas, se encuentran en el rango óptimo.

Farfán (2014) vincula la cobertura forestal con la productividad, al mencionar que existe un efecto negativo directo en el incremento en la densidad de la siembra de los árboles de sombra y la producción del café. Por tanto, la incidencia de luz es sustancial y debe mantenerse en límites razonables no mayores al 50%.

Como parte de las medidas de manejo de los árboles dentro del cafetal, que a la vez tiene su

influencia en la regulación de la sombra, en Nicaragua se recomienda realizar podas antes de la primera floración y después del reinicio de las lluvias en septiembre. Con podas más frecuentes es posible mantener más árboles (Ramírez y Almendarez, 2007, p.14).

Otro aspecto importante, relacionado a la variable porcentaje de cobertura de los árboles es que no se identificó un patrón de diseño regular en el espaciamiento entre árboles, por lo que este obedece a la decisión del productor, sin embargo, mediante el valor de árboles por hectárea se pudo determinar que en las cuatro fincas evaluadas existe una distancia mínima entre árboles de 3.88 metros, lo cual permite pensar que existe poca influencia de la sombra sobre el café.

5.2.4. Abundancia de árboles en los sistemas de café con sombra en cada finca

Los valores de abundancia en los sistemas son muy variables con número de árboles de 480 en la finca El Búcaro, y 840 árboles por hectárea en la finca El Parral. El análisis de la abundancia de árboles por hectárea, permite identificar su influencia sobre la variable densidad de copas o cobertura forestal. Por ejemplo, en las fincas El Parral (840 árboles por hectáreas) y Las Mandarinas (720 árboles por hectáreas) se registró los valores más altos de abundancia y eso influyo en la generación de una mayor cobertura forestal, eso en comparación a las fincas El Búcaro (480 árboles por hectáreas) y La Limonaria (520 árboles por hectáreas), (cuadro 2).

5.3. Diferentes usos que se encuentran en las cuatro fincas

El cuadro 3, nos muestra los usos que tienen las cuatro fincas en los sistemas de café con sombra.

Cuadro 3. Número de árboles por tipo de uso en las cuatro fincas con sistemas de café con sombra.

Finca	Frutal	Leña	Madera	Sombra
El Búcaro	0	1	10	13
El Parral	4	7	10	18
La Limonaria	7	3	0	15
Las Mandarinina	6	5	10	15

Como se visualiza en el cuadro 3, el mayor uso de las especies es para sombra en todas las fincas, en la finca El Parral se registró la mayor cantidad de individuos (18) que ejercen mayor cantidad de sombra sobre el sistema, en cuanto las fincas La Limonaria y La Mandarinina presentan la misma cantidad de individuos (15) y la finca El Búcaro presenta menos individuos (13) para sombra.

Este resultado refleja que el número de árboles encontrados en las cuatro fincas son seleccionados e incluidos en los sistemas de café bajo sombra, siendo el mayor número de individuos para usos de sombra.

El segundo grupo de especies por su abundancia fueron árboles maderables los cuales tuvieron abundancia de 10 árboles en tres de las cuatro fincas evaluadas.

En la finca La Limonaria no se encontró individuos maderables, esto se debe el dueño de la finca selecciona el tipo de especie de acuerdo a las necesidades ya sea familiares o personales.

En cuanto a abundancia de especies para leña, se registró valores bajos en este tipo de uso, lo cual define la vocación de cada uno de los sistemas. La finca El Búcaro registró un bajo número de árboles para leña, lo que indica que esta funcionalidad no está dentro de los productos que visualiza el propietario.

El componente árboles frutales, que debe ser considerada una funcionalidad relacionada a la seguridad alimentaria y generación de ingresos económicos, para auto sostenibilidad de la producción, es considerado como una debilidad en los sistemas, ya que en las cuatro fincas se encontraron 17 individuos frutales, siendo la finca La Limonaria, la que posee más individuos frutales con un total de (7) y, la finca El Búcaro no presenta ningún árbol frutal, por lo que con estos resultados, es viable pensar que una estrategia de diversificación orientada en el aumento de los árboles frutales, para así cumplir con una de las metas del proyecto, que es aumentar la resiliencia y seguridad alimentaria de los productores beneficiarios.

5.4. Categorías diámétricas para sombra

Los datos presentados en la (figura 4) muestran la distribución por categorías diámétricas de los árboles asociados a los usos o funciones que cumplen en el sistema, de aquí se puede determinar, que los árboles para sombra son principalmente árboles de porte medio, o árboles jóvenes, por lo que permite confirmar la etapa inicial en que se encuentran los sistemas.

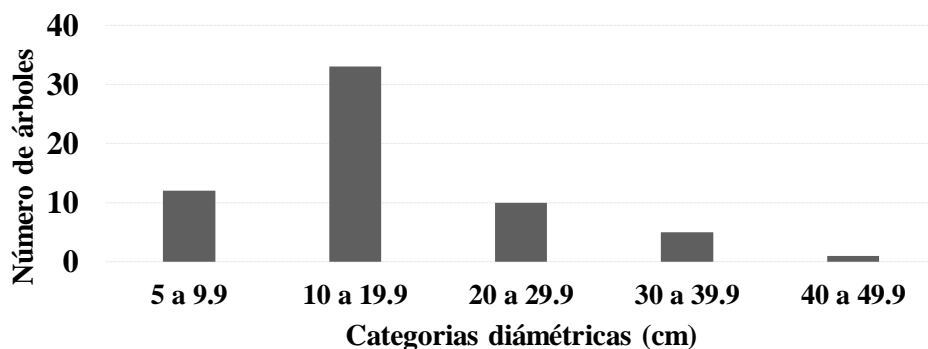


Figura 4. Distribución de diámetros de las especies usadas para sombra en los sistemas de café.

El mayor número de árboles se encuentran en las categorías diámétricas (10-19.9) con 33 individuos de todas las fincas evaluadas, el resultado menor que se encontró fue en la categoría diámétricas de (40 a 49.9) con (1) individuo.

Este resultado nos refleja que los productores de las fincas poseen árboles jóvenes dentro de ellas, donde puede existir un manejo por parte de ellos, con el aprovechamiento de árboles maduros, muestra el mayor número de árboles con estos diámetros.

En las categorías diámétricas de (5 a 9.9) encontramos (12) individuos esto refleja que las especie que se encuentran en esta categoría diámétricas son especies que el productor está dejando por diferentes intereses como especies maderables tal es el caso del laurel, genízaro y guachipilín, especies frutales (cítricos), que presentan poco crecimiento, los productores deben de llevar un manejo adecuado a esta cantidad de individuos menores que se encuentran en los sitios para así obtener resultados positivos en un futuro.

5.5. Distribución diámétricas de árboles maderables en las fincas evaluadas

Ha como se puede visualizar en la (figura 5) se registró una abundancia similar en el número de individuos (10) en las categorías diámétricas.

(20 a 29.9cm) y (30 a 39.9cm) que contienen los árboles con mayor aptitud como maderables en las fincas. Igualmente, en las categorías inferiores, el número de árboles fue similar.

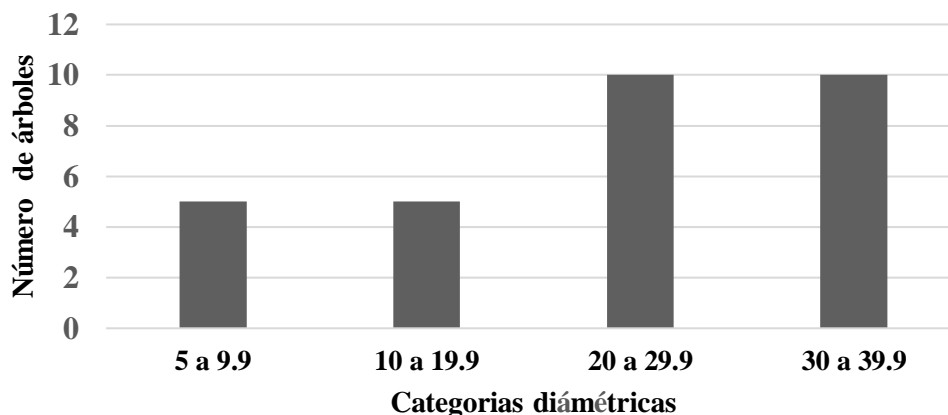


Figura 5. Distribución de diámetros de las especies usadas para madera en los sistemas de café.

Estos resultados confirman, que a la par de un interés del productor las especies para sombra, existe una visión de futuro para aprovechar especies maderables, lo cual es un indicador de cierta sostenibilidad en el sistema, por la diversificación de ingresos.

De manera complementaria al número de árboles por categoría diamétrica de las especies madera, se presenta el cálculo del volumen en madera, lo cual permite tener claro el beneficio que tendrían los productores al mantener este tipo de especies o producto como parte del sistema.

5.6. Beneficios que obtienen los productores de los árboles asociados al café

A como se puede observar en la figura 6, la finca Las Mandarinas es donde se encuentra la mayor cantidad de metros cúbicos (7.50) de especies maderables, sin embargo, la de menor cantidad de metros cúbicos de especies maderables se encuentra en la finca El Búcaro con (3.00).

La finca El Parral presenta una cantidad de (3.02) metros cúbicos de madera casi similar a la finca El Búcaro. Mientras tanto en la finca La Limonaria no se encuentran ningún metro cúbico de madera.

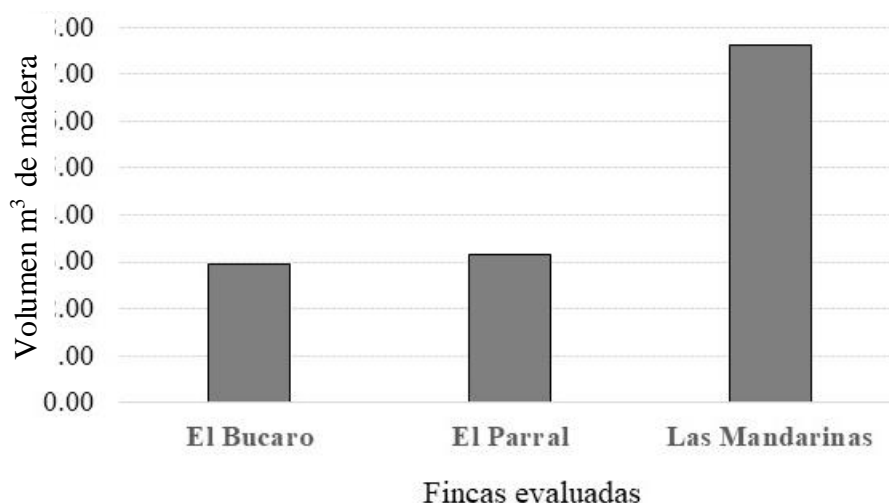


Figura 6. Beneficios que obtienen los productores, de los arboles asociados al cafetal.

Este resultado refleja que en la finca Las Mandarinas presenta un alto valor de metros cúbicos, esto se debe a la combinación de especies preseleccionadas que existe en la finca de árboles maderables con el interés del productor.

La finca El Búcaro presento un bajo valor de metros, esto refleja que el productor se ha beneficiado de las pocas especies maderables que presenta la finca por lo tanto presenta poca cantidad de volúmenes de madera y bajo de ingresos económicos en las familias. La finca el Parral presenta bastante similitud a la finca El Búcaro con (3.02) metros cúbicos de madera.

La finca La Limonaria no presentó ningún valor de (metros cúbicos) de madera, esto se debe al aprovechamiento que se desarrolló en la finca y al manejo no adecuado que se le establece

a esta finca, los productores deben conocer la importancia que pueden obtener a través del establecimiento de árboles maderables dentro de sus cultivos a como es el café, cabe mencionar que los productores deben manejar adecuadamente sus sistemas establecidos en las fincas, esto generara ganancias económicas como ambientales.

5.7. Servicio ambiental almacenamiento de carbono como parte de la funcionalidad de los árboles

5.7.1. Especies con mayor almacenamiento de carbono

Las especies que registraron la mayor cantidad de carbono almacenado, se resaltan cinco, las cuales son: Guaba blanca, aguacate de monte, granadillo, laurel, y lacume (Anexo 1) de estas especies, las dos primeras son especies exclusivas para sombra, mientras granadillo y laurel son altamente valoradas como especies para madera, el lacume es especie para leña, lo que, desde el punto de vista de servicios ambientales, le da una importante valoración al sistema.

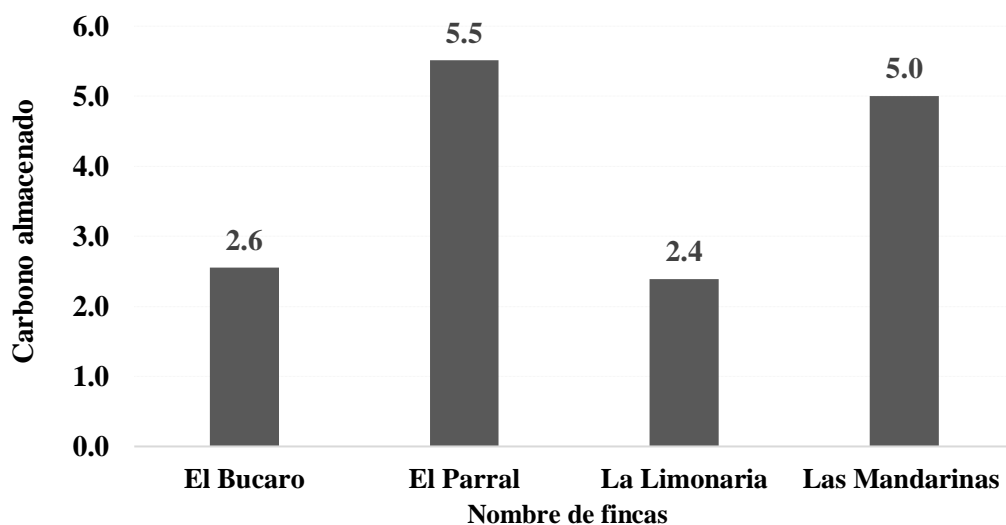


Figura 7. Carbono almacenado por las especies arbóreas en los sistemas de café con sombra.

La figura 7, se presentan los resultados del contenido de carbono en la parte aérea de los árboles reportados en cada finca, observándose que en la finca El Parral es donde existe mayor carbono almacenado con (5.5 t C ha^{-1}), seguido de la finca Las Mandarinas que presenta una cantidad de (5.0 t C ha^{-1}) almacenado, mientras las fincas El Búcaro y La

Limonaria registraron los valores más bajos, siendo similares entre sí, 2.6 t C ha^{-1} y 2.4 t C ha^{-1} , respectivamente.

El almacenamiento de CO_2 depende de la especie arbórea y de la densidad de siembra, la materia orgánica presente en el suelo, edad de los componentes, tipo de suelos, características del sitio, factores climáticos y del manejo silvicultural al que se vea sometido.

(Umanzor, 2016, p.29) por lo tanto, estas diferencias que presentan las fincas evaluadas pueden ser por el tipo de especie que compone cada sistema, al igual por la cantidad de individuos (densidades) que hay en cada una de estas fincas, al igual la estructura y el tipo de suelo que presentan las fincas evaluadas, estos análisis el tipo de manejo que se les brindan a cada una de las diferentes fincas estudiadas.

Al comparar los resultados de carbono almacenado en las fincas evaluadas, con el estudio, realizado por (Umanzor, 2016), se puede notar valores bajos los que están relacionados a la estructura diámetrica de los árboles, ya que la mayoría de los árboles se ubica en la categoría diámetrica (10 a 19.9), que son árboles con poca biomasa y por tanto bajos valores de carbono almacenado.

El estudio realizado por Medina-Benavidez *et al*, 2010; citados por Pinoargote, (2014), se reportó que en cafetales de Jinotega, con predominancia de especies Inga (guabas) los valores de carbono almacenado estaban entre 5.5 y 19.9 t C ha^{-1} , asociando los resultados con la edad de los cafetales y la densidad de la sombra, lo que fortalece el argumento de que los cafetales incluidos en este estudio, tienen edad reciente de constitución y se debe trabajar en incrementar hasta cerca de 50% la densidad de sombra.

La densidad de sombra asociada a cobertura forestal es un factor determinante de la cantidad de carbono almacenado. En este caso, la existencia de porcentajes de cobertura menor a 50% pueden estar influyendo en la baja cantidad de carbono almacenado, este factor lo explica citados por Umanzor (2016) "en donde se establece que un valor apropiado de carbono en cafetales manejados con diseños en altas densidades de sombra, se debe aproximar a 58.4 t C ha^{-1} ".

VI. RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CAFÉ CON SOMBRA EN LAS FINCAS EVALUADAS

- ✓ Incrementar la densidad de sombra a través de plantar diferentes especies, tratando que no se de una competencia negativa con el cultivo de café, pero mejorando servicios como el almacenamiento de carbono.
- ✓ Incrementar la diversidad de especies principalmente en El Búcaro y El Parral debiendo considerarse la introducción de especies frutales tanto para consumo del hogar como para considerar la venta de excedentes de la producción.
- ✓ Incremento de densidades para tratar de obtener mejor regulación de microclima en las áreas de producción mayores beneficios sobre la densidad de sombra y mayor obtención de servicios ambientales: como reducción de erosión del suelo y almacenamiento de carbono.
- ✓ Incrementar especies de usos de madera y leña para que a futuro se pueda contar con esos productos generados en el sistema.
- ✓ Planificar programas de capacitación a los productores con la finalidad de conocer la importancia ecológica de especies más apropiadas a los sistemas.
- ✓ Brindar acompañamiento técnico para dar seguimiento a las estrategias de manejo planificadas, (anteriores).

VII. CONCLUSIONES

La composición de especies arbóreas es baja en riqueza florística registrada, estando asociada esta característica, a la edad del sistema. También se considera que la composición es baja en cuanto a los usos que estas tienen dentro del sistema.

Basado en los resultados de las variables volumen en maderas, especies para leña y carbono almacenado se concluye que las especies están generando pocos beneficios hacia el productor, por lo que se puede decir que en este momento no tiene alta funcionalidad este sistema, por lo que se propone ingresar diferentes especies para (leña, maderables, frutales, y sombra).

Las recomendaciones que se definieron son de dos tipos: de carácter técnico, dirigidas a la diversificación en la composición y densidad de especies y, otras que están dirigidas a mejorar la capacidad de los productores para garantizar el mejoramiento del sistema y las medidas de manejo.

Diversificar las fincas con especies, maderables, frutales, al igual con especies que generen beneficios ambientales dentro del sistema, para así tener un sistema diversificado, esto generará beneficios económicos y ambientales.

Propuesta

Las fincas cafeteras presentan el sistema de producción de café, asociados con una o más especies arbóreas, con alta similitud entre las fincas, lo que puede relacionarse directamente con las condiciones ambientales. Guaba blanca (**Inga vera**) se destaca como la especie de mayor uso en los sistemas de siembra de café, lo que permite la cosecha de los frutos sea más productiva, además de caracterizarse por su aporte de hojarasca, con lo que se mitiga la pérdida del suelo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, R. (2016). *Efecto de los árboles de sombra sobre el rendimiento de los cafetos, basados en perfiles de daño*. Recuperado de https://agritrop.cirad.fr/582061/1/Reporte%203_Sombra%20y%20rendimientos%20de%20caf%C3%A9.pdf
- Andrade, Ll. Elser, J. (2014). *Tipología de manejo agronomico en el crecimiento, productividad y calidad fisica de cafe (coffea arabica l.var. catimor) en el valle de Santa Cruz, Distrito de Rio Tambo, Provincia de Satipo y Region Junin* (tesis de grado). Recuperada de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1902>
- Balladares, D. Calero, J. (2005). *Efectos de la sombra y fertilizacion sobre el crecimiento, estructura, productividad, rendimiento y calidad del Cafe (Coffea arabica.) Vr. Costa Rica 95*. (tesis de pregrado). Recuperada de <https://core.ac.uk/download/pdf/35165765.pdf>.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2012). *Produccion de madera en sistemas agroforestales de Centroamerica*. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3512/Produccion_de_madera_en_sistemas_agroforestales.pdf
- Cepeda, J. (2015). *Funcionalidad ecosistémica y conservación en cultivos cafeteros de Cundinamarca- Colombia*. Colombia: researchgate.net/publication/315724523_Funcionalidad_Ecosistemica_y_Conservacion_en_cafetales_de_Cundinamarca_-_Colombia.
- Connolly, R. Corea, C. (2007). *Cuantificacion de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua*. (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/1103/1/tnp01c752.pdf>
- Corral, R. Duicela, L. y Maza, H. (2006). *Fijacion y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con cafe arabigo y cacao, en dos zonasa agroecologicas del litoral ecuatoriano* Recuperada de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/15.-Fijacion-y-Almacenamiento.pdf>
- Delgado, F. (2016) *Características sociales, edáficas, diversidad florística arbórea en Unidades Familiares de Producción (UFP) en la comunidad Buena Vista, municipio de Las Sabanas, Madriz, 2015-2016* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10d352.pdf>
- Delgado, F. (2016) *Ubicación del municipio de Las Sabanas. Alcaldía de Las Sabanas [Figura]*. Recuperado de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10d352.pdf>

- Espinoza, W. Krishnamurthy, L. Vasquez, A. y Torrez, A. (2012). Almacen de carbono en sistemas agroforestales con cafe. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262620739_Almacen_de_carbono_en_sistemas_agroforestales_con_cafe
- Espinoza, L. (2017). *Evaluacion de servicios ambientales de sistemas agroforestales con cafe (coffea spp) y cacao (Theobroma cacao) en tres fincas del municipio El Tuma-La Dalia, Matagalpa* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/3570/1/tnk10e77a.pdf>
- Farfan, F. (2014). *Agroforesteria y sistemas agroforestales con café*. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa_y_sistemas_agroforestales_con_caf%C3%A9.pdf.
- Gutiérrez, J. Gutiérrez, E, y Rodríguez, K. (2015). *Propuesta de Desarrollo Turístico Beylla Vista Miraflor-Moropotente* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.unan.edu.ni/2057/1/16449.pdf>
- Hagar, J. Staver, Ch. y De Melo, E. (2001). *Sostenibilidad y sinergismo en café agroforestal* Agroforesteria en las Americas. 8(29), 49-51. [https://www.catie.ac.cr/attachments/article/638/2001-HAGGAR%20ET%20AL-%20Sostenibilidad%20y%20sinergismo%20SAF%20cafe\(Agrof%20Americas\).pdf](https://www.catie.ac.cr/attachments/article/638/2001-HAGGAR%20ET%20AL-%20Sostenibilidad%20y%20sinergismo%20SAF%20cafe(Agrof%20Americas).pdf)
- Leal, N. (2018). *Caracterizacion agroforestal en sistemas productivos de cacao en la aldea de Saquiya, municipio de Santa Maria departamento de Alta Verapaz* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/22/Leal-Nelsson.pdf>
- Leyequien, E. De Boer, W. Toledo, V. (2010). *Bird community in a Shaded Coffee Agroecological Matrix in Puebla, Mexico: The Effects of Landscape Heterogeneity at Multiple Spatial Scales* Centro de investigaciones en ecosistemas 42(2), 236-245. https://www.researchgate.net/publication/46386018_Bird_Community_Composition_in_a_Shaded_Coffee_Agroecological_Matrix_in_Puebla_Mexico_The_Effects_of_Landscape_Heterogeneity_at_Multiple_Spatial_Scales
- Linkimer, M. Muschler, R. Benjamin, T. y Harvey, C. (2002). Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica *Agroforesteria en las Américas*, 9(35). Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5799/Arboles_nativos_para_diversificar_cafetales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maradiaga, H. (2012). *Estudio de la composición florística del bosque ripario en la microcuenca La Pita, municipio de Estelí, Nicaragua* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10m298.pdf>

- Maravi, E. (2014). Manual de campo para la verificación del origen de la madera (CATIE). Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7281>
- Medina, C., Calero, C., Hurtado, H., y Vivas, E. (2010). Cuantificación de carbono en la biomasa aérea de café (*Coffea arabica* L) con sombra, en la comarca Palo de Sombrero, Jinotega, Nicaragua. *La Calera*, 9(12). Recuperado a partir de <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/130>.
- Molinares, C. Castiblanco, A. (2015). *Programas de manejo de roya (Hemileia vastatrix) en cinco fincas cafetaleras en condiciones edafológicas del departamento de Matagalpa* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.unan.edu.ni/1880/1/5349.pdf>.
- Munguia, R. (2007). Tasa de descomposición de la hojarasca en un sistema agroforestal con café en el pacífico de Nicaragua. *La Calera*, 7(8). Recuperado de <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/75>
- Munguia, R. Hagggar, J. y Ponce, A. (2010). Cambios en la fertilidad del suelo, producción de biomasa y balance de nitrógeno en sistemas agroforestales con café en Nicaragua. *La Calera*, 10(14). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/2341/1/ppp35m966.pdf>
- Pérez, L. Suarez, L. (2011). *Evaluación del efecto sombra en la producción de café –Coffea arabica L. - dentro de un sistema agroforestal tradicional con árboles en Las Minas, El Paraíso, Honduras* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/449/1/IAD-2011-T021.pdf>
- Pinoargote, M. (2014). Almacenamiento de carbono y beneficios familiares obtenidos de cafetales en fincas de pequeños productores de Nicaragua (*programa de posgrado*). Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7146/Almacenamiento_de_carbono_y_beneficios_familiares.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Poveda, V. Orozco, L. Medina, C. Cerda, R. y López, A. (2013). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforesteria las Americas* 49(13). Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/5760>
- Ramírez, M., Almendarez, E. (2007). *Incidencias de familias de insectos asociados a cuatro especie de árboles de sombra en un sistema agroforestal de café bajo diferentes forma de manejo* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/1114/1/tnf08r173.pdf>.
- Reyes, J., Rodríguez, O. (2014). *Producción de materia seca y acumulación de nutrientes en el mantillo por la combinación de árboles por sombra y niveles de insumo en el cultivo del café (Coffea arabica) Masatepe Nicaragua* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/2774/1/tnf08r457.pdf>.

- Ruiz, V., Save, R., Herrera, A. (2013). *Ubicación geográfica del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente*. [Figura]. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/25641389.pdf>
- Sandoval, A., Mendoza, J. (2006). *Identificación de los arreglos de los sistemas agroforestales (SAF) en el paisaje terrestre protegido de Miraflores-Moropotente Esteli* (tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.una.edu.ni/1088/1/tnf08s218.pdf>
- Umanzor, D. (2016). *Cuantificación de carbono almacenado en árboles de sombra en tres lotes en un sistema de café, en el Centro Experimental ICIDRI – Masatepe, UPOLI* (tesis de pregrado). Recuperada de Umanzor Carbono tnk10u48.pdf
- Zapata, P. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciencia Forestal*, 29(2). Recuperado de <https://www.scielo.br/j/cflo/a/YkZSTHRYsRQQCjWkMNbc9Md/?lang=es&format=pdf>
- (Zúñiga, C. Somarriba, E. y Sánchez, V. (2004). Tipologías cafetaleras de la Reserva Natural Miraflores - Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agrorestoria en las Americas*, 41(42). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324227083_Tipologias_cafetaleras_de_la_Reserva_Natural_Miraflores-Moropotente_Esteli_Nicaragua

IX. ANEXOS

Anexo 1. Almacenamiento de carbono por especies y por finca, en los sistemas de café con sombra evaluados.

Nombre comun	El Bucaro	El Parral	La Limonaria	Las Mandarinas	Total general
Aguacate mono		0.6715	0.1390	0.5533	1.3638
Cedrillo				0.2176	0.2176
Chaperno		0.0037		0.3195	0.3232
Chiquirin				0.5252	0.5252
Cola de pava	0.0958	0.0999			0.1957
Copalchi		0.0334			0.0334
Cucaracha		0.0591			0.0591
Genizaro		0.0141			0.0141
Granadillo	1.1047			1.1990	2.3037
Guaba blanca	0.8191	0.6368	0.79720	0.1272	2.3802
Guaba negra	0.4314		0.00254	0.0568	0.4907
Guachipilin		0.0084			0.0084
Guacimo de ternero				0.2625	0.2625
Guitite			0.2155		0.2155
Higo			0.1336		0.1336
Huesito		0.2219			0.2219
Jocote			0.1657		0.1657
Lacume		1.5495			1.5495
Lacume		0.8783			0.8783
Laurel	0.0826	1.1143		0.7348	1.9316
Madero negro	0.0169				0.0169
Mampas				0.3610	0.3610
Mango			0.0018	0.4311	0.4329
Mata sano			0.5288	0.0035	0.5323
Nance				0.2105	0.2105
Naranja dulce		0.0478			0.0478
Quebracho		0.1118			0.1118
Tabaquito		0.0524			0.0524
Tatacam		0.0091			0.0091
Tiguilote			0.1649		0.1649
Troton			0.2378		0.2378
Total general	2.5505	5.5120	2.3868	5.0019	15.4512