



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Cuantificación de carbono almacenado en árboles de
sombra en tres lotes en un sistema de café, en el
Centro Experimental ICIDRI – Masatepe, UPOLI**

Autor

Br. Darwin Jadiel Umanzor Barrantes

Asesores

Ing. Msc. Edwin Alonzo Serrano

Ing. Claudio Calero

Ing. Jael Bildad Cruz Castillo

Managua, Nicaragua

Marzo, 2016



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Recursos Naturales y del ambiente

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Cuantificación de carbono almacenado en árboles de
sombra en tres lotes en un sistema de café, en el
Centro Experimental ICIDRI – Masatepe de UPOLI**

Autor

Br. Darwin Jadiel Umanzor Barrantes

Asesores

Ing. Msc. Edwin Alonzo Serrano

Ing. Claudio Calero

Ing. Jael Bildad Cruz Castillo

Managua, Nicaragua

Marzo, 2016

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

Lic. MSc. Cristóbal Medina Benavides
Presidente

Ing. Ernesto Tünnermann Gutiérrez
Secretario

Ing. Sofía J. Baca Gutiérrez
Vocal

Managua Nicaragua
17 de diciembre de 2015

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del sitio del estudio	4
3.1.1. Lotes que conforman el sistema café bajo sombra y sus características	5
3.1.2. Otros lotes	6
3.2. Tipo de suelo	7
3.3. Condiciones climáticas	7
3.4. Proceso Metodológico	7
3.4.1. Etapa I: Pre-campo	8
3.4.2. Etapa II: Proceso de campo	12
3.4.3. Etapa III: Procesamiento y análisis de datos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1. Especies arbóreas encontradas en el sistema café bajo sombra	21
4.2. Situación fitosanitario de los árboles en sistema	22
4.2.1. Densidad de árboles y su atributo en el sistema	22
4.2.2. Categoría según calidad de árboles por lotes	25
4.2.3. Determinación de biomasa y carbono	27
V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. LITERATURA CITADA	32
VIII. ANEXOS	37

DEDICATORIA

A Dios omnipotente por ser el creador de todo lo que existe y por mantenerme en pie cuando creí que no lo conseguiría¹.

A mi madre **Catalina Barrantes Lira** por tanto sacrificio, amor y tiempo que ha dedicado desde mis primeros pasos en la primaria, hasta la culminación de mi carrera universitaria.

A mi hermano **Deyvin Ramón Umanzor Barrantes**, que a pesar de las dificultades, económicas y de salud siempre ha estado a mi lado apoyándome.

A mis amigos muy especialmente a: **José Ramón Solórzano, Jemmy Orozco**, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron.

A mi tía **Gloria Barrantes Lira** por el apoyo brindado durante todo el ciclo de mi estudio (desde el preescolar, hasta mi carrera universitaria)

A mis maestro por acompañarme con amor y dedicación a romper la brecha entre la ignorancia y el saber.

¹ "Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas." Josué 1:9.

AGRADECIMIENTO

Muy agradecido con todas las personas e instituciones que se han visto involucradas en todo el proceso que me ha permitido culminar con mis estudios universitarios UPOLI-ICIDRI/ UNA-FARENA.

A Kaylen Smart, Henry Pacheco y Moisés Medina, Nexis Bellorín Umanzor, que siempre me brindaron su apoyo en todo el transcurso de mi carrera.

A los profesores: Ing. Edwin Alonzo Serrano, Ing. Claudio Calero, Ing. Jael Castillo. Ing. Alberto Cediles Jaén, Ing. Lucia Romero, Ing. Álvaro Noguera y demás maestros que me han apoyado y orientado en este proseo.

Al personal de la UPOLI en el ICIDRI-Masatepe, por el gran apoyo logístico-humanitario y sus valiosos aportes que me brindaron en la etapa de campo de este estudio, especialmente al Ing. Hebler Narváez, Lic. Karla Pérez, Doña Francisca Cano, Elvin Sánchez y Don Carlos Blass.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Distribución de familias, especies e individuos totales encontrados por lote en un sistema café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe, 2015	21
2.	Especies de mayor presencia en el sistema café bajo sombra en el ICIDRI Masatepe 2015	22

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Mapa de ubicación geográfica del (ICIDRI) Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral -Masatepe, 2014.	4
2. Esquema del proceso metodológico desarrollado durante el estudio de un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI- Masatepe 2014.	8
3. Esquema de censado al 100% en el levantamiento de información en tres lotes de un sistema café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe, 2014.	11
4. Calidad de árboles por lotes en un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe, 2014.	25
5. Biomasa y carbono total almacenado para tres lotes evaluados en un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI- Masatepe, 2014.	27
6. Carbono almacenado por categorías diamétricas para número de individuos, diámetro promedio y altura promedio en un sistema café bajo sombra en el ICIDRI -Masatepe 2014.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1. Formato de campo para el registro de variables dasométricas y calidad de árboles en el ICIDRI-Masatepe, 2014	37
2. Formato de campo para el registro de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) GPS y pendiente del terreno	37
3. Lista de familias botánicas y número de especies encontradas un sistema café sombra en el ICIDRI-Masatepe, 2014.	38
4. Densidades de la madera (g/cm ³) por especies encontradas en el ICIDRI-Masatepe, 2014.	39
5. Tabla resumen de individuos según categorías de calidad de árboles de un sistema café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe, 2014.	40
6. Anexos 5. Galería de fotografías de referencia según calidad de árboles en el sistema café bajo sombra en el ICIDRI- Masatepe 2014.	41
7. Glosario de términos utilizados	43

RESUMEN

Se realizó un estudio en Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral (ICIDRI), como parte de una serie de estudios desarrollados por el mismo, que se ubica en el municipio de Masatepe en el departamento de Masaya, tuvo como objetivo evaluar carbono almacenado en el componente arbóreo, para lo que se eligieron tres lotes de un sistema de café bajo sombra; El Genízaro (LGR), El Guanacaste (LGT) y El Cinco piso (LCP). Se realizó un censo forestal al 100 % para individuos con diámetro mayor a 10 cm, encontrándose 24 familias botánicas, 51 especies y 704 individuos; de estos 348 se encontraron LGR, 226 en LCP y 130 en el LGT, las familias sobresalientes fueron las Fabaceae, Rutaceae; Sapotaceae, Anacardiaceae y Mimosaceae, las especies más representativas fueron: *Cordia alliodora* 19%, *Simarouba glauca* 17%, *Persea americana* 13%, y *Mangifera indica* y *Cedrela odorata* con 12% por individual, acumulando el 73% del total. Al realizar un diagnóstico para conocer la calidad de árboles utilizados como sombra, se definieron 6 categorías llamadas calidad de árboles; individuos sanos (C1), regulares (C2), con podas muy altas ($\geq 50\%$) (C3), secos y casi secos (C4), con parasitas (C5) y con otro tipo de afectaciones (C6), se encontró que de los tres lotes evaluados, El Guanacaste, fue el más sano presentando 42% en categoría (C1) y 22% en (C2). El carbono almacenado por lote fue de 108.0 t C en el LGR, 54.5 t C para el LCP y 26.7 t C para el LGT, esta diferencias en carbono almacenado por lote se debieron a que estos presentan diferencia en área y así mismo en número de individuos y evaluando el carbono registrado por lote se encontró que estos valores corresponden a 58.4 t C ha.⁻¹, almacenado en el componente arbóreo del sistema café bajo sombra.

Palabras claves: *Biomasa, Carbono, Sistemas de café, arboles forestales para sombra, Condición fitosanitaria, Calidad de árboles*

ABSTRACT

Was carried out a study at Capacitating and Research on Rural Development Institute (ICIDRI), as a part of different studies developed by this institution that is located in Masatepe, at Masaya. The aim of this research was evaluate the carbon stored in trees inside of coffee under shadow production system, in which were chosen three plots; El Genízaro (LGR), El Guanacaste (LGT), and El Cinco Pisos (LCP). The gathering of information was carried out through the inventory of all trees from 10 centimeter of diameter height of breath. Were registered 704 individuals that belong to 51 species and 24 botanical families. Different values in trees densities by plots were registered in which LGR have the mayor density (348 individuals), LCP (226 individuals), and LGT (130 individuals). The most representative families are Fabaceae, Rutaceae; Sapotaceae, Anacardiaceae and Mimosaceae; with 6, 5, 4 and 3 species respectively. A significative percentage of individuals (73%) are concentrate in five species being some of them: *Cordia alliodora* 19%, *Simarouba glauca* 17%, *Persea americana* 13%; and *Mangifera indica* and *Cedrela odorata* with the same values (12%). Base on evaluation of healthy and quality of the trees, considering six categories: healthy tree (C1), tree with few damage (C2), Tree with deficient pruning ($\geq 50\%$ of the high) (C3), Death tree (Dry or semi-dry trees) (C4), Trees with epiphytes plants (C5) and others type of damages (C6). Founded that El Cinco Pisos plot have an important tree population with damage, being the most common categories C3 (16%), C5 (22%), C2 (24%), and C1 (28%). In relation with storage carbon quantified in each plot, LGR plot registered the heights values with 108.0 t C ha⁻¹ while LCP registered 54.5 t C ha⁻¹, and LGT with 26.7 t C ha⁻¹. The differences among plots were due to the size plot and tree density; thus the median of storage carbon support by forest component in the coffee under shadow production system is 58.4 t C ha⁻¹.

Keywords: Biomass, Carbon, Coffee Systems, Forest trees for shade, Phytosanitary status, Quality trees.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua, como el resto de Centro América y el Caribe es afectado en gran medida por los desórdenes climáticos producto del calentamiento global, con eventos relacionados a fenómenos como el niño, con repercusiones en sectores muy importantes como; el agrícola, el energético y el industrial, aumentando la vulnerabilidad de la sociedad y agravando los problemas como el suministro de agua, disponibilidad de alimentos, entre otros (FAO, 2007).

Es aquí donde los sistemas agroforestales juegan un importante papel, según Mendieta y Rocha, (2007). Estos ecosistemas, permiten interacciones simbióticas ecológicas y económicas, entre los componentes maderables y no maderables para aumentar, sostener y diversificar la producción total de la tierra, dando soluciones a problemas de degradación de la tierra y del agua, y como una respuesta a la escasez de alimento además de que puede ofrecer soluciones parciales para muchos problemas productivos y de uso de la tierra en las zonas rurales.

Los sistemas SAF con café bajo sombra en Nicaragua, y los estudios llevados a cabo en ellos, en su mayoría se han orientado meramente hacia la producción y rendimiento del grano, el que en los últimos años se ha visto afectado por las fluctuaciones de precio en los mercados internacionales y las grandes pérdidas a causa de plagas como la roya (*Hemileia vastatrix*. B&B), (CONACAFE, 2014). Haciendo necesario la búsqueda de alternativas que reduzcan las cuantiosas pérdidas de los productores.

Entre las alternativas que pueden contemplarse están los llamados mecanismos de desarrollo limpio (MDL) uno de los tres mecanismos de reducción de emisiones que se señalan en el protocolo Kioto y del único que podemos ser participe los países en vía de desarrollo (FAO, *sf*), que de ser adoptados se vuelve una opción que puede traer beneficios económicos a los dueños de fincas con sistemas de café bajo sombra, de gran potencial en la fijación y almacenamiento de carbono.

Estudios han demostrado que los árboles fijan CO₂ al realizar la fotosíntesis y se convierte en celulosa liberando Oxígeno, según Brown (1997), aproximadamente el 50% de la vegetación forestal es carbono.

La Universidad Politécnica de Nicaragua (UPOLI), a través del Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral (ICIDRI) adscrito a esta alma mater, en coordinación con la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y con visión a generar y aportar al conocimiento científico-técnico e innovación para el desarrollo agrario integral y sostenible del país, se dispuso realizar el estudio para la identificación de especies arbóreas por familias botánicas, diagnóstico del estado fitosanitario actual de los árboles utilizados para sombra y determinar la biomasa y el carbono almacenado en tres lotes de un sistema con café bajo sombra en el ICIDRI.

Lo expuesto anteriormente permitirá hacer una mejor planificación de finca (sistema café con sombra) en el ICIDRI pues con este se conocerá; el número de familias, especies presentes en el sistemas y el total de individuos dentro de estas, punto muy importante considerando que en estos sistemas debe haber un balance entre especies arbóreas, número de individuos usados para sombra y el cultivo mismo.

También se conocerá la situación fitosanitaria actual del componente arbóreo lo que garantizara intervenciones silviculturales eficaces (podas principalmente) sobre individuos según sea su condición o calidad del árbol, evitándose así intervenciones innecesarias. Además se conocerá el carbono almacenado en el componente arbóreo del sistema café con sombra, lo que contribuirá al establecimiento de una línea base en estudios posteriores sobre estimaciones y proyecciones sobre fijación y almacenamiento de carbono en sistemas productivos SAFs.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar calidad fitosanitaria y carbono almacenado en árboles de sombra en tres lotes de un sistema con café; lotes el Genízaro, el Guanacaste y el Cinco pisos en el Centro experimental ICIDRI-Masatepe.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar especies arbóreas por familia botánica, presentes en tres lotes de un sistema de café bajo sombra el centro experimental ICIDRI -Masatepe.
2. Examinar el estado fitosanitario actual de la vegetación arbórea utilizada como sombra en tres lotes de un sistema de café bajo sombra en el centro experimental ICIDRI-Masatepe.
3. Determinar biomasa y carbono almacenado en árboles utilizados para sombra en tres lotes de un sistema con café, mediante el método no destructivo en el ICIDRI-Masatepe.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del sitio del estudio

Este trabajo fue llevado a cabo en el Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral (ICIDRI), de la Universidad Politécnica de Nicaragua (UPOLI), creado por la rectoría para desarrollar proyectos y actividades de capacitación, investigación y extensión en temas de Desarrollo Rural Integral.

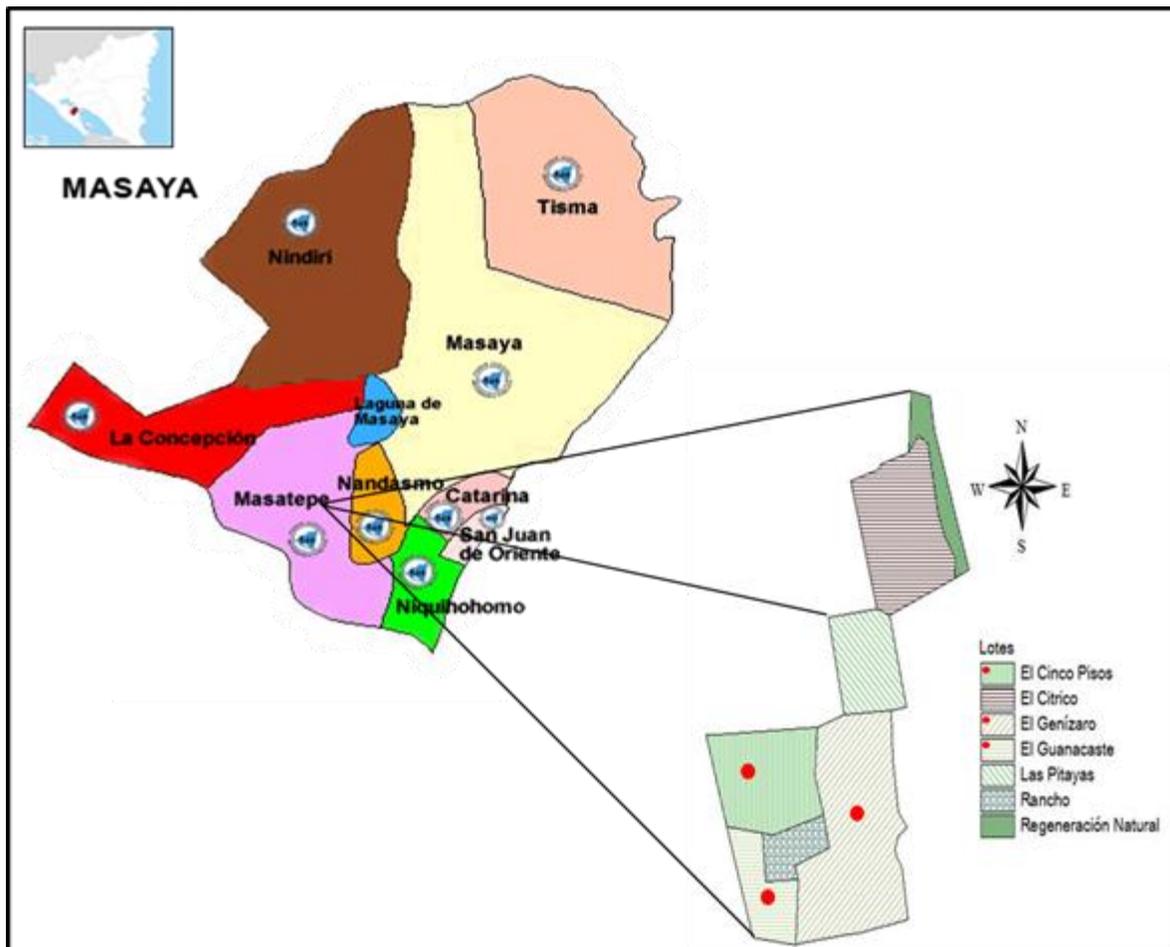


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral Masatepe, (ICIDRI) 2014.

Se ubica en la meseta de los pueblo en el municipio de Masatepe, en la parte sur del Departamento de Masaya, entre las coordenadas 0593588 latitud Norte y 1317866 longitud Este, a 50 kilómetros al sur este de la Capital Managua, con altitud de 455 msnm (Manfut, 2014, PCCMCA. 1994).

Cuenta con un área aproximada de 5.503 hectáreas (7.832 Mz), dividida en 6 lotes que han sido adquiridos en compras diferentes, a dueños diferentes², llevan el nombre del árbol más representativo existente en el mismo o según uso actual, pudiéndose identificar tres lotes ocupados por un sistema de café bajo sombra el cual constituye el principal rubro del centro y sobre el que se desarrolló el estudio.

3.1.1. Lotes que conforman el sistema café bajo sombra y sus características

a) El Genízaro

Es un lote que lleva este nombre porque en este se encuentra un árbol que sobresale de los demás, tanto en diámetro de fuste como en diámetro de copa, de la especie Genízaro (*Albizia saman*. Jacq.), en relación a los tres lotes en estudio, este lote contempla el mayor área con un área aproximada de 1.836 hectáreas, presenta pendientes $\leq 5\%$, ocupado por el cultivo de café entre un 80 y 85% con distanciamiento de 2 * 1 metros para una densidad aproximada de 9,180 plantas de café, los arboles de sombra en este lote presentan alturas entre los 4 y 25 metro de altura y un diámetros promedio de 32.9 centímetros.

En la parte sur de este lote se pueden encontrar un área dedicada a obras de conservación de suelo y agua, (cubas de infiltración, zanjas de infiltración y barreras vivas), todo esto para evitar deterioro del recurso suelo, ya que esta área confluyen aguas de escorrentías de los barrios aledaños al centro, también un área dedicada a la producción de musáceas ocupando en conjunto entre el 15 y 20% del lote.

² Narváez, R. 2015. Edad del cafetal y variedad de producción en ICIDRI-Masatepe. Masatepe, Masaya. NI. Director ICIDRI (conversación).

b) El Cinco Pisos

Es un lote que lleva este nombre porque anteriormente se llevaron estudios que hicieron necesario dividir el lote en cinco estratos, desde un piso 1 (al ras del suelo) hasta un piso 5 o componente arbóreo (dosel más alto), este presenta un área aproximada de 0.955 hectáreas, ocupado por cultivo de café con distanciamientos de 2 * 1 metros para una densidad aproximada de 4,775 plantas por hectáreas, la principal característica que hace sobresalir a este lote ante los demás es que presenta el mayor número de individuos frutales (Cítricos principalmente) y muestra podas muy altas en los árboles de sombra, los cuales presentan rangos de altura de entre los 4 y 24 metros con diámetros promedios de 3.18 centímetros.

c) El Guanacaste

Como el caso del primer lote (El Genízaro), lleva este nombre porque el árbol más frondoso del lote es un Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*. Jacq.), cuenta con un área aproximada de 0.448 hectáreas ocupadas por cultivo de café con distanciamientos de 2 * 1 metros para un aproximado de 1,483 plantas por hectáreas, es también el lote más pequeños de los tres considerados para este estudio, sus árboles de sombra se encuentran en rangos de altura entre los 4 y 23 metros y diámetros promedios de 27 centímetros.

Características similares entre lotes

Las características comunes entre lotes, es que presentan una misma variedad de café (Catrenic) establecido con distanciamientos de 2 por 2 metros, con una edad de entre los 15 y 20 años por lo que fueron podados y la producción que ahora se obtiene es producto de recepos (hijos, rebrotes) en un cien por ciento.

3.1.2. Otros lotes

Estos están ocupados por cultivos perennes y semi-perennes, el lote Las Pitahayas con un área de 0.592 ha, ocupado por el cultivo del mismo nombre en un 85%, El Cítrico con un área de

1.123 ha, ocupado en su totalidad por cítricos (Naranjas, Mandarinas, otros) y un área en regeneración natural con un área de 0.285 ha.

3.2. Tipo de suelo

Según ficha municipal de Masatepe (1999?), los suelos moderadamente profundos, bien drenados de texturas medianas, se derivan de cenizas volcánicas, el contenido de materia orgánica es alto y los suelos están bien provistos con base, pero son deficientes en fósforo y el contenido de potasio es medio.

3.3. Condiciones climáticas

Según datos del INETER (2008), obtenidos a partir de la clasificación climática modificada de Koopen, las condiciones climáticas en el municipio de Masatepe es cálido sub-húmedo, con régimen de lluvia en verano.

Se caracteriza por que su temperatura media anual, oscila entre 25.0°C y 29.0°C, el régimen de precipitación anual es de 1344.9 mm y 1471.8 mm. Se observa una estación seca de seis meses (noviembre a abril) y una húmeda de otros seis meses (mayo a octubre), Según la clasificación bioclimática de Holdridge, se clasifica como bosque seco tropical, transición a subtropical.

3.4. Proceso Metodológico

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio se concibieron tres etapas metodológicas (figura 2), las cuales fueron desarrolladas de manera secuencial, que incluyen además cada actividad realizada desde la apertura (planificación del trabajo), hasta la culminación (procesamiento y análisis de datos), a continuación se medición y detallan:

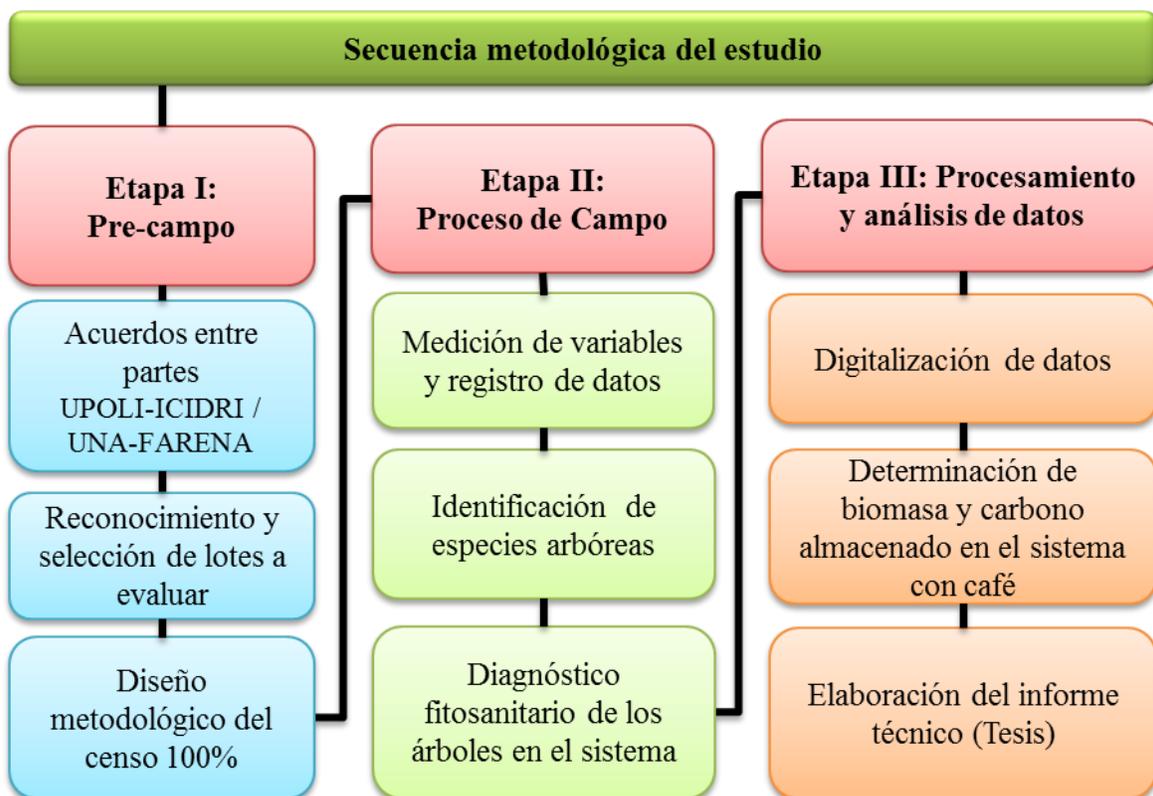


Figura 2. Esquema del proceso metodológico desarrollado durante el estudio de un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe 2014.

3.4.1. Etapa I: Pre-campo

Esta primera etapa estuvo centrada principalmente para establecer acuerdos entre partes UPOLI-ICIDRI / UNA-FARENA y definir aspectos técnicos y logísticos.

a). Acuerdos entre las partes UPOLI-ICIDRI / UNA-FARENA

Como punto de partida se realizó una primera vista y una reunión con los directivos y técnicos del Instituto de Capacitación e Investigación en Desarrollo Rural Integral (ICIDRI) de la Universidad Politécnica de Nicaragua (UPOLI), cuatro docentes del departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA / UNA), donde participamos además 3 estudiantes del Programa de Ingeniería forestal, para abordar la temática del estudio, líneas y acuerdos del proceso metodológico y logístico requerido durante el desarrollo del presente estudio.

Como resultados de la reunión en la vista se acordó:

1. Aplicar censo al 100% para la arboleda presente en el sistema café bajo sombra.
2. Se definió un diámetro normal mínimo inventariable de 10 cm a los 1.30 metros, tomando de referencia lo establecido en el documento del FRA 2000 por el departamento de bosques de la FAO para conocer la existencia de volumen y biomasa (FAO, 1998).
3. Identificar las especies arbóreas por familia botánica, presentes en tres lotes del sistema de café bajo sombra.
4. Elaborar un diagnóstico del estado fitosanitario actual de los árboles utilizados para sombra del café.
5. Determinar biomasa y carbono almacenado con el método no destructivo en el componente arbóreo (árboles usados para sombra) del sistema café bajo sombra.

b) Reconocimiento y selección de lotes a evaluar

En la gira de reconocimiento se constató que el Centro experimental ICIDRI-Masatepe contempla seis lotes, los cuales tienen nombres según el árbol más representativo, o según su uso actual: El Genízaro y el Guanacaste; Cinco Pisos, Las Pitahayas, el Cítrico y un área de regeneración natural.

De los seis lotes que componen el área total del centro, se consideraron tres lotes, siendo estos: El Genízaro, El Guanacaste y El Cinco pisos, lotes que conforman el sistema de café bajo sombra considerados de mucho interés para directivos del ICIDRI.

El estudio en estos incluyó: Identificación de las especies por familia botánica, diagnóstico situacional de la condición fitosanitaria actual (2014), de los árboles maderables usados para sombra y cuantificación de carbono almacenado de los tres lotes que componen el sistema.

c) Diseño metodológico del censo

Levantado de la poligonal

Para el levantado de la poligonal, se hizo la georeferenciación de la infraestructura y divisiones internas del área total del centro, se necesitó de 3 personas una primera persona fue un baquiano conocedor de los linderos y colindantes, la segunda el lector del GPS y una tercera el anotador de coordenadas correspondientes a cada punto en el terreno.

Se utilizó un receptor GPS (Sistema de Posicionamiento Global) por sus siglas en inglés, y se levantó cada punto con un error máximo permitido ≤ 5 metros y posterior se procedió a la elaboración del mapa que contempla el área total y sus divisiones usando ArcGIS 10.2.

Inventario utilizando la metodología del censo al 100%

Para realizar el censo se consideró los criterios descritos por Orozco y Brumer (2002), en el libro inventario forestales para bosques latifoliados en América Central, donde se exponen que para tal fin, se debe considerar el área o tamaño del terreno (lotes); el tipo de sistema (agroforestal) y precisión y exactitud requerida en el levantado de variables silviculturales y dasométricas.

Basados en lo anterior, se adaptó un modelo propio para el levantado de datos, el cual dio inició considerando la posición de la finca según los cuatro puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste), usando para ello una brújula Suunto, que permitió tener una correcta ubicación de esta.

Conociendo la posición de la finca y de sus lotes se inició el censado en la esquina Sur de cada lote y se avanzó en dirección Norte haciendo un barrido a manera de zigzag con intervalos de 10 metros lineales entre líneas perpendiculares a la dirección base (dirección Norte) formando fajas (Figura 3).

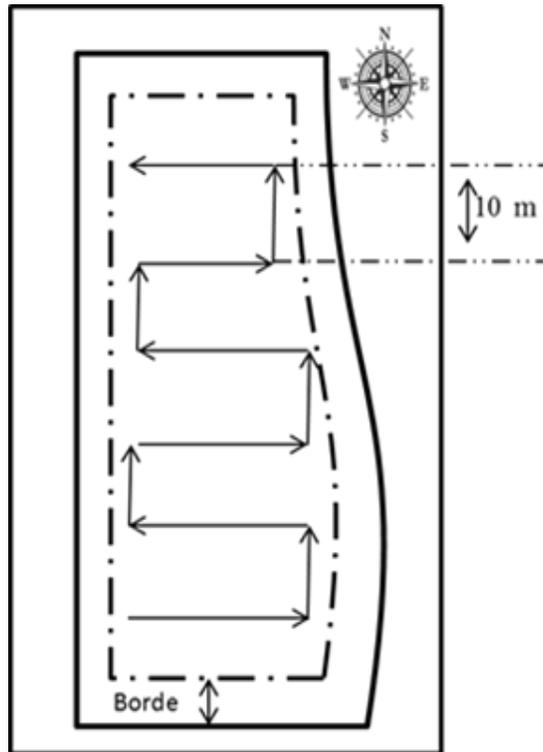


Figura 3. Esquema del censo al 100% en el levantamiento de la información para tres lotes en un sistema café bajo sombra del ICIDRI- Masatepe 2014.

Para el trazo de las líneas que formaban las fajas, se utilizó cinta biodegradable de color naranja la que se amarró a los árboles a una altura de 2 metros a fin de tener una clara visibilidad de los límites establecidos entre fajas, lo que permitió hacer verificaciones de datos dado a la fácil movilidad dentro de las fajas, además de que se pudo valorar a más a detalle las características individuales de cada lote y de cada individuo registrado, evitándose también errores por recuento o repetición en el registro de variables.

Es necesario mencionar también que con este método también se pudo recolectar datos de pendiente del terreno, ubicación exacta de los árboles en el sistema, y observación que concedieron un análisis más crítico sobre identificación de las especies, como aspectos silviculturales necesarios para la valoración fitosanitaria y de estructura; vertical y horizontal, cruciales en la estimación de carbono almacenado en árboles del sombrero.

Se aclara que en este censo no fueron considerados los árboles de los linderos, por la incómoda toma de sus variables (sujetan el alambre), además eran árboles atípicos al sistema, siendo que su manejo esta compartido entre colindantes (Área de borde).

3.4.2. Etapa II: Proceso de campo

a). Medición de variables dasométricas y registro de datos

Se efectuó con tres personas, una primera persona llamada anotador de variables dasométricas y silviculturales (diámetro normal (cm), altura total (m), y categorías de calidad de árbol, además de registrar la pendiente del terreno (%), levantar datos de coordenadas X e Y usando un receptor GPS (Global Positioning System) y dos personas para medir dichas variables (Anexos, 2).

Diámetro Normal

La medición de diámetro normal se ha estandarizado mundialmente (Romahn de la vega, 1987), que además expresa, que es la operación más sencilla de la medición forestal en árboles en pie y que la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.3 m desde el nivel del suelo medidos sobre la pendiente, que por la altura de la medición también se denomina diámetro de altura al pecho (Prodan *et al*, 1997).

Esta variable se tomó a todos los individuos el sistema de café bajo sombra (árboles maderables, arbustos y frutales, que cumplían con el diámetro mínimo pre-establecido (10 cm), para su medición se usó cinta diamétrica y el dato resultante se registró en centímetros.

Altura

Es una variable necesaria para estimar el volumen (Castro *et al*, 1992), y refiere a la altura del fuste o a la altura total; la primera es la altura vertical tomada desde el nivel del suelo hasta la primera rama del árbol (Ugalde, 1981), la segunda es la altura tomada verticalmente desde el

suelo hasta el ápices más alto de la copa de un árbol y se expresa en metros y según la FAO (1998), debe hacer referencia al fuste limpio desde el tocón con contrafuertes hasta la punta de la copa.

Los instrumento usado para tomar la altura fustal y total fueron: el altímetro de Haga para tomar altura y cinta métrica para tomar la distancia correspondiente según fuese la altura de cada árbol, esta operación se hizo a todos los individuos del sistemas, excluyendo aquellos individuos que presentaban nula visibilidad de sus ápices más altos sobre los cuales no era posible hacer una medición directa, por lo que se estimó visualmente. Romahn *et al* (1987), dice que con práctica pueden hacerse al ojo estimaciones fiables de altura, pudiendo con esto agilizar el proceso.

Identificación de especies por nombres vernáculos o comunes

Para la identificación de especies presentes en el sistema café con sombra, se necesitó de un baqueano de la localidad y de conocimientos propios adquiridos, siendo que las especies aquí presentes eran en su mayoría conocidas por sus nombres vernáculos o comunes, mismo con el que se registraron en los formatos de registros para posteriormente agregar la familia y el nombre científico correspondiente a cada especie encontrada en el sistema de café bajo sombra.

Referente del diagnóstico

Se usaron datos levantados por el censo en los que se consideró la estructura vertical y horizontal, calidad de cada árbol, pendiente del terreno, observaciones sobre el aspecto del paisaje y el número de familias, así como las especies más predominantes encontradas.

Se utilizó la función de filtrado en el programa Microsoft Excel 2010, en la que se usaron 6 categorías de calidad de árboles y 7 categorías diamétricas anteriormente acordadas, con el fin de hacer manejable la base de datos, ya que según Orozco y Brumer (2002), como regla general el número de clases o categorías diamétricas en un inventario (Censo en nuestro caso),

debe estar entre 5 y 11 categorías, y aunque según estos mismos actores, al establecer más categorías puede tenerse mayor precisión en los resultados en un estudio dado, pero al definir demasiadas categorías pueden producirse categorías sin datos u observaciones, además de que no se reduciría información que es el principal objetivo al establecer categorías cuando se está evaluado una serie de observaciones.

Basado en lo anterior y para definir las categorías antes mencionadas se establecieron dos extremos; un extremo inferior ≥ 10 cm y en un extremo superior > 70 cm, con un ancho o rango de categoría de 10 cm.

En el cálculo del número de clases se utilizó la fórmula de Sturges (1926), citado por Orozco y Brumer (2002) y para conocer el ancho de estas se utilizó la fórmula propuesta por mencionados actores.

Ecuaciones 1:

Cálculo del número de clases utilizando la fórmula propuesta por Sturges (1926)

$$\text{Ec. 1: } K = 1 + 3.322 * \log (n)$$

Dónde:

K: número de clases

Log: logaritmo en base 10

N: número de observaciones en la muestra o población.

Calculo del ancho de clases utilizando la fórmula propuesta por Orozco y Brumer (2002)

Dónde:

$$\text{Ec. 2. } C_p: \text{ rango} / K = (\text{Valor máximo} - \text{valor mínimo})$$

C_p: ancho de clase preliminar; **K**: número de clases

Calidad de árboles

En vista de que en la literatura no se encontró metodologías que se adaptase al sistema evaluado y al presente estudio; se definió la variable calidad de árbol en base a objetivos del estudio y criterios propios.

Entre los criterios considerados ante tal situación estuvieron:

1. Los árboles sanos integran la columna vertebral de los sistemas agroforestales, además que garantiza una vida más duradera al sistema, mejores paisajes, sistemas más productivos y sostenible en el tiempo.
2. Al evaluar la condición de sanidad o afectación de un árbol en sistemas agro forestales, estos deben de evaluarse como un todo y no por partes (raíz, fuste o copa).
3. El sistema evaluado tiene carácter meramente ecológico e interesa conocer la condición de sanidad o afectación de los árboles en el sistema, no así su valor comercial.

Por cuanto se llamó calidad de árbol al conjunto de características que presenta los árboles según su condición de sanidad o afectaciones, fueran estas naturales o provocadas por causas antrópicas, que puedan reducir la calidad o vida útil del mismo.

Para registrar la calidad de árbol se evaluó visualmente la situación fitosanitaria de cada individuo, definiendo 6 categorías.

Las categorías definidas fueron:

C1: Árbol sano: para todos los árboles sin ningún tipo de daños tanto en el fuste como en la copa (Anexo 5).

C2: Árbol regular: árboles con afectaciones leves en el fuste o en la copa por podas naturales o ramas quebradas por el viento (Anexo 5).

C3: Árboles con poda muy alta y casi sin copa: árboles con podas por encima de la mitad de su copa ($\geq 50\%$ de la copa) con grandes muñones (podas mal ejecutadas) (Anexo 5).

C4: Árboles infestados por planta parásitas (*Viscum spp*), matapalos (*Ficus sp*) en el fuste o la copa (Anexo 5).

C5: Árboles secos y casi secos; árboles muertos por la edad o por podas muy intensas (Anexo5).

C6: Otros árboles: individuos con alguna afectación que no incluya las anteriores: árboles con comején (*Cryptotermis spp*), pudriciones por hongos, otros (Anexo 5).

Pendiente del terreno (Lotes)

Para la toma de pendiente se utilizó un clinómetro Suunto y una cinta métrica de 30 m. de longitud, se eligió una distancia mínima de 20 metro o según visibilidad entre el lector del clinómetro y el ayudante, antes de esto se acordó una medida en altura de 1.65 m, que sería a la altura de la vista para el lector del clinómetro y a la altura de la frente para el ayudante, el cual usaba un cintillo color naranja sobre la frente donde se apuntaba con la mira del clinómetro, de esta manera directa la lectura de pendiente (%).

Para obtener mayor precisión se hicieron un mínimo de 5 lecturas por lote, luego se promedió y anotó el dato directo correspondiente a cada lote.

3.4.3. Etapa III: Procesamiento y análisis de datos

a) Digitalización de datos

Se utilizaron todos los datos recopilados en detalle por cada lote y por individuo censado en formatos físicos, posterior se unificaron y se pasaron a formatos digital usando el programa de Microsoft Excel 2010, en los que se categorizaron los individuos según su diámetro, altura y por calidad de árboles(condición fitosanitaria).

Búsqueda de familias y especies por nombres científicos correspondiente a los nombres comunes registrados en campo.

Teniendo los nombre comunes, se necesitó de material bibliográfico tanto físico, como digital; usando el libro de Especies arbóreas del Arboretum Alain Meyrat volumen I y II (Quezada *et al*, 10-2012); Flora de Nicaragua en línea (www.mobot.org), Arboretum Alain Meyrat en línea <http://redbio.una.edu.ni/arboretum/> entre otros, todos esto para evitar incorrespondencia entre nombre comunes y científicos al procesar los datos.

b) Determinación de biomasa aérea y cálculo de carbono

Cuando se habla de biomasa pueden encontrarse varias definiciones con algunas variantes en el concepto (biomasa, biomasa aérea y biomasa fustal). La primera según IPCC (2001), es la masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluye los restos de plantas que han muerto recientemente ('biomasa muerta').

Biomasa aérea, refiere al peso del material vegetal de árboles sobre el suelo incluyendo, fustes, corteza, ramas y hojas y biomasa fustal, refiere al peso que corresponde a la biomasa del fuste comercial del árbol desde el tocón, hasta la primera bifurcación o inicio de la copa (Salinas y Hernández, 2008).

Para fines de este estudio solo se consideró la biomasa arriba del suelo (árboles en pie) o volumen existente.

Para determinar la biomasa de los individuos se utilizó la ecuación propuesta por Segura y Kanninen (1999), que toma en cuenta el volumen en (m³) y la densidad de la madera (t/m³), para conocer esta última, se recurrió a el sitio web: Global Wood Density Database (Zanne *et al*, 2009), un sitio que reporta datos de densidad de la madera de los trópicos y subtropical del mundo, además del libro, Propiedades y usos potenciales de 100 maderas nicaragüenses de (Herrera y Morales, 1992).

Una vez se calculó la biomasa del componente arbóreo por cada lote, se utilizó un factor de expansión de biomasa (Anexos 7), propuesto por el departamento del bosques de la FAO, (1998), siendo este valor de 1.74, cuando la biomasa forestal es menor a las 190 toneladas por hectáreas.

Se hizo de estas manera porque es un factor que está basado en inventarios forestales en muchos tipos de bosques latifoliados (bosques jóvenes secundarios o maduros) existentes en zonas tropicales de clima húmedo o con una estación seca, por lo que se adaptó al área de este estudio (Masatepe), además de que se contaba con pocos recursos económicos, también, por ser un área pequeña que no permitió hacer derribos para determinar factores de expansión propios da cada especie del sistema de café bajo sombra evaluado.

Habiendo estimado la biomasa se procedió a calcular el carbono almacenado utilizando una contante de fracción de carbono de 0.5 establecida por el (IPCC1996) citado por (Calderón *et al, sf.*) El programa usado para realizar los cálculos fue Microsoft Excel 2010.

Ecuaciones:

Ec. 1. Para calculara el área basal

Según CATIE (2014), el área basal se puede determinar de la siguiente manera:

$$AB (m^2) = \pi / 4 * D^2$$

Dónde:

AB: (m²): Área basal en metros cuadrados

$\pi / 4$: constante 0.7854

DN: Diámetro normal a los 1.30 m

Ec.2: Para calcular el de Volumen (m³)

Según CATIE, (2014), el volumen se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{Vol. (m}^3\text{)} = \text{AB} * \text{H} * \text{Ff}$$

Dónde:

Vol: (m³): volumen en metro cúbicos

AB: área basal calculada en m²

H: Altura total en (m)

Ff: factor de forma 0.70 para especies de bosque latifoliado (INAFOR, 2009).

Ec.3: Para determinar la biomasa (ton/Há)

Según Segura y Kanninen (1999), la biomasa se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{B} = \text{V} * \text{DB}$$

Donde:

B: biomasa del componente (t)

V: volumen del componente (m³)

DB: densidad básica (t/m³)

Ec.3: para calcular el factor de expansión de biomasa

$$\text{FEB} = \text{Exp} (3.213 - 0.506 * \text{Ln} (\text{BV}) \text{ si } \text{BV} < 190 \text{ t/ha}$$

Donde:

FEB: Factor de expansión de biomasa

EXP: Exponente

Ln: Logaritmo natural

BV: biomasa del volumen inventariado en t/ha, calculada como el producto de volumen con corteza por hectárea y la densidad de madera en toneladas por metro cubico.

Ec. 5: Para determinar el carbono almacenado

Según Segura y Kanninen (1999), el Carbono almacenado se puede determinar de la siguiente manera:

$$\mathbf{CA = B * Fc}$$

Donde

CA: Carbono almacenado, (t ha⁻¹ de C)

B: Biomasa total (t ha⁻¹ B)

FC: Fracción de carbono que en este caso se utilizó 0,5 establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio climático (IPCC).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Especies arbóreas encontradas en el sistema café bajo sombra

Para los tres lotes en estudio del sistema café bajo sombra en el ICIDRI- Masatepe, se encontró un total de 704 individuos (árboles) con diámetros mayores a 10 cm, pertenecientes a 51 especies dentro de 24 familias botánicas; 348 árboles en el lote El Genízaro, 226 para el lote El Cinco Pisos, 130 individuos para el lote El Guanacaste (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de familias, especies e individuos totales encontrados por lote en un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI- Masatepe, 2014

Lotes								
El Genízaro			El Cinco pisos			El Guanacaste		
Área: 1.836 há			Área: 0.955 há			Área: 0.448 há		
Fam.	Esp.	Ind.	Fam.	Esp.	Ind.	Fam.	Esp.	Ind.
22	44	348	15	23	226	10	15	130
Fam: Familias; Esp: Especies; Ind: Individuos								

Entre las familias con mayor número de especies en el sistema se encontraron las Fabaceae con 6 especies, Rutaceae 5 especies; Sapotaceae 4 especies, Anacardiaceae y Mimosaceae con 3 especies cada una (anexo 3).

Según Ruíz (2003), las familias botánicas antes mencionadas son comunes en sistema café con sombra, pues además de la sombra, adicionalmente generan beneficios paralelos a través de la producción de forraje, abono orgánico, frutas y madera.

Las familias encontradas Rutaceae, Sapotaceae, Lauraceae, Mirtaceae y Anacardiaceae; aunque no son fijadoras de nitrógeno son tradicionalmente incluidas en los sistemas de café bajo sombra, principalmente por sus frutos, ejemplo; Rutaceae (Naranjas, Limones),

Sapotaceae (Zapotes), Lauraceae (Aguacates), Mirtaceae (Guayabas), Anacardiaceae (Mangos) y es que según (Beer *et al* 2000?) en casi todas las fincas tropicales, existe un número de especies frutales.

Cuadro 2. Especies de mayor presencia en el sistema café bajo sombra en el ICIDRI - Masatepe 2014

Especies	Nº/individuos	Porcentajes
<i>Manguifera indica</i> L.	83	12%
<i>Cederla odorata</i> L.	83	12%
<i>Persea americana</i> Mill	95	13%
<i>Simarouba glauca</i> DC.	120	17%
<i>Cordia alliodora</i>	136	19%
Sub total	517	73%
<i>Otras especies (47)</i>	187	27%
Sub total	187	27%
Total general	704	100%

El cuadro 2, muestra resultados para el sistema café bajo sombra en el que se encontró que 73% del total de individuos en el sistema café bajo sombra, se agrupan en 5 especies entre las que destacan: *Cordia alliodora* con el 19%, *Simarouba glauca* 17%, *Persea americana* 13%, *Mangifera indica* y *Cedrela odorata*, con 12% del total de individuos respectivamente, todas en su mayoría maderables y frutales, quedando el restante 27% de individuos distribuido en 47 especies del total encontradas (Anexos 3).

Estos resultados son posibles a que las especies aquí mencionadas son preseleccionadas e incluidas en los sistemas de café bajo sombra, siendo el principal interés especies para usos maderables, de leña y productoras de frutas, no así, por especies idóneas para sistemas de café.

4.2. Situación fitosanitario de los árboles en sistema

4.2.1. Densidad de árboles y su atributo en el sistema

En un sistema agroforestal, los árboles es el componente más grande y dominante (Palomeque, 2009). Según Ruíz (2003), la función del árbol de sombra en el cultivo del café, es principalmente de protección, la sombra es un requisito en la mayor parte de las regiones donde se cultiva café para brindarle las condiciones de cultivo semejantes a las de su área de distribución natural.

Para poder evaluar la contribución potencial de los árboles en sistemas agroforestales ecológicamente sostenibles, hay que considerar primero los atributos sobresalientes que deben tener (Muschler, 1999 citado por Palomeque, 2009).

Según Fischerworring y Roßkamp, (2001), cualquier sistema que utilice sombra como componente importante, debe tener en cuenta que:

1. Los árboles deben adaptarse bien a las características geográficas de la zona.
2. Formar una copa extendida que permitan una buena filtración y distribución de luz.
3. Sean de hoja perenne, es decir, que conserven su follaje durante todo el año, o estén verde la mayor parte del año.
4. Tener abundante ramificación.
5. Que la elección de sombrío permanente de un cafetal debe partir de la base, de que los arboles elegidos sean de las familias de las leguminosas.

Según OIRSA (2001), en su manual técnico en cultivo de café orgánico dirigido a profesionales, las leguminosas, entre ellas las Fabaceae, Mimosaceae, y Cesalpinaceae con 5, 3 y 1, especies respectivamente encontradas en este sistema, tienen la característica que se asocian en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno a la atmósfera (*Rhizobium spp*).

Lo antes mencionado es muy importante ya que según la misma organización, el 50 % de la producción del cafetal depende de la cantidad de nitrógeno que pueda aprovechar del suelo, por eso las especies fijadoras de nitrógeno son muy valiosas en la búsqueda de diseños o arreglos sostenibles para los SAF con café (Filho, 2005), sin embargo, en el sistemas de café con sombra evaluado, las leguminosas solo representan el 7.24% de las 24 familias encontradas.

Se encontró también que (El Genízaro, El Guanacaste y El Cinco Pisos) del sistema café con sombra estudiado, con área promedio de 1.08 há por lote, presentan un promedio 234 árboles por hectárea (distanciamiento aproximado de 6.5 * 6.5 m), indicando que se tiene una alta densidad de individuos por hectárea.

El FIAH (2004) señala que el número de individuos (árboles) para sombra en los sistemas de café están en el rango de 40, 60, 69 árboles por hectárea con distanciamientos de 15 * 15, 14 * 12 ó 12 * 12 metros. Por su parte Fischerworring y Roßkamp, (2001) proponen que el número de árboles y los distanciamientos promedios para el establecimiento de sombra permanente son de: 10 * 25, 10 * 15, 8 * 12 y 6 * 10 metros, equivalente a 40, 67, 104 y 166 individuos por hectáreas equitativamente.

En conversación sostenida con Munguía³, menciono que las altas densidades de árboles en sistemas de café con sombra pueden darse al inicio o establecimiento de los cafetales, dado que en este periodo los arboles aun no tienen una copa desarrollada y se necesitan más individuos por hectárea para proveerle sombra al café.

Pero, el mismo menciona que, para sistemas de café bajo sombra adultos (15-20 años en nuestro caso), el número de individuos oscila entre los 80 y 100 árboles por hectárea, lo que es afianzado por UNICAFE (1996), el cual sugiere, que para obtener mayor densidad de sombra no necesariamente hay que sembrar más árboles, sino manejar mayor cantidad de ramas y hojas, porque el aumento de árboles en el sistema duplica el consumo de agua del suelo.

Las especies más evidentes en los tres lotes son arboles de las especies: *Cordia alliodora*. (Ruiz & Pav.) *Simarouba glauca*. Dc. *Cedrela odorata*. L *Persea americana*. Mill y *Mangifera indica*. L.

Aunque son de alto valor comercial según el INAFOR (2008), las tres primeras y frutales (las dos últimas), al ser árboles y tener altas densidades pueden competir significativamente con el cafeto (DaMatta y Rodríguez, 2007).

Otro aspecto es que estas especies no pertenecen a familias de las leguminosas (no fijan Nitrógeno), son especies de hoja caduca, caso de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* (Bautista, 1993), contraponiéndose a criterios de selección antes expuestos por Fischerworring

³ Munguía, R. 2015. Sombra para sistemas de café y número de árboles por hectáreas. Managua. NI. Departamento de mejoramiento genético-UNA-FAGRO. (conversación).

y Ro□kamp (2001). Y es que según (Filho, 2005), es importante revisar el diseño y el manejo de sombra en los cafetales a fin de garantizar que siempre haya una buena distribución de la sombra regulada durante todo el año.

4.2.2. Categoría según calidad de árboles por lotes

En primer lugar se encontró El Genízaro, presentando el mayor número de individuos en la categoría C1 (sanos) con un 46 %; y 15% de árboles en la categoría regulares, aunque con 14 % de árboles con podas muy altas (C3); 10% con parasitas (C4), 12% individuos secos y casi secos (C5), y un 12% de individuos con alguna afectación (C6) (Figura 4), (Anexos, 4).

El hecho de que el Genízaro presente mayor número de individuos en la categoría C1(sanos), responde a que este lote, no está ocupado en su totalidad por el cultivo del café, dado a presenta un área dedicada a obras de conservación de suelo (cubas de infiltración, zanjas de infiltración y barreras vivas), así como cultivo de musáceas.

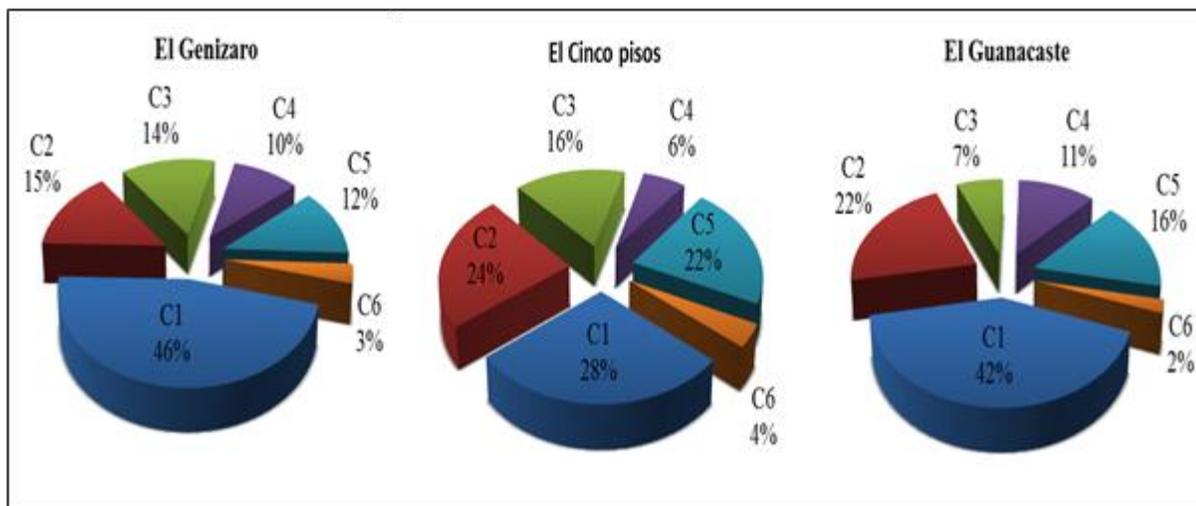


Figura 4. Calidad árboles por lotes para el sistema café bajo sombra en el ICIDRI Masatepe, 2014.

Por otro lado, debido a que los arboles de este lote presenten una mejor distribución de ramas y por ende una mejor distribución de luz, evitando con esto el sometimiento a podas altas, que se ha visto son el principal causante de daños en los arbole en el sistema.

El lote El Guanacaste es el de menor área con respecto a los tres lotes en evaluación (cuadro 1) y el segundo con la mejor condición fitosanitaria según la calidad de sus árboles, presenta un 42 % de árboles sanos (C1) y un 22 % de regulares (C2), 16 % de sus árboles se encuentran en la categoría secos y casi secos (C5), 7% con podas muy altas (C3), 11% con parasitas y el 2% de sus árboles con otras afectaciones (C6).(anexos 5).

Mientras tanto el lote El Cinco Pisos, fue el que presentó el mayor número de individuos afectados con el 16% con podas muy altas (C3) y 22% de individuos secos y casi secos (C5), solo un 28% de árboles sanos (C1) y un 22 % regulares (C2) (figura 4).

Estos resultados se apegan principalmente a que el lote El Cinco Pisos presenta una alta densidad de individuos (226 árboles/0.955 ha) y tomando como base que está inmerso en un sistema café bajo sombra y a las observaciones hechas en el campo, puede argumentarse que con tal densidad encontrada, las copas de los árboles tienden a entrelazarse generando más sombra de la necesaria para el cultivo de café, por cuanto se ha tenido que recurrir a la aplicación de podas arriba del 50% de las copas y de esta manera regular la sombra.

Se asume entonces, que los resultados encontrados para el sistema en su conjunto se debe principalmente a que estos lotes se adquirieron en compras por separados, a diferentes dueño por lo que se han visto sometidos a diferentes formas de manejo.

Lo otro es debido a que los lotes presentan altas densidades (árboles/ha), para los que se ha tenido que aplicar fuerte podas ($\geq 50\%$.de copa), provocando así el debilitamiento de los árboles dado a la reducción brusca de actividad fotosintética, ataques de plagas y enfermedades pudiendo afectar negativamente al árbol, una de las razones que según la FAO (2008), pueden interrumpir el crecimiento y la salud de estos.

4.2.3. Determinación de biomasa y carbono

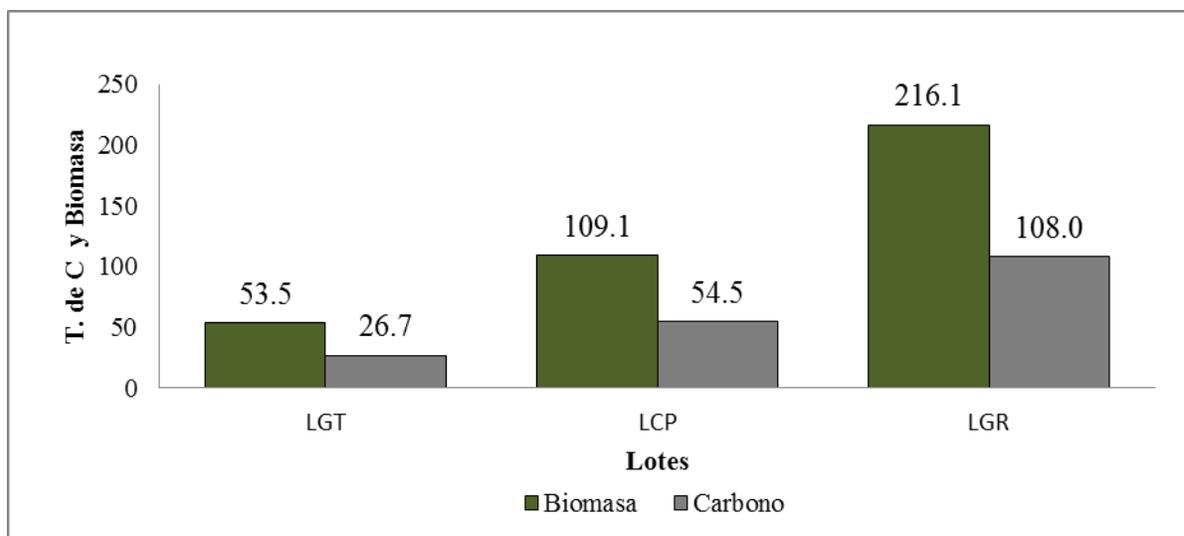


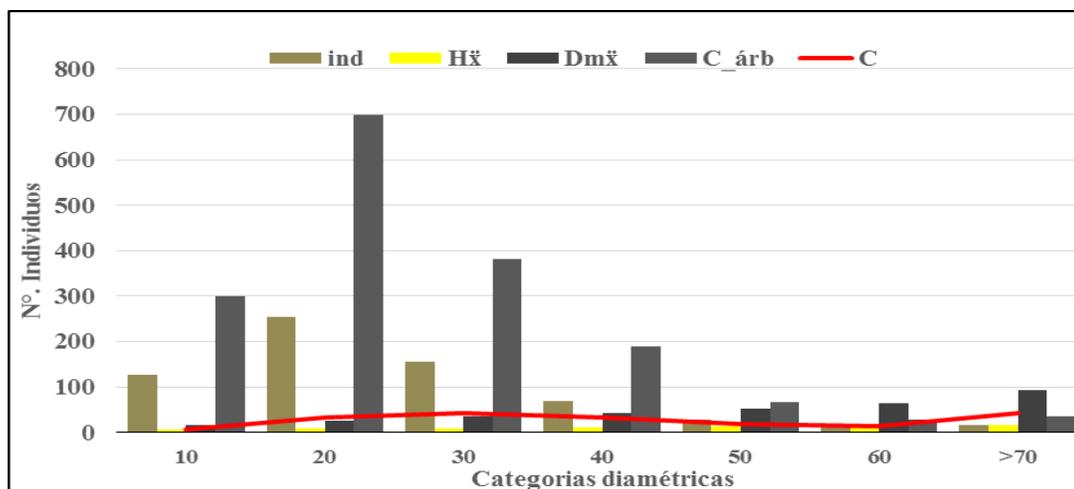
Figura 5. Biomasa y carbono total almacenado para tres lotes evaluados en un sistema de café bajo sombra en el ICIDRI -Masatepe, 2014.

En la evaluación de biomasa y carbono almacenado en el componente arbóreo por lote del sistema café bajo sombra, se determinó que el lote El Genízaro (LGR) registra las mayores cantidades en biomasa con 216.1 t BM correspondientes a 108.0 t C, seguido de lote el Cinco Pisos (LCP), con 109.1 t BM y 54.5 t C, siendo el lote El Guanacaste (LGT) el que registro los valores más bajos con 53.5 BM y 26.7 t C almacenado (Figura 5).

Estas diferencias en toneladas de biomasa y carbono almacenado registradas para cada lote (LGR, LCP, y LGT), están dadas a que los lotes en cuestión presentan áreas diferentes; 1.836, 0.955 y 0.448 hectáreas respectivamente y así mismo por la diferencia en número de individuos por lote (densidad); 348, 226 y 130 árboles por individual.

A nivel de las variables evaluadas, se encontró que las más influyentes en cuanto a cantidad de carbono almacenado fueron: el diámetro promedio (Dx) y altura promedio (Hx), siendo las categorías de 30-39.9 cm la que registro la mayor cantidad de carbono almacenado con 42.15

toneladas, seguida de la categoría 40-49.9 cm, registrando 37.70 toneladas del carbono total almacenado en el sistema de café (Figura 6).



Ind: individuo; **Hx̄** : altura promedio; **Dm̄** : diámetro promedio; **C_árb**: calidad de árboles; **C**: carbono

Figura 6. Carbono almacenado por categorías diamétricas para número de individuos, diámetro promedio y altura promedio en un sistema café bajo sombra en el ICIDRI-Masatepe 2014.

Mientras tanto, las variables de menor influencia fue: calidad de árbol, porque fue una variable evaluada cualitativamente (no se hicieron mediciones cuantitativas de daño al fuste), por lo que no tuvo una influencia directa sobre el volumen calculado, por ende tampoco sobre la biomasa y el carbono almacenado calculado en este estudio, lo segundo debió a que a pesar de que el número de individuos tienden a ser mayor en las primeras categorías (10-19.9 y 20-29.9, los diámetros y la altura son inferiores (Figura 6).

Los valores por hectárea para biomasa y el carbono almacenados por los árboles de sombra en este estudio fueron de 116.9 t BM ha⁻¹ lo que corresponde a 58.4 t C ha⁻¹, valores que concuerdan con el rango reportado por Vega *et, al* (2014), 84.37 y 58.11 t C ha⁻¹ en un estudio sobre el almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*C. arabica*), en altas densidades de sombra, en Colombia.

Por su parte Ortiz *et al* (2008) encontró valores entre 43 y 62 t C ha⁻¹ almacenado en un sistema de 25 años de Cacao (*T. cacao*) y Laurel (*C. alliodora*), en Changuinola, Panamá, donde esta última especie almacena entre el 80 y 85% del carbono del sistema, lo que es válido mencionar siendo que esta misma especie (laurel), representa el 19% de la población total para sistema en estudio.

Así también Corral *et, al* (2005), en su estudio de fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café y cacao en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano (zona baja) registraron valores de 55.3 t C ha⁻¹ en la biomasa aérea para guaba (*Inga sp*) y 38.5 t C ha⁻¹ la biomasa aérea para laurel (*C. alliodora*).

De acuerdo con Vega *et, al* (2014), diferentes autores afirman que variaciones en la acumulación de carbono en biomasa de plantas para sistemas agroforestales dependen de la variación de clima, tipo de suelo, sistema de manejo de los árboles, diseño (densidad de árboles) y especies de árboles utilizados, lo cual también es corroborado por Suárez (2003) en su estudio de cuantificación de carbono y valoración económica del servicio ambiental en sistemas agroforestales de café en la comarca de Yassica sur en Matagalpa.

V. CONCLUSIONES

Los lotes en estudio presentan diferencia en el número de individuos (densidad) y condición fitosanitaria debiéndose a que los lotes han sido adquiridos en compras diferentes, a diferentes dueños, por tanto se han vistos sometidos a manejos diferentes, siendo el más evidente el número de individuos.

Se identificaron 24 familias botánicas destacando las Fabaceae, Rutaceae, Sapotaceae, Anacardeaceae y Mimosaceae. Sobresaliendo las especies de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon), *Simarouba glauca* Dc. *Persea americana* Mill. *Mangífera indica* L. y *Cedrela odorata* L. representando el 73% del total encontradas lo que sugiere que estas especies han sido incluidas en el sistema con especial interés en especies frutales y maderable, no así como especies propias para sombras del café.

Los lotes presentan altas densidades (Ind/Há), para lo que se ha tenido que aplicar fuerte podas, principalmente en El Cinco Pisos ($\geq 50\%$ de copa), lo que ha provocado debilitamiento y muerte de los árboles en el sistema debido brusca reducción de actividad fotosintética y ataques de plagas enfermedades.

El carbono almacenado en la biomasa aérea del componente arbóreo fue de 58.4 t c ha^{-1} , siendo El Genízaro el que registró la mayor cantidad de carbono almacenado, por ser el lote de mayor área y presentar los individuos de mayor vigorosidad de todo el sistema.

Se constató que las variables diámetro promedio y altura promedio son las de mayor relevancia en la cantidad de carbón almacenado, pero estas siempre estarán influenciadas por el tamaño del área y el número de individuos en las categorías superiores a 30 cm, pues a medida que aumenta el área y el número de individuos, también aumentará la cantidad de carbono almacenado en un sistema agroforestal.

La calidad de árboles no afectó la cantidad de carbono almacenado ya que esta variable fue evaluada cualitativa y no cuantitativamente, por lo que no tuvo ninguna influencia en el volumen fustal calculado y es así que tampoco afectó el carbono almacenado en el sistema.

VI. RECOMENDACIONES

Hacer un aprovechamiento selectivo sobre los árboles más maduros ($dap > 70$ cm) (*raleo*), ya que estos están propensos a morir, además la fijación de carbono en árboles maduros y sobre maduros es reducida, no así en individuos jóvenes como la categoría 20-29.9 que son los individuos más sanos, para los cuales es necesario liberar espacio y de esta manera potenciar la fijación de carbono en el sistema de café bajo sombra del Centro Experimental ICIDRI.

Al hacer intervenciones de aprovechamiento comercial, se recomienda hacer tala dirigida y para evitar daños severos en el sistema, además debe de considerarse la condición fitosanitaria de los individuos, pudiendo estar dirigidos a individuos de las categorías; C4, C5, C6, que son los árboles más afectados.

De no hacer aprovechamiento con el fin de obtener ingresos por la madera, se debe hacer raleo utilizando la técnica de anillamiento sin envenenamiento, dado que es un sistema manejado orgánicamente, esta técnica permite eliminar arboles no deseados de manera gradual, además de ser de bajo costo e impacto para el sistema.

Realizar programa de podas e incluirlo al cronograma de actividades del manejo dado año con año al sistema de café bajo sombra, usando herramientas adecuadas (afiladas) y ejecutarlas con personal debidamente capacitado.

Priorizar la inclusión de familias con especies arbóreas fijadoras de nitrógeno, como: el Mandagual (*Caesalpinia velutina* Britton y Rose), Madrial (*Gliricidia sepium* Jacq), y Guabas (*Inga spp*), generar además otros estudios sobre la densidad de sombra requerida para la buena producción del café en el Centro Experimental ICIDRI y de esta manera mejorar los rendimientos en la producción de café.

En estudios posteriores desarrollar ecuaciones alométricas para estimación de biomasa en sistemas agroforestales en la zona del pacífico de Nicaragua, dado que para el presente estudio esta fue una limitante.

VII. LITERATURA CITADA

- Bautista Salas, J. Árboles de Nicaragua 1993.** Managua NI. (IRENA) Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, 309p.
- Beer, J. Brahim, MI. Somarriba, E. Barrance, A. Leakey, R 2000?** (En línea) Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. CR. Consultado 23 set. 2015. Disponible en http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Establecimiento_y_manejo_de_arboles_en_sistemas_agroforestales.pdf
- Biblioteca Virtual Católica del Norte.** Glosario de agro industria y forestal 2015? (en línea) Consultado 23 set. 2015. Disponible en <http://biblioteca.ucn.edu.co/repositorio/Documents/Agroindustria-Y-Forestales/34-Apeo-desarme-troceo-transporte-descortezado-bloqueo-disposicion-madera/05Glosario.html>
- Brown, S. 1997.** Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. (en línea).Rome IT. FAO. Consultado 31 Set. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W4095E/W4095E00.htm>
- Calderón, S. Gayoso.J. Guerra, J. Schlegel, B. sf.** Inventario forestal para contabilidad de carbono. Manual de procedimientos. CH. (en línea) Consultado 28 Jun, 2015. Disponible http://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_inventario.PDF
- Castro Marín, G. Reyes Flores, F. López Larios. J. Gonzales Rivas, B. 1992.** Texto básico: Introducción a las ciencias forestales. Managua. NI. UNA. 69 P.
- CATIE.(Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza ,CR) 2014.** Mejorando la conservación de la biodiversidad y el manejo sostenible de la tierra en el bosque Atlántico del Paraguay oriental – Paraguay-biodiversidad (PDF). PY 11 p. Consultado. Set. 2015. disponible en http://www.paraguaybio.com.py/informes/Cursos%20de%20Sistemas%20Agroforestales/1_Dasometria_2parte.pdf
- CONACAFE (Consejo Nacional del Café) 2014.** (en línea). Managua NI. Consultado 23 set. 2015. Disponible en <http://www.conacafe.org.ni/index.php/noticias-internacionales>
- Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. X.** Ecuador. **Corral Castillo, R. Duciela, LA. Maza Chamba.** Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano.

DaMatta, Rodríguez, NF. 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana* 25(1), 113-123, 2007 (en línea) consultada 22 set. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a13>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. FRA 2000 Directrices para la Evaluación en los Países Tropicales y Subtropicales (en línea). Roma, IT. Consultado 31 Set. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ae218s/AE218S00.pdf> (Documento de Trabajo 2).

_____ *s.f.* Mercados de carbono: Qué tipos existen y cómo funcionan. (en línea). s.l., Consultado 03 mayo 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/i1632s/i1632s02.pdf>

_____ **2007.** El estado mundial de la agricultura y la alimentación. (en línea). Roma, IT. Consultado 31 Set. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200s/a1200s00.pdf>

FIAH (Fundación Hondureña de Investigación Agropecuaria). 2004. PROYECTO UE-CUENCAS. La Lima Cortez HN. Guía práctica producción de café con sombra de maderables 24 p.

Ficha municipal de Masatepe 1999? Consultado 31 Set. 2015. Disponible en <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MASAYA/masatepe.pdf>

Filho, EV. 2005. Evaluación de los sistemas agroforestales con café en fincas vinculadas al consorcio de cooperativas de caficultores de Guanacaste y Montes de Oro- COOCAFE: un aporte a la construcción de la sostenibilidad. (En línea). CR. CATIE. Consultado Ago. 2015. Disponible en <http://www.coocafe.com/cafeforestal/docs/diagnostico-agroforestal.pdf>

Fischerworing Hömberg, V. Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para caficultura ecológica (USB). Colombia. GTZ. López. 152. p.

Herrera Alegría, Z. Morales Vargas, A .1992. Propiedades y usos potenciales de 100 maderas nicaragüenses. Managua NI. Managua MARENA.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2008. Resultados del Inventario Forestal Nacional de Nicaragua 2007-2008. 2° ed. Managua, NI. 232 p.

- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2008.** Caracterización climática del departamento de Masaya. (en línea). Managua NI. Consultado el 01 mayo. 2014. (Sitio web). Disponible en http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/INETER/INETER0064/6.%20Caracterizacion%20climatica%20de%20%20MASAYA.doc.
- IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2001.** Glosario de términos utilizados en el tercer informe de evaluación del IPCC. s.l., (en línea). Consultado 26 abr. 2014. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- Manfut.Org NI. 2015.** Municipios de Masaya Masatepe Nicaragua (En línea). Managua, NI. Consultado 20 Jul. 2015. Disponible en <http://www.manfut.org/masaya/masatepe.html>
- Márquez, L. 2000.** Elementos técnicos para inventarios de carbono 2. En uso del suelo. Guatemala. GT.
- Mena, VE. Andrade, HJ. Navarro, CM. 2011.** Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios e un gradiente altitudinales en Costa Rica. Agroforestería Neotropical. Septiembre de 2011, N0.1. 3-20 p.
- Mendieta López, M. Rocha Molina, LR. 2007.** Sistemas agroforestales. Managua NI. Universidad Nacional Agraria. 115.p.
- OIRSA 2001.** Manual técnico buenas prácticas de cultivo en café orgánico (dirigido a profesionales). (En línea). CR. Consultado 28 Jun, 2015. Disponible <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALCAFEORGANICOpaprofesionales.pdf>
- Orozco, L. Brumér, C. 2002.** Inventarios Forestales para Bosque Latifoliados en América Central. Ed. E Mora Lobo. Turrialba, CR. CATIE. 264 p. (serie técnica no. 50).
- Ortiz, Á. Riascos, L. Somarriba, E. 2008.** Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de Cacao (*Theobroma cacao*) y Laurel (*Cordia alliodora*). Agroforestería en las américas. N0. 46-2008. 26-29 p.
- Palomeque Figueroa, E. Sistemas agroforestales 2009 (en línea)** Chiapas. SOCLA. Consultado 23 Ago. 2015 disponible en <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=40>

Prodan, M. Peters, R. Cox, F. Real, P. Mensura Forestal 1997. San José. CR. *IICA* 586 p. (Serie investigación y educación en desarrollo sostenible).

Quezada B, JB. Zapata, MG; Meyrat A. 2010. Especies arbóreas del Arboretum Alain. Managua NI. 34p.

_____. **2012.** Especies arbóreas y Arbustivas del Arboretum Alain. Managua NI. v2.

Reunión anual del PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales) (6, 1994 CR, América central) Blancos, Corrales, C. Campos, A. **1995.** El crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) como cultivo intercalado con café (*Coffea arábica* L.).

Romahn CF de Cote. Ramírez Maldonado, H. Treviño García G. 1987. Dendrometría. Chapingo. Mx. Universidad Autónoma de Chapingo 387 p. (serie de apoyo académico. No. 26).

Ruiz Rosado, O. 2003. Influencia del Sombreado y las Variedades en la Calidad del Café Orgánico en Cinco Regiones de México.(En línea). Proyecto FONSEC SAGARPA-CONACyT no 2003-C01-156. Consultados Jul, 2015. Disponible en <http://www.snitt.org.mx/difusion-y-vinculacion/infoteca/send/3-convencion-internacional-del-cafe-2015/13-influencia-del-sombreado-y-las-variedades-en-la-calidad-del-cafe-organico-en-cinco-regiones-de-mexico>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación).sf. Sistemas agroforestales. 8 p. Consultado 23 set. 2015. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Sistemas%20Agroforestales.pdf>

Salinas, Z. Hernández, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Turrialba CR. CATIE.117 p. (serie técnica No. 83)

Segura, M. & Kanninen, M. (1999). Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En: Orozco, L. y Brumer, C. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba: CATIE, 2002. P. 202-222.

SNITT (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica). 2015. Enriquecimiento de la sombra de cafetales con especies forestales de importancia económica. Convención Internacional del Café 2015. Categoría: base de datos Org. Mexicana.(En línea) consultado 15 Ago, 2015. Disponible en

<http://www.snitt.org.mx/difusion-y-vinculacion/infoteca/category/3-convencion-internacional-del-cafe-2015>

Suarez Pascua, DA. 2003. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis. Msc. Turrialba, CR, CATIE. 117 p

Ugalde A, LA. 1981. Conceptos básicos de dasometría. (En línea) Turrialba, CR. CATIE. Consultado 23 Ago. 2015. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/a5909e/a5909e.pdf>

UNA (Universidad Nacional Agraria NI). 2015. Arboretum Alain Meyrat: árboles y arbustos presentes en la UNA. (En línea). NI. UNA. Consultado Ago. 2015. Disponible en <http://redbio.una.edu.ni/arboretum/>

UNICAFE (Unión Nicaragüense de Caficultores). 1996. Diagnóstico de las zonas cafetaleras del pacífico Central-Boaco. UNICAFE. Managua NI. 45p.

Vega Orozco, G. Ordoñez, Espinosa, CM. Suarez Salazar, JC. López Pantoja, CF. 2014. Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. vol. 5 N0. 1. 213-219. p.

Zanne, AE, Lopez Gonzalez, G. Coomes, D.A. Ilic, J. Jansen, S. Lewis, S.L. Miller, R.B. Swenson, N.G. Wiemann, M.C. and Chave, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier. Consultado 23 set. 2015. Disponible en <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para el registro de variables dasométricas y calidad de árboles en el ICIDRI Masatepe, 2014

Formato de campo para registro de variables dasométricas y calidad de arboles ICIDRI Masatepe, 2014.												
		Anotador: _____										
		Nombre de lote: _____			Fecha: _____							
Nº	Nombre común	DN (cm)	Ht (m)	HF (m)	Dcp (m)	Calidad de arboles						Observaciones
1						C1	C2	C3	C4	C5	C6	
2												
3												
4												
5												
DN: Diámetro Normal (1.30 m); Ht: Altura total; HF: Altura fustal Dcp: Diámetro de copa; C1: Sano; C2: Regular; C3: poda muy alta y casi sin copa; C4: Con parásitas y trepadoras: árboles; C5: Secos y casi secos; C6: Otros.												

Anexo 2. Formato de campo para registros de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) GPS y datos de pendiente de terreno en (%)

Coordenadas UTM (WGS 84) y datos de pendientes (%) ICIDRI Masatepe 2014.									
		Nombre del Lote: _____							
		Anotador: _____							
		Fecha: _____			Precisión ≤ 5 m				
Nº	Coordenadas		Pendiente (%)		Observaciones				
1	X	Y							
2									
3									
4									

Anexo 3. Lista de familias y número de especies encontradas para el sistema café bajo sombra en el ICIDRI Masatepe 2014

Familia	N°	Nom. Científico	N°	Nom. Común
Anacardiaceae	1	<i>Mangifera indica</i> L.	1	Mango
	2	<i>Spondias mombin</i> L.	2	Jocote jobo
	3	<i>Spondias purpurea</i> L.	3	Jocote
Annonaceae	1	<i>Annona muricata</i> L.	4	Guanábana
Apocynaceae	1	<i>Stemmadenia alfaroi</i> (Donn. Sm.)	5	Cojón de burro
Arecaceae	1	<i>Cocos nucifera</i> L.	6	Coco
Bombacaceae	1	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	7	Ceiba
Boraginaceae	1	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavón)	8	Laurel negro
	2	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	9	Roble, macuelizo
Caesalpiniaceae	1	<i>Caesalpinia velutina</i> (B. & R.) Standl.	10	Mandagual
Chrysobalanaceae	1	<i>Licania arborea</i> (Seem.)	11	Hoja tostada
Combretaceae	1	<i>Terminalia catappa</i> L.	12	Almendro
Fabaceae	1	<i>Albizia adinocephala</i> (Donn. Sm.)	13	Chaperno blanco
	2	<i>Cassia grandis</i> L.f.	14	Carao
	3	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	15	Guachipilín
	4	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.)	16	Guanacaste negro
	5	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)Kunth.	17	Madero negro
	6	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn. Sm	18	Chaperno negro
Lauraceae	1	<i>Cinnamomun zeylanicum</i> . Ness.	19	Canela
	2	<i>Persea americana</i> var.	20	Aguacate
Meliaceae	1	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	21	Nim
	2	<i>Cedrela odorata</i> L.	22	Cedro real
Mimosaceae	1	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	23	Gavilán
	2	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Muell.	24	Genízaro
	3	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.)	25	Guanacaste negro
Mirtaceae	1	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr	26	Pimienta
	2	<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (Berg.)	27	Guayaba de fresco
Moraceae	1	<i>Brosimum alicastrum</i> . Swartz.	28	Ojoche
	2	<i>Ficus</i> spp	29	Matapalo
Oxalidaceae	1	<i>Averrhoa carambola</i> L.	30	Melocotón
Ramnaceae	1	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill) Sarg.	31	Sonsonate
Rubiaceae	1	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	32	Madroño
Rutaceae	1	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm)	33	Lima
	2	<i>Citrus aurantium</i> L.	34	Naranja agria
	3	<i>Citrus limonum</i> . (Risso)	35	Limón
	4	<i>Citrus nobilis</i> . André non Lour	36	Mandarina

	5	<i>Citrus sinensis</i> (L.)	37	Naranja
Sapindaceae	1	<i>Melicoccus bijugatus</i> (Jacq.)	38	Mamón
	2	<i>Sapindus saponaria</i> L.	39	Patacón, Pacón
Sapotaceae	1	<i>Achras sapota</i> L.	40	Níspero
	2	<i>Mamea americana</i> L.	41	Mamey
	3	<i>Licania platypus</i> (Hemls) Fritsch.	42	Zapote urraco
	4	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.)	43	Sapote real
Simaroubaceae	1	<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	44	Acetuno
Sterculiaceae	1	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	45	Guácimo ternero
	2	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karsten.	46	Panamá
No identificadas	1	<i>No identificadas</i>	47	Aguacate monte
	2	<i>No identificadas</i>	48	Limoncillo
	3	<i>No identificadas</i>	49	Palo de parque
	4	<i>No identificadas</i>	50	Sombra de armado
	5	<i>No identificadas</i>	51	sp no conocida

Anexos 4. Densidades de la madera (g/cm³) por especies encontradas en el ICIDRI-Masatepe, 2014

Especie	D(g/cm³)
Aceituno	0.38
Aguacate	0.60
Almendra	0.21
Cedro real	0.33
Ceiba	0.296
Chaperno blanco	0.65
Chaperno negro	0.78
Coco	0.65
Gavilán	0.54
Genízaro	0.53
Guachipilín	0.67
Guanábana	0.40
Guanacaste negro	0.38
Guazimo ternero	0.57
Hoja tostada	0.659
Jocote	0.35
Jocote jobo	0.48
Laurel negro	0.52
Madero negro	0.67
Madroño	0.78
Mamey	0.60

Mamón	0.87
Mango	0.52
Neem	0.61
Níspero	0.89
Ojoche	0.597
Panamá	0.33
Patacón, Pacón	0.60
Pimienta	0.85
Roble Macuelizo	0.57
Sonzonate	0.82
Zapote hurraço	0.72

Anexo 5. Tabla resumen de individuos por lote según categorías de calidad de árboles en el sistema café bajo sombra en el ICIDRI –Masatepe, 2014

Lotes	Categorías de calidad de árboles						Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
El Genízaro	161	51	48	34	42	12	348
El Cinco pisos	64	54	36	14	49	9	226
El Guanacaste	54	28	9	15	21	3	130
Total	279	133	93	63	112	24	704

C1: Sanos, **C2:** Regulares, **C3:** Podas muy alta, **C4:** Con parásitas, **C5:** Secos y casi secos, **C6:** Otros.

Anexos 6. Galería de fotografías de referencia según calidad de árboles en el sistema café bajo sombra en el ICIDRI -Masatepe2014



Figura 1. Árbol sano (C1)

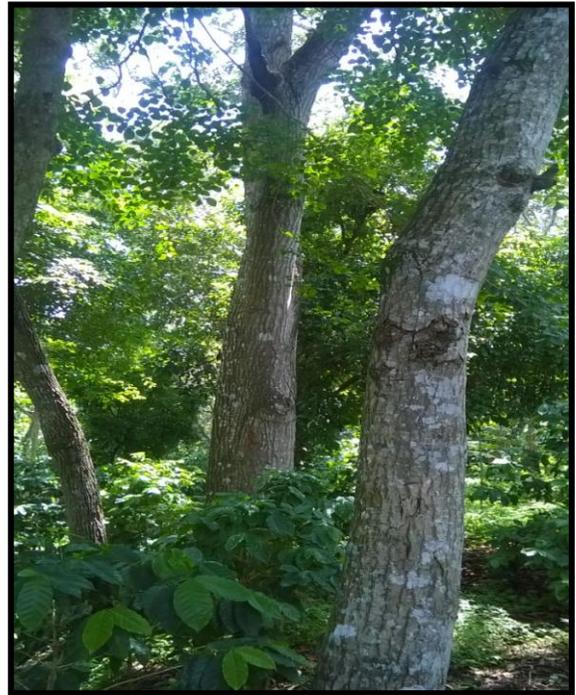


Figura 2. Árbol regular (C2)



Figura 3. Árboles con podas muy altas y casi sin copas $\geq 50\%$ (C3)



Figura 4. Árbol con parasitas (C4)



Figura 5. Árboles secos y casi secos (C5)



Figura 6. Árboles con otros tipos de afectación (C6)

Anexos 7. Glosario de términos utilizados

Dióxido de carbono: (CO₂) Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un Potencial de calentamiento mundial (IPCC, 2001).

Almacenamiento de carbono: Proceso de aumento del contenido en carbono de un depósito de carbono que no sea la atmósfera. Desde un enfoque biológico incluye el secuestro directo de dióxido de carbono de la atmósfera mediante un cambio en el uso de las tierras, forestación, reforestación (IPCC, 2001).

Sistemas agroforestales: Son una forma de uso de la tierra en donde plantas leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción para un manejo sostenido. (SAGARPA. sf).

Café bajo sombra: Es una modalidad de sistemas agroforestal donde el cultivo de café se asocia con árboles y arbustos, producto de regeneración natural o que han sido plantados, son manejados para proporcionar sombra al cultivo.

Biomasa: Masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente ('biomasa muerta') (IPCC, 2001).

Biomasa aérea (BT): Se refiere al peso seco de material vegetal del árbol sobre el suelo incluyendo fuste, corteza, ramas y hojas (Salinas y Hernández, 2008).

Biomasa fustal (BF): Se refiere al peso seco del fuste. Corresponde a la biomasa del fuste comercial del árbol desde el tocón hasta la primera bifurcación o inicio de la copa (Salinas y Hernández, 2008).

Factor de expansión de biomasa (FEB): Es la proporción directa entre biomasa total y la biomasa del fuste. Se trata de un factor variable que depende de la especie arborea, las condiciones ambientales, la densidad de la plantación y la edad de los individuos, entre otros (Salinas y Hernández, 2008).

Densidad Básica de la madera: Relación entre la masa de la madera en estado anhidro (seca) y el volumen de la madera en estado verde y se expresa en g/cm^3 o ton/m^3 .

Censo al 100%: Es un inventario donde se recorre el área de interés o en estudio en su totalidad, también llamado inventario de existencia, pie a pie, inventario total o de planificación (Orozco y Brumér, 2002).

Variable: Es la observación de una característica o atributo asociado con un individuo u objeto la cual varía de un objeto a otros (Orozco y Brumér, 2002).

Variables dasométricas: son del tipo cuantitativas y consideran mediciones (numéricas) como. Altura, diámetro de fuste o de la copa de un árbol (Orozco y Brumér, 2002).

Variables silviculturales: Son más del tipo cualitativo donde no es posible hacer una medición numérica para describir un atributo (calidad de árbol, iluminación, otras), (Orozco y Brumér, 2002).

