



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y  
DEL AMBIENTE**

**Trabajo de Graduación**

**Por un Desarrollo  
Agrario Integral  
y Sostenible**

**Evaluación de tres servicios ambientales de  
café agroforestal en fincas con diferentes tipos  
de manejo ubicadas en el Macizo de Peñas  
Blancas, Jinotega-Matagalpa**

**AUTORES**

**Br. Luis Carlos Cuadra Mayorga  
Br. Uberne Patricio Alvarado Narváez**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. Glenda Bonilla  
Dr. Jeremy Haggard  
Ing. Álvaro Noguera**

**Managua, Nicaragua  
Febrero, 2011**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente**

Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**Trabajo de Graduación**

**Evaluación de tres servicios ambientales de café  
agroforestal en fincas con diferentes tipos de  
manejo ubicadas en el Macizo de Peñas Blancas,  
Jinotega-Matagalpa**

**Trabajo presentado como requisito para  
obtener el título de Ingeniero en Recursos  
Naturales Renovables**

**AUTORES**

**Br. Luis Carlos Cuadra Mayorga**  
**Br. Uberne Patricio Alvarado Narváez**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. Glenda Bonilla**  
**Dr. Jeremy Haggar**  
**Ing. Álvaro Noguera**

**Managua, Nicaragua**  
**Febrero, 2011**

**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 en Recursos Naturales Renovables**

**Miembros del tribunal examinador**

---

**Dr. Benigno González**  
**Presidente**

---

**M.Sc. Cristóbal Medina**  
**Secretario**

---

**M.Sc. Roberto Jeréz**  
**Vocal**

**Managua, 16 de Febrero 2011**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	2
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	3
3.1 Descripción de la región de estudio	3
3.1.1 Clima	4
3.1.2 Geología y Edafología (Suelos)	4
3.1.3 Hidrología	4
3.1.4 Cobertura de bosques, áreas protegidas y corredores biológicos	4
3.2 Proceso Metodológico	5
3.2.1 Etapa de Pre campo	5
Identificación de los tipos de sombra en cada finca	7
3.2.2 Metodología aplicada en la recopilación de información	7
3.2.3 Toma de datos: Variables medidas en el campo	7

Servicio Ambiental: Conservación de la biodiversidad arbórea	10
Criterio uno: Calidad de Hábitat	10
Indicadores de hábitat	10
➤ Número de estratos arbóreos (Indicador uno)	10
➤ Número de especies de árboles nativos en ha (Indicador dos)	10
➤ Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP en ha (Indicador tres)	10
➤ Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en los árboles (Indicador cuatro)	10
➤ Porcentaje de cobertura de sombra (Indicador cinco)	11
Criterio dos: Uso de agroquímicos	12
Indicadores del criterio uso de agroquímicos	12
➤ Aplicación de herbicidas (Indicador uno)	12
➤ Aplicación de plaguicidas (Indicador dos)	12
➤ Aplicación de fertilizantes (Indicador tres)	12
Servicio ambiental: Agua	13
Criterio único: Agua	13
Indicadores del criterio conservación del agua	13
➤ Manejo de Contaminación del Agua (Indicador uno)	13
➤ Evidencia de erosión o deslizamientos en nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en partes bajas de camino (Indicador dos)	14
➤ Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua (Indicador tres)	15
Servicio Ambiental: Fijación de Carbono	15
Criterio único: Carbono fijado por árboles y arbustos	16

➤ Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea (Indicador uno)	16
➤ Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Indicador dos)	17
3.3 Análisis de la información	18
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	20
4.1 Descripción de las fincas dentro del sistema agroforestal café con sombra	20
4.1.1 Estado actual de los servicios ambientales en el sistema de café con sombra	20
Composición de especies importantes (con base en la frecuencia) por componente de sombra	20
4.2 Evaluación de los servicios ambientales: conservación de la biodiversidad y agua en el sistema agroforestal café con sombra	24
4.2.1 Servicio ambiental conservación de la biodiversidad arbórea	24
a. Calidad de Hábitat	25
1. Indicador: Número de estratos (estructura vertical) que constituyen los sistemas de café con sombra	27
2. Indicador: Número de especies de árboles nativos en ha	27
3. Indicador: Número de árboles y arbustos mayores de 5 cm de DAP en ha	28
4. Indicador: Valoración cualitativa de incidencia de epífitas en los árboles	29
5. Indicador: Porcentaje de cobertura de sombra	29
b. Uso de Agroquímicos	29
1. Indicador: Aplicación de herbicida	31
2. Indicador: Aplicación de plaguicidas	31
3. Indicador: Aplicación de fertilizantes	32
4.2.2 Servicio ambiental conservación del agua	32

a. Conservación del Agua	33
1. Indicador: Manejo de contaminación del agua	35
2. Indicador: Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos	35
3. Indicador: Obras de prevención o recuperación	35
4.2.3 Servicio ambiental fijación de carbono	35
a. Fijación de Carbono por componentes de sombra árboles y arbustos	37
1. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los árboles y arbustos por hectáreas	38
2. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Cafeto)	39
3. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Musáceas)	39
<b>V. CONCLUSIONES</b>	41
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	42
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	43
<b>VIII. ANEXOS</b>	46

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios que me brindó la salud, sabiduría y fe para coronar mi carrera.

A mi esposa *Claudia Averruz Guevara* y a mi hija *Andrea Cuadra Averruz* por darme fuerzas y por creer en mí siempre.

A mis padres *Martín Cuadra Cruz* y *Cecilia Mayorga Espinoza* por darme su apoyo moral, económico e inspirarme siempre a salir adelante.

*“Ten fe en ti mismo, porque Dios habita en ti. Por lo tanto, tener fe en sí mismo, es tener fe en Dios” (T. Carlyle, 1994).*

**Luis Carlos Cuadra Mayorga**

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a personas importantes en mi vida: a mi madre *Ana María Narváez* por sacarnos adelante a mis hermanos y a mí, por el esfuerzo que ha hecho a lo largo de estos años para poder finalizar una etapa más de mi vida, a mi abuelita *María Magdalena Narváez* por los consejos que siempre me brinda, a mi novia *Natalia Flores Cerda* por ser tan incondicional y comprensible por ser parte fundamental en la elaboración de este documento, a mi padre *Rommel Alvarado* por estar siempre presente.

A todos mis compañeros de la Universidad en especial a una persona que fue muy buena colaboradora y buena amiga *Karen Toval Hernández* y a *Claudia Averruz Guevara* por los últimos detalles en la elaboración de este trabajo.

**Uberne Patricio Alvarado Narváez**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por las fuerzas y amor al conocimiento que nos brindó durante nuestros estudios en especial para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente por la formación académica para desenvolvemos en el campo profesional de los recursos naturales renovables.

Al proyecto CAFNET que nos brindó la oportunidad de desarrollarnos dentro del marco de la investigación para posteriormente iniciar otra etapa más de nuestras vidas.

A nuestros asesores *Ing. MSc. Glenda Bonilla* y *Dr. Jeremy Haggar* por su confianza y por brindarnos todo su apoyo durante el transcurso de este estudio.

Al *Ing. Roberto Jerez Gutiérrez* por su ayuda y aporte de conocimiento en el levantamiento de los datos.

Un especial agradecimiento al *Ing. Álvaro Noguera* por el apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A las instituciones **FONDEAGRO, SERVITECA, NITLAPAN, CECOCAFEN, COMPROCOM, ATLANTIC y RAINFOREST**, que nos facilitaron el desarrollo de este trabajo de investigación en las diferentes fincas que ellos atienden, de manera muy especial a los técnicos, quienes nos brindaron todo su apoyo en la etapa de campo.

A los productores que nos recibieron en las diferentes fincas visitadas, por haber compartido toda su experiencia con nosotros.

A nuestras compañeras de estudios *Ing. Natalia Flores Cerda* y *Ing. Karen Toval Hernández* quienes nos ayudaron en el desarrollo de nuestro trabajo.

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADROS</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Distribución de fincas para el estudio e instituciones que las asisten técnicamente.	6
2. Clasificación de sistemas de café agroforestal. Basado en clasificación hecha por Medina <i>et al</i> , 2008	7
3. Hoja de evaluación de los indicadores: número de estratos, número de especie nativas, número de árboles y arbustos mayores de 5 cm de DAP, valoración cualitativa de incidencia de epifitas	11
4. Hoja de evaluación del indicador uso de agroquímicos	13
5. Hoja de evaluación: Manejo de la contaminación del agua	14
6. Lugares de evaluación y evidencias de erosión	15
7. Lugares de evaluación y obras de conservación o recuperación	15
8. Variables necesarias para el cálculo de carbono fijado en cafetales	16
9. Hoja de evaluación: carbono fijado por árboles y arbustos por hectárea	16
10. Variables tomadas y fórmulas por cultivo y/o especie establecida para el cálculo de biomasa por componente de sombra	17
11. Hoja de evaluación: carbono fijado por cultivos perennes por hectárea	18
12. Especies de sombra más importantes con base en la frecuencia por tipo de manejo de los sistemas de café con sombra	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Ubicación de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa, Nicaragua.	3
2. Dibujo de las parcelas internas dentro del lote	9
3. Ubicación de las fincas en estudio, en los alrededores de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Jinotega- Matagalpa, 2008.	9
4. Hoja de evaluación del indicador porcentaje cobertura de sombra	12
5. Valor del índice del servicio ambiental biodiversidad en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.	25
6. Valor del criterio calidad de hábitat en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.	26
7. Valores del criterio uso de agroquímicos en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008	30
8. Valoración del servicio ambiental agua en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008	33
9. Valores del criterio agua en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008	34
10. Valoración del servicio ambiental fijación de carbono en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008	36
11. Valores del criterio fijación de carbono por componentes de sombra árboles y arbustos en 20 fincas con sistema de café con Sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Información de Fincas en el sistema agroforestal café con sombra en el Macizo de Peñas Blancas, Matagalpa-Jinotega, 2008	46
2. Criterios e indicadores para la evaluación de los servicios ambientales biodiversidad, agua y fijación de carbono.	50
3. Valores de criterios e indicadores por criterios en fincas con sistemas de café con sombras manejadas de manera Certificada	51
4. Valores de criterios e indicadores por criterios en fincas con sistemas de café con sombras manejadas de manera tradicional (no certificada)	52
5. Lineamientos generales de evaluación de C.A.F.E, Starbucks Coffee Company	53
6. Norma para agricultura sostenible: Certificación Rainforest Alliance	54
7. Especies arbóreas que almacenan mayor cantidad de carbono dentro del café agroforestal en fincas ubicadas alrededor de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa	55
8. Glosario de Instituciones	56

## RESUMEN

Las plantaciones de café con sombra (*coffea aràbica L.*) son sistemas agroforestales que combinan la producción agrícola con el cuidado ambiental para mantener la capacidad de los bosques, de proveer servicios. El propósito de este trabajo es evaluar los servicios ambientales en los sistemas agroforestales de café con sombra (*coffea arabica L.*), tipos de manejo y fincas de diferentes tamaños, ubicadas alrededor de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, ubicada entre los departamentos de Jinotega y Matagalpa en el norte de Nicaragua. El proceso metodológico se llevó a cabo mediante tres etapas: etapa de pre campo, colecta de la información (etapa de campo), organización de bases de datos, procesamiento y análisis de los resultados (etapa de gabinete). La metodología empleada en este estudio fue diseñada para evaluar de forma rápida y sencilla tres servicios ambientales que son: conservación de la biodiversidad, agua y fijación de carbono. La metodología se basa en el cálculo de criterios e indicadores que permiten evaluar los servicios ambientales considerados en el estudio: Se establecieron cuatro parcelas internas de 500 m<sup>2</sup> por cada parcela de una hectárea. El sistema de café con sombra está compuesto comúnmente por una riqueza importante de árboles maderables y no maderables (ejemplo *Musa spp*) combinados con árboles frutales. En el caso del sistema manejado no certificado el número de especies encontrado fue de 24; mientras que para el manejo certificado la riqueza estuvo constituida por 33 especies. Se obtuvo un valor por servicio ambiental de: biodiversidad 95, servicio agua de 57, carbono 640 t C ha<sup>-1</sup>. Se concluyó que los servicios ambientales brindados por el cultivo de café con sombra se encuentran en un buen estado ecológico gracias a las prácticas que se implementan en el sistema, tales como prácticas de conservación de suelo y agua, conservación de la biodiversidad a través de esto se ha minimizado el uso de los agroquímicos en las fincas y en algunos casos este se ha sustituido por controladores naturales.

**Palabras claves:** sistema agroforestal, café con sombra, servicios ambientales, criterios, indicadores, carbono, biodiversidad, agua.

## ABSTRACT

The plantations of coffee with shade (*Coffea arabica L.*) are agroforestry systems that combine agricultural production with environmental care to keep the forest enables to provide services. The intention of this work is to evaluate the environmental systems of coffee with shade (*Coffea arabica L.*), types of managing and different sizes of farms located around the natural reserve of Massif Peñas Blancas between Matagalpa and Jinotega, in the north of Nicaragua. The methodological processing was developed in three stages. The pre field phase was the first one, the second one was data compilation (Field phase), in the last one we organized date bases, Processing and analysis of the results (stage of cabinet)).The methodology used in this thesis was designed to evaluate in a simple way three environmental systems such as: conservation biodiversity, water and fixing of carbon. The methodology is based on the calculation of criteria and indicators which allow evaluating the environmental services considered in this study. We have established four internal plots of 500m<sup>2</sup> by every plot of one hectare. The coffee system with shade is composed by a richness of timber yielding and timber non yielding trees (example *Musa spp*) combined with fruit trees. In the case of the system no certificate managed the number of species we found was 24; while the certificated managing the richness was 33 species. The results of environmental services were: biodiversity 95, water service 57 and carbon 640 t C ha<sup>-1</sup>.We concluded saying that the environmental systems afforded for the coffee crop with shade are in good ecological condition thanks to practices implemented in the system such as soil and water conservation and biodiversity as well. These practices have reduced the use of agrochemicals in farms. In some cases natural controllers have replaced the use of agrochemicals.

**Key words:** agro forestry system, coffee with shade, environmental services, criteria, indicators, carbon, biodiversity, water.

## I. INTRODUCCIÓN

A medida que avanza el desarrollo, el hombre ha buscado mejores formas de alimentación originando nuevas y mejores técnicas de producción. Sin embargo el avance de la frontera agrícola, como la explosión demográfica, la tenencia de la tierra y políticas mal dirigidas han contribuido a la generación de impactos sobre los recursos naturales tales como; la contaminación, pérdida de agua superficial, el cambio acelerado del relieve, deterioro del suelo, la contaminación del aire, extinción de muchas especies de flora y fauna.

Los Sistemas Agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales. Los sistemas agroforestales en café se definen como un conjunto de técnicas de aprovechamiento de la tierra en la que se combina la utilización de árboles forestales con el cultivo del café. Por los múltiples beneficios que ofrecen estos sistemas son considerados como una alternativa de sustentabilidad ecológica y económicamente viable. (CEPAL.2003.s.l.)

Un ejemplo de estos sistemas son los implementados en fincas ubicadas en los alrededores de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas por parte del Proyecto CAFNET–CATIE, en donde se evaluaron tres servicios ambientales (conservación de la biodiversidad, agua y fijación de carbono) mediante la metodología diseñada por Medina *et al* (2008) para la evaluación de estos servicios, a través de criterios e indicadores ambientales. Ya que los cafetales son una herramienta para conservar los recursos naturales como el agua, suelo, biodiversidad y mitiga el cambio climático, además de otros servicios que pueden ofrecer estos sistemas agroforestal de los cuales se habla poco como son la belleza escénica, control biológico, polinización y el resguardo de los recursos genéticos (ANACAFE, 2006).

Es por esto que se ve necesaria la evaluación de los servicios ambientales para la obtención de resultados que facilitaran la definición del estado actual de dichos servicios en el sistema, así como los impactos del sistema productivo. De este modo la información generada ayudara a la toma de decisiones y a la reorientación e implementación de prácticas que sean amigables con el ambiente en el manejo del sistema.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar tres servicios ambientales en fincas con sistema agroforestal de café con diferentes tipos de manejo, tamaños, ubicadas en los alrededores de la Reserva Natural del Macizo de Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa, Nicaragua.

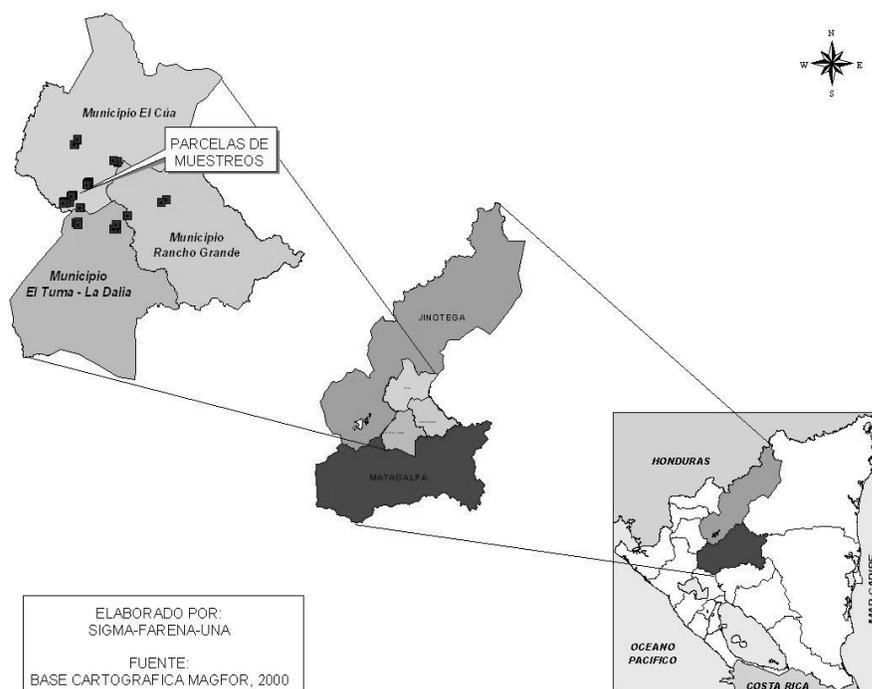
### **2.2 Objetivos Específicos**

- Describir el estado actual de los servicios ambientales del sistema de café con sombra en fincas certificadas y no certificadas mediante criterios e indicadores definidos para tal fin.
- Evaluar los servicios ambientales conservación de la biodiversidad arbórea y agua en fincas certificadas y no certificadas con sistema agroforestal café con sombra.
- Evaluar el servicio ambiental fijación de carbono que brinda el sistema agroforestal de café con sombra, en fincas cercanas al macizo Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de la región de estudio

La Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas se encuentra ubicada entre los departamentos de Jinotega y Matagalpa en el Norte de Nicaragua. El límite inicia en la cota altitudinal 800 msnm con coordenadas  $13^{\circ}19'17''\text{N}$  y  $85^{\circ}39'09''\text{O}$  ubicado al Noreste del poblado de San Antonio. Desde este punto el límite continúa hacia el noreste sobre la curva de nivel de 800 metros bordeando el cerro y continúa pasando por el poblado de Santa Lucía hasta interceptar un afluente de río Lana Arriba con coordenadas  $13^{\circ}17'58''\text{N}$  y  $85^{\circ}36'16''\text{O}$ , a partir de este punto continúa el río aguas arriba hasta interceptar con el límite departamental con la curva 200 metros, atravesando los caños San Isidro, Mukaswas y Buena Vista hasta llegar al punto con coordenadas  $14^{\circ}04'27''\text{N}$  y  $84^{\circ}28'32''\text{O}$  desde donde continúa en la línea recta con dirección Noroeste por una distancia de 7 Km., atravesando el caño Kuskalaya hasta el punto en que dio inicio la demarcación descrita (Jerez, 2007).



**Figura 1.**Ubicación de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa, Nicaragua.

### **3.1.1 Clima**

La condición climática predominante es húmeda y está en dependencia de las variaciones altitudinales. La cordillera Isabelia y en general el escudo central montañoso de Nicaragua actúan como barrera de los vientos alisios del Caribe provocando lluvias convectivas y orográficas. La humedad relativa es alta, siempre sobre el 80% en la época lluviosa y los cambios de temperatura pueden ser extraordinarios, llegando a ser muy fríos entre 8 y 10 °C. Las temperaturas no varían significativamente en el transcurso del año con una temperatura promedio de 26.5 °C (Jerez, 2007).

### **3.1.2 Geología, Edafología (suelos)**

Sus suelos son fértiles, negros y con textura franco arenosa, ricos en materia orgánica; propios de suelos montañosos o forestales, sin embargo con el avance de la frontera agrícola la siembra de mayores áreas de café dentro de la reserva y el despale al que fue sometida antes de ser elevada a reserva natural ha provocado que estos suelos se desgasten por lixiviación provocada por fuertes lluvias y erosión por el mal manejo de las áreas de cultivos perdiendo de manera rápida su fertilidad (Jerez, 2007).

### **3.1.3 Hidrología**

El sistema hidrológico del macizo está compuesto por un número de riachuelos (se ha calculado un número de 200), con muchos ríos y quebradas, entre los ríos más importantes se cuentan La Lana, El Cuá, el Bijao, El Bote, La Sierpe y La Pavona; que desembocan en el Río Tuma y el Río Grande de Matagalpa, algunos desembocan en la parte Norte bajando hacia el río Cúa y el Río Bocay, los que a la vez desembocan en el Río Coco uno de los ríos principales de Nicaragua y el más largo sobre el territorio Nacional con una longitud de 110 Km (Jerez, 2007).

La Reserva se encuentra ubicada entre la cuenca del Río Grande de Matagalpa (55) y la cuenca del Lago Apanas (80).

### **3.1.4 Cobertura de bosque, áreas protegidas y corredores biológicos**

El macizo de peñas blancas presenta un relieve accidentado de abundante vegetación altas muy variables donde su altura máxima registra 1,745 msnm se extiende sobre la parte Noroeste de la cordillera Isabelica, forma parte del corredor biológico Mesoamericano conectándose al Oeste con el macizo de Kilambé (Jerez, 2007).

Tiene bosques de nebliselva intactos que representan núcleos significativos de los remanentes de bosques tropical húmedo montano frío de nebliselva, tiene extensos farallones de más de 100 m de altura cubiertos de bosques primarios medianos o altos perennifolios fríos. Se pueden encontrar barrancos, abundantes sistemas geológicos que incluyen selva tropical, bosques nublados y cascadas. El macizo de Peñas Blancas es parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva Biosfera de Bosawas (Jerez, 2007).

Sus bosques siempre se encuentran verdes con estacionalidad en sectores submontano (500 a 1000 msnm) presenta pinares que se han adaptado a los suelos locales pocos ácidos, dada la deforestación que existe en la zona se encuentran parches de bosque originario, compuesto fundamentalmente por granadillo (*Dalbergia Tucurensis*), roble negro (*Tabebuia rosea*), tamarindo de montaña (*Dialium guianense*), nogal (*Jungla olancha*), y un soto bosque rico en palmares y helechos. En las áreas de café existen diferentes especies de ingas (Jerez, 2007).

Los bosques de 1,000 hasta la parte más alta de 1,745 msnm, presentan bosques latí foliados siempre verde, en el macizo de peñas blancas hay bosques de árboles que llegan hasta los 50 m de altura (Jerez, 2007).

### **3.2 Proceso metodológico**

El proceso metodológico se llevó a cabo mediante tres etapas: etapa de pre campo, colecta de la información (etapa de campo), organización de bases de datos, procesamiento y análisis de los resultados (etapa de gabinete).

#### **3.2.1 Etapa de pre campo**

Esta etapa consistió en la realización de un taller, con el propósito de presentar la metodología que se emplearía en la zona de estudio con apoyo de CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). A esta reunión asistieron técnicos y representantes de los organismos que trabajan en las fincas (sistemas agroforestal de café con sombra) seleccionadas como muestra para la ejecución de la investigación; para esto se seleccionaron 20 fincas con sistema agroforestales de café con sombra ubicada en los alrededores de la Reserva Natural de Peñas Blancas. En el anexo 1 se presenta información general de cada finca.

Para la selección de las fincas se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- 1- Fincas con sistema agroforestal café con sombra.
- 2- Fincas de productores beneficiados por el proyecto CAFNET (Conectando y Sosteniendo los Servicios Ambientales para Café Agroforestal). Anexo 8.
- 3- Tamaño de la finca: Las fincas seleccionadas para el estudio se clasificaron en pequeñas (<1 a 50 mz) y grandes (>50 mz).
- 4- Tipo de manejo de la finca:

**A- Fincas certificadas** las cuales se caracterizan por un tipo de manejo basado en la incorporación de materia orgánica y nutrientes a través del uso de especies leguminosas Helequeme (*Erytrina sp*) y Guabas (*Inga sp.*), obras de conservación de suelo y producción del sistema con uso mínimo de agroquímicos.

Las fincas grandes certificadas (FGC) se caracterizan por su tipo de certificación el cual están obligados a implementar ciertas actividades a nivel de finca como: poseer infraestructura básica para los trabajadores (dispensario, comedor, casa habitacionales, iglesia) e implementación de obras de conservación de suelo y agua, manejo del dosel de sombra (con cuatro tipo de especies), rehabilitación y mantenimiento de caminos a nivel de finca. El tamaño de estas varía y van desde 232 a 660 mz.

Las fincas pequeñas certificadas (FPC), la particularidad de estas es la no utilización de agroquímicos (orgánicas), preservar el medio ambiente. El tamaño va de 2.5 a 100 mz.

**B- Fincas no certificadas**, se caracterizan por una importante riqueza de especies para sombra, manejadas con el propósito de obtener beneficios alternativos mientras se establece el cafeto, con dependencia de agroquímicos, pocas prácticas de conservación de suelo y poco mantenimiento de las obras. Las fincas grandes no certificadas (FGNC) se caracterizan por la producción del cultivo de café forma intensiva y extensiva, utilización de grandes cantidades agroquímicos, poca conservación del medio ambiente, manejo regular de los diferentes tipos de aguas. El tamaño de estas varía y van de 182 a 600 mz. Las fincas pequeñas no certificadas (FPNC) se caracterizan por la producción del cultivo y a su vez la utilización de los productos brindados por los árboles de sombra (frutas, forraje, leña, postes etc.); por ejemplo: *musa sp* (plátano, banano), *Junglans olanchana* y *Cordia alliodora* (especies maderables). El tamaño de estas va de 2.7 a 50 mz.

5- El tiempo de manejar el sistema agroforestal café con sombra: Fueron seleccionadas fincas en donde el sistema ha sido manejado por un período mayor a diez años. Este criterio persigue encontrar que a esta edad es más relevante la evaluación de los diferentes beneficios.

6- Disponibilidad del productor para colaborar en el estudio.

Para la distribución de las fincas se tomó como base las instituciones que atienden en la zona de estudio, así como el manejo de las fincas que se desglosan a continuación (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Distribución de fincas para el estudio e instituciones que las asisten técnicamente.

Tamaño de fincas	Tipo de manejo	Institución	Cantidad de finca por institución
Grandes	Certificadas	RAINFOREST	3
Grandes	No Certificadas	ATLANTIC	5
Pequeñas	Certificadas	CAFENICA - COOMPROCOM	6
Pequeñas	No Certificadas	FONDEAGRO –SERVITECA Y Nitlapan	6

### ***Identificación de los tipos de sombra en cada finca***

Durante esta fase se identificaron los tipos de sombra que se encuentran en cada finca con base en los diferentes componentes en el dosel de sombra. Para ello se trabajó con la clasificación de Bonilla (1999), quien propone que los componentes más comunes de sombra son: árboles de sombra, árboles maderables, musáceas, cítricos, frutales de plantación, especies para leña y otros componentes (Ej. árboles remanentes del bosque original ó “árboles de montaña”); por lo que estos componentes se retomaron y monitorearon en este estudio.

La siguiente actividad consistió en clasificar los sistemas de café en cada finca. De igual manera, se retomó una clasificación previa que se basa en la proporción de arboles dentro del sistema (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Clasificación de sistemas de café agroforestal. Basado en clasificación hecha por Medina *et al*, 2008.

<b>Clasificación de sistemas café agroforestal</b>	<b>Descripción</b>
Café a pleno sol	Café con menos de 10 árboles por ha y menos de 10% de cobertura de sombra
Café con sombra leguminosa	Café con 90% o más de los árboles de especies leguminosas típicamente usados para sombra p.e. Ingas, Erythrina o Gliricida.
Café policultivo	Café con sombra de plantas predominante de otro cultivo p.e. Musaceae, o frutales
Café con sombra de maderables	Café con sombra de plantas predominante de una especie sembrada para la producción de madera p.e. cedro, laurel
Café con sombra diversificada	Café con una mezcla de tipos de sombra de al menos 3 tipos p.e. Inga, Musáceas y maderables
Café con sombra de bosque	Café con sombra que incluye al menos 30% de árboles originarios del bosque nativo

### **3.2.2 Metodología aplicada en la recopilación de información**

La metodología empleada en este estudio fue diseñada para evaluar de forma rápida y sencilla tres servicios ambientales que son: conservación de la biodiversidad arbórea, agua y fijación de carbono. El segundo servicio se evaluó sólo a nivel de finca, mientras que los restantes se evaluaron por uso de la tierra.

La metodología se basa en el cálculo de criterios e indicadores que permiten evaluar los servicios ambientales considerados en el estudio. Se entiende por criterio un aspecto considerado importante para la evaluación de un servicio ambiental y por indicador una característica cuantitativa, cualitativa o descriptiva que se mide o controla periódicamente y que permite indicar la dirección de los cambios producidos.

La evaluación de servicios ambientales por medio del uso de criterios e indicadores facilita la definición del estado actual de los servicios ambientales, hacia donde van. La información generada ayuda a la toma de decisiones, a la reorientación de políticas ambientales y mide los impactos de los sistemas productivos e incentiva la investigación, entre otros aspectos (Medina *et al.*, 2008).

Para la ejecución de la metodología se basó en la guía propuesta por Medina *et al* (2008) quien define los siguientes pasos:

**Paso 1.** Después de conocer al propietario o administrador y entrevistarlo (entrevista directa). Se hizo un recorrido por los caminos principales de la finca. En este recorrido se observó el manejo de las fuentes de agua, se ubicaron los lotes representativos de la finca, así como los usos de la tierra dentro de los mismos. Se ubicaron también las fuentes de agua y se observaron las obras de conservación de suelos y agua a lo largo de los caminos.

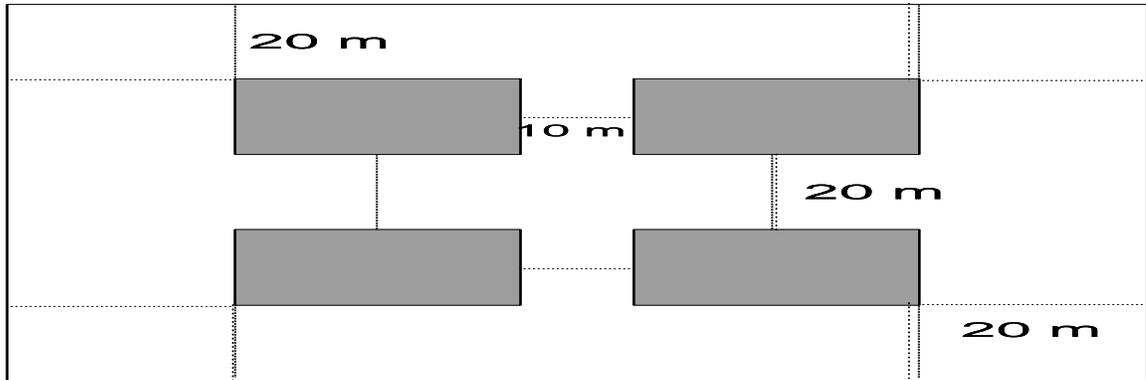
**Paso 2.** Elaboración del croquis de la finca a evaluar: se elaboró un croquis de la finca con la ayuda del administrador, permitiendo esto ubicar los lotes, usos de la tierra y el recorrido de los ríos y fuentes de agua.

**Paso 3.** Se ubicaron los lotes representativos: se hizo un recorrido por cada uno de los usos de la tierra y por cada uno de ellos se ubicó un lote representativo, no el más accesible. Esto significa que el lote seleccionado posee la pendiente, cobertura y manejo que caracteriza al uso de la tierra. En este recorrido también se verificó la información que contiene el croquis elaborado.

**Paso 4.** Ubicación y establecimiento de parcelas de medición en los lotes y uso de la tierra que sean representativos de la finca. Cada parcela debía tener un área de ha, idealmente de forma cuadrada. Esto garantiza el establecimiento de las parcelas internas, cuya área fue de 500 m<sup>2</sup> cada una. Para establecer las parcelas se inició ubicando un esquinero y a partir de éste se mide un lado con la cinta métrica.

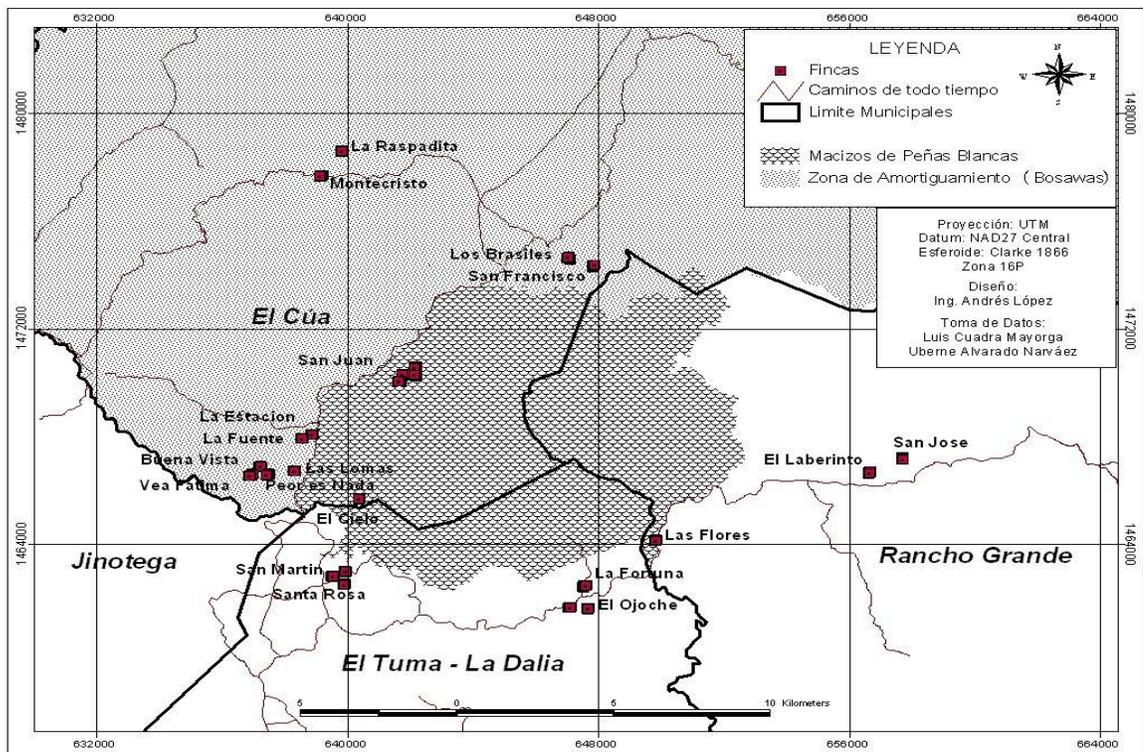
Posteriormente se ubicó el segundo esquinero perpendicular a esa línea de medición, luego se volvió a hacer la medición para ubicar el tercer y cuarto esquineros. Finalmente, se miden todos los lados para verificar el cierre de la parcela. Se georreferenciaron los esquineros para corroborar el área de la misma y servir de apoyo a su establecimiento.

**Paso 5:** Trazado de parcelas internas: Se establecieron cuatro parcelas internas de 500 m<sup>2</sup> por cada parcela de una hectárea. Las dimensiones de cada parcela interna son 20 m x 25 m dejando un borde de 20 metros hacia los bordes externos de la misma. Entre este tipo de parcelas las distancias son de 10 ó 20 metros, dependiendo de la orientación de las mismas. (Figura 2).



**Figura 2.** Dibujo de las parcelas internas dentro el lote.

**Paso 6:** Se inició la toma de información para la evaluación de cada servicio ambiental. La secuencia fue: Conservación de la biodiversidad arbórea, conservación del agua y fijación de carbono. El servicio ambiental conservación del agua se evalúa a nivel de finca, pues la toma de información por uso de la tierra hace más dispendiosa la metodología.



**Figura 3.** Ubicación de las fincas en estudio, en los alrededores de la Reserva Natural macizo de Peñas Blancas, Jinotega- Matagalpa, 2008.

### 3.2.3 Toma de datos: Variables medidas en el campo

Cada servicio ambiental fue evaluado a partir de los valores de los criterios; cada criterio está constituido por un número variable de indicadores, los que van de 1 hasta 5. Con base en la metodología utilizada se trabajó con cuatro criterios y trece indicadores. En el anexo 2 se presentan los servicios, criterios e indicadores utilizados.

#### ***Servicio Ambiental: Conservación de la biodiversidad arbórea***

El valor de biodiversidad *arbórea* es la diferencia entre la calidad del hábitat y el uso de agroquímicos: Biodiversidad *arbórea* = Criterio Calidad del hábitat - Criterio uso de agroquímicos/10. Todos los criterios e indicadores de este servicio ambiental se evaluaron en la parcela de muestreo de cada cafetal (Medina *et al.*, 2008).

***Criterio uno: Calidad de hábitat.*** Este criterio pretende describir las características del sistema de producción como un hábitat para flora y fauna. El valor de este criterio es la suma de los cinco indicadores (Medina *et al.*, 2008).

#### ***Indicadores de Calidad de hábitat***

- ***Número de estratos arbóreos (Indicador uno).*** Se identificó el número de los estratos de acuerdo a observaciones de los rangos de altura. Se asignó un punto por cada estrato. Se definieron 4 estratos, siendo estos: bajo <5 m, medio bajo 5-10m, medio alto 10-15 m y alto >15 m (Medina *et al.*, 2008), Para el cálculo del indicador número de estrato arbóreo se sumaron el número de estratos encontrados en las parcelas entre cuatro que corresponde al número de parcelas (Cuadro 3).
- ***Número de especies de árboles nativos en ha (Indicador Dos).*** Se asignó un punto por cada especie de árbol o arbusto nativo presente en la parcela. Las especies exóticas de árboles no cuentan en la suma por el supuesto que no ofrecen buen hábitat para insectos y por lo tanto para las aves y reptiles que los comen (Medina *et al.*, 2008). Para el cálculo de este indicador se suman el número de especies nativas encontradas en las parcelas y este resultado se divide entre cuatro (Cuadro 3).
- ***Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP en ha (Indicador tres).*** Se incluyeron las especies exóticas; el indicador corresponde a este número dividido entre mil, esta operación se realizó para encontrar la cantidad de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP (Medina *et al.*, 2008). Este indicador pretende determinar el número de árboles por hectárea que va a ser igual a la suma de las especies encontradas en las cuatro parcelas por cinco y este resultado se dividió entre mil para determinar el valor del indicador (Cuadro 3).
- ***Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en los árboles (Indicador cuatro).*** Se realizó una valoración a nivel de toda la parcela, (Medina *et al.*, 2008). Para el cálculo de este indicador se dividió el número de árboles con presencia de epífitas entre el número total de árboles encontrados en los árboles proporcionando así el número de árboles con presencia de epífitas (Cuadro 3).

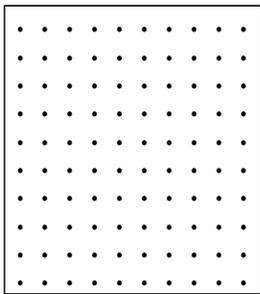
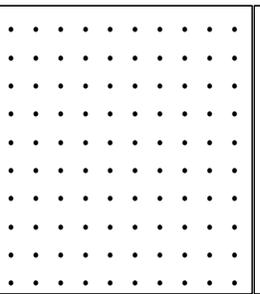
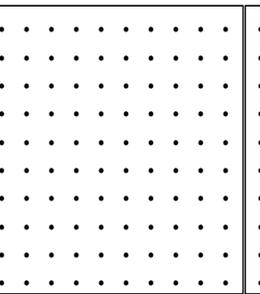
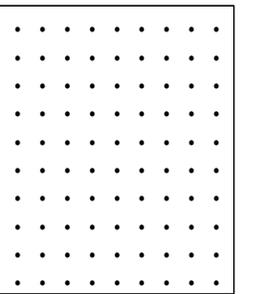
**Cuadro 3.** Hoja de evaluación de los indicadores: número de estratos, número de especie nativas, número de árboles y arbustos mayores de 5 cm de DAP, valoración cualitativa de incidencia de epifitas.

Parcelas	Nº de estratos en la Parcela	Especies	Nº de individuos	Nº de árboles con presencia de epifitas y bejucos
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
Cálculo	Promedio de numero de estratos entre parcelas	Suma de especies nativas en las 4 parcelas =	Nº árboles por ha = suma de árboles en las 4 parcelas x 5 =	Número de árboles con epifitas dividido entre el número total de árboles
Indicador	Indicador 1 Nº Estratos =	Indicador 2: Nº Especies nativas =	Indicador 3: Nº Árboles y arbustos/100 =	Indicador 4: Proporción de árboles con epifitas o bejucos =

- **Porcentaje de cobertura de sombra (Indicador cinco).** Para evaluar este indicador se utilizó el método de estimación de porcentaje de plantas de café de bajo de la cobertura de sombra (Medina et al., 2008).

Para esto se monitoreó la sombra por planta de café. El método consiste en seleccionar un área (10 plantas por 10 surcos) dentro de la hectárea, en total se debe contar con 100 cafetos. Luego se camina al lado de cada cafeto y se observa si existen ramas que le cubren dando sombra a mediodía, si es así se hace un círculo en el punto respectivo que representa ese cafeto (Medina *et al.*, 2008) (Figura 4).

Para el cálculo del indicador porcentaje de cobertura de sombra se suman el total de plantas de café con cobertura de sombra encontradas en las parcelas dividida entre el número de parcelas, es decir, entre 4, este resultado se divide entre 100 para obtener el indicador porcentaje de cobertura de sombra.

			
Parcela 1:	Parcela 2:	Parcela 3:	Parcela 4:
<p>Cuatro parcelas de 100 plantas de café para registro de sombra</p> <p>Indicador 5: Indicador de sombra: <math>(\text{Promedio de las cuatro parcelas} / 100) =</math></p>			

**Figura 4.** Hoja de evaluación del indicador porcentaje cobertura de sombra

**Criterio dos: Uso de agroquímicos.** Para la evaluación de cada indicador primero se hizo un listado de los productos utilizados, luego por cada producto se multiplicó el número de aplicaciones por un valor dado a la toxicidad del producto; por ejemplo, los de etiqueta verde se califican con -1, etiqueta azul con -2, etiqueta amarilla con -3 y etiqueta roja con -4. Si el producto es uno de la docena sucia se aplica automáticamente un -4, independiente de su toxicidad. El valor final del criterio uso de agroquímicos se calcula sumando los tres indicadores y dividiéndolos entre 10 (esta operación se realizó para conocer el grado de toxicidad de los diferentes productos agroquímicos). Los datos tomados en este criterio corresponden al lote representativo del uso de la tierra que se está evaluando (Medina et al., 2008) (Cuadro 3).

#### **Indicadores del criterio uso de agroquímicos**

- **Aplicación de herbicidas (Indicador uno).** Por cada producto utilizado se multiplicó el número de aplicaciones por la calificación dada a la toxicidad del producto, seleccionando el producto con mayor toxicidad. El valor final de este indicador es la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados (Medina et al., 2008). (Cuadro 4).
- **Aplicación de plaguicidas (Indicador dos).** Se multiplicó el número de aplicaciones por la calificación dada a cada producto. El valor final de este indicador es la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados (Medina et al., 2008). (Cuadro 4).
- **Aplicación de fertilizantes (Indicador tres).** Se consideró que los fertilizantes químicos dañan en cierto grado la biología del suelo, se asignó un valor de -1 por cada aplicación independiente del producto. El valor final de este indicador es la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados (Medina et al., 2008). (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Hoja de evaluación del indicador uso de agroquímicos

Uso	Producto	Calificación de toxicidad	Nº de aplicaciones	Nº de aplicaciones * calificación de toxicidad	Suma de los diferentes productos
Indicador 1: Herbidas	-	-	-	-	-
Indicador 2: Plaguicidas	-	-	-	-	-
Indicador 3: Fertilizantes	-	-	-	-	-
VALOR DEL CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS: (SUMA INDICADORES 1 a 3) / 10=					

***Servicio ambiental: Agua***

En los indicadores de la conservación del agua se buscó identificar las acciones que la contaminan además de las que la protegen. Al inicio se hizo un inventario de las fuentes de agua en cada finca y cuáles de ellas utilizan las fincas y sus habitantes. Los criterios e indicadores para este servicio ambiental son:

***Criterio único: Agua.*** Es igual al promedio de los tres indicadores, aunque las variables son cualitativas y su evaluación es subjetiva (Medina *et al.*, 2008).

***Indicadores del criterio conservación del agua***

- ***Manejo de Contaminación del Agua (Indicador uno).*** Se plantean las siguientes acciones de manejo: manejo de aguas mieles, manejo de combustibles y aceites, lavado de equipos usados para la aplicación de agroquímicos, manejo de desechos de la finca (basura orgánica, pulpa de café y desechos de otros cultivos), manejo de aguas negras, manejo de aguas grises (Medina *et al.*, 2008) (Cuadro 5).

La calificación del indicador, (Cuadro5), corresponde al promedio de las calificaciones de las acciones de manejo aplicables al uso de la tierra evaluado, si la respuesta es un manejo inadecuado se calificó con 0 y si es un manejo adecuado la calificación varía de 1 hasta 2 (Medina *et al.*, 2008).

**Cuadro 5.** Hoja de evaluación: Manejo de la contaminación del agua.

<b>Manejo de aguas mieles</b>				<b>Calificación</b>
Al río (-1)	Pozo de Infiltración (0)	Laguna de aeración (1)	Otro(especificar) (1)	-
<b>Manejo de contaminación de combustibles, aceites</b>				
Se tira al río (-1)	Se deposita lejos de la fuentes de agua (0)	Colectada y llevada fuera de la finca (1)	Otro(especificar) (1)	-
<b>Donde lavan los equipos usados para la aplicación de agroquímicos</b>				
Se lavan en el río (-1)	Se deposita lejos de la fuentes de agua (0)	Colectada y llevada fuera de la finca (1)	Otro(especificar) (1)	-
<b>Desechos de la finca(basura orgánica, pulpa de café, desechos de otros cultivos)</b>				
Al río (-1)	Amontonado (0)	Compostado (1)	Otro(especificar) (1)	-
<b>Agua negras de los habitantes</b>				
Al río o al aire libre (-1)	Letrina con pozo de infiltración(0)	Sanitarios con tanque de tratamiento (1)	Sanitario de composteo (2)	-
<b>Aguas grises de los habitantes (lavado)</b>				
Al río (-1)	Pozo de infiltración (1)			-
<b>SUMA</b>				

- **Evidencia de erosión o deslizamientos en nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en partes bajas de camino (Indicador dos).** Para la evaluación de este indicador se consideraron dos lugares de evaluación y dos tipos de evidencias para cada lugar (Medina *et al.*, 2008). Al encontrar evidencia de erosión alguna se considera un indicador negativo y se califica con -1; si no se encuentra evidencia de erosión se califica con 0 ya que este debe de ser correcta. Al final, el indicador se calculó al promediar las calificaciones de 4 evidencias (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Lugares de evaluación y evidencias de erosión.

<b>Lugar de Evaluación</b>	<b>Evidencias de Erosión</b>	<b>Presencia NO= 0</b>	<b>Presencia SI= -1</b>
En los nacimientos y los ríos	Deslizamientos en las orillas	-	-
	Evidencia de erosión	-	-
En los caminos	Cárcavas o canalillos en la orilla de los caminos	-	-
	Áreas de acumulación de sedimentos en las partes bajas	-	-

- **Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua (Indicador tres).** Para la evaluación de este indicador se consideraron dos lugares de evaluación y dos tipos de evidencias para cada lugar, (Cuadro 7). Cada obra de conservación o recuperación hallada se califica con 1 pero si no se halla con 0 (Medina *et al.* 2008). Al final, el indicador se calculó al promediar las calificaciones de las 4 obras de conservación.

**Cuadro 7.** Lugares de evaluación y obras de conservación o recuperación.

<b>Lugar de Evaluación</b>	<b>Obras de conservación o recuperación</b>	<b>Presencia NO= 0</b>	<b>Presencia SI= 1</b>
En los nacimientos y los ríos	Siembra de vegetación protectora	-	-
	Obras de retención	-	-
En los caminos	Cunetas en los caminos	-	-
	Desagües que llevan el agua a zonas de infiltración	-	-

**Servicio Ambiental: Fijación de Carbono**

El dióxido de carbono se fija a través de la fotosíntesis y se almacena en las estructuras leñosas de las plantas. En la evaluación de este servicio ambiental se mide la cantidad de carbono fijado por árboles, arbustos y cultivos en cada uso de la tierra (Medina *et al.*, 2008).

**Criterio único: Carbono fijado por árboles y arbustos.**

**Indicadores del criterio carbono fijado por árboles y arbustos:**

- **Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea (Indicador uno).** Para la fijación de carbono las mediciones se realizaron a nivel de uso de la tierra en donde se emplearon cuatro parcelas ubicadas en un área de 1ha, en las cuatro parcelas se evaluaron el diámetro a nivel del pecho de todos los individuos arbóreos. Fue necesario realizar el cálculo de carbono para cada árbol individualmente para luego sumar el carbono fijado en los árboles dentro de la parcela y el aportado por el cultivo perenne (cafeto), luego se suma el carbono de las cuatro parcelas y se multiplica por 5 para obtener el carbono por ha. La información necesaria para este cálculo (Cuadro 8 y 9) es:

**Cuadro 8.** Variables necesarias para el cálculo de carbono fijado en cafetales.

Variable	Parcela de evaluación	Observaciones
Densidad de individuos Arbóreos por hectárea	Parcela de 0.2 hectárea	Esta variable se evaluó en el criterio calidad de hábitat y se requiere para extrapolar el carbono medido en las 4 parcelas internas, 2,000 m <sup>2</sup> hasta la hectárea
DAP	Cuatro parcelas internas de 20 x 25 m	En sistemas donde los árboles son muy dispersos, se miden todos los árboles en la hectárea
Altura	Cuatro parcelas internas de 20 x 25m	

El número de parcelas para el monitoreo y cuantificación del servicio carbono fijado fue de cuatro por finca sumando un total de (0.2 ha), independientemente del tamaño de la finca; según lo establecido en la metodología propuesta por Medina *et al.* (2008). Así mismo se fundamenta el número de parcelas y su independencia con tamaño del área a partir de la homogeneidad que presenta el sistema de café con sombra, mencionándose que el tipo de sombra predominante es la sombra diversificada.

**Cuadro 9.** Hoja de evaluación: carbono fijado por árboles y arbustos por hectárea.

Parcela	Especie	DAP	Epifitas o bejucos
Parcela 1	-	-	-
Parcela 2	-	-	-
Parcela 3	-	-	-
Parcela 4	-	-	-

La densidad de arboles para el sistema fue de 30 árboles/ ha

- **Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Indicador dos).** Para el cálculo de este indicador, se utilizaron las cuatro parcelas internas de 20 x 25 m y se midieron las mismas variables que en el caso del carbono fijado para árboles y arbustos. Sin embargo, dependiendo del tipo de cultivo hay algunas variantes (Cuadro 10 y 11):

**Cuadro 10.** Variables tomadas y fórmulas por cultivo y/o especie establecida para el cálculo de biomasa por componente de sombra.

Tipo de componente de sombra	Fuentes	R <sup>2</sup>	Variables	Fórmulas
Árboles en Cafetales	Suárez et. al., 2004	0.94	DAP	$B=10^{((2.3408*(\text{LOG}(\text{DAP}))) - 0.9578)}$ Donde: B es biomasa en árboles de sombra de 0-50 cm dap
Bosques Tropicales	Brown, 1977	0.98	DAP	$Y=\text{EXP}(-2.289+2.649*\text{LN}(\text{DAP}) - 0.021*(\text{LN}(\text{DAP}))^2)$ Donde: Y es igual a materia seca arriba del suelo en kg por árbol. > 50cm de DAP
Plátano, banano (Musa spp.)	Márquez, 1988	0.99	Altura	$B=185.1209+881.9471*(\text{LOG}(\text{H}/\text{H}_2))/1000$ Donde: B es biomasa en plátano
Café	Suárez et.al., 2004	0.95	Altura, DAP	$\text{Log}_{10}B = -1.15 + 1.66*\text{Log}_{10}(\text{D}15) + 0.54*\text{Log}_{10}(\text{h})$ , Donde B= biomasa aérea total(kg/planta); D15 = diámetro del tronco a 15 cm del suelo(cm) y h es la altura total(m)

Fuente: Medina *et al*, 2008

**Cuadro 11.** Hoja de evaluación: carbono fijado por cultivos perennes por hectárea.

P a r c e l a	Cafeto	Diámetro	Altura	Cafeto	Diámetro	Altura	Musa spp	Altura	DAP
P a r c e l l a 1	1	-	-	11	-	-	1	-	-
	2	-	-	12	-	-	2	-	-
	3	-	-	13	-	-	3	-	-
	4	-	-	14	--	-	4	-	-
	5	-	-	15	-	-	5	-	-
	6	-	-	16	-	-	6	-	-
	7	-	-	17	-	-	7	-	-
	8	-	-	18	-	-	8	-	-
	9	-	-	19	-	-	9	-	-
	10	-	-	20	-	-	10	-	-

La densidad de siembra del café es de 2\*1, con un total de 4743 plantas /ha

### 3.3 Análisis de la información

Se elaboraron las bases de datos para cada uno de los servicios ambientales, con todas las variables recopiladas en el campo, estas fueron organizadas en el programa Microsoft Excel.

Pruebas de análisis de varianza fueron realizadas con intervalo de confianza de 95%. Para la ejecución de las pruebas se utilizaron los programas InfoStat (Software estadístico última versión, 2009), Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2007).

El análisis de varianza se utilizó para comparar los diferentes valores entre las FGC (fincas grandes certificadas), FGNC (fincas grandes no certificadas), FPC (fincas pequeñas certificadas) y FPNC (fincas pequeñas no certificadas), con el fin de concluir que existen diferencias entre estas

Se realizó un análisis de varianza a partir de los valores medios de cada criterio complementando así los valores obtenidos de la cuantificación de los indicadores. Este análisis se realizó comparando el tipo de manejo y el tamaño de la finca como parámetros básicos de agrupación e indicadores de la condición de cada servicio. Para todas las pruebas realizadas se utilizó un nivel de significancia de 95%.

Para el análisis de frecuencia por especie arbórea en base al tipo de manejo empleado en las parcelas de estudio dentro de las fincas se utilizó el programa estadístico SPSS para obtener el número de individuos para cada tipo de manejo (certificado y no certificado). (Cuadro 2).

En correspondencia al cálculo de los valores de los promedios de las diferentes fincas según su manejo, se procedió de la siguiente manera:

- Se agruparon por tipo de manejo y tamaño (fincas pequeñas certificadas, pequeñas no certificadas, fincas grandes certificadas y no certificadas).
- Se sumaron los valores obtenidos de los indicadores, calculándose luego el promedio del tipo de manejo de las fincas pequeñas certificadas, pequeñas no certificadas, fincas grandes certificadas y no certificadas.

Para el cálculo del promedio de cada servicio ambiental se realizó de la siguiente manera:

Para obtener el valor del servicio ambiental biodiversidad arbórea se calculo el valor de los indicadores correspondiente a cada criterio (calidad de hábitat y uso de agroquímico), una vez obtenido el valor de los criterio se procedió a la suma de estos obteniéndose el valor del servicio ambiental.

Para el servicio ambiental conservación del agua se obtuvieron los valores de los tres indicadores que forman el criterio conservación del agua (manejo de contaminación del agua, evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos y obras de prevención o recuperación), una vez obtenido los valores de los tres indicadores se sumaron para encontrar el valor del criterio de cada finca, ya encontrados estos valores se suman y se dividen entre 20 obteniéndose el valor del servicio ambiental.

Para el servicio ambiental fijación de carbono se obtuvieron los valores de los indicadores (toneladas de carbono fijado por árboles y arbustos por hectáreas y) toneladas de carbono fijado por cultivos perennes), una vez obtenidos estos valores se sumaron y se obtuvo el valor del servicio ambiental.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Descripción de las fincas dentro del sistema agroforestal café con sombra**

Con base en la clasificación de los tipos de sombra del sistema de café agroforestal presentes en la zona de estudio se obtuvo un 68% de fincas con manejo del sistema agroforestal con sombra diversificada, 20% de sombra con leguminosa; el café con sombra de bosque con un 4% de las fincas; mientras que solo el 8% de estas unidades productivas presento café a pleno sol, siendo este la estructura del dosel de sombra.

#### **4.1.1 Estado actual de los servicios ambientales en el sistema de café con sombra**

En este punto se pretende dar una evaluación general de los servicios ambientales: conservación de la biodiversidad arbórea, agua y fijación de carbono en el sistema agroforestal café con sombra mediante la aplicación de criterios e indicadores.

#### ***Composición de especies importantes (con base en la frecuencia) por componente de sombra***

El cuadro 12, muestra los valores de frecuencia con que aparecen las especies utilizadas para sombra en el área de estudio. Es importante mencionar que la inferencia del análisis de frecuencia permitió diferenciar el nivel de importancia que tienen las especies a partir del tipo de manejo que se le da al sistema.

**Cuadro 12.** Especies de sombra más importantes con base en la frecuencia por tipo de manejo de los sistemas de café con sombra

Nombre común	Nombre científico	Tipo del manejo del sistema	
		Certificado (n=)	No certificado (n=)
		Frecuencia %	Frecuencia %
Musáceas	<i>Musa spp</i>	29.80	47.20
Guaba roja	<i>Inga oerstediana</i> Benth.	14.16	27.0
Guaba negra	<i>Inga punctata</i> Willd	10.80	5.20
Búcaro	<i>Erythrina poeppigiana</i> Walp. O.F.	10.80	
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken.	11.10	1.0
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	4.10	0.80
Nogal	<i>Junglans olanchana</i> Standl D.	2.70	4.0
Higuera	<i>Mabea occidentalis</i> Denth.		2.10
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.30	1.9
Aguacate	<i>Persea americana</i> Philip miller.	1.20	2.0
Aguacate de monte	<i>Persea caerulea</i> (R. & P.) Mez	0.20	
Anisillo	<i>Crotom bilbergianus</i>	0.20	
Areno-huesito	<i>Laetia procera</i> (Poeppig.) Eichl.	0.20	
Cacaohuillo	<i>Trichilia montana</i> HBK.		0.10
Canelo	<i>Arbutus xalapensis</i>	0.20	0.10
Caoba del atlántico	<i>Swietenia macrophylla</i> King.		0.10
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i> L.		0.10
Chaperno	<i>Lochocarpus atropurpues</i> Donn Smith		0.30
Chaperno negro	<i>Lochocarpus minimiflorus</i> Donn Smith	0.50	0.10
Chichicaste	<i>Urera caracassana</i> Gaudish.	0.30	
Concha de cangrejo	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Plant		0.70
Cuadradillo	ID	0.20	
Cuajilote	<i>Parmentiera aculeata</i> Kunt Seem.		1.10
Granadillo	<i>Dalbergia tucurensis</i> J.D. Smith		1.10
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0.90	
Guarumo	<i>Cecropia insignis</i> Bertol.		0.80

Cuadro 12. continuación...

Nombre común	Nombre científico	Tipo del manejo del sistema	Tipo del manejo del sistema
		Certificado (n=)	Certificado (n=)
		Frecuencia %	Frecuencia %
Guayaba común	<i>Psidium guajava</i> (L.)	0.9	0.1
Guayabillo	<i>Myrcianthes fragans</i> Standley McVaugh.	0.5	
Guayabon	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell.	0.2	1.0
Helequeme	<i>Erythrina gibbosa</i> Standl.	1.2	
Jiñocuabo	<i>Bursera simarouba</i> (L.)		0.1
Jocote	<i>Spondias mombin</i> (L.)	0.3	
Limón	<i>Citrus sp</i> (L.)		0.1
Limoncillo	<i>Capparis verrucosa</i> Jacq.	0.2	
Llama del bosque	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	0.1	
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	0.3	0.6
Malinche	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	0.9	
Mampás	<i>Lippia myriocephala</i>	0.2	0.6
Vara blanca	<i>Vateria sp</i> Benth.	0.2	
Mata palo	<i>Coussapoa pamamensis</i> Poepp & Endl.	0.2	
Muñeco	<i>Cordia bicolor</i> Dc.	0.2	
Nanciton	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allem.	0.5	
Naranja	<i>Citrus sp</i>	1.4	1.1
Ojoche	<i>Brosimum macrocarpum</i>	0.2	
Pimienta	<i>Pimienta dioica</i> (L.) Merr.	0.3	
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i> (Jacq.) Dugand		0.1
Roble/Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) D.C.		0.3
Sagredrigo	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	0.2	0.3
San Rafael/Coyote	<i>Platymicium pleiostachyum</i> Willd.		0.1
Tamarindo /Comenegro	<i>Dialum guianense</i> (Aubl.) Stud.	0.3	
Trotón	ID		1.1
Vainillo	<i>Senna atomaria</i> L.	0.3	0.8
Zapotillo	<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	0.3	

El sistema de café con sombra está compuesto comúnmente por una riqueza importante de árboles maderables y no maderables (ejemplo *Musa spp*) combinados con árboles frutales. En el caso del sistema manejado de forma no certificado el número de especies encontrado fue de 24; mientras que para el manejo certificado la riqueza estuvo constituida por 33 especies.

El análisis de frecuencia sugiere que en las fincas manejadas de manera certificada las especies más importantes son:

1. *Inga sp*, cuya función de incorporación de nitrógeno ha sido comprobada y junto a *Theobroma cacao* son fuente de alimento, lo que confirma los beneficios alternativos que generan dentro del sistema.
2. *Erythrina gibbosa*, que comúnmente es utilizada por su condición de fijadora de nitrógeno.
3. *Cordia alliodora*, *Junglans olanchana* son especies valoradas en estos sistemas por su uso como especies maderables.

En el caso de las fincas con sistemas de manejo no certificado las especies con mayor importancia fueron:

1. *Inga sp*, fueron las de mayor importancia, lo que indica la dinámica del manejo basado en el uso de especies que aumentan la disponibilidad de ciertos nutrientes en el sistema y un menor uso de químicos.
2. *Junglans olanchana*, se presentó como otra de las especies importantes en este sistema.

La composición de especies en las fincas y su relación con el tipo de manejo difiere de lo propuesto por Suárez (2003) en el sentido que ésta es característica de los pequeños productores, los cuales tratan de maximizar y diversificar la producción de sus fincas, a través de la introducción y/o de servicio, como es el caso de la *Inga sp*. Los productos obtenidos del sistema son destinados principalmente al autoconsumo o venta del excedente de algunos productos, como es el caso de las musáceas y cítricos.

## **4.2 Evaluación de los servicios ambientales: conservación de la biodiversidad arbórea y agua en el sistema agroforestal café con sombra**

Los servicios ambientales conservación de la biodiversidad arbórea y agua se evaluaron mediante criterios e indicadores. El análisis de cada servicio es realizado en esta sección, partiendo de las variables tamaño (fincas grandes, fincas pequeñas), tipo de manejo (manejo no certificado y manejo certificado) y tipo de manejo por tamaño. A continuación se describirá cada resultado.

### **4.2.1 Servicio ambiental conservación de la biodiversidad arbórea**

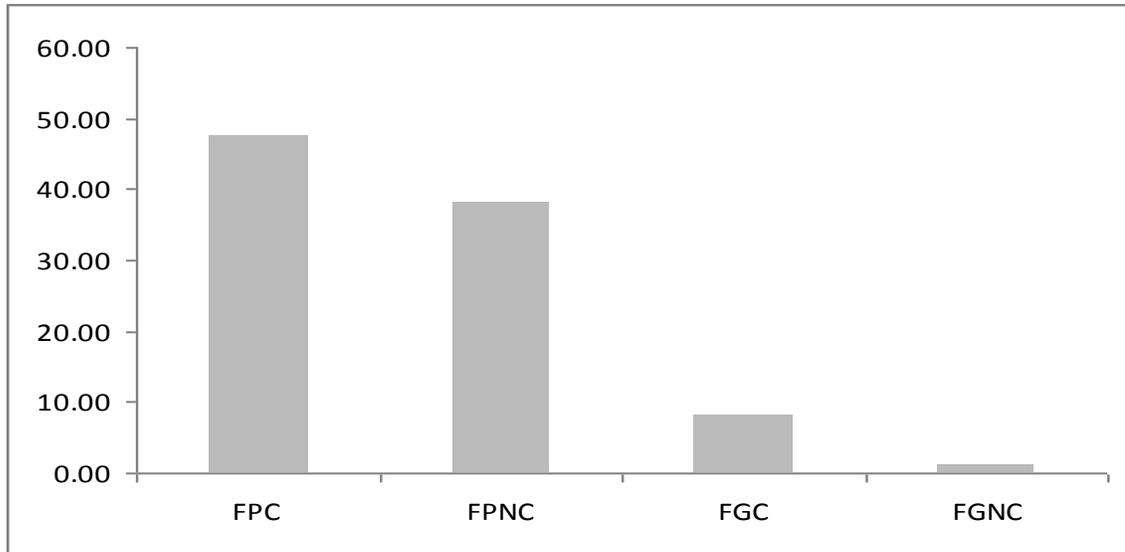
Al desaparecer los bosques naturales el café con sombra se ha convertido en un refugio para las aves migratorias, y representan un excelente hábitat para la fauna silvestre que todavía sobrevive en las regiones subtropicales (MARENA-POSAF, 2005). El café cultivado bajo sombra también brinda un hábitat esencial para diversas comunidades de otras especies del bosque tropical.

Como primera instancia se describirán los resultados obtenidos mediante los criterios calidad de hábitat y uso de agroquímico para la evaluación del servicio ambiental conservación de la biodiversidad.

En el análisis calidad de hábitat y uso de agroquímicos por tamaño de finca se determinó que las fincas grandes obtuvieron un promedio menor ( $\bar{x}= 1.61$ ) que las fincas pequeñas ( $\bar{x}= 6.36$ ); encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Para el servicio ambiental conservación de la biodiversidad arbórea se obtuvo un valor de 95, este servicio posee un alto valor en el desarrollo del sistema de café con sombra por medio de la inclusión de arboles que favorece la diversidad de especies de flora y fauna, promoviendo el desarrollo de nichos ecológicos a través de la minimización del uso de agroquímico.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 1.04, en comparación a las fincas grandes certificadas con 8.08. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 38.11 mientras que las fincas pequeñas certificadas obtuvieron un valor mayor de 47.74, esto se debe a que en este tipo de sistema posee una mayor diversidad de especies arbóreas además de la poca utilización de insumos de agroquímicos, en comparación a los tipos de manejo (Figura 5).



**Figura 5.** Valor del índice del servicio ambiental biodiversidad arbórea en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

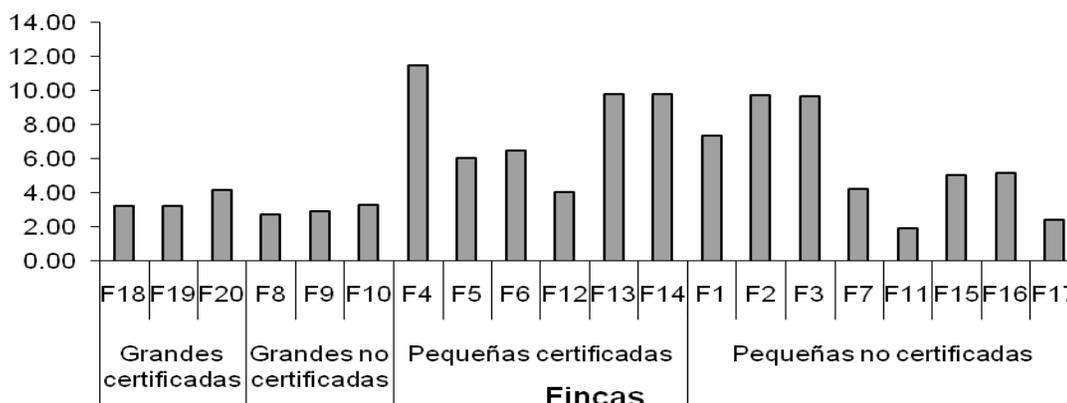
A partir de los resultados descritos anteriormente se procedió a la evaluación de los criterios mediante sus respectivos indicadores, estos son:

*a. Calidad de Hábitat*

El hábitat es un criterio de importancia en la identificación de las condiciones de recursos como agua, suelo, alimento, entre otros; que proveen un lugar y satisfacen los requerimientos de los organismos. A partir de este concepto, fue evaluado el servicio ambiental biodiversidad, tomando como referencia la calidad del hábitat.

La estimación de la calidad de hábitat en las 20 fincas muestra una tendencia hacia valores de calidad de hábitat más altos en las fincas manejadas de manera certificada; las cuales fueron las fincas 4, 13 y 14 (11.47, 9.82, 9.80 respectivamente); sin embargo, es notorio que existen valores importantes de calidad de hábitat en las fincas 1 (7.37), 2 (9.73) y 3 (9.70) cuyo manejo es no certificada (Figura 6).

## CALIDAD DE HÁBITAT



**Figura 6.** Valor del criterio calidad de hábitat en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

De manera general fue evidente la diferencia al comparar los valores del criterio hábitat por tipo de manejo, en donde las fincas con manejo certificado fue de 14.52, mientras que las fincas con manejo no certificado presentan un valor de 9.75 (Anexo 3 y 5). Una de las razones por la que las fincas certificadas obtuvieron un valor alto del criterio es que en estas existe una mayor diversidad arbórea que contribuye a la producción de materia orgánica, uso de especies leguminosas que ayudan a mantener la fertilidad e incorporación de nutrientes al suelo, mejora el ambiente para el café (temperaturas estables, menor transpiración), el café es más vigoroso, resistente a plagas y enfermedades, de este modo se da la reducción potencial de los requerimientos de insumos (fertilizantes, herbicidas, etc.) lo que contribuye a un aumento de la biodiversidad.

Se ha demostrado en otros estudios como el que se llevó a cabo en Nueva San Salvador, Salvador por PROCAFE-Banco Mundial (1998) que en el café con sombra existe un gran número de variedad de especies vegetales y animales, esto es posible debido al mantenimiento y conservación de las plantaciones cafetaleras como es el caso de las fincas con manejo certificado en donde estas no son dependientes del uso de agroquímicos, se implementan obras de conservación de suelo y agua, obteniendo así un nivel alto de biodiversidad. Las fincas certificadas por sus características ya antes expuestas son un importante hábitat para muchas especies, especialmente aves locales y migratorias.

Por el contrario, el manejo de las fincas no certificadas se basa en el consumo de agroquímicos lo que con lleva a una dependencia de una dieta constante de fertilizantes, poca implementación de obras de conservación de suelo y agua y al poseer una gran riqueza de especies arbóreas éstas son utilizadas para obtener beneficios alternativos (leña, madera entre otros, de manera irracional) lo cual disminuye en un gran porcentaje la flora y fauna del sistema ya que debido a la falta del dosel forestal hay menos aves e insectos predadores que devoran a otros insectos haciendo necesario utilizar insecticidas para proteger los cultivos.

A continuación se presenta una descripción puntual de cada uno de los indicadores que componen el criterio calidad de hábitat:

**1. Indicador: Número de estratos (estructura vertical) que constituyen los sistemas de café con sombra.**

Con base en el criterio hábitat se determinó dos tipos de estratos: bajo (<5m) siendo estos los cafetos, medio bajo (5-10m) en los que predominan musáceas, árboles frutales (cítricos, aguacate, guayaba, etc.) y árboles para sombra (árboles maderables como *Cordia alliodora* laurel, y *Cordia sp.* muñeco, entre otras y no maderables como las *Inga sp.*)

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 2 estratos en comparación a las fincas grandes certificadas con 2. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 3 mientras que las fincas pequeñas certificadas 3 estratos. Para las fincas certificados el estrato predominante está conformado por especies leguminosas tales como *Inga oerstediana* (Guaba roja), *Inga punctata* (Guaba negra), *Erythrina poeppigiana* (Búcaro) mientras las fincas no certificadas el estrato predominante está formado por especies frutales y maderables tales como musáceas, *Inga sp.*, *Junglans olanchana* (Nogal) y *Cordia alliodora* (Laurel).

Los resultados de la cuantificación del número promedio de estratos arbóreos por tamaño de finca determinan que en las fincas grandes persisten menos estratos arbóreos ( $\bar{x}= 1.77$ ) en comparación a las fincas pequeñas cuyo número promedio de estratos fue de ( $\bar{x}=2.43$ ).

En cuanto a los resultados del análisis del número promedio de estratos arbóreos por tipo de manejo no se encontró diferencias marcadas, ya que las fincas certificadas presentan un promedio de ( $\bar{x}=2.27$  estratos), mientras que en las fincas no certificadas el promedio es de ( $\bar{x}=1.93$  estratos), por lo que no se determinó diferencias estadísticas entre ambas condiciones en relación al número de estratos ( $p>0.05$ ).

**2. Indicador: Número de especies de árboles nativos por hectárea**

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un promedio total de 2 especies arbóreas nativas /ha, mucho menor en comparación a las fincas grandes certificadas con 4 especies arbóreas nativas/ha. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 22 especies arbóreas nativas/ha mientras que las fincas pequeñas certificadas obtuvieron 28 especies arbóreas nativas/ha.

Con respecto al indicador número de especies arbóreas nativas se encontró una proporción de 51.66% de árboles nativos por hectárea, entre los que se destacan *Cordia alliodora* (Laurel) con 67 individuos  $ha^{-1}$ , *Junglans olanchana* (Nogal) con 41 individuos  $ha^{-1}$ , *Persea americana* (Aguacate) 20 individuos  $ha^{-1}$ , *Mabea occidentalis* (Higuera) 14 individuos  $ha^{-1}$ , *Terminalia amazonia* (Guayabon) con 7 individuos  $ha^{-1}$ , *Erythrina gibbosa* (Helequeme) con 7 individuos  $ha^{-1}$ , *Senna atomaria* (Vainillo) con 7 individuos  $ha^{-1}$  entre otros.

Para el manejo certificado se encontraron 28 especies nativas  $\text{ha}^{-1}$  dentro de las cuales se destacan *Cordia alliodora* (Laurel), *Junglans olanchana* (Nogal) y para el manejo no certificado se encontraron 25 especies nativas  $\text{ha}^{-1}$  siendo el *Junglans olanchana* (Nogal) y *Mabea occidentalis* (Higuera) las más destacadas para este manejo.

En los resultados del número promedio de árboles por tamaño de finca se determinó que las fincas grandes presentan valores más bajos ( $\bar{x}= 1.21$  árboles/ha) en comparación a las fincas pequeñas donde el promedio es de ( $\bar{x}=3.74$  árboles/ha); encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

### **3. Indicador: Número de árboles y arbustos mayores de 5 cm de DAP por ha**

En cuanto al indicador árboles y arbustos mayores de 5 cm de DAP en una hectárea se encontró que las especies están representadas por un promedio de 7 árboles para la mayoría de las especies, contándose entre las más comunes *Inga oerstediana* (Guaba roja), *Inga punctata* (Guaba negra), *Cordia alliodora* (Laurel), *Erythrina poeppigiana* (Búcaro), *Junglans olanchana* (Nogal).

En el manejo certificado se encontró el mayor número de especies de árboles y arbustos  $>5\text{cm}$  DAP, con 38 especies, siendo las especies más importante *Inga oerstediana* (Guaba roja) con 68 individuos, *Cordia alliodora* (Laurel) con 54 individuos y *Erythrina poeppigiana* (Búcaro) con 46 individuos, entre otros. En cuanto al manejo no certificado se encontró 28 especies de árboles y arbustos  $>5\text{cm}$  DAP con 147 individuos para *Inga oerstediana* (Guaba roja), 33 individuos *Inga punctata* (Guaba negra), 19 individuos *Junglans olanchana* (Nogal).

En el análisis del número promedio de árboles y arbustos con  $\text{DAP}>5\text{cm}$  por tamaño de finca, se determinó que en las fincas grandes el promedio fue menor ( $\bar{x}= 4.60$  árboles/ha), que en las fincas pequeñas ( $\bar{x}=8.21$  árboles/ha), encontrándose diferencias estadísticamente significativas al momento del análisis, ( $p < 0.05$ ).

Al comparar el número promedio de árboles y arbustos con  $\text{DAP}>5\text{cm}$  con base al tipo de manejo fue posible observar que las fincas certificadas presentan los valores más altos ( $\bar{x}=7.77$  árboles y arbusto/ha) y los valores menores en las fincas no certificadas cuyo promedio fue ( $\bar{x}= 5.04$  árboles y arbusto/ha); esta ligera diferencia en cuanto a abundancia se refleja en el análisis estadístico el cual no encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

#### **4. Indicador: Valoración cualitativa de incidencia de epífitas en los árboles**

El indicador valoración cualitativa de incidencia de epífitas en los árboles determinó que el 36% de árboles en los sistemas de café con sombra muestreados presentan plantas epífitas. Se determinó que la mayor incidencia de epifitas se encontró en el manejo no certificado para el tipo de sombra diversificada (50%), en las especies arbóreas *Inga oerstediana* (Guaba roja), *Inga punctata* (Guaba negra), *Cordia alliodora* (Laurel), seguido por el tipo de sombra de leguminosa (43%) *Inga oerstediana* (Guaba roja), *Inga punctata* (Guaba negra), *Erythrina poeppigiana* (Búcaro) y por último el tipo de sombra de bosque (7%) *Terminalia amazonia* (Guayabon), *Senna atomaria* (Vainillo).

El resultado del análisis demuestra que en la valoración cualitativa de epífitas en los árboles por tamaño de finca, por tipo de manejo y de la misma forma en la interacción tamaño de finca por tipo de manejo no se encontró diferencia significativa ( $p>0.05$ ).

#### **5. Indicador: Porcentaje de cobertura de sombra**

El indicador cobertura de sombra determinó que las especies forestales maderables y no maderables presentes en el sistema proveen un 66% de cobertura al cafeto. Se encontró una mayor cobertura de sombra en las fincas certificadas en comparación con las fincas no certificadas, dado que las fincas certificadas tienen mayor porcentaje de individuos que las fincas no certificadas. Entre las especies encontradas podemos mencionar *Inga oerstediana* (Guaba roja), *Inga punctata* (Guaba negra), *Erythrina poeppigiana* (Búcaro), *Mabea occidentalis* (Higuera), *Citrus sp* (Naranja), *Citrus sp* (Limoncillo), *Psidium guajava* (Guayaba común) *Cordia alliodora* (Laurel), *Junglans olanchana* (Nogal), *Hyeronima alchorneoides* (Nanciton).

En el análisis de porcentaje de sombra por tamaño de finca se determinó que en las fincas grandes se obtuvo un promedio de ( $\bar{x}=42.90\%$ ) y en las fincas pequeñas el promedio fue de ( $\bar{x}=70.17\%$ ), encontrándose diferencias estadísticamente significativas al momento del análisis ( $p<0.05$ ).

En cuanto a los resultados del análisis de porcentaje de cobertura de sombra por tipo de manejo no se encontró diferencias marcadas, ya que las fincas certificadas presentan un promedio de ( $\bar{x}=60.94\%$ ) mientras que las fincas no certificadas obtuvieron un promedio de ( $\bar{x}=52.13\%$ ), por lo que no se determinó diferencias estadísticas entre ambas condiciones en relación al porcentaje de cobertura de sombra ( $p>0.05$ ).

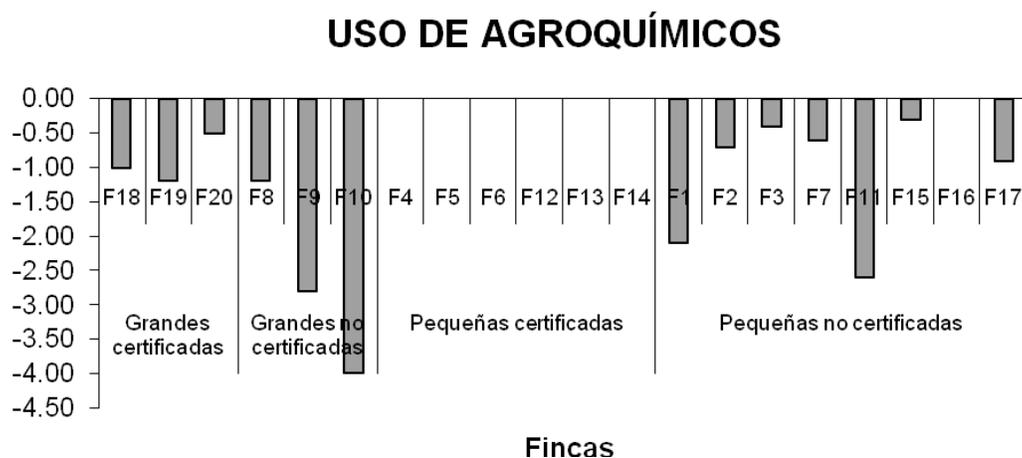
#### **b. Uso de Agroquímicos**

El uso de agroquímicos es una práctica común entre los productores que tiene como fin recuperar o mantener la productividad de los suelos, control de las hierbas y disminución de plagas que puedan afectar los cultivos; sin embargo el uso irracional de estos productos puede modificar la calidad del hábitat y por ende la biodiversidad. Es por esto que se ve necesaria la toma de datos sobre el uso de agroquímicos que se da dentro de las fincas con manejo certificado y no certificado.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de -8, en comparación a las fincas grandes certificadas con -2.7. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de -7.6 mientras que las fincas pequeñas certificadas 0.

La recopilación de información para la evaluación del criterio uso de agroquímicos permitió determinar que en las fincas con manejo no certificado se da una mayor aplicación de agroquímicos (herbicidas, pesticidas y fertilizantes) en comparación con las fincas con manejo certificado (Figura 7) en donde se minimiza el uso de insumos externos o productos químicos como fertilizantes, herbicidas y plaguicidas. Este resultado tiene diferentes implicancias, ya que por un lado, el no uso de agroquímicos y/o reducción en el uso de los mismos reduce los costos de producción ya que la diversidad de especies reduce plagas y enfermedades. Las malezas prevalecen menos en las plantaciones sombreadas, y se controlan con machetes. Las hojas esparcidas por el suelo, que se acumulan bajo los árboles, albergan insectos que devoran los nemátodos que perforan los granos de café, por tanto, no se necesitan nematicidas tóxicos en los cafetales de sombra (MARENA-POSAF, 2005) y por ende se reduce la potencial degradación por contaminación de los recursos agua, suelo, así como la conservación de la fauna del suelo.

La figura 7 muestra que las fincas 1 (-2.1), 9 (-2.8), 10 (-4) y 11(-2.6) son las que hacen más uso de agroquímicos, siendo estos valores los más altos entre las 20 fincas. De la misma forma se encontraron que para las fincas grandes certificadas los valores son: 18(-1), 19(-1.2) y 20 (-0.5), la finca 8(-1.2); las fincas pequeñas certificadas presentaron valores bajos: 2(-0.7), 3 (-0.3), 7 (-0.6), 15(-0.3), 17 (-0.9) respectivamente, mientras en las fincas 4, 5, 6, 12, 13, 14 no se da el uso de agroquímicos (Figura 7).



**Figura 7.** Valores del criterio uso de agroquímicos en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008

De manera general fue posible comparar los valores del criterio uso de agroquímicos entre los sistemas de manejo certificado y no certificado, siendo evidente niveles similares de dependencia de agroquímicos. En este sentido las fincas no certificadas obtuvieron un valor de -6.08, mientras que las fincas certificadas obtuvieron un valor de -5.18 (Anexo 3).

En el análisis de uso de agroquímicos para el tamaño de finca se determinó que en las fincas grandes el promedio fue más alto ( $\bar{x} = -1.77$ ) que el de las fincas pequeñas ( $\bar{x} = -0.48$ ), encontrándose diferencias estadísticamente significativas al momento del análisis, ( $p < 0.05$ ).

En las fincas grandes se aplica una mayor cantidad de agroquímicos resultando una alta dependencia de estos por el cultivo, ya que el interés de los productores es la producción masiva del café y se preocupan en menor grado por el cuidado de la flora y fauna presente.

En cuanto a los resultados del análisis de uso de agroquímico por tipo de manejo se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), ya que las fincas certificadas presentan un promedio de ( $\bar{x} = -0.40$ ), mientras que las fincas no certificadas el promedio es de ( $\bar{x} = -1.84$ ).

A continuación se describe cada indicador que forma el criterio uso de agroquímicos:

### ***1. Indicador: Aplicación de herbicida***

El indicador número de aplicación de herbicida al sistema indica que esta se da entre 1 y 2 veces al año según productores dueños de las fincas con manejo no certificado. La identificación del grado de toxicidad de los herbicidas utilizados varía entre sí. Los productos utilizados son Glifosato (N-(fosfonometil) glicina; salisopropilamina), Paraquat (1,1'-Dimetil-(4,4'bipiridinio) catión), Gramoxone ((IUPAC)\* 1,1-dimethyl-4,4-bipyridinium), Benomilo (L metílico (butylcarbamoil) fórmula molecular de benzimidazol-2-ylcarbamate 4) Herbicidas), 2,4D: Acido 2,4-Diclorofenoxiacético y otros.

### ***2. Indicador: Aplicación de plaguicidas***

En cuanto al indicador número de aplicación de plaguicidas fue posible determinar que esta se realiza de 2 a 3 veces al año. Entre los productos con mayor frecuencia de utilización se mencionan: Silvacur (184-chlorophenyl-9,4,4 clase química triazol-1-ilbutan-2-01) (fungicida), Alto 100 (2-(4-clorofenil)-3ciclopropil-1-181h-1,2,4 triazol-1-ilbutan-2-01) (fungicida), Amistar (methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-(IUPAC)\*4-yloxy]phenyl}-3-methoxyacrylate) (fungicida), Carbendazim (Metilbenzimidazol-2-ilcarbomato) (fungicida), y Thionex(6,7,8,9,10,10-Hexaclaro-1,5,5a,6,9,9a-Hexahidro-6,9-metano-2,4,3-benzodioxatien-3-oxiao) (insecticida), siendo estos de un alto grado de toxicidad.

### 3. *Indicador: Aplicación de fertilizantes*

En lo relativo al indicador aplicación de fertilizantes se determinó que esta actividad se da de 1 a 2 veces al año. Los productos frecuentemente aplicados son: Urea, Su percal, NPK (N-nitrógeno, P-fosforo, K-potasio), NPK (12-30-0), NPK (18-46-0), NPK (20-20-2-20) con un grado de toxicidad mínimo. La aplicación de estos productos se da con el propósito de corregir las deficiencias de nutrientes, es decir, restituirle al suelo no solamente los elementos asimilables tomados por las cosechas, sino igualmente los elementos asimilables que desaparecen como resultado de las propias aplicaciones y de este modo mantener la fertilidad del suelo, asegurando el rendimiento de las cosechas (en este caso el café). Aunque los fertilizantes químicos pueden adicionar los nutrientes al suelo no contribuyen a la formación del suelo, tal como lo hace la vegetación acumulando materia orgánica en un rango de 5 a 7 toneladas por hectárea (Mendieta y Rocha, 2007).

Una de las maneras efectivas para aumentar los nutrientes al suelo en forma natural es la introducción de árboles fijadores de nitrógeno, tales como las leguminosas y otras como *Casuarina sp* y *Alnus sp* con la asistencia de agentes microbiables como *Rhizobia* y *Frankia* (Medina y Rocha, 2007), estos árboles pueden suministrar nitrógeno casi sin costo y en forma constante.

#### 4.2.2 Servicio ambiental conservación del agua

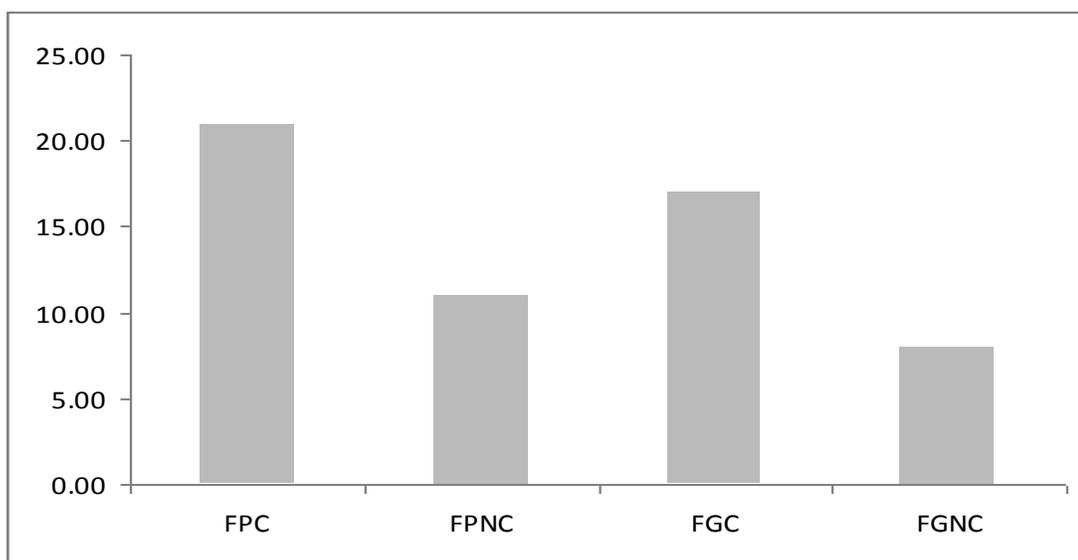
La evaluación de este servicio es importante ya que Komar (1998) concluye que la rentabilidad del agro está propiciando cambios en el uso del suelo en las zonas cafetaleras, lo que tiende a reducir la superficie en café. Siendo esta dinámica preocupante porque en ausencia de cobertura boscosa significativa, el café con sombra presenta zonas críticas para la provisión de servicios ambientales, particularmente el mantenimiento de la capacidad del territorio para regular y almacenar el agua.

A partir de esto se registraron las acciones que contaminan el agua dentro del sistema, así como las acciones que la protegen por medio del criterio conservación del agua. El criterio conservación del agua lo constituyen los indicadores manejo de contaminación del agua, evidencia de erosión en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación de las partes bajas de los caminos, obras de prevención o recuperación; esto nos permitió evaluar la conservación del agua en las fincas en relación al tamaño y manejo.

En las fincas grandes y pequeñas certificadas, el manejo de las aguas mieles, combustibles, aceites y lavado de los equipos son depositadas en pozos de infiltración y laguna de aeración lejos de las fuentes de agua, en las fincas grandes y pequeñas no certificadas no se da el mismo manejo, esto se debe según los dueños a la falta de recursos económicos, educación ambiental y cultural para la incorporación de prácticas que contribuyan a la conservación del recurso (pozos de infiltración y laguna de aeración entre otros), lo que tiende a que se dé la contaminación y degradación de las fuentes de aguas. Revertir esta dinámica supone aumentar la cobertura vegetal en el territorio, algo que exige ir más allá de políticas de conservación o reforestación. El reto más bien consiste en avanzar hacia una transformación productiva, de modo que se logre establecer y mantener estrategias productivas ambientalmente sostenibles que logren simultáneamente aumentar los ingresos de la población que lo necesite.

Para el servicio ambiental agua se obtuvo un valor de 57, en donde en este sistema se practican los diferentes tipos de manejo de las aguas mieles, grises y tóxicas (lavado de equipos para fumigación y otros), brindando una mejor calidad de vida a los beneficiados de este recurso.

Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 11 mientras que las fincas pequeñas certificadas obtuvieron un valor de 21 siendo el valor más alto. Esto hace referencia a que este tipo de finca cumple todas las normas de certificación, siendo una de las normas el manejo adecuado de las aguas. Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 8, en comparación a las fincas grandes certificadas con 17 (Figura 8).



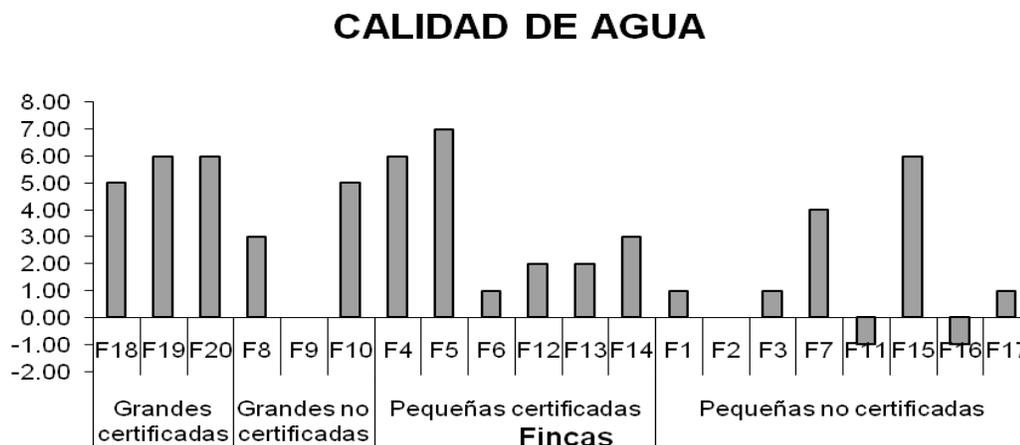
**Figura 8.** Valoración del servicio ambiental agua en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

A partir de los datos obtenidos anteriormente se procedió a la evaluación del servicio ambiental agua conforme al criterio conservación del agua con el fin de identificar las acciones que la protegen, así como las acciones que la contaminan.

#### ***a. Conservación del Agua***

Las fuentes hídricas superficiales son vitales para el abastecimiento de agua para consumo humano, sin embargo, la contaminación de aguas superficiales es causada por los residuos del café, aguas mieles y aguas residuales provenientes de las casas de habitación y el uso inadecuado de agroquímicos que vuelve el agua inutilizable para el consumo humano y representando un alto riesgo para la salud humana. Es por eso que este criterio tiene el propósito de identificar el manejo de las aguas mieles, grises, residuales, combustibles y aceites, lavado de equipos, desechos de las fincas, evidencia de erosión, entre otros.

Los valores obtenidos del Criterio Agua, nos indican que las fincas (F) mejor provistas en relación a este beneficio son las fincas certificadas F18 (5), F19 (6), F20 (6), F4 (6), F5 (7), mientras que algunas fincas no certificadas F15 (6), F10 (5) presentaron valores importantes (Figura 9).



**Figura 9.** Valores del criterio agua en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

La comparación de los valores del criterio agua entre las fincas certificadas y no certificadas, las que obtuvieron un mayor valor fueron las fincas certificadas con 4.0 mientras que las no certificadas 2.08 (Anexo3).

Las fincas certificadas por el tipo de manejo que se realiza influyen en que tengan un mejor manejo de las fuentes de aguas a comparación con las no certificadas, ya que estas vierten las aguas mieles, los combustibles y aceites que ocupan para sus equipos, los desechos de la finca y las aguas negras de los mismos al río; no poseen obras de prevención o recuperación (siembra de vegetación para protección, obras de retención, cunetas en los caminos vehiculares entre otras) para reducir la erosión o los deslizamientos de a la orilla de los ríos y caminos.

Además de estas acciones que ponen en práctica las fincas certificadas estas presentan una mayor cobertura de vegetación que ayuda a mejorar la captación del agua de lluvia, amortiguando el impacto de las gotas de lluvias que llegan al suelo con menor velocidad con lo cual se evita la erosión, permitiendo que el agua penetre en el suelo, ya que esto contribuye a la recarga de los mantos acuíferos; al frenar la velocidad de los escurrimientos se evita o reduce la erosión del suelo, lo que hace que disminuya la carga de sedimentos, con esto el agua llega más limpia a los arroyos y ríos y puede ser aprovechada por los habitantes de las poblaciones ubicadas en las partes bajas.

El criterio conservación del agua se evaluó mediante los siguientes indicadores:

**1. *Indicador: Manejo de contaminación del agua***

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 8 en manejo de contaminación del agua en comparación a las fincas grandes certificadas con 3, las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 10 mientras que las fincas pequeñas certificadas 13.

El resultado del análisis de varianza para el manejo de contaminación del agua muestra que no existe diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) para el tamaño de finca, el tipo de manejo y para la interacción.

**2. *Indicador: Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos***

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de -8 de evidencia de erosión mayor en comparación a las fincas grandes certificadas con -3. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de -11 mientras que las fincas pequeñas certificadas -6.

El resultado del análisis de varianza para la evidencia de erosión o deslizamiento en los ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos muestra que no existe diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) para el tamaño de finca, el tipo de manejo y para la Interacción.

**3. *Indicador: Obras de prevención o recuperación***

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 8 por ciento en obras de prevención o recuperación en comparación a las fincas grandes certificadas con 10, las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 12 mientras que las fincas pequeñas certificadas 14.

El resultado del análisis de varianza para obras de prevención o recuperación muestra que no existe diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) para el tamaño de finca, el tipo de manejo y para la interacción.

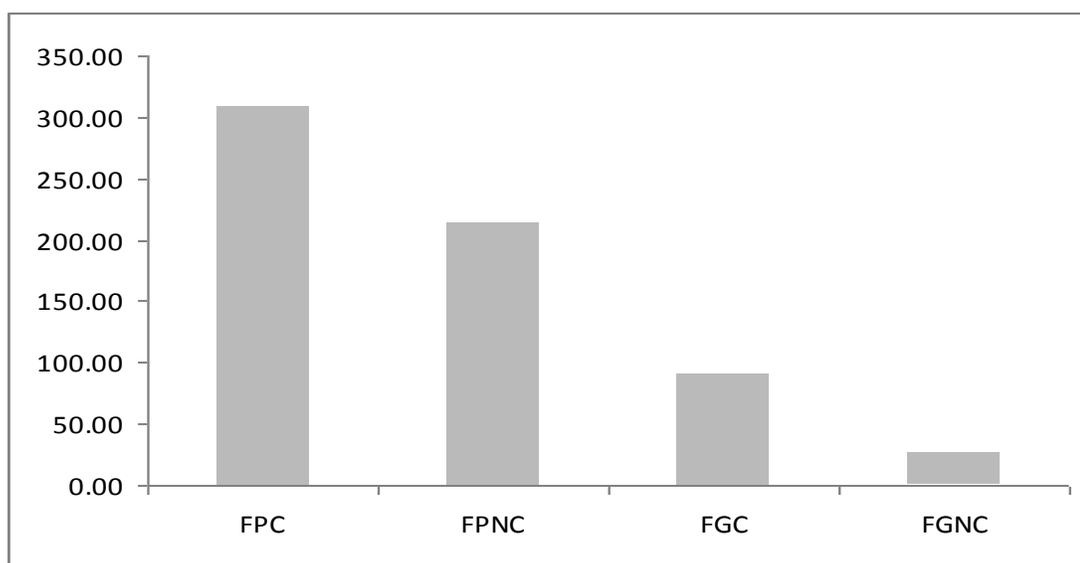
**4.2.3 Servicio ambiental fijación de carbono**

La evaluación de este servicio se efectuó a través de los criterios carbono fijado por árboles y arbustos, toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea. Los resultados obtenidos en cuanto al carbono fijado y almacenado dentro del sistema en sus respectivos componentes (árboles, cafeto y musácea) son superiores a los datos registrados en otros estudios efectuados en sistemas agroforestales de café con sombra (estos se detallan más adelante). Estos resultados pueden deberse a la metodología, fórmulas empleadas para la cuantificación de carbono, condiciones ecológicas, al manejo que dan los diferentes propietarios de las fincas en donde se realizó el estudio entre otros factores.

Alvarado y Medina (1999) concluyen que en Nicaragua los servicios ambientales son una iniciativa aún, porque no existen estándares técnicos internacionales y mucho menos a escala nacional para medir diferentes escenarios dentro de los sistemas agroforestales cafetaleros con servicios ambientales y así lograr comparar las cifras con lo que se hubiera fijado en toneladas métricas de carbono.

Para el servicio ambiental carbono se obtuvo un valor de  $640 \text{ t C ha}^{-1}$ , esto se debe a que en el sistema posee una diversidad de especies arbórea.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de  $26.13 \text{ t C ha}^{-1}$ , en comparación a las fincas grandes certificadas con  $90.90 \text{ t C ha}^{-1}$ . Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de  $214.05 \text{ t C ha}^{-1}$  mientras que las fincas pequeñas certificadas obtuvieron un valor de  $309.03 \text{ t C ha}^{-1}$  siendo estas las mayores. Este factor se debe a que en las fincas pequeñas certificadas poseen una mayor abundancia y riqueza del factor arbóreo además del poco manejo de este (Figura 10).



**Figura 10.** Valoración del servicio ambiental fijación de carbono en 20 fincas con sistema de café con sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

A continuación se presenta los resultados obtenidos correspondientes al total de carbono fijado dentro del sistema:

El resultado del análisis de varianza para el total de carbono fijado por hectárea muestra que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en relación al tamaño de finca y al tipo de manejo; asimismo, el resultado del análisis de la interacción tamaño de finca\*tipo de manejo no arrojó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

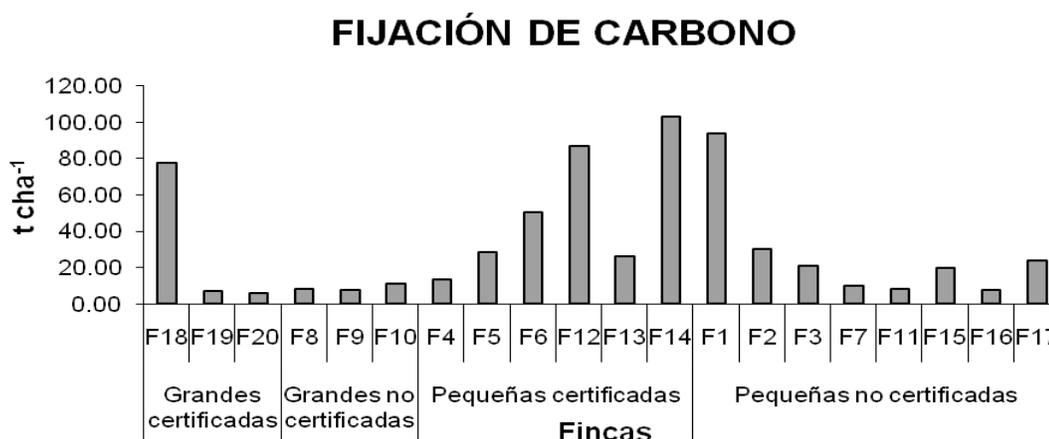
En el análisis del total de carbono fijado por hectárea por tamaño de finca se determinó que en las fincas grandes el promedio fue de ( $\bar{x}=17.37 \text{ t C ha}^{-1}$ ) y las fincas pequeñas con un promedio de ( $\bar{x}=38.82 \text{ t C ha}^{-1}$ ) no se encontró diferencias significativas al momento del análisis ( $P>0.05$ ).

Las fincas pequeñas certificadas obtuvieron un mayor promedio de captación de carbono en relación a las demás fincas, debido a que en estas existe un tipo de manejo mejor que en las fincas no certificadas y a las diferentes especies arbóreas que existen en dichas fincas.

Se tomaron datos para la cuantificación de carbono en los diferentes componentes de sombra dentro del sistema café con sombra, mediante los criterios toneladas de carbono fijado por los árboles y arbustos. A continuación se presentan los resultados:

**a. Fijación de Carbono por componentes de sombra árboles y arbustos**

Los valores de toneladas de carbono fijado por fincas muestran que las fincas con manejo certificado F12 ( $87.16 \text{ t C ha}^{-1}$ ), F14 ( $103.02 \text{ t C ha}^{-1}$ ) y F18 ( $77.76 \text{ t C ha}^{-1}$ ) presentan mayor ventaja en cuanto a este servicio. A diferencia de la F1 ( $93.79 \text{ t C ha}^{-1}$ ) cuyo manejo es no certificado, los valores más altos en cuanto a fijación de carbono corresponden a fincas certificadas (Figura 11).



**Figura 11.** Valores del criterio fijación de carbono por componentes de sombra árboles y arbustos en 20 fincas con sistema de café con Sombra en los departamentos de Jinotega-Matagalpa, 2008.

Al comparar el conjunto de fincas con manejo certificado con el conjunto de fincas no certificadas, es perceptible el potencial de las primeras, ya que de manera general presentan un valor de  $41.78 \text{ t C ha}^{-1}$ , mientras las fincas no certificadas obtuvieron un valor de  $18.73 \text{ t C ha}^{-1}$ . Según Segura, (1999) y Cubrero y Rojas (1999), la cantidad de carbono fijado y almacenado en el sistema puede ser atribuido a la edad de las especies, densidad, altura sobre el nivel del mar, condiciones ecológicas y el manejo silvicultural entre otras.

Para el caso particular de este estudio los resultados pueden ser atribuidos a la relación existente entre la altura y los diámetros de los árboles y arbustos.

El servicio ambiental fijación de carbono se evaluó mediante los siguientes indicadores:

**1. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los árboles y arbustos por hectáreas**

El total de carbono fijado y almacenado en los árboles y arbustos dentro del sistema fue de 596.68 t C ha<sup>-1</sup>. Estos valores están por encima de lo reportado en estudios de fijación de carbono en sistemas agroforestales de café con sombra en Jinotega (Connolly y Corea, 2007), con un valor de 16.98 t C ha<sup>-1</sup>. Estos valores pueden estar atribuidos a la edad de las especies, densidad, altura y los diámetros de los árboles tal como lo indican Connolly y Corea (2007), en su estudio realizado en el sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua, en donde los árboles que presentan mayor altura y diámetro van a fijar mayor cantidad de carbono en su biomasa aérea, comparados con los de menor altura y diámetro.

Las especies que reportaron la mayor cantidad de carbono almacenado fueron *Laetia procera* (Areno-Huesito) 5.68 t C pta. , *Arbutus xalapensis* (Canelo) 4.53 t C pta., *Lippia myriocephala* (Mampás) 3.58 t c pta., *Dialium guianense* (Tamarindo/Comenegro) 3.19 t C pta, *Crotom bilbergianus* (Anisillo) 2.15 t C pta.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 20.62 t C ha<sup>-1</sup> en comparación a las fincas grandes certificadas con 84.36 t C ha<sup>-1</sup>. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 196.46 t C ha<sup>-1</sup> mientras que las fincas pequeñas certificadas 295.23 t C ha<sup>-1</sup>.

En el análisis de toneladas de carbono fijado por árbol por tamaño de finca, se determinó que en las fincas grandes el promedio de carbono fijado por hectárea es de  $\bar{x}= 15.42$  t C ha<sup>-1</sup> y en las fincas pequeñas es de  $\bar{x}= 36.881$  t C ha<sup>-1</sup>; no se encontraron diferencias estadística significativas, (P>0.05).

En cuanto a los resultados del análisis de carbono fijado por árbol por tipo de manejo, no arrojo diferencias significativa (p>0.05), ya que las fincas no certificadas muestran un promedio de carbono fijado de  $\bar{x}= 15.28$  t C ha<sup>-1</sup> y mientras que las fincas certificadas con un promedio de  $\bar{x}= 37.02$  t C ha<sup>-1</sup>, por lo que no se determinó diferencia significativa, (P>0.05).

Esto es debido a que las fincas pequeñas certificadas presentan una mayor densidad de árboles y especies, lo que permite una mayor captación de carbono en comparación con las fincas grandes no certificadas que presentan menor captación de carbono, ésto es debido a que el número de árboles por hectárea es menor.

Para el tipo de manejo certificado se obtuvo los valores acumulados de 374 t C ha<sup>-1</sup>, mientras que para el manejo no certificado se obtuvo un valor de 211 t C ha<sup>-1</sup>.

## ***2. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Cafeto)***

El total de carbono fijado por cafeto fue de 43.43 t C ha<sup>-1</sup>, con una densidad de 4743 plantas/ha, estos valores son inferiores a los datos registrados en la hacienda Santa Maura localizada en el departamento de Jinotega realizada por Vivas y Ramírez (2002) con un valor de 5 t C ha<sup>-1</sup>, esto se debe a que este estudio reportó una mayor densidad de plantas de café por hectárea (5406 plantas/ha) lo que influye dentro de las estimaciones de almacenamiento de carbono ya que dicha densidad permite una mínima captación de carbono. Suárez (2002) concluye que otro de los factores podría ser el tratamiento de poda que reciben las plantas de café para impedir el desarrollo de retoños y el crecimiento de la planta a través del corte de las partes terminales con el fin de permitir el desarrollo de nuevas ramas o bandolas y obtener mayores niveles de fructificación por planta, lo cual evita que la planta tenga un desarrollo normal, mayor biomasa y por ende mayor carbono.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un total de 5.51 t C ha<sup>-1</sup> en el café, en comparación a las fincas grandes certificadas con 6.53 t C ha<sup>-1</sup>. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 17.58 t C ha<sup>-1</sup> en el café mientras que las fincas pequeñas certificadas 13.80 t C ha<sup>-1</sup>.

Para el tipo de manejo certificado se obtuvo los valores acumulados de 19 t C ha<sup>-1</sup>, mientras que para el manejo no certificado se obtuvo un valor de 20 t C ha<sup>-1</sup>.

El resultado del análisis de varianza para toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea muestra que no existe diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), en relación al tamaño de finca, tipo de manejo y para la interacción tamaño de finca\*tipo de manejo.

## ***3. Indicador: Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea (Musáceas)***

El total de carbono fijado en los cultivos perennes por hectárea fue de 0.37 t C ha<sup>-1</sup>, este valor es inferior en relación a lo reportado por Connolly y Corea (2007) en sistemas agroforestales de café con sombra en Jinotega, con 0.02 t C ha<sup>-1</sup>, esto se debe a la fórmula utilizada, a que su tallo es hueco, su densidad es alta y tiene un gran contenido de agua.

Las fincas grandes no certificadas obtuvieron un valor de 0.03 t C ha<sup>-1</sup> en las musáceas, en comparación a las fincas grandes certificadas en donde no se obtuvieron valores debido a que en estas no se implementan las musáceas para sombra de café. Las fincas pequeñas no certificadas obtuvieron un total de 0.19 t C ha<sup>-1</sup> en las musáceas mientras que las fincas pequeñas certificadas 0.14 t C ha<sup>-1</sup>.

Para el tipo de manejo certificado se obtuvo los valores acumulados de 0.14 t C ha<sup>-1</sup>, mientras que para el manejo no certificado se obtuvo un valor de 0.22 t C ha<sup>-1</sup>.

En el análisis toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea tamaño de finca, se determinó que en las fincas grandes obtuvo un promedio de ( $\bar{x}= 0.03 \text{ t C ha}^{-1}$ ) y en las fincas pequeñas el promedio fue de ( $\bar{x}= 0.02 \text{ t C ha}^{-1}$ ), encontrándose diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

En cuanto a los resultados del análisis de toneladas carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea por tipo de manejo no se encontró diferencias significativas marcadas, ya que las fincas certificadas presentan un promedio de ( $\bar{x}= 0.01 \text{ t C ha}^{-1}$ ), mientras que en las fincas no certificadas el promedio es de ( $\bar{x}= 0.02 \text{ t C ha}^{-1}$ ), por lo que no se determinó diferencia estadística entre ambas condiciones ( $p > 0.05$ ).

Las musáceas además de servir como ingreso a sus propietarios son utilizadas para brindarle sombra al café, principalmente en las fincas pequeñas no certificadas y certificadas y en menor grado en las fincas grandes no certificadas.

## V. CONCLUSIONES

Al evaluar los servicios ambientales conservación de la biodiversidad arbórea, agua y fijación de carbono dentro del sistema agroforestal café con sombra se determinó que este contribuye de manera significativa en la conservación y recuperación de la fauna y flora, además de brindar muchos beneficios al ambiente tales como la disminución de la erosión, captura del dióxido de carbono del aire, regulación del régimen hidrológico entre otros.

Las fincas certificadas en cuanto al servicio ambiental biodiversidad arbórea, dentro del sistema agroforestal en general obtuvo un valor del criterio de 14.52 lo cual determinó que el manejo que se implementan estas fincas favorece al hábitat de plantas y animales silvestres ayudando a mantener la biodiversidad, a diferencia de las fincas no certificadas con un valor de criterio de 9.75 lo cual es evidente la disminución de la biodiversidad debido a las prácticas no amigables al medio ambiente como es el uso de agroquímicos, disminución del dosel arbóreo y la fragmentación del hábitat.

En cuanto a la evaluación del servicio ambiental agua el valor del criterio fue de 4 dentro de las fincas certificadas, se determinó que las fuentes de agua no se encuentran contaminadas debido a la implementación de prácticas para la conservación de este recurso tales como manejo de las aguas mieles, grises y tóxicas (pozos de infiltración, laguna de aeración y lavado de equipos para fumigación y otros), brindando una mejor calidad de vida a los beneficiados por este recurso, en cambio las fincas no certificadas no se practican obras de conservación como las antes ya mencionadas siendo el valor del criterio de 2.08.

Para el servicio ambiental fijación de carbono las fincas certificadas obtuvieron los mayores valores en cuanto a la captura de carbono (valor del criterio  $41.78 \text{ t C ha}^{-1}$ ) debido a que en estas se presenta una mayor abundancia y riqueza de árboles, mayor densidad de café favoreciendo a la mitigación de gases de efecto invernadero debido a que atrapan y mantienen el carbono en las raíces, en la acumulación de hojarasca y en los troncos de los árboles. Las fincas no certificadas obtuvieron valores inferiores (valor del criterio  $18.73 \text{ t C ha}^{-1}$ ), debido a que estas presentan una menor diversidad de especies arbóreas y por ende una menor captura de carbono, además del manejo que los productores le dan a estas fincas en donde se da el corte de árboles para el aprovechamiento de los subproductos de estos de manera no sostenible.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Continuar con la cuantificación de datos para la evaluación de los servicios ambientales Conservación de biodiversidad arbórea, Agua y Fijación de carbono, para comparar estos datos con otros tipos de metodología para una mejor validación de la misma, lo que permitirá comprobar si la metodología aplicada en el estudio está adaptada al área de investigación y si responde a los objetivos.
2. Capacitar a los dueños de fincas sobre la importancia de implementar obras de conservación de suelo y agua ya que en las propiedades visitadas existían muy pocas obras que conservaran las mismas. El conocimiento de la importancia de la conservación de los recursos debe hacerse de manera general, ya sean estas fincas certificadas o no certificadas.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, J. y Medina.1999. Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agro ecosistema en Guatemala. Boletín PROMECAFE (Fundación para Investigaciones del Café). IICA N87:7-14.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café) ,2006. Evaluación de los Servicios Ambientales del Sistema Agroforestal Café en Guatemala. 39p.
- Bonilla, G.1999. Tipología Cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua. Tesis MSc. CATIE. Turrialba, CR. 70p
- Connolly, R; Corea, C.2007. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. Tesis Ing. Jinotega, NI.72p.
- Cubrero, J; Rojas, S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de Melina (*Camelina arbórea Roab*), Teca (*Tectona grandis L. F*) y Pochote (*Bombacopsis quintana Jack*) en los cantones de Hoja Ancha y Nicoya. Tesis Lic. Guanacaste, CR, CATIE. 111p.
- InfoStat. 2007. InfoStat versión 2007. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2005. Materia Orgánica y principales prácticas sostenibles de manejo de suelos y agua. Managua, NI. 28p.
- Jerez, R.2007. Proyecto CAFNET: Conectando y Sosteniendo los servicios Ambientales para Café Agroforestal. Managua, NI, CATIE. 47p.
- Komar, O .1998. Biodiversidad y Caficultura. Raíces del proyecto piloto “Café y Biodiversidad. Revista ABECAFE, Abril-Mayo. Nueva San Salvador, SV.
- MARENA (Ministerio de los Recursos Naturales y el Ambiente)/ POSAF (Programa Socio Ambiental y Desarrollo Forestal). 2005. Establecimiento y Manejo de Sistema Eco forestal/Programa Socio ambiental y Desarrollo Forestal. 1ed Managua, NI. 80p.
- Medina, V; Muñoz, C; Hagggar, J; Aguilar, R.2008. Propuesta Metodológica para la Evaluación de Servicios Ambientales. ANACAFE (Asociación Nacional del Café). Managua, NI, 17 p.
- Mendieta, M.; Rocha, L .2007. Sistema Agroforestales. Universidad Nacional Agraria Managua, NI. 115 p.
- Microsoft, US. 2006. Microsoft office Excel 2007. (Programa de cómputo).

Pérez, A. 2004. Aspectos conceptuales, Análisis Numéricos sobre Biodiversidad. Edición e Impresión FORCON. Nicaragua, NI. 338p.

PROCAFE-Banco Mundial. 1998. Proyecto café y biodiversidad. Nueva San Salvador. 40p.

Rodríguez, L. 2000. Sistema agroforestales en café produciendo más que una bebida ECOFRONTERAS. 12:19.

Red de Agricultura sostenible (Rainforest Alliance).2010. Norma para agricultura sostenible. 53p.

Segura, M. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosque privado en el área de conservación. Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. CATIE. Turrialba, CR.132p.

S.I; CEPAL, 2003. Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres: Efectos globales de los daños. Centro Regional de Información sobre Desastres. 117p. t.4.

Suárez, 2002.Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental, almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis MSc. CATIE. Turrialba, CR. 117p.

Starbucks Coffee Company. 2007. Lineamientos generales de evaluación de C.A.F.E. Practices 2.0. 21p.

Vivas, E.; Ramírez, H.2002. Cuantificación del almacenamiento de carbono en sistema agroforestal de café (*Coffea arabica*) con sombra en la hacienda Santa Maura. Tesis Ing. Jinotega, NI.54p.

Walpole, R; Myers R.1994.Probabilidad y estadística. Ed. G Maldonado Vásquez. 3ed. SL.MX.McGRAW-HILL.797p.

# ANEXOS

**Anexo1.** Información de Fincas en el sistema agroforestal café con sombra en el Macizo de Peñas Blancas, Matagalpa-Jinotega

No.	Finca	Área Finca (mz)	Organismo	Certificación	Tipo sombra	Uso de la tierra	Área Actual (mz)	Área hace 5 años
1	Las Lomas	9	SERVITECA	No Certificada	Sombra Diversificada	Café	4	4
						Potrero	1	1
						Bosque	2	2
						Cultivos anuales	2	2
2	La Estación	50	SERVITECA	No Certificada	Sombra Diversificada	Café	6.5	6.5
						Potrero	20	20
						Bosque	20	20
						Barbecho	3.5	3.5
3	La Fuente	26	SERVITECA	No Certificada	Sombra Diversificada	Café	11	11
						Potrero	4	8
						Bosque	6	11
						Barbecho	5	5
4	Las Flores	2.5	COOMPROCOM	Certificada	Sombra Diversificada	Café	1.5	1.5
						Barbecho	0.5	0.5
						Huerta	0.5	0.5
						Frutales	0.5	0.5
5	San José	18	COOMPROCOM	Certificada	Sombra Diversificada	Café	4	4
						Bosque	4	4
						Potrero	10	10
6	El Laberinto	80	COOMPROCOM	Certificada	Sombra Diversificada	Café	17	17
						Bosque	50	50
						Potrero	3	3
						Barbecho	2	2
						Cultivos anuales	8	8

Anexo 1. Continuación...

No	Finca	Área Finca (mz)	Organismo	Certificación	Tipo sombra	Uso de la tierra	Área Actual (mz)	Área hace 5 años
7	San Francisco	10	ATLANTIC	No Certificada	Policultivo	Café	10	10
8	Los Brasiles	182	ATLANTIC	No Certificada	Policultivo	Café	50	50
						Potrero	60	60
						Bosque	5	5
						Barbecho	65	65
						Infraestructura	2	2
9	San Juan	600	ATLANTIC	No Certificada	Café a pleno Sol	Café	110	110
					Sombra leguminosa	Barbecho	40	10
					Policultivo	Potrero	4	4
					Sombra de bosque	Bosque	No definido	No definido
10	Montecristo	307	ATLANTIC	No Certificada	Sombra de leguminosa	Café	50	50
						Bosque	30	30
						Potrero	200	200
						Barbecho	26	26
						Construcción	2	2
						Cultivos anuales	5	5
11	La Raspadita	30	ATLANTIC	No Certificada	Sombra diversificada	Café	13	15
						Potrero	8	0
						Cultivos anuales	8	8
12	El ojoche 1	200	CECOCAFEN	Certificada	Sombra diversificada	Café	36	30
						Café en desarrollo	3	0
						Cacao	5	2
						Barbecho	25	0
						Potrero	20	20
						Barbecho	75	75
						Bosque	35	35
						Infraestructura	7	7
						Cultivos anuales	4	4

Anexo 1 continuación...

No.	Finca	Área Finca (mz)	Organismo	Certificación	Tipo sombra	Uso de la tierra	Área Actual (mz)	Área hace 5 años
13	El ojoche 1	200	CECOCAFEN	Certificada	Sombra diversificada	Café	36	30
						Café en desarrollo	3	0
						Cacao	5	2
						Barbecho	25	0
						Potrero	20	20
						Barbecho	75	75
						Bosque	35	35
						Infraestructura	7	7
						Ladera	4	4
14	La Fortuna	15	CECOCAFEN	Certificada	Sombra diversificada	Café	5	4
						Potrero	5	6
						Huerta	5	5
15	Vea Fátima	30	NITLAPAN	No Certificada	Sombra diversificada	Café	6	5
						Potrero	15	15
						Bosque	4	4
						Barbecho	5	6
16	Peor es nada	2.75	NITLAPAN	No Certificada	Sombra diversificada	Café	1.25	1.25
						Potrero	1.02	1.02
17	Buena vista	30	NITLAPAN	No Certificada	Sombra diversificada	Café	10	10
						Potrero	12	12
						Bosque	5	5
						Cultivos anuales	3	3
18	San Martín	540	RAINFOREST	Certificada	Sombra leguminosa	Café	130	130
						potrero	180	180
						Barbecho	100	100
						Bosque	130	130

**Anexo 1** continuación...

<b>No.</b>	<b>Finca</b>	<b>Área Finca (mz)</b>	<b>Organismo</b>	<b>Certificación</b>	<b>Tipo sombra</b>	<b>Uso de la tierra</b>	<b>Área Actual (mz)</b>	<b>Área hace 5 años</b>
19	El Cielo	660	RAINFOREST	Certificada	Poca sombra (10%)	Café	204	204
						Barbecho	238	238
						Bosque	214	214
						Infraestructura	4	4
20	Santa Rosa	232.35	RAINFOREST	Certificada	Sombra diversificada	Café	183.18	183.18
					Sombra leguminosa	Bosque	41.19	41.19
						Infraestructura	6	6
						Área no definida	2.54	2.54

**Anexo 2.** Criterios e indicadores para la evaluación de los servicios ambientales biodiversidad, agua y fijación de carbono

<b>SERVICIO AMBIENTAL</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>No Indicadores</b>	<b>INDICADORES</b>
BIODIVERSIDAD	CALIDAD DE HABITAT	5	Número de estratos arbóreo
			Número de especies de árboles nativos por hectárea
			Número de árboles y arbustos mayor a 5 cm Diámetro a la altura del pecho en 1 ha
			Valoración cualitativa de incidencia de epífitas en los arboles
			Porcentaje de cobertura de sombra
	USO DE AGROQUIMICOS	3	Numero de aplicaciones de herbicida
			Numero de aplicaciones de pesticida
			Numero de aplicaciones de fertilizantes
AGUA	AGUA	3	Manejo de contaminación del agua
			Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos, y sedimentación en las partes bajas de los caminos
			Obras de prevención o recuperación
CARBONO	CARBONO FIJADO POR ARBOLES Y ARBUSTOS	2	Toneladas de carbono fijado por los arboles por hectárea
			Toneladas de carbono fijado por cultivos perennes por hectárea

**Anexo 3.** Valores de criterios e indicadores por criterios en fincas con sistemas de café con sombras manejadas de manera Certificada.

<b>Criterios</b>	<b>Indicadores para cada criterio</b>	<b>Valor de los indicadores</b>	<b>Valor del criterio</b>
Calidad de Hábitat	Número de estratos arbóreos	2.32	14.52
	Número de especies de árboles nativos por hectárea	3.42	
	Número de árboles y arbustos mayor a 5 cm Diámetro a la altura del pecho en 1 ha	8.25	
	Valoración cualitativa de incidencia de epifitas en los arboles	0.31	
	Porcentaje de cobertura de sombra	0.21	
Uso de agroquímicos	Número de aplicaciones de herbicida	-2.33	-5.18
	Número de aplicaciones de pesticida	-0.77	
	Número de aplicaciones de fertilizantes	-2.08	
Agua	Manejo de contaminación del agua	2.25	4
	Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos, y sedimentación en las partes bajas de los caminos	-0.88	
	Obras de prevención o recuperación	2.62	
Carbono fijado por árboles y arbustos	Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea	39,459.35	41.789
	Toneladas de carbono fijado por cultivos perennes por hectárea	2,330.33	

**Anexo 4.** Valores de criterios e indicadores por criterios en fincas con sistemas de café con sombras manejadas de manera tradicional (no certificada)

<b>Criterios</b>	<b>Indicadores para cada criterio</b>	<b>Valor de los indicadores</b>	<b>Valor del criterio</b>
Calidad de Hábitat	Número de estratos arbóreo	1.98	9.75
	Número de especies de árboles nativos por hectárea	1.98	
	Número de árboles y arbustos mayor a 5 cm Diámetro a la altura del pecho en 1 ha	5.21	
	Valoración cualitativa de incidencia de epifitas en los árboles	0.40	
	Porcentaje de cobertura de sombra	0.16	
Uso de agroquímicos	Número de aplicaciones de herbicida	-3.74	-6.08
	Número de aplicaciones de pesticida	- 1.27	
	Número de aplicaciones de fertilizantes	-1.07	
Agua	Manejo de contaminación del agua	1.91	2.08
	Evidencia de erosión o deslizamiento en los nacimientos, ríos, caminos, y sedimentación en las partes bajas de los caminos	-1.75	
	Obras de prevención o recuperación	1.91	
Carbono fijado por árboles y arbustos	Toneladas de carbono fijado por los arboles por hectárea	16,611.19	18.732
	Toneladas de carbono fijado por cultivos perennes por hectárea	2,120.37	

**Anexo5.** Lineamientos generales de evaluación de C.A.F.E, Starbucks Coffee Company (2007).

LINEAMIENTOS	CRITERIOS
1. Calidad del producto	<p>1.1 Calidad del grano: tienen que cumplir con lo siguiente tamaño de criba 15mm y mas, uniformidad y regularidad en el tamaño de los granos y color verde bien definido.</p> <p>1.2 Calidad de la taza: todos los café se compran siguiendo indicaciones muy específicas. Starbucks establecerá con los proveedores, cuales son los café que se aprueban de acuerdo con la calidad que se compre.</p>
2. Responsabilidad financiera	<p>2.1 Incentivos para la sostenibilidad: mediante sus políticas de compra y determinación de precios, Starbucks busca incentivar y apoyar la producción, el procesamiento y la comercialización sostenibles de café.</p> <p>2.2 Viabilidad financiera: la viabilidad financiera a largo plazo de los productores es vital para que puedan mantenerse en el negocio</p>
3. Responsabilidad social	<p>3.1 Prácticas de contratación y políticas laborales: los productores deben garantizar prácticas y políticas laborales justas, que protejan a los empleados y velen por ellos.</p> <p>3.2 Condiciones laborales: los sistemas de producción de café deberán garantizar protección contra los peligros propios del lugar de trabajo y actuar de conformidad con las leyes relacionadas con la salud, la seguridad ocupacional y las condiciones de vida.</p>
4. Liderazgo ambiental en la producción de café	<p>4.1 Protección de los recursos hídricos: cultivar y cosechar café de un modo que los recursos hídricos no se vean afectados tanto en la superficie como el subsuelo.</p> <p>4.2 Protección de suelos: conservar la salud y la productividad de los suelos, a fin de garantizar la producción sostenible de café y la viabilidad ininterrumpida de otros recursos bióticos que se encuentren en la finca.</p> <p>4.3 Conservación de la diversidad biológica: fomentar prácticas de producción cafetalera que mantengan e incluso aumenten y mejoren la biodiversidad natural y el funcionamiento de los ecosistemas.</p> <p>4.4 Gestión ambiental y seguimiento: consiste en la planificación y el uso racional de los agroquímicos que contribuyan a mejorar las fincas y la seguridad de los trabajadores.</p>
5. Liderazgo ambiental en beneficiado de café	<p>5.1 Beneficiado húmedo: el café debe de ser procesado con métodos que reduzcan el consumo de agua y protejan la calidad, minimizando los impactos ambientales de los desechos que se generen durante las labores. Fomentando la conservación de la energía como la producción de energía a partir de recursos renovables</p> <p>5.2 Beneficiado seco: minimizar el impacto ambiental de los desechos que facilite la reutilización de los desechos rescatables, fomentando la conservación de la energía a partir de recursos renovables.</p>

**Anexo 6. Norma para agricultura sostenible: Certificación Rainforest Alliance (2010).**

NORMAS	DESCRIPCIÓN
1. Sistema de gestión social y ambiental	Es el conjunto de políticas y procedimientos manejados por el productor o por la administración de la finca para planificar y ejecutar las operaciones de manera que se fomente la implementación de las buenas prácticas de manejo en esta norma.
2. Conservación de los ecosistemas	Los ecosistemas naturales son componentes integrales del paisaje agrícola y rural. Las fincas certificadas protegen los ecosistemas naturales y realizan actividades para recuperar ecosistemas degradados. Se enfatiza la recuperación de los ecosistemas naturales en áreas no aptas para la agricultura, así como el restablecimiento de los bosques riparios, que son críticos para la protección de los cauces de agua.
3. Protección de la vida silvestre	Las fincas certificadas protegen áreas naturales que contienen alimentos para los animales silvestres o que sirven para sus procesos de reproducción y cría. Se llevan a cabo programas y actividades especiales para regenerar o recuperar ecosistemas importantes para la vida silvestre en las fincas certificadas.
4. Conservación de los recursos hídricos	Las fincas certificadas realizan acciones para conservar el agua y evitar su desperdicio. Previenen la contaminación de aguas superficiales y subterráneas mediante el tratamiento y monitoreo de aguas residuales.
5. Trato justo y buenas condiciones para los trabajadores	Todos los trabajadores que laboran en fincas certificadas y las familias que viven en estas fincas, gozan de derechos y condiciones expresados por las Naciones Unidas en la <i>Declaración Universal de los Derechos Humanos</i> y en la <i>Convención sobre los Derechos de Niños</i> así como por los convenios y recomendaciones de la Organización Internacional de Trabajo (OIT).
6. Salud y seguridad ocupacional	Todas las fincas certificadas cuentan con un programa de salud y seguridad ocupacional para reducir o prevenir los riesgos de accidentes en sus sitios de trabajo. Todos los trabajadores reciben capacitación acerca de la forma en que deben realizar sus labores de manera segura, especialmente en la aplicación de agroquímicos.
7. Relaciones con la comunidad	Las fincas certificadas contribuyen al desarrollo económico local mediante la capacitación y el empleo, e intentan evitar impactos negativos en las áreas, actividades o servicios importantes para la población.
8. Manejo integrado del cultivo	La Red de Agricultura Sostenible fomenta la eliminación del uso de productos químicos reconocidos internacional-, regional- y nacionalmente por su impacto negativo en la salud humana y los recursos naturales. Las fincas certificadas contribuyen a la eliminación de estos productos mediante el manejo integrado del cultivo para disminuir los riesgos y efectos de infestaciones de plagas.
9. Manejo y conservación del suelo	Las fincas certificadas realizan actividades para prevenir o controlar la erosión y así disminuir la pérdida de nutrientes y los impactos negativos en los cuerpos de agua. Las fincas cuentan con un programa de fertilización basado en las necesidades de los cultivos y en las características del suelo.
10. Manejo integrado de desechos	La finca debe contar con un programa de manejo integrado para desechos generados en la finca. Este debe estar fundamentado en los conceptos de rechazar y reducir el uso de productos que tengan impactos negativos reales o potenciales sobre el ambiente o la salud humana, así como en reducir, reutilizar y reciclar los desechos.

**Anexo 7.** Especies arbóreas que almacenan mayor cantidad de carbono dentro del café agroforestal en fincas ubicadas alrededor de la Reserva Natural Macizo de Peñas Blancas, Jinotega-Matagalpa

Especies	Cantidad de Carbono Almacenado por planta( t c plan)
Areno ( <i>Laetia procera</i> )	5,68
Canelo( <i>Ocotea yeraquensis</i> )	4,53
Mampas( <i>Lippia myriocephala</i> )	3,58
Tamarindo /Come Negro ( <i>Dialum guianense</i> )	3,19
Anisillo ( <i>Crotom bilbergianus</i> )	2,15
Cuadradillo (ID)	2,11
Tatacon (ID)	1,28
Guácimo de ternero( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	0,58
Búcaro( <i>Erythrina poeppigiana</i> )	0,53
Jiñocuabo( <i>Bursera simaruba</i> )	0,52

## Anexo 8. Glosario de Instituciones

Institución	Institución	Logotipo
Alianza para Bosques	RAINFOREST	
Exportadora Atlantic S.A.	ATLANTIC	
Asociación de cooperativas de pequeños productores de café de Nicaragua-Central de cooperativas de cafetaleros del Norte.	CAFENICA -CECOCAFEN	
Cooperativa Multisectorial de Productores de café orgánico de Matagalpa	COOMPROCOM	
Fondo de desarrollo Agropecuario-Servicios Técnicos Agropecuarios S.A.	FONDEAGRO –SERVITECA	
Instituto de Investigación Aplicada y Promoción del desarrollo local	NITLAPAN (Tiempo de Sembrar)	