

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

“EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CONSERVACIÓN DEL AGUA, CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE SUELO, DEL SUBSISTEMA CAFÉ (*Coffea arabica*) Y OTROS USOS DE LA TIERRA DE LA FINCA RANCHO CARMELA SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO.”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala.

POR:

JOSÉ ADOLFO VILLATORO CASTILLO

Previo a conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Quetzaltenango, Mayo de 2012

UNIVERSIDAD SAN CALOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios.
Secretario General: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General CUNOC: Licda. María del Rosario Paz Cabrera
Secretario Administrativo: Lic. César Haroldo Milian Raquena

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Dr. Oscar Arango B.
Lic. Teódulo Cifuentes

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luís E. Rojas Menchú
Br. Víctor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

Ing. Agr. MSc. Juan Alfredo Bolaños González

**UNIVERSIDAD SAN CALOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
TÉCNICO PROFESIONAL**

PRESIDENTE

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Tovar Rodas

EXAMINADORES

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez L.

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento de Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO
HONORABLE MESA DE PROTOCOLO Y ACTO DE JURAMENTACIÓN

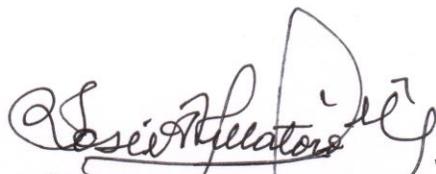
De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

“EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CONSERVACIÓN DEL AGUA, CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE SUELO, DEL SUBSISTEMA CAFÉ (*Coffea arabica*) Y OTROS USOS DE LA TIERRA DE LA FINCA RANCHO CARMELA - SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO”

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


José Adolfo Villatoro Castillo

Huehuetenango, mayo de 2012.

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente
Quetzaltenango

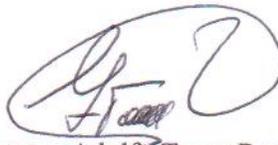
Maestro Alvarado.

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he concluido con el asesoramiento del Trabajo de Investigación de Graduación del estudiante José Adolfo Villatoro Castillo, el cual se titula:

“EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CONSERVACIÓN DEL AGUA, CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE SUELO, DEL SUBSISTEMA CAFÉ (*Coffea arabica*) Y OTROS USOS DE LA TIERRA DE LA FINCA RANCHO CARMELA - SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO.”

Dicho trabajo de investigación ha cumplido satisfactoriamente con los requisitos establecidos por la Universidad De San Carlos de Guatemala y por la carrera de Agronomía. Por lo cual me permito sugerirle su recepción oficial en la instancia respectiva para darle trámite a los efectos consiguientes para su publicación final.

Atentamente:



Ing. Agr. Gustavo Adolfo Tovar Rodas

Colegiado 568

Asesor TIG



Quetzaltenango, 30 de mayo de 2012.

Ing. Agr. M. Sc. Héctor Alvarado Quiroa.
Director de la División de Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente.

Apreciable Señor Director:

Atendiendo al nombramiento que la Dirección a su cargo me confirió, a través del Oficio No.021/SDCT/2012, me permito informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación del estudiante universitario JOSÉ ADOLFO VILLATORO CASTILLO, titulado:

“EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CONSERVACION DEL AGUA, CONSERVACION DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACION DE SUELO DEL SUBSISTEMA CAFÉ (Coffea arabica) Y OTROS USOS DE LA TIERRA DE LA FINCA RANCHO CARMELA – SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO”.

Aprovecho la oportunidad para indicarle la importancia del trabajo, el cual cumple con los requisitos para su aprobación.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. M. Sc. Carlos E. Gutiérrez L.
Colegiado 372
REVISOR.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 05-AGR-2012 de fecha treinta de mayo del año dos mil doce del (la) estudiante: JOSÉ ADOLFO VILLATORO CASTILLO con Carné No 200117546 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES, CONSERVACIÓN DEL AGUA, CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS DEL SUBSISTEMA CAFÉ (Coffea arabica) Y OTROS USOS DE LA TIERRA, DE LA FINCA RANCHO CARMELA, SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO.”

Quetzaltenango, 31 de mayo de 2012.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO:

A DIOS.

Por ser siempre la fuerza de mi vida y que me ha brindado la gracia, la sabiduría y la paciencia a lo largo de éste camino; enseñándome que con Fe, esfuerzo, voluntad y dedicación, nada es imposible y podemos llegar a alcanzar todo aquello que soñemos. A ti sea la honra y gloria.

A MI PADRE Y MADRE.

Mi padre Jaime Eduardo Villatoro Herrera por sus grandes esfuerzos y perseverancia para mi formación profesional, que ha sido la mejor herencia que me ha dejado. A mi querida madre muy especialmente: Aida Caridad Castillo Tovar de Villatoro (EPD), ser insustituible a quien agradezco su vida y todo su amor por mí para llegar a ser el hijo del que ella siempre se sintiera orgullosa y quien me impulsó a lograr mis sueños y anhelos. Que Dios la tenga en el lugar más bello del cielo. Gracias a los dos por educarme con amor y guiarme por el buen camino. Los Amo.

A MIS HERMANOS Y HERMANAS.

Siomara Carolina, Jaime Eduardo, Luis Francisco, Miguel Antonio y María Belén con quienes he compartido tantos momentos felices como algunos muy tristes, pero juntos siempre vamos hacia adelante. De cada uno de ellos tengo algo que admirar y un ejemplo que seguir. También los amo.

A MIS SOBRINOS

Joseph Paolo, José Eduardo, Luís Ángel, Gabriel Alejandro, Gabriela Belén y Orlando Joaquín, quienes me recuerdan el niño que aún llevo dentro y me hacen ver lo bello que es la vida con su inocencia, su gracia, sus travesuras y sus ocurrencias. Los llevo en el corazón.

A MIS ABUELTOS

Moisés Castillo (QEPD), un hombre sabio que siempre estará presente en mi vida, y Alicia Tovar, de quien he recibido tanto amor. Por sus consejos y ejemplos palpables en mi vida.

Mauro Jaime Villatoro y Zoila Herrera, por sus muestras de amor y de cariño. También por sus consejos para llegar a ser un hombre de bien.

A MIS TIOS Y TIAS

De quienes siempre recibí una ayuda, un sabio consejo, un apretón de manos, un abrazo o un beso. Muestras de cariño que han sido de bendición para mi vida. Los quiero a todos.

A MIS PRIMOS Y PRIMAS

Por los que siento un cariño muy especial y me han brindado momentos muy bellos en mi vida que nunca olvidaré.

A MIS AMIGOS

Que han estado conmigo en las buenas y malas, y hemos vivido momentos inolvidables en nuestra juventud. En especial a: Dafne, Marla, Ana Lucia, Jorge E. Raúl P; José David, Julio. Que pase lo que pase y esté donde esté, sé que siempre podre contar con ustedes.

A PERSONAS ESPECIALES EN MI VIDA

Geraldinne Alegría MacDonald, a quien admiro y quiero por su perseverancia y dedicación conmigo. Por su apoyo incondicional y su ayuda para la culminación de mi carrera. De ella he aprendido y sigo aprendiendo en muchos aspectos de la vida.

ESPECIAL AGRADECIMIENTO

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi alma mater quien me cobijo en su seno para formarme como profesional.

A FINCA RANCHO CARMELA Y SAN LORENZO

Especialmente a Ing. Agr. Jorge Estuardo Alfaro Tovar. Por haberme abierto las puertas para la realización de esta investigación, así también por el apoyo incondicional brindado en todo sentido a mi persona.

A MI ASESOR Y MAESTRO

Ingeniero Agr. Gustavo Adolfo Tovar Rodas, por brindarme todo su apoyo y por haber compartido todos sus conocimientos en la realización de éste trabajo de investigación.

A MI CONSULTORA

Ingeniera Rosa María Aguilar, coordinadora del departamento de Medio Ambiente de ANACAFÉ y coautora de la metodología para la evaluación de servicios ambientales. Por su tiempo y conocimientos puestos en ésta investigación. Su ayuda fue de vital importancia para lograr el correcto procesamiento de la información recabada.

A MI REVISOR

Ingeniero Carlos Gutiérrez, por su profesionalismo, amabilidad y valioso aporte logístico en la revisión final de éste documento.

A MIS COLABORADORES

Ing. Dither Mehlbaum, Ing. Rolando Samudio, Perito Forestal Sebastián Quiñones, Ing. Agr. Délmár Cruz, Don Victor y Don Candelario. Que gracias a su apoyo y conocimientos fue posible realizar satisfactoriamente dicha investigación.

A LOS DISTINGUIDOS PROFESIONALES

Ing. Héctor Alvarado, Ing. Henry López, Ing. Juan Bolaños, Ing. Jorge Trápaga, Inga. Floridalma Jacobs, Ing. Rony de Paz, Ing. Carlos Gutiérrez, Ing. Jesús Ronquillo, Ing. Imer Vásquez, Lic. Roberto Méndez. Ing. Javier Zúñiga. Quienes compartieron sus experiencias y conocimientos conmigo para desarrollarme profesionalmente.

A USTED, AMIGO LECTOR. CON MUCHO RESPETO.

ÍNDICE

No	TITULO	PAG
	RESUMEN	1
1.	INTRODUCCIÓN	2
1.1	OBJETIVOS	4
1.1.1.	OBJETIVO GENERAL	4
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1.	MARCO CONCEPTUAL	5
2.1.1.	Definición de Sistema	5
2.1.2.	Características de un sistema	5
2.1.3.	Componente, parte o elemento de un sistema	6
2.1.4.	Subsistema	6
2.1.5.	Definición de bienes y servicios ambientales	6
2.1.6.	Conservación del agua	7
2.1.6.1.	Calidad del agua	7
2.1.6.2.	Concentración de sólidos	7
2.1.6.3.	Sustancias tóxicas	8
2.1.6.4.	Compuestos orgánicos, nutrientes y patógenos	8
2.1.7.	Conservación del suelo	8
2.1.7.1.	Contaminación del suelo	9
2.1.7.2.	Sedimentación	9
2.1.7.3.	Erosión superficial	9
2.1.8.	Conservación de Biodiversidad	10
2.1.9.	Secuestro de carbono	11
2.1.10.	Definición de Evaluación	11
2.1.11.	Definición de Criterio	12
2.1.12.	Definición de Indicador	12

2.1.13.	Evaluación ambiental	12
2.2.	MARCO REFERENCIAL	13
2.2.1.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.	13
3.	METODOLOGÍA	15
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	15
3.1.1.	Aprobación del estudio	15
3.1.2.	Realización del croquis y mapas de la finca.	15
3.1.3	Ubicación y selección de lotes de muestreo representativos	16
3.1.4.	Establecimiento de parcelas y subparcelas de medición.	16
3.1.5.	Forma de evaluación de los servicios ambientales.	18
4.	VARIABLES DE RESPUESTA	19
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA	20
4.1.1.	CONSERVACIÓN DEL AGUA	20
4.1.1.1.	CRITERIO ÚNICO: conservación de agua	20
a.	Indicador uno: Manejo de contaminación de agua	20
b.	Indicador dos: Sedimentación en las aguas	21
c.	Indicador tres: Evidencia de erosión o deslizamientos	21
d.	Indicador cuatro: Obras de prevención de erosión en las fuentes de agua	22
4.1.2.	CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	23
4.1.2.1.	CRITERIO UNO: CALIDAD DE HÁBITAT	23
a.	Indicador uno: Número de estratos arbóreos	23
b.	Indicador dos: Número de árboles nativos en una hectárea	23
c.	Indicador tres: Número de especies mayor a 5cm de DAP	23
d.	Indicador cuatro: Incidencia de epífitas en los árboles	24
e.	Indicador cinco: Porcentaje de cobertura de sombra	24

4.1.2.2.	CRITERIO DOS: USO DE AGROQUÍMICOS.	24
a.	Indicador uno: Aplicación de herbicidas	25
b.	Indicador dos: Aplicación de plaguicidas	25
c.	Indicador tres: Aplicación de fertilizantes	25
4.1.3.	FIJACIÓN DE CARBONO	25
4.1.3.1	CRITERIO ÚNICO: CARBONO FIJADO ÁRBOLES Y CULTIVOS.	25
a.	Indicador uno: Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea	26
b.	Indicador dos: Toneladas de carbono fijado por cultivos por hectárea	26
4.1.4.	CONSERVACIÓN DEL SUELO	27
4.1.4.1.	CRITERIO ÚNICO: OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO	27
a.	Indicador uno: Porcentaje de cobertura de suelo	27
b.	Indicador dos: Incidencia de erosión	28
c.	Indicador tres: Obras de conservación de suelo	28
5.	RECURSOS	29
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
7.	CONCLUSIONES	46
8.	RECOMENDACIONES	47
9.	BIBLIOGRAFÍA	50
10.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

TÍTULO	PÁGINA
CUADRO 1. Variables de respuesta por servicio ambiental	19
CUADRO 2. Lugares de evaluación y evidencias de erosión	22
CUADRO 3. Lugares de evaluación y obras de conservación o recuperación	26
CUADRO 4. Variables necesarias para el cálculo de carbono fijado	26
CUADRO 5. Especificaciones sobre las variables por cultivo y/o especie	27
CUADRO 6. Usos del recurso agua en la finca Rancho Carmela – San Lorenzo	31

ÍNDICE DE FIGURAS

TÍTULO	PÁGINA
FIGURA 1. UBICACIÓN ADMINISTRATIVO DE LA FINCA RANCHO CARMELA – SAN LORENZO	14
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LOTES REPRESENTATIVOS Y LOTES DE MUESTREO	17
FIGURA 3. GEOPOSICIONAMIENTO, DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO DE (10,000 m ²) Y 4 SUBPARCELAS DE 500m ²	18

ÍNDICE DE TABLAS

TÍTULO	PÁGINA
TABLA 1. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DEL AGUA	32
TABLA 2. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD	37
TABLA 3. ÍNDICE DE FIJACIÓN DE CARBONO	40
TABLA 4. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DEL SUELO	42

ÍNDICE DE IMÁGENES

TÍTULO	PÁGINA
IMÁGEN 1. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DEL AGUA	35
IMÁGEN 2. CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD	39
IMÁGEN 3. MEDICIONES PARA OBTENCIÓN DE CAPTURA DE CARBONO	41
ÍMAGEN 4. EVALUACIÓN DE CONSERVACIÓN DEL SUELO	45

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	TÍTULO	PÁGINA
1	HOJA DE EVALUACIÓN 1. CONSERVACIÓN DEL AGUA	53
2	HOJA DE EVALUACIÓN 2. CRITERIO CALIDAD DE HÁBITAT	54
3	HOJA DE EVALUACIÓN 3. CRITERIO USO DE AGROQUÍMICOS	54
4	HOJA DE EVALUACIÓN 4. PORCENTAJE DE SOMBRA	55
5	HOJA DE EVALUACIÓN 5. FIJACIÓN DE CARBONO	56
6	HOJA DE EVALUACIÓN 6. CONSERVACIÓN DE SUELO	57
7	INVENTARIO DE ÁRBOLES DE LA FINCA RANCHO CARMELA – SAN LORENZO	58 - 64

“EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES: CONSERVACIÓN DEL AGUA, CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD, CAPTURA DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE SUELO, DEL SUBSISTEMA CAFÉ (*Coffea arabica*) Y OTROS USOS DE LA TIERRA DE LA FINCA RANCHO CARMELA SAN LORENZO, LA DEMOCRACIA, HUEHUETENANGO.”

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, La Democracia, Huehuetenango, cuyo objetivo fundamental fue establecer el estado actual de los servicios ambientales a nivel de finca, considerando que los servicios ambientales se definen como las funciones de los ecosistemas y agro ecosistemas que generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades.

Siguiendo la “Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales” de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ), se evaluaron los servicios de: *conservación del agua, conservación de la biodiversidad, fijación de carbono, y conservación del suelo*. El servicio ambiental conservación del agua, se evaluó a nivel de finca, mientras que los restantes se evaluaron por cada uso de la tierra encontrado. La metodología se basó en el uso de criterios e indicadores de conservación o contaminación, que facilitaron la definición del estado actual de los servicios ambientales y sus perspectivas.

La evaluación realizada mostró que la conservación de agua en la finca es muy satisfactoria con un índice del 90% con niveles casi óptimos y que los sistemas agroforestales en comparación a sistemas de producción tradicionales, poseen un alto nivel de conservación de los servicios ambientales, específicamente los *Cafetales con sombra natural de bosque* que obtuvieron el mayor puntaje de calidad de hábitat después del bosque, con un promedio de 0.46, en donde se encontraron también hasta 20 especies de árboles nativos y un promedio de fijación de carbono de 119.5 tC/ha. Para el índice de conservación del suelo, donde 1 es óptimo, se obtuvo una valoración de 0.96 para bosque primario, entre 0.72 y 0.88 los cafetales bajo sombra, con 0.66 potreros y del 0.5 en los rastrojos. La información generada puede apoyar la gestión en el mejoramiento, protección y conservación de los recursos naturales que proporcionan servicios ambientales en la finca, la aplicación de técnicas de protección a los recursos naturales que eviten de cualquier manera su contaminación o reducción. Así mismo puede gestionarse el pago por servicios ambientales con los que cuenta la finca para asegurar el mantenimiento y mejoramiento en la conservación de éstos servicios ambientales.

1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia, la producción de café en Guatemala ha sido una de las actividades productivas más importantes del país, impulsando el desarrollo de los guatemaltecos, especialmente en el área rural. Durante estos últimos años, adicional a la producción de calidad, los caficultores están comprometidos a promover el bienestar de los guatemaltecos, principalmente de las comunidades aledañas a las fincas productoras de café.

Las plantaciones de café han constituido una actividad productiva importante por más de un siglo en nuestro país, como fuente de empleo e ingresos para la población rural, y como fuente de divisas para el país.

La mayor parte de los cafetales establecidos se cultivan bajo sombra, y constituyen verdaderos ecosistemas que aportan importantes beneficios al ambiente, dentro de los cuales se pueden mencionar: la generación de oxígeno, la captura de gases de efecto invernadero, la captación de agua, la disminución de la erosión del suelo, el mantenimiento del hábitat para especies vegetales y animales (nativos y migratorios), la conservación de la biodiversidad y de la belleza escénica, entre otros.

Pocos cultivos reciben tanta atención respecto a su relación con su entorno ecológico como el café, y uno de los ámbitos de interés en torno al producto es su impacto sobre éste. Es por estas razones que el efecto de la producción de café sobre el ambiente, es un tema que en la última década ha recibido una enorme atención desde el punto de vista científico, de la conservación y de la huella ambiental, que generan especialmente los procesos de producción.

La finca Rancho Carmela San Lorenzo es una empresa dedicada a la producción agropecuaria, para lo cual cuenta con un área de 330 hectáreas de tierra. En su distribución, las áreas más importantes son: Bosque con 146.38 hectáreas, luego están los cafetales distribuidos en diferentes lotes dentro de la finca y en un rango altitudinal de 1000 a 1500 msnm, y que son de especial interés para la presente investigación. Además, todo el cultivo se ha manejado bajo sombra, predominantemente del género *Inga*, sombra de bosque con especies nativas y un pequeño porcentaje con sombra mixta y sombra de macadamia en asocio con café.

La presente investigación propone establecer el estado actual de los servicios ambientales *conservación del agua, conservación de biodiversidad, captura de carbono y conservación del suelo*, a nivel del subsistema café (*Coffea arabica*) y otros usos de la tierra de la finca “Rancho Carmela – San Lorenzo”, a través de la metodología de “Evaluación de Servicios Ambientales en Café” creada en el año 2,006 para la Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ.

La evaluación de estos servicios ambientales se realizó por medio del uso de criterios e indicadores propuestos por la metodología, que facilitan la definición del estado actual de los servicios y hacia donde van dirigidos.

La información generada en esta investigación, ayudará a la toma de decisiones, a la reorientación de políticas ambientales de la finca y se logrará medir los impactos de los sistemas productivos. Así también, permitirá obtener las líneas de base para tomar iniciativas y acciones en el mejoramiento o mantenimiento de dichos servicios.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Generar información sobre el manejo y estado actual de los componentes ambientales, agua, suelo, biodiversidad y captura de carbono, en la Finca “Rancho Carmela – San Lorenzo”

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el estado de conservación de agua, suelo y biodiversidad en finca “Rancho Carmela – San Lorenzo”
- Cuantificar la cantidad almacenada de carbono en el subsistema agroforestal café (*Coffea arabica*).
- Determinar si las plantaciones de café (*Coffea arabica*) y bosque, de la finca “Rancho Carmela – San Lorenzo”, tienen el potencial para venta de servicios ambientales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Definición de Sistema

Sistema es un arreglo o estructura de componentes físicos, unidos o relacionados de tal manera que forman y actúan como una unidad según Becht1974, citado por Medina B., et. al., 2006. (9)

2.1.2. Características de un sistema

Sistema es un todo organizado y complejo; un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario. Es un conjunto de elementos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad. Según Bertalanffy, sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. (2)

Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y partes, y a la vez puede ser parte de un supersistema.

Los sistemas tienen límites o fronteras, que los diferencian del ambiente. Ese límite puede ser físico o conceptual. Si hay algún intercambio entre el sistema y el ambiente a través de ese límite, el sistema es abierto, de lo contrario, el sistema es cerrado. (2)

El sistema tiene interacción con el ambiente, del cual recibe entradas y al cual se le devuelven salidas. Al mismo tiempo también puede ser una amenaza para el sistema.

Un grupo de elementos no constituye un sistema si no hay una relación e interacción, que de la idea de un "todo" con un propósito. (2)

2.1.3. Componente, parte o elemento de un sistema

Todo sistema está constituido por partes que pueden o no ser sistemas (subsistemas). Los elementos o componentes de un sistema deben relacionarse entre sí, de lo contrario, no es un sistema.

Un sistema es más complejo, mientras más partes y más interconexiones existan entre esas partes. Como resultado de esas interacciones entre los elementos, surgen propiedades nuevas (propiedades emergentes) que no pueden explicarse analizando esos elementos de forma aislada. Por esta razón, mientras más elementos tenga un sistema, más propiedades "inesperadas" puede llegar a tener. (3)

2.1.4. Subsistema

Un subsistema es un sistema que es parte de otro sistema mayor (suprasistema o supersistema). En otras palabras, es un conjunto de elementos interrelacionados que, en sí mismo, es un sistema, pero a la vez es parte de un sistema superior. Es así que un sistema puede estar constituido por múltiples partes y subsistemas. (3)

2.1.5. Definición de Bienes y Servicios Ambientales

Los servicios ambientales se definen como las funciones de los ecosistemas y agro ecosistemas que generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades según Pérez et. al. 2002, citado en la metodología de evaluación de servicios ambientales de ANACAFÉ por Medina B, et. al. 2006. Los servicios ambientales son funciones ejecutadas por la naturaleza, imprescindibles para los seres humanos: regulación hídrica, de gases, climática y de disturbios físicos, abastecimiento de agua, control de erosión y retención de sedimentos, formación de suelos, ciclos de nutrientes, tratamiento de detritos, polinización, control biológico, refugio de fauna, producción de alimentos, materia prima, recursos genéticos, recreación de cultura, entre otras; y esos servicios están siendo usados como base para el cálculo del valor de la naturaleza. Los bienes ambientales son aquellos productos de la naturaleza que el ser

humano aprovecha directamente, tales como la madera, plantas medicinales y ornamentales, frutos, semillas, entre otros. (8)

Los servicios ambientales pueden valorarse a nivel global o local. Un servicio ambiental global es la regulación del clima. Según PASOLAC, la regulación hídrica es un servicio de interés local o territorial, pero en vista de escasez de agua en varios países, se está convirtiendo en un servicio de interés global (8).

2.1.6. Conservación del agua

El uso racional del agua o la conservación del agua es un concepto incluido en una política general de gestión adecuada de los recursos naturales, asociada a un desarrollo sostenible que permita aprovechar el recurso agua al máximo y evitar su degradación, para no comprometer ni poner en riesgo su disponibilidad futura. Se aplica en cualquier proyecto de ingeniería, arquitectura, urbanismo y agricultura que esté concebido en el marco de la protección y conservación de los recursos naturales. (5)

2.1.6.1. Calidad del agua

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo, sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. Para efectos de estos lineamientos se consideran las variables que se enumeran a continuación (12).

2.1.6.2. Concentración de sólidos

El término concentración de sólidos se refiere a la proporción de sólidos - minerales - en suspensión en un determinado cuerpo de agua. El tratamiento para potabilizarla requiere infraestructura y, eventualmente, altos costos de operación. El tamaño de las

partículas así como sus características químicas y físicas determinan el tipo de impacto y las posibles formas de tratamiento. Una concentración de sólidos muy alta en el agua produce también colores y sabores desagradables. La principal causa para un aumento en la concentración de sólidos en suspensión es generalmente el incremento de la erosión generado por actividades humanas. (12)

2.1.6.3. Sustancias tóxicas

Bajo esta denominación se incluyen un conjunto de sustancias tales como desechos industriales, metales pesados y agroquímicas cuyo consumo puede generar reacciones de toxicidad - leves o severas - en la población humana y animal asentada en la cuenca. Las fuentes de sustancias tóxicas son las actividades industrial, minera y agrícola. (12)

2.1.6.4. Compuestos orgánicos, nutrientes y patógenos

La presencia en altas concentraciones de compuestos orgánicos tales como heces, aguas residuales y restos de sólidos provenientes del beneficiado de las cosechas y otras actividades agrícolas, generan alta demanda biológica de oxígeno (DBO) y los nutrientes, como fósforo y nitrógeno, pueden conducir a la eutroficación de los cuerpos de agua. Por otra parte, la presencia de organismos patógenos, tales como coliformes fecales y otras formas bacterianas y virales constituyen la fuente de transmisión de enfermedades tales como el cólera, hepatitis y diferentes tipos de enteritis. (12)

2.1.7. Conservación del suelo

Los suelos constituyen el cuerpo natural, soporte de la vegetación y de numerosas formas de vida animal, a través del cual se completa parte de la fase terrestre del ciclo hidrológico. Asimismo, son el recurso natural y la base espacial a partir de la cual se realiza una gran variedad de desarrollos y actividades humanas, por ejemplo la agricultura. (10)

La conservación del suelo en la agricultura, la ganadería o la silvicultura, es un conjunto de prácticas aplicadas para promover el uso sustentable del suelo. La erosión, la compactación, el aumento de la salinidad y de la acidez del suelo son los mayores problemas relacionados con su manejo inadecuado; estas áreas con un manejo inadecuado

reducen significativamente su potencial productivo, por lo cual hoy se trabaja para renovar y acondicionar las técnicas productivas, a la preservación de los recursos naturales en general y del suelo en particular. Se debe observar que los recursos son limitados, no pudiendo ser desperdiciados. La planificación técnica previa es importante para la conservación del suelo. Es preciso también ver y evaluar la existencia de problemas, pues no es suficiente resolver sólo una parte del problema. (10)

2.1.7.1. Contaminación del suelo

Se refiere a la presencia de restos de sustancias químicas provenientes de actividades antrópicas como, por ejemplo, agroquímicos. (10)

2.1.7.2. Sedimentación

El transporte y deposición de sedimentos es un proceso natural que puede ser modificado - acelerado o desacelerado - por efecto de intervenciones humanas. Este proceso está determinado por factores geológicos, hidrológicos y socioeconómicos. Entre los primeros, predominan el tipo de formación y las condiciones estructurales en el sitio de origen de los sedimentos; en cuanto a los segundos, predominan las características de las lluvias, el régimen de escorrentía, la conformación de la red de drenaje y la geometría del cauce. En cuanto a los aspectos socio económicos, destacan las decisiones e iniciativas en materia de uso de la tierra y de los recursos. (10)

Los impactos del transporte y deposición de sedimentos son variados. Entre ellos se destacan la destrucción de obras de infraestructura, daños a cosechas e inundaciones. Dependiendo de las características químicas de los sedimentos, estos procesos podrían contribuir al enriquecimiento de los suelos en las áreas donde se hacen las deposiciones. (10)

2.1.7.3. Erosión superficial

La pérdida de suelos es la consecuencia de procesos erosivos. Estos pueden ser de carácter natural o acelerado por causas externas, entre las cuales se destaca la acción antrópica (proceso de degradación del relieve y subsuelo debido a acción humana). La

erosión de los suelos es una función de la erosividad de la lluvia, la velocidad y dirección de los vientos, la erodabilidad de los suelos, la longitud y gradiente de la pendiente, el grado y tipo de cobertura vegetal y el tipo y nivel de intensidad de intervención sobre los suelos.

La actividad agrícola y la construcción de infraestructuras viales en zonas de fuerte pendiente, unidas a lluvias de alta erosividad y suelos erodables, son dos de las causas más frecuentes de erosión acelerada por acción antrópica. (10)

2.1.8. Conservación de Biodiversidad

Biodiversidad o diversidad biológica es, según el *Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica*, el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones y con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta. (6)

El término «biodiversidad» es un calco del inglés «biodiversity». Este término, a su vez, es la contracción de la expresión «biological diversity» que se utilizó por primera vez en septiembre de 1986 en el título de una conferencia sobre el tema, el *National Forum on BioDiversity*, convocada por Walter G. Rosen, a quien se le atribuye la idea de la palabra. (6)

Cualquier proyecto productivo u otra índole; puede afectar la biodiversidad de diversas maneras; bien de una forma negativa, neutra o de forma positiva, así pues, protegiéndola a través de la creación de áreas protegidas, o disminuyéndola al introducir unas pocas especies de alta productividad que desplazarán a las especies autóctonas. Igual consideración merece la fauna, cuya existencia puede entrar en contradicción con el desarrollo de algunas actividades humanas. (13)

2.1.9. Secuestro de carbono

En términos generales, el término secuestro se refiere al proceso de captura de una sustancia en estado libre y agregada a otro material. El secuestro de carbono, concepto adoptado por la COP 3 (Kioto, 1997), es la captura y almacenamiento de CO₂ y CO₂ equivalente de la atmósfera con la finalidad de contener y revertir el calentamiento resultante del efecto invernadero. (11)

La conservación de los depósitos de carbono presentes en los suelos, bosques y otros tipos de vegetación, la preservación de los bosques nativos, la forestación de bosques y sistemas agroforestales, la recuperación de áreas degradadas y la captura de CO₂ por algas oceánicas, plantas y otros organismos para la fotosíntesis, son acciones que contribuyen, desde el punto de vista biológico, a la reducción de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Calcular la biomasa que tiene una planta, bosque o depósito, el carbono que hay almacenado en los productos madereros y la cantidad de CO₂ que es absorbido durante la fotosíntesis son formas de estimar la cantidad de *carbono secuestrado*. (11)

2.1.10. Definición de Evaluación

La **evaluación** es la acción de estimar, apreciar, calcular o señalar el valor de algo. Es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas. La evaluación a menudo se usa para caracterizar temas de interés en una amplia gama de servicios humanos y es necesaria para la mejora continua. (4)

2.1.11. Definición de Criterio

Un **criterio** es una condición/regla que permite realizar una elección, lo que implica que sobre un **criterio** se pueda basar una decisión o un juicio de valor. Es un aspecto considerado importante para la evolución de un servicio ambiental. (8)

2.1.12. Definición de Indicador

Un indicador es una medida simple de una realidad compleja. Es una herramienta de medida que permite caracterizar o brindar información, de forma simplificada y sencilla, a través de la relación entre variables. Es la expresión cuantitativa o cualitativa de una variable que permite describir algún aspecto de la intervención y ayuda a valorar lo alcanzado en relación con un parámetro de referencia. (7)

2.1.13. Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental identifica maneras de mejorar ambientalmente los proyectos, proceso de producción, explotación agrícola o de otra índole y minimizar, atenuar, o compensar los impactos adversos. Alertan pronto sobre la existencia de problemas, por lo que las evaluaciones ambientales:

- Posibilitan tratar los problemas ambientales de manera oportuna y práctica
- Reducen la necesidad de imponer limitaciones al proyecto, porque se puede tomar los pasos apropiados con anticipación o incorporarlos dentro del diseño del proyecto; y,
- Ayudan a evitar costos y demoras en la implementación producidos por problemas ambientales no anticipados.

El propósito de la **evaluación ambiental** es asegurar que las opciones de desarrollo bajo consideración sean ambientalmente adecuadas y sustentables, y que toda consecuencia ambiental sea reconocida pronto y tomada en cuenta para el diseño de estrategias de mitigación. (1)

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, mide los impactos de los sistemas productivos, incentiva la investigación, entre otros aspectos. (8)

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. CARACTERISTICAS DEL LUGAR^[1] .

2.2.1.1 Ubicación geográfica.

La finca Rancho Carmela está localizada en el Km. 333.2 de la carretera interamericana hacia frontera La Mesilla, en el municipio de La Democracia, departamento de Huehuetenango. Está limitada al Norte con la aldea Guacamayas; al Este con la aldea Santa Rosa; al Sur con municipio de La Libertad y al Oeste con la Aldea “La Mesilla” frontera de México.

La localización geográfica del casco de la finca es 15⁰ 37' 43.7” latitud Norte y 91⁰ 57' 33” longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich; la altitud en que se encuentra asentada la unidad productiva es de 968 msnm. En la figura 1 se presenta un croquis de localización de la finca.

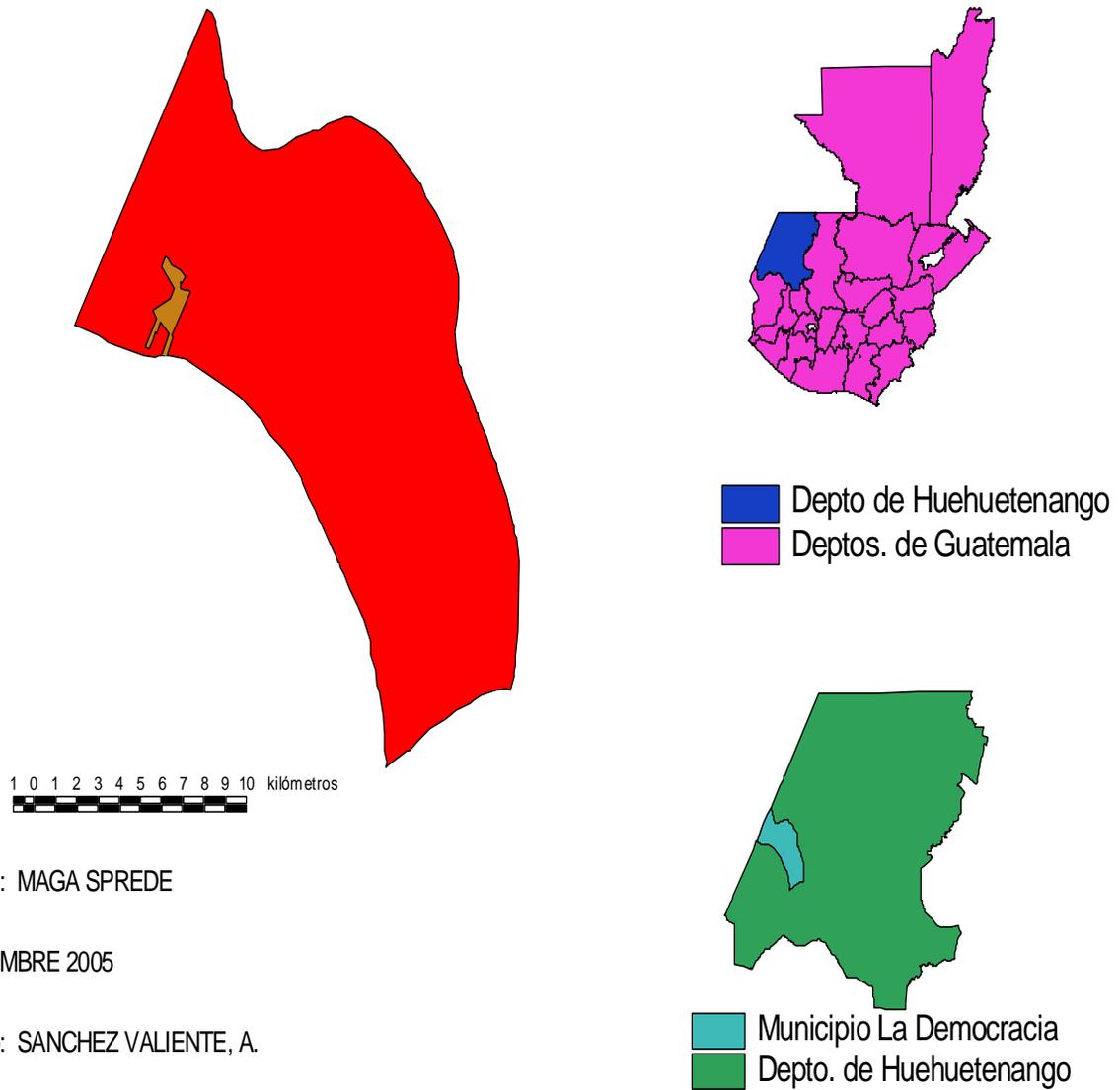
2.2.1.2 Características climáticas.

La zona de vida en que se ubica la finca se encuentra enmarcada dentro del Bosque Subtropical Seco (BSs). De acuerdo al régimen climático propuesto por Thornwaite el área está situada en un clima templado–húmedo con estación seca bien definida; la precipitación pluvial media anual es de 1,600 mm; la temperatura promedio anual es de 17.2 grados centígrados, con una mínima de 14 grados centígrados y una máxima de 30 grados centígrados.

[1] SANCHEZ VALIENTE, A. Informe Final, Prácticas Agrícolas y Forestales Supervisadas en Finca Rancho Carmela. ENCA. 3-4 p.

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA FINCA

UBICACION ADMINISTRATIVA RANCHO CARMELA,
A NIVEL MUNICIPAL, DEPARTAMENTAL Y NACIONAL



***fuente: Sánchez Valiente, A. Noviembre 2005**

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Para la ejecución de la investigación de los servicios ambientales: *conservación del agua, conservación de la Biodiversidad, captura de carbono y conservación de suelo*, en la Finca Rancho Carmela – San Lorenzo, municipio de La Democracia, departamento de Huehuetenango, se utilizó como principal herramienta de estudio la “Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales” de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) por Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. De esta manera, se siguieron los pasos sugeridos por la metodología que a continuación se describen a partir de la pág. (22 – 35):

3.1.1. Aprobación del estudio:

Se realizó una entrevista con el propietario de la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, haciendo el planteamiento de la investigación a desarrollarse en la finca, resaltando la importancia de los servicios ambientales, la necesidad de su evaluación y la utilidad de la información generada para la adquisición de sellos de certificación.

3.1.2. Realización del croquis y mapas de la finca.

Se elaboró un croquis de la finca, haciendo una actualización de los mapas ya existentes, proporcionados por el administrador. Con esto, se pudo ubicar lo siguiente:

- 4 usos de la tierra en los que está dividida la finca que son: *Bosque primario, Cafetales, rastrojos y potreros.*
- Los lotes en los que está dividido cada uso de la tierra
- Recorrido de los ríos y fuentes de agua
- Vías de acceso, carreteras internas y caminos de la finca

3.1.3 Ubicación y selección de lotes de muestreo representativos para evaluación a nivel de uso de la tierra

Al tener ya identificados los usos de la tierra: *bosque primario, cafetales, rastrojos y potreros*, se ubicaron y seleccionaron los lotes representativos para la evaluación de cada uno de ellos. Los lotes en cafetales fueron seleccionados por sus condiciones de manejo y en particular, por tipo de sombra de café, ya que se determinaron diferentes tipos de sombra en las plantaciones de café como sombra de Inga, sombra mixta, sombra de macadamia y sombra de bosque, se procedió a dividir los lotes, ubicando varias parcelas de muestreo por cada tipo de sombra encontrado. (Ver anexo 1)

3.1.4. Establecimiento de parcelas y subparcelas de medición.

La ubicación y establecimiento de las parcelas de medición, se realizó de la siguiente manera:

- La parcela de medición al igual que el lote, fueron representativos del uso de la tierra para evaluar.
- Cada parcela cubrió un área de una hectárea (10000 m²) en una forma cuadrada.
- Se establecieron cuatro subparcelas internas por cada parcela de una hectárea (10000 m²). Las dimensiones de cada parcela interna fueron de 20m x 25m, cubriendo un área de 500m² dejando un borde de 20 metros hacia los bordes externos de la misma. Entre las parcelas internas la distancia es de 10m y 20 metros respectivamente.(8)

**Figura 2. Ubicación de lotes representativos
Mapa de Finca Rancho Carmela – San Lorenzo.**



 Parcelas de muestreo.

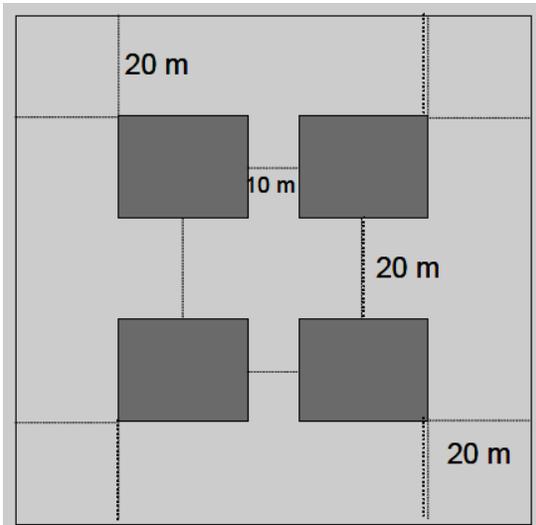


**Mapa Rancho Carmela
San Lorenzo**

00.04 0.05 0.16 0.24 0.32
 metros
1:22,000

Proyección Geográfica Transversal Mercator-GTM
Mapa Elaborado por José Villalón
Año 2012
La Mejor, La Democracia,
Nuestro Trabajo.

Figura 3.
Imágenes de geoposicionamiento, diseño y distribución de la parcela de muestreo de 1ha (10000m²) y 4 subparcelas de 500m²



Geoposicionamiento



Medición



Marcación de Puntos



3.1.5. Forma de evaluación de los servicios ambientales.

Siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología, se realizó la toma de información para la evaluación de cada servicio ambiental. La secuencia sugerida para la toma de información de cada servicio ambiental fue: *conservación de agua, conservación de la biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo*. El servicio *conservación de agua* se evaluó a nivel de la finca, pues la toma de información por el uso de la tierra hace más dispendiosa la metodología. Los demás servicios ambientales se evaluaron por cada uso de la tierra. Cada servicio ambiental fue evaluado por uno o dos criterios a la vez, cada criterio evaluado con 2, 3, 4 ó 5 indicadores. (8)

4. VARIABLES DE RESPUESTA.

En total, se evaluaron 5 criterios y 17 indicadores como se muestra a continuación:

CUADRO 1. VARIABLES DE RESPUESTA POR SERVICIO AMBIENTAL

SERVICIO AMBIENTAL	CRITERIO	INDICADORES
CONSERVACION DEL AGUA	CONSERVACION DEL AGUA	Manejo de contaminación del agua
		Sedimentación en las aguas
		Evidencia de erosión o deslizamientos en nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en partes bajas de caminos
		Obras de prevención o recuperación
CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD	CALIDAD DE HABITAT	Número de estratos arbóreos
		Número de especies de árboles nativos por hectárea
		Número de árboles y arbustos en una hectárea con DAP mayor a 5 cm.
		Valoración cualitativa de incidencia de epífitas en los árboles
		Porcentaje de cobertura de sombra
	USO DE AGROQUIMICOS	Aplicación de herbicidas
		Aplicación de plaguicidas
		Aplicación de fertilizantes
	FIJACION DE CARBONO	CARBONO FIJADO POR ARBOLES Y ARBUSTOS
Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea		
CONSERVACION DEL SUELO	CONSERVACION DEL SUELO	Porcentaje de cobertura del suelo
		Incidencia de erosión
		Obras de conservación del suelo

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA (A partir de: “Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006” (8)

4.1.1. CONSERVACIÓN DEL AGUA.

Para los indicadores de conservación de agua, se buscó identificar las acciones que contaminan el agua, de igual forma, las acciones que la protegen, haciendo un inventario de las fuentes de agua en la finca y el uso que se les da a las mismas.

4.1.1.1. CRITERIO ÚNICO: conservación de agua

En este criterio se integró la evaluación de las acciones que contaminan el recurso y las obras de prevención y/o conservación, de la siguiente manera:

- en el primer indicador se evaluaron 6 actividades entre agrícolas y domiciliarias.
- en el segundo indicador se midió la sedimentación de los causes a la entrada y salida de la finca.
- en el tercer indicador se evaluó las evidencias de erosión y contaminación; y
- en el cuarto indicador se evaluaron las obras de prevención de erosión.

- El promedio de las calificaciones obtenidas en estos 4 indicadores proporcionaron el valor del criterio de *Conservación del agua*. (Ver hoja de evaluación 1)

e. Indicador uno: Manejo de contaminación de agua.

En este indicador se consideraron las siguientes acciones de manejo:

- Manejo de aguas mieles,
- Manejo de combustibles y aceites,
- lavados 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 y
- Manejo de aguas grises.

Para cada tipo de contaminación, el indicador negativo; un indicador neutral será un manejo adecuado mínimo, y un indicador positivo es un manejo más adecuado o de aprovechamiento del recurso. Si la respuesta fue un manejo inadecuado se calificó como 0, a medida que el manejo se volvió inadecuado, la calificación varió de 1 hasta 2 según la tabla. (Ver hoja de evaluación 1)

La calificación del indicador corresponde al promedio de las calificaciones de las acciones de manejo aplicables al uso de la tierra evaluado. Con el propósito de que cada uno de los tres indicadores tenga el mismo peso en la calificación del criterio, es necesario dividir este promedio entre 2.

f. Indicador dos: Sedimentación en las aguas.

La evaluación de este indicador se realizó a través de los resultados de sedimentación. Para ello se ubicaron los nacimientos importantes de la finca tomando una muestra de 2Lt. de agua dentro de conos de sedimentación. De esta misma forma también se ubicaron los puntos de descarga de aguas mieles o servidas de la finca y se tomó otra muestra de 2Lt. De esta forma se anotó el valor de los sólidos sedimentables.

Si la cantidad de sedimento en la fuente o cuerpo de agua fue mayor al salir de la finca que cuando entró, se calificó con 0, al ser igual se calificó con 1. Y por último, al ser menor, se calificó con 2.

El valor de este indicador resultó promediando la suma de las calificaciones obtenidas entre el número de ríos evaluados, y a este valor se le dividió entre 2 para mantener el mismo peso en la calificación del criterio.

g. Indicador tres: Evidencia de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.

Para la evaluación de este indicador se consideraron dos lugares de evaluación y dos tipos de evidencias, así:

Cuadro 2. Lugares de evaluación y evidencias de erosión

Lugar de evaluación	Evidencias de erosión
En los nacimientos y los ríos	Deslizamientos en las orillas
	Evidencias de erosión
En los caminos	Cárcavas o canalillos en la orilla de los caminos
	Areas de acumulación en la orilla de los caminos

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

- Cada evidencia de erosión hallada se calificó con 0, y al no ser hallada se calificó con 1.
- El indicador se calculó al promediar las calificaciones de las 4 evidencias

h. Indicador cuatro: Obras de prevención de erosión en las fuentes de agua.

Para este indicador se consideraron dos lugares de evaluación y dos tipos de evidencia.

Cuadro 3. Lugares de evaluación y obras de conservación o recuperación

Lugar de evaluación	Obras de conservación o recuperación
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

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

- Cada obra de conservación o recuperación hallada se calificó con 1, sin evidencia con 0. Al final, el indicador se calculó al promediar las calificaciones de las cuatro obras de conservación.

4.1.2. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.

Para esta evaluación se tomó como referencia que la calidad de hábitat se modifica por el manejo dado al agroecosistema, en este caso, el uso de agroquímicos. Por esta razón, el valor de la biodiversidad se da como la diferencia entre calidad de hábitat y el uso agroquímicos: $BIODIVERSIDAD = \text{Criterio Calidad de hábitat} - \text{Criterio Uso de agroquímicos}/10$. Todos los criterios e indicadores de este servicio ambiental se evaluaron en la parcela de una hectárea.(8) (Ver hoja de evaluación 2)

4.1.2.1. CRITERIO UNO: CALIDAD DE HÁBITAT

Este criterio describe las características del sistema de producción como un hábitat para la flora y fauna. Se basa en los criterios establecidos por Smithsonian Migratory Bird Center (1999) citado por Medina B, Muñoz, Haggard y Aguilar 2006. (8). El valor de este criterio es la suma de 5 indicadores a evaluados (Hoja de evaluación 2 y 3)

a. INDICADOR UNO: numero de estratos arbóreos

En esta sección, se contabilizaron los estratos de acuerdo a rangos de altura, asignando un punto por cada estrato. Se definen 4 estratos, así: bajo (<5m); medio bajo (5-10m); medio alto (10-15m) y alto (>15m) Utilizando un Hipsómetro para la medición de altura.

b. INDICADOR DOS: Número de especies de árboles nativos en una hectárea.

En este indicador se procedió a asignar un punto por cada especie de árbol o arbusto nativo presente en la parcela.

c. INDICADOR TRES: Número de árboles y arbustos mayores a 5cm de DAP (Diámetro a la altura del pecho) en una hectárea.

Para este indicador, el procedimiento seguido fue la contabilización de árboles mayores a 5cm de DAP incluyendo especies exóticas, este número dividido dentro de mil.

- d. INDICADOR CUATRO:** Valoración cualitativa de la incidencia de epífitas en los árboles.

Aquí, la presencia de epífitas se calificó de acuerdo a 3 categorías: 0= nada, 1= poco y 2= mucho. La valoración se tomó a nivel de cada uno de los lotes representativos. La presencia o no presencia de epífitas, implica el ofrecimiento de hábitat para insectos y por lo tanto para las aves y reptiles que los comen.

- e. INDICADOR CINCO:** Porcentaje de cobertura de sombra.

Para evaluar este indicador se utilizó el método de cuadrícula. (Hoja de evaluación 4)

4.1.2.2. CRITERIO DOS: USO DE AGROQUÍMICOS.

En este criterio se integró la frecuencia anual de la aplicación de productos sintéticos y su grado toxicológico. Para ello se establecieron 3 indicadores que corresponden a 3 categorías de productos (herbicidas, plaguicidas y fertilizantes). En la evaluación de cada uno de estos indicadores, se listaron los productos empleados, la frecuencia de aplicación y la toxicidad. A esta última variable se le asignó un valor según el grado toxicológico. Este valor se le llama *toxicidad estimada*. Los productos químicos de etiqueta verde tienen la calificación de -1, etiqueta azul -2, etiqueta amarilla con -3, etiqueta roja con -4, y un producto prohibido automáticamente con -4.

Posteriormente se multiplicó la frecuencia de aplicación anual por la *toxicidad estimada*, repitiéndose el procedimiento por cada producto empleado. La suma de dichas multiplicaciones constituye el valor final del indicador.

En cuanto al valor final del criterio *uso de agroquímicos*, éste se calculó sumando las tres calificaciones de los tres indicadores dividiendo el resultado dentro de 10. Los datos tomados en este criterio corresponden a cada lote representativo del uso de la tierra evaluado. (Anexo. Tabla de evaluación 4)

- a. **INDICADOR UNO:** Aplicación de herbicidas. Por cada producto utilizado se multiplicó el número de aplicaciones anuales por la valoración dada a la toxicidad del producto (toxicidad estimada) El valor final de este indicador fue la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados.

- b. **INDICADOR DOS:** Aplicación de plaguicidas. Se multiplicó el número de aplicaciones anuales por la valoración dada a cada producto (toxicidad estimada). El valor final de este indicador fue la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados.

- c. **INDICADOR TRES:** Aplicación de fertilizantes. En este indicador, tomando en cuenta que los fertilizantes dañan a cierto grado la biología del suelo, se asigna un valor de -1 por cada aplicación anual independiente del producto. El valor final de este indicador se obtuvo de la suma de las calificaciones dadas a todos los productos aplicados

4.1.3 FIJACIÓN DE CARBONO

En la evaluación de este servicio ambiental se midió la cantidad de carbono fijado por árboles, arbustos y cultivos en cada uso de la tierra sometido a la evaluación. Para ello, se realizó un inventario por cada lote representativo de cada uso de la tierra.

4.1.3.1. CRITERIO ÚNICO: CARBONO FIJADO POR ÁRBOLES, ARBUSTOS Y CULTIVOS.

En este criterio, la metodología a seguir fue la suma del carbono fijado por los cultivos y el carbono fijado por los árboles presentes en cada uso de la tierra. (Hoja de evaluación 5)

a. INDICADOR UNO: Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea.

Las variables medidas en este indicador fueron DAP (diámetro a la altura del pecho), altura y densidad de individuos por hectárea (Cuadro 4). Con estos datos se procedió a utilizar las ecuaciones de biomasa y luego la ecuación para calcular carbono (ver anexo) Se midió el DAP y altura en árboles, y CAR (circunferencia a 30 cm del suelo, a la altura de la recepa) y altura en el cultivo de café.

Cuadro 4. Variables necesarias para el cálculo de carbono fijado

Variable	Parcela de evaluación	observaciones
Densidad de individuos arbóreos por hectárea	Parcela de una 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 25 m	

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

b. INDICADOR DOS: Toneladas de carbono fijado por los cultivos por hectárea.

Para el cálculo de este indicador, se utilizaron las cuatro parcelas de 20 x 25 metros y se midieron las mismas variables que en el caso del carbono fijado para árboles y arbustos

Cuadro 5. Especificaciones sobre las variables por cultivo y/o especie.

Cultivo / especie	Diámetro a la altura del pecho	Altura	Otras observaciones
Bosques Tropicales	X	X	
Árboles en cafetales	X	X	
Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	X	X	El diámetro y la altura se miden en 25 plantas (5 plantas en 5 filas) en cada una de las parcelas internas, para un total de 100 cafetos medidos. * El diámetro se mide a la altura de la recepa, a 30cm desde la base de la planta.

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

4.1.4. CONSERVACIÓN DE SUELO

4.1.4.1. CRITERIO ÚNICO: obras de conservación del suelo.

En esta evaluación se emplearon 3 indicadores. El promedio de las calificaciones obtenidas en estos 3 indicadores conforman la calificación del criterio *conservación del suelo*. (Ver hoja de evaluación 6)

a. INDICADOR UNO: Porcentaje de cobertura de suelo.

Uso de Metodología Punta de Zapato: En cada lote de una hectárea, se caminó entre los surcos y cada 5 pasos, al parar se tomó un punto muy pequeño que cubre la punta del zapato y parte del suelo, luego se anotó el tipo de cobertura (zacates, hierbas de hoja ancha, plantas rastreras, hojarasca o suelo desnudo) observados sobre el suelo, repitiéndose hasta tener 100 puntos dentro de la hectárea de muestreo. (8)

Para calcular el valor de este indicador, se cuantificó en términos de porcentaje el área cubierta con hierbas (zacates, hierbas de hoja ancha y rastreras) hojarasca y suelo desnudo. Se sumó el porcentaje de hierbas y hojarasca restándole el porcentaje de suelo desnudo.

b. INDICADOR DOS: Incidencia de erosión.

Este indicador se evaluó recorriendo cada uso de la tierra, observando la existencia o no de cuatro diferentes evidencias de erosión:

- Cárcavas
- Deslizamientos
- Acumulación de sedimentos
- Otras señales de erosión como la erosión laminar.

Por cada tipo de evidencia de erosión encontrada se calificó con 0, de lo contrario se calificó con 1. Al final, la calificación de este indicador resultó de promediar las calificaciones dadas a las 4 evidencias, el indicador tiene un valor de 0.5.

4.3.3. INDICADOR TRES: Obras de conservación del suelo.

Este indicador se evaluó recorriendo cada uso de la tierra, se anotó la existencia o no de cuatro diferentes obras de conservación de suelo:

- Barreras vivas para protección y reducir escorrentía
- Obras físicas de control de erosión como terrazas o muros de piedra.
- Acciones de recuperación donde hubo erosión como muros de retención en las cárcavas o siembras en zonas de deslizamientos.
- Obras de captura o intercepción de agua como acequias o cajuelas.

Cada tipo de conservación hallada se calificó con 1. De lo contrario, se calificó con 0. Al final, la calificación de este indicador resultó del promedio de las calificaciones dadas a las 4 obras de conservación. (8)

5. RECURSOS

5.1. Humanos

- Asesor de investigación.
- Supervisor de investigación
- Personal Técnico de ANACAFE, Técnicos en Agrimensura CUNOC y Técnico Forestal (INAB)
- Personas que laboran en la finca “Rancho Carmela”.

5.2. Físicos

Los recursos físicos y económicos ascendieron aproximadamente a Q. 11,445.00 entre materiales y equipo y Q 5800.00 por asistencia técnica y asesoría, para un total de Q17, 245.00, sin incluir la colaboración de los trabajadores de la finca “Rancho Carmela”, en apoyo para la realización de las tareas de campo, permitiendo con este aporte una mejor ejecución de la investigación.

Equipo técnico y materiales	Precio
1 machete con su vaina	Q. 45.00
1 tablilla	Q. 15.00
1 mochila	Q. 75.00
1 calculadora sencilla	Q. 15.00
1 GPS	Q. 3000.00
1 Cámara fotográfica	Q. 3,500.00
1 cinta métrica de 50m	Q. 250.00
1 cinta diamétrica de 10m	Q. 175.00
2 vernier	Q. 520.00
1 metro de carpintero	Q. 35.00
1 Cono de sedimentación Imhoff	Q. 325.00
1 clinómetro para medir pendiente	Q. 2,000.00
1 brújula	Q. 400.00
1 rollo nylon rojo	Q. 50.00
1 rollo nylon amarillo	Q. 50.00
2 lápices	Q. 5.00
2 bolígrafos	Q. 5.00
3 resmas de papel bond	Q. 180.00
4 cartuchos de tinta de impresora	Q. 800.00

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

INDICADORES A NIVEL DE FINCA.

En esta clasificación, únicamente se evaluó el servicio ambiental de *conservación del agua* a nivel general de la finca Rancho Carmela – San Lorenzo

1. SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACION DEL AGUA



Por medio de la utilización de mapas, recorridos y observación de la finca, se identificaron 7 fuentes de agua dentro de la misma, que recorren los usos de la tierra: cafetales, potreros y zacateras. De éstos, 4 son nacimientos de agua y 3 son arroyos.

La forma en que se aprovechan los recursos o fuentes de agua, es de la siguiente manera:

Cuadro 6. Usos del recurso agua en la finca Rancho Carmela – San Lorenzo

Fuente de Agua	Utilización	Observaciones
Nacimiento de agua 1 	potable	Uso doméstico en la casa patronal
Nacimiento de agua 2 	pozo	Abastecimiento de familias de trabajadores permanentes y temporales de la finca
Nacimiento de agua 3 	potable	Uso doméstico en la segunda casa patronal y abastecimiento a tanque de vecinos de la comunidad
Nacimiento de agua 4	Abastecimiento de vecinos	Vecinos de la comunidad aprovechan el recurso y acarrear el agua según sus necesidades.
Arroyo 1	Riego de Pasturas y abrevadero	
Arroyo 2	Riego de pasturas y abrevadero	
Arroyo 3	Riego en potreros	

Con esta información, al realizar la evaluación de los indicadores que afectan la conservación del recurso agua, se obtuvieron los resultados que a continuación se describen:

TABLA 1. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DEL AGUA

		No. cuerpos de agua	3
		Nacimientos	4
		Uso de la tierra por donde pasan los cauces de agua	Cafetales Potreros Zacateras
CONTAMINACION	Agua mieles		1
	Combustibles		2
	Lavado de equipos		2
	Desechos finca		2
	Aguas negra		2
	Aguas grises		2
	PROMEDIO/2		1.83
SEDIMENTACION	No. cauces evaluados		7
	No. Cauces en los que la sedimentación en la entrada es igual que en la salida (calificación 1)		4
	No. Cauces en los que la sedimentación en la entrada es menor que en la salida (calificación 0)		3
	(Σ Calificación (4) /no. Causes (7)) /2		0.29
EROSION	Ríos	Deslizamientos a orillas	0
		Erosión	1
	Caminos	Acumulación de sedimentación en partes bajas	0
		Cárcavas o canalillos en orillas	1
	PROMEDIO		0.5
PROTECCION	Ríos	Vegetación protectora	1
		Obras de retención	1
	Caminos	Cunetas	1
		Desagües	1
	PROMEDIO		1
Valor Criterio (Promedio de los 4 indicadores)			0.90

*Formato de tabla: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

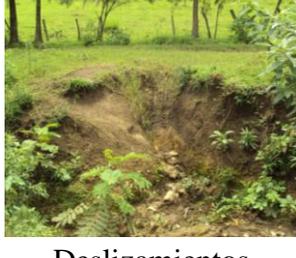
Resumen:

En el cuadro de índice de conservación del agua, se observa que el indicador de contaminación de los cuerpos y fuentes de agua de la Finca Rancho Carmela – San Lorenzo, muestra lo siguiente:

- **Promedio de contaminación=1.83.** Donde 0= *contaminación alta* y 2= *estado óptimo de conservación*. Por tanto, el indicador de contaminación del agua demuestra que la finca mantiene un porcentaje muy cercano de la consideración óptima de conservación de los recursos hídricos.
- Con respecto al uso del agua en los procesos de beneficiado del café, se puede comprobar que la finca cuenta con un beneficiado húmedo ecológico certificado, el cual muestra las siguientes características:
 - Recirculación del agua utilizada a través de bombas eléctricas sumergibles, para realizar los trabajos de despulpado y lavado del grano de café
 - Posas de oxidación y sedimentación de las aguas mieles del beneficiado del café
 - Fosas sépticas para las aguas residuales restantes de los procesos de beneficiado.
- De esta manera, que la utilización del agua en los procesos de beneficiado del café, se hace racionalmente, se reutiliza y algo muy importante es que no drena a las fuentes o cuerpos de agua que se encuentran en la Finca Rancho Carmela - San Lorenzo.
- **Calificación de sedimentación= 0.29.** Lo que hace referencia a un promedio de 30% de aumento en los sólidos sedimentables en la salida de los cuerpos de agua de la finca. Observamos que de los siete cauces o fuentes de agua evaluados, fueron 3 los que presentaron una mayor sedimentación en la salida de la finca que en la entrada. Cabe resaltar que todas las fuentes de agua, marcaron una suspensión de sólidos menor a 0.5 mm^3 en la entrada y menor a 1 mm^3 al salir de la finca.

- En este aspecto, cabe resaltar que la pulpa o cáscara del café resultante de la molienda en el beneficiado del café, no es botada a los cuerpos de agua encontrados en la finca. Por el contrario, este material orgánico es utilizado para la alimentación de la lombriz *coqueta roja (Eisenia foetida)* de la cual se obtiene un sustrato llamado lombricompost, que es usado en el vivero de almácigos de café y arboles de sombra dentro de la misma finca. Por lo tanto, en estos procesos de beneficiado, tampoco se contamina el agua con residuos orgánicos sedimentables provenientes del café.
- **Promedio de erosión= 0.5.** Esto indica que se encontraron 2 de las cuatro evidencias de erosión. Una de ellas es la acumulación de sedimentos en las partes bajas de los caminos y la otra, algunos deslizamientos en las orillas de diferentes partes de los arroyos de la finca, donde por lo menos dos de ellos presentan esos problemas.
- **Promedio de protección= 1.** Con esto, se evidencia que la finca aplica las 4 evidencias de protección consideradas en la evaluación. Sin embargo, haciendo una relación con el indicador anterior de erosión, parecen no ser suficientes. Algunas carecen de mantenimiento o bien no se encuentran en todos los lugares afectados y es necesario también aumentar estas acciones de protección en el recorrido de los caminos, los arroyos o fuentes de agua. A esto también adjudicamos los sólidos sedimentables en las fuentes de agua. Al determinar el promedio de los cuatro indicadores de conservación del agua, se obtuvo una puntuación de **0.90**. Quiere decir que la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, mantiene un alto nivel de conservación de los recursos de agua con los que cuenta.

Imágenes de Índice de Conservación del Agua

Manejo de Contaminación	Medición de Sedimentación	Evidencias de Erosión	Evidencias de Protección
 <p style="text-align: center;">Beneficio Ecológico</p>	 <p style="text-align: center;">Sedimentos en entrada</p>	 <p style="text-align: center;">Sedimentación en partes bajas</p>	 <p style="text-align: center;">Muros y cunetas</p>
 <p style="text-align: center;">Fosas</p>	 <p style="text-align: center;">Muestreo de sedimentación</p>	 <p style="text-align: center;">Sedimentación en partes bajas</p>	 <p style="text-align: center;">Vegetación protectora</p>
 <p style="text-align: center;">Posas de oxidación</p>	 <p style="text-align: center;">Sedimentos en la salida</p>	 <p style="text-align: center;">Deslizamientos</p>	 <p style="text-align: center;">Cunetas en los caminos</p>
 <p style="text-align: center;">Aboneras</p>	 <p style="text-align: center;">Sedimentos en la salida</p>	 <p style="text-align: center;">Deslizamientos</p>	 <p style="text-align: center;">Desagües en los caminos</p>

B. INDICADORES A NIVEL DE USOS DE LA TIERRA

En ésta segunda clasificación, se evaluaron 4 usos de la tierra encontrados en la finca, haciéndolo de la siguiente manera:

- Bosque Primario (1 parcela de muestreo)
- Cafetales:
 - con sombra de bosque (3 parcelas de muestreo)
 - con sombra de solo Inga, (4 parcelas de muestreo)
 - con sombra de Macadamia, (1 parcelas de muestreo)
 - con sombra mixta de Inga, Gravillea y Macadamia (1 parcelas de muestreo)
- Potreros, (1 parcelas de muestreo)
- Rastrojos (2 parcelas de muestreo)

La ubicación y número de parcelas de muestreo, se realizó en base a la homogeneidad y el manejo de cada uso de la tierra, así como su localización dentro de la Finca Rancho Carmela – San Lorenzo. Esta distribución permitió recabar de mejor manera la información de los aspectos a evaluados en los servicios ambientales: *conservación de la biodiversidad, captura de carbono y conservación del suelo* en cada parcela de muestreo de 1 hectárea. Se obtuvo un mayor número de parcelas de muestreo en cafetales como se indica anteriormente, debido a que se identificaron diferentes tipos de sombra, y además, por la ubicación y distribución de los lotes de café en diferentes áreas de la finca. (En el anexo, se puede observar la distribución de las parcelas de muestreo)

1. SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

De los 4 usos de la tierra: *bosque primario, cafetales, rastrojos y potreros*, quien obtuvo el mayor valor de calidad de hábitat fue el bosque primario, con una calificación de 38 puntos. Fue así como a partir de ésta puntuación, se tomó el punto de comparación para los demás usos de la tierra evaluados, en especial los cafetales como subsistemas agroforestales, ya que el bosque representa el hábitat natural y las características de biodiversidad de la región.

TABLA 2. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD.

Uso de la Tierra		Cafetales										Rastrojo Maíz 1	Rastrojo Maíz 2	Potrero
		Bosque Primario	La Cueva	Mayo	Casco Sn Lorenzo	La Peña	P. El Naranjo	El Amate	Posa de la Danta	Las 45-50	La Macadamia			
		Sombra Natural de Bosque	Mono sombra de Ingas (Chalum)				Ingas + Gravellea + Macadamia	Macadamia	-					
CALIDAD DE HABITAT	No. especies nativas	33	5	15	20	1	2	3	1	3	2	0	0	0
	No. especies exóticas	0	1	2	4	1	2	2	2	3	2	0	0	0
	No. arboles >5cm de DAP	517	195	227	113	335	381	350	255	365	259	0	0	0
	No. estratos	4	4	4	4	2	2	3	2	2	2	0	0	0
	Presencia de epifitas	65	21	23	19	4	3	5	3	11	3	0	0	0
	Porcentaje de sombra	93	54	75	72	48	69	59	59	56	48	0	0	0
	Indicador calidad de hábitat	38.59	9.84	20.07	25	3.85	5.07	6.95	3.95	5.95	4.75	0	0	0
USO DE AGRO QUÍMICOS	Herbidas	0	-2	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-4	0
	Plaguicidas	0	-4	0	0	-2	-2	-2	-4	-2	0	-9	-9	0
	Fertilizante	0	-4	-1	-1	-5	-5	-6	-4	-5	-4	-2	-3	0
	Indicador uso de agroquímicos	0	-1	-0.2	-0.2	-0.9	-0.9	-1	-1	-0.9	-0.6	-1.2	-1.6	0
Biodiversidad		38.59	8.84	19.87	24.8	2.95	4.17	5.95	2.95	5.05	4.15	-0.1	-0.2	0
ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD		1	0.23	0.51	0.64	0.08	0.11	0.15	0.08	0.13	0.11	0	0	0
ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POR TIPO DE SOMBRA		1	0.46			0.10			0.13	0.11	0	0		

*Formato de tabla: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

Resumen:

- En la parcela de muestreo del bosque natural, se lograron identificar 33 especies de árboles nativos dentro de 4 estratos arbóreos distribuidos entre <5m y >15m de altura (Ver anexo 7). Este uso de la tierra obtuvo el valor de 1, es decir 100% de calidad de hábitat del lugar, ya que no tiene ninguna intervención humana y por lo mismo, ninguna incidencia de uso de agroquímicos.
- De la diferencia entre las calificaciones de calidad de hábitat y uso de agroquímicos, se obtuvo el valor de biodiversidad, con el cual, se calculó el índice de biodiversidad comparando el resultado de cada uso de la tierra con el bosque primario. Partiendo de esto, encontramos que de los 4 usos de la tierra explotados en la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, fueron los cafetales los que obtuvieron el mayor puntaje de calidad de hábitat después del bosque primario. Los cafetales con sombra natural de bosque obtuvieron un promedio de 0.46, en donde se encontraron también hasta 20 especies de árboles nativos utilizados como sombra. Luego le siguen: Cafetal con sombra mixta de ingas, gravillea y macadamia con 0.13, cafetal con sombra de macadamia 0.11 y cafetal con mono sombra de ingas 0.10. En estos últimos, se encontraron además, de 1 a 3 especies de árboles nativos además de los árboles utilizados para sombra dentro de los mismos lotes.
- Se observa que en la producción de café, existe una baja a moderada utilización de agroquímicos y con el menor grado de toxicidad. El promedio del indicador de uso de agroquímicos en los lotes de *cafetales* es de -0.74. Por el contrario, el uso de la tierra con mayor incidencia en la aplicación de agroquímicos fue el de *rastrojos*, que se utiliza para el cultivo de maíz, con un promedio de -1.4.
- Los usos de la tierra *potreros* y *rastrojos*, según la evaluación realizada, no proporcionan una calidad de hábitat para las especies del lugar, con una calificación de 0 en el indicador de biodiversidad.

Imágenes de conservación de la biodiversidad

Calidad de hábitat	Cuidado del hábitat
 <p data-bbox="435 646 662 678">Estratos arbóreos</p>	
 <p data-bbox="402 1045 695 1077">Epífitas en los árboles</p>	
 <p data-bbox="444 1444 646 1476">Hábitat de aves</p>	
 <p data-bbox="444 1864 652 1896">Hábitat de Aves</p>	 <p data-bbox="893 1852 1328 1883">Uso responsable de agroquímicos</p>

2. SERVICIO AMBIENTAL DE CAPTURA DE CARBONO.

La evaluación para cuantificar la captura de carbono en la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, se realizó en las parcelas de 1ha ubicadas en los usos de la tierra: *bosque primario* y *cafetales*. En los potreros y rastrojos no se realizó la evaluación debido a la escasez de árboles en los mismos, lo cual no era representativo para el efecto del estudio.

Los resultados obtenidos de la fijación de carbono en los lotes por hectárea a partir de la evaluación, se describen así:

TABLA 3. ÍNDICE DE FIJACIÓN DE CARBONO

Finca	Tipo de sombra	Lotes	tC/ha árboles		tC/ha cultivo Café				tC/ha Total	Índice de Fijación de C
			Suma de Biomasa	tC /ha (B*0.5)	Suma de Biomasa	Kg C/ha (B*0.5)	Densidad de siembra/ha	tC /ha		
Rancho Carmela San Lorenzo	Bosque	Bosque Primario	514.92	257.46					257.46	1
	Sombra de Bosque	La Cueva	288.38	144.19	75.88	37.94	5500	2.09	146.28	0.57
		Mayo	161.70	80.85	117.74	58.87	6600	3.89	84.73	0.33
		Casco San Lorenzo	251.16	125.58	241.42	120.71	1700	2.05	127.63	0.50
	Promedio								119.5	0.46
	Sombra de Ingas	La Peña	44.84	22.42	112.10	56.05	9000	5.04	27.47	0.11
		El Naranjo	54.16	27.08	29.41	14.70	10000	1.47	28.55	0.11
		El Amate	100.78	50.39	124.96	62.48	12500	7.81	58.20	0.23
		La Danta	45.16	22.58	59.07	29.53	16600	4.90	27.48	0.11
	Promedio								35.42	0.14
	Sombra Ingas + gravillea + macadamia	Las 45-50	29.02	29.02	115.00	57.50	11100	6.38	35.40	0.14
	Sombra Macadamia	La Macadamia	58.04	22.98	92.62	46.31	18000	8.34	31.31	0.12

tC/ha café= ((fC/100)(densidad del cultivo))/1000. Donde fC= fracción de carbono en la biomasa en kg (0.5), 100= número de plantas muestreadas y 1000= kg en 1tonelada

Resumen:

- El carbono fijado en toneladas por hectárea del bosque primario de la finca Rancho Carmela – San Lorenzo fue de 257.46 tC/ha, con lo que se le adjudicó un índice de fijación de carbono de 1= 100% debido a que representa el área natural del lugar. Le siguen los cafetales con sombra de bosque con un promedio de 119.5 tC/ha correspondiente a un índice de fijación de carbono 0.46= 46% en comparación al carbono fijado por el bosque.
- Los cafetales con sombra de ingas y sombra mixta de ingas – gravillea – macadamia, dieron como resultado la fijación de 35.4 tC/ha equivalente al 0.14 = 14% Y Por último, los cafetales con sombra de macadamia obtuvieron la cantidad de 31.31 tC/ha con un índice de fijación de 0.12 = 12%
- Se establece entonces que los cafetales con sombra de bosque fijan cerca de la mitad de toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) que el bosque primario. Los cafetales con sombra de ingas, sombra mixta de ingas – gravillea – macadamia y sombra de macadamia, tienen cerca de la séptima parte del carbono fijado por el bosque por hectárea.

Mediciones para obtención de captura de carbono

Medición de Diámetro a la altura de la recepa en cafetos	Medición de la altura en cafetos	DAR + Altura
		

3. SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DEL SUELO

TABLA 4. ÍNDICE DE CONSERVACIÓN DEL SUELO.

Uso de la tierra		Bosque Primario	Cafetales									Rastrojo Maíz 1	Rastrojo Maíz 2	Potrero
			La Cueva	Mayo	Casco Sn Lorenzo	La Peña	P. El Naranjo	El Amate	Posa de la Danta	Las 45-50	La Macadamia			
			Sombra Natural de Bosque			Monosombra de Ingas (Chalum)				Ingas Gravillea Macadamia	Macadamia			
COBERTURA	Zacate	24	2	15	10	15	6	8	6	5	8	10	23	87
	Hoja Ancha	8	12	16	30	20	13	10	26	25	11	30	30	6
	Plantas rastreras	7	5	10	10	30	8	2	5	5	15	10	15	3
	Hojarasca	57	75	53	40	30	64	70	55	60	62	40	20	2
	Suelo	4	6	6	10	5	9	10	8	5	4	10	12	1
	Indicador cobertura	0.92	0.88	0.88	0.80	0.90	0.82	0.80	0.84	0.90	0.92	0.8	0.76	1
	Rango en %	92	80-88			80-90			90	92	76-80		1	
EROSION	Cárcavas o canalillos	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Deslizamientos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sedimentación	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
	Otras evidencias de erosión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Indicador Erosión	1	0.75	0.5	0.75	0.75	1	0.5	0.75	0.75	1	0.5	0.5	0.5
	Promedio de lotes	1	0.67			0.75			0.75	1	0.5		0.5	
PROTECCION	Siembra de vegetación protectora	-	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	Obras de retención	-	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
	Cunetas en los caminos	-	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
	Desagües	-	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
	Indicador Protección	*	1	0.25	0.75	0.75	0.5	1	0.75	0.5	0.25	0	0.25	0.5
	Promedio de lotes	*	0.67			0.75			0.5	0.25	0.13		0.5	
PENDIENTE (%)		57	55	48	32	55	67	48	30	50	56	53	40	27
Índice de Conservación de Suelo		0.96	0.88	0.54	0.77	0.80	0.77	0.77	0.78	0.72	0.72	0.43	0.5	0.66

*Formato de tabla: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, ANACAFE, 2006. (8)

Resumen:

- El indicador de cobertura en los lotes de muestreo, resultó de la siguiente manera: potreros con 100% de cobertura, del cual casi el 90% es zacate (gramíneas). Seguidamente, los usos de la tierra con mayor cobertura de suelo son: bosque primario y cafetal con sombra de ingas - gravillea - macadamia (92 %), con 90 % el cafetal con sombra de macadamia, entre el 80 y 90% los lotes de café con sombra de ingas, del 80% al 88% cafetales con sombra de bosque y por último encontramos a los rastrojos que están dentro de un rango de cobertura de suelo del 76 al 80%.
- Se encontró que la hojarasca es el tipo de cobertura predominante en la mayoría de los lotes muestreados, siendo el bosque con 57% y los cafetales quienes marcaron del 40% al 70% de ésta cobertura.
- Para la calificación del indicador de incidencia de erosión, se tomó 1 como la mejor calificación y 0 como la menor puntuación, por lo que en la tabla de resultados, entre más cerca de 1 está la puntuación del promedio de las calificaciones, significa una menor incidencia de erosión en los usos de la tierra evaluados. Los lotes con menor incidencia de erosión son: el bosque primario y los cafetales con sombra de macadamia con una puntuación de 1. Seguidamente, en orden descendente tenemos: Cafetales con sombra de Ingas y con sombra de ingas - gravillea -macadamia con 0.75 cada uno; cafetales con sombra natural de bosque 0.67, y por último, los rastrojos y potrero con 0.50.
- Respecto a las evidencias de erosión, se observó que en la mayoría de los usos de la tierra se encontraron algunas cárcavas y canalillos y en menor cantidad evidencias de sedimentación más que todo en los rastrojos y potrero. En relación a esto, es importante resaltar que el porcentaje de pendiente oscila entre 30% y 55% en los cafetales, 40% y 55% en rastrojos y un estimado de 27% en los potreros.
- En el indicador de obras de conservación del suelo pudimos observar que los lotes en los cafetales con sombra de bosque y sombra de ingas, se encontraron de 3 a 4 obras de

protección del suelo, con calificación promedio de 0.67 y 0.75 cada uno respectivamente. No obstante es necesario que se mantengan, se implementen y se mejoren estas obras de protección y conservación de suelo.

- Los cafetales de sombra mixta de ingas + gravillea + macadamia y propiamente el cafetal con sombra de macadamia, presentan únicamente 2 y 1 obras de conservación respectivamente con calificación de 0.5 y 0.25. Y por último encontramos al potrero y los rastrojos con 0.5 y 0 - 0.25.
- Para el índice de conservación del suelo, cuyo valor más alto es 1, se obtuvo una valoración de 0.96 para bosque primario, entre 0.72 y 0.88 los cafetales bajo sombra, con 0.66 al potrero y un aproximado del 0.5 a los rastrojos. De esta manera se tiene entonces que los usos de la tierra con mayor índice de conservación de suelo son los cafetales a continuación del bosque primario. En primer lugar cafetal con mono sombra de ingas y cafetal con sombra de bosque. Luego el cafetal con sombra mixta de ingas + gravillea + macadamia y el potrero. Aunque los indicadores ambientales de éstos dependen en gran parte al manejo que se le da, al tipo de sombra que tiene y las áreas de distribución dentro de la finca.
- Específicamente en el criterio de conservación del suelo, son los rastrojos los que presentan 2 de las 4 evidencias de erosión evaluadas y un mínimo de obras de conservación, resultados que pueden dar efectos adversos a la conservación, propiciar la erosión e incluso el aumento en la sedimentación en el agua.

Imágenes de Evaluación de Conservación de Suelo

Cobertura	Erosión	Protección
		
		
		
		

7. CONCLUSIONES

- Se establece a nivel general que el estado actual de los servicios ambientales *conservación del agua, conservación de la biodiversidad, captura de carbono y conservación de suelo* de la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, se encuentran en un nivel muy satisfactorio.
- Los indicadores de conservación a nivel de finca demuestran el cuidado de los recursos naturales que ésta posee. El agua obtuvo valores casi óptimos de conservación con un índice del 90%. Para el índice de conservación del suelo, se obtuvo una valoración de 96% para bosque primario, entre 72% y 88% los cafetales bajo sombra, con 66% al potrero y un aproximado del 50% a los rastrojos. Para el índice de biodiversidad, en el bosque natural se lograron identificar 33 especies de árboles nativos y obtuvo el valor de 100% de calidad de hábitat del lugar. Los cafetales con sombra natural de bosque obtuvieron un promedio de 46% de calidad de hábitat, en donde se encontraron también hasta 20 especies de árboles nativos utilizados como sombra. Con esto concluimos que los sistemas agroforestales, y en especial los *cafetales bajo sombra*, poseen un alto nivel de conservación de los servicios ambientales y los recursos naturales de la finca. Específicamente el subsistema café que muestra un gran potencial comparado con un sistema natural como lo es el bosque primario.
- La cantidad de carbono fijado por los lotes estudiados en finca Rancho Carmela – San Lorenzo fue de: 256.47 tC/ha en el bosque primario, 119.5 tC/ha en cafetales con sombra de bosque, 35.42 tC/ha en cafetales con sombra de ingas, 35.40 tC/ha que corresponden a cafetales con sombra mixta y 31.31 tC/ha en cafetales con sombra de macadamia, que demuestran el potencial del bosque y cafetales de la finca, para la oferta de captura de carbono, la cual puede beneficiar económicamente a dicha finca al obtener un sello de certificación.
- Con los resultados positivos obtenidos en conservación de la biodiversidad y el potencial de carbono fijado por hectárea, de la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, se determinó que dicha finca tiene un gran potencial para la oferta de éstos servicios ambientales, a través de sellos de certificación como: “Rainforest Alliance” y “Bird- friendly Migratory” así como en otro tipo de certificaciones que se encuentran disponibles para la caficultura de Guatemala.

8. RECOMENDACIONES

La finca Rancho Carmela – San Lorenzo debe continuar aplicando y mejorando las técnicas de protección a los recursos que proporcionan servicios ambientales.

- **Para la conservación del agua.** No se deben escatimar esfuerzos para evitar la contaminación de éste recurso. Debe ponerse mayor empeño en aumentar la implementación de métodos de protección como el uso de desagües y cunetas en algunos caminos, o bien en secciones de ellos, especialmente en las áreas con alta pendiente o con baja cobertura arbórea. También es necesario que se aumente el número de diques o muros de madera o piedra en la recuperación de los suelos con cárcavas en los diferentes lotes que ya se tienen identificados con este problema.
- Es necesario aumentar el cuidado de los cuerpos y nacimientos de agua que la finca posee, ya que es un recurso valioso con el que se cuenta. Algunas opciones para ello son: construir cunetas, muros y barreras que protejan de la sedimentación y la contaminación de nacimientos de agua, mantener un perímetro de árboles y vegetación que proteja el recurso agua o amortigüe la precipitación pluvial además de servir como humedal.
- **En la conservación de la biodiversidad.** Es recomendable mantener la mayor diversidad de especies arbóreas nativas para conservar la biodiversidad de flora y también de fauna, especialmente de aves dentro de la finca. En primer lugar, debe seguirse conservando el área natural de bosque con el que se cuenta, ya que es una gran fuente de biodiversidad especialmente en especies forestales nativas de la región.
- En segundo lugar, debe tenerse un mayor control en las áreas de cultivo de los rastrojos, para que se implementen diversos métodos de conservación de suelo como: curvas a nivel o de contorno, barreras vivas como el izote o barreras muertas con el material pedregoso del lugar para la retención del suelo y escorrentía, en especial los que están ubicados en las áreas de mayor pendiente. Y por último, hacer una supervisión para controlar el uso moderado de agroquímicos en los rastrojos y evitar los de alta toxicidad o que ya fueron prohibidos por sus daños a la salud y poblaciones de especies.

- Es recomendable gestionar el pago por los servicios ambientales con los que cuenta la finca Rancho Carmela – San Lorenzo, no solo para obtener un valor agregado especialmente en los productos de la caficultura, sino también el financiamiento que asegure el mantenimiento y mejoramiento en la conservación de éstos servicios ambientales. Algunos sitios donde puede obtenerse información o consultarse los pagos por servicios a través de sellos de certificación son:

- <http://nationalzoo.si.edu/ConservationandScience/MigratoryBirds/Coffee/default.cfm>

- <http://www.scscertified.com>

- <http://www.utzkapeh.org/>

- **Captura de Carbono.** Es importante tomar en cuenta que los sistemas forestales y agroforestales más apegados a los sistemas naturales, son los que cuentan con el mayor potencial en captura de carbono. Por ésta razón, la finca Rancho Carmela – San Lorenzo puede analizar la posibilidad de implementar un mayor número de especies nativas del lugar para sombra de los cafetales, ya que el cultivo de café es casi el único sistema de producción amplio que conserva árboles de bosque, especialmente si existen planes de aplicación de nuevas áreas para el cultivo.
- Debe tomarse en consideración la forma de ofrecer el servicio de captura de carbono, ya que hoy en día hay diversas instituciones o entidades que compran directamente este servicio o dan un incentivo a la finca como productora de café como pago de un comercio justo que cuida el ambiente, es responsable con la salud de la población y proporciona un producto inocuo.
- **En conservación del suelo.** Deben de mejorarse los aspectos de protección del suelo en todos los usos de la tierra para mejorar el índice de incidencia de erosión en los lotes, pero en especial en los rastrojos, tomando en cuenta también el porcentaje de pendiente que presentan (40% – 53 %). Es de vital importancia tomar en cuenta que uno de los factores fundamentales que se considera para la conservación de suelo es mantener coberturas vivas sobre él, por lo que debe analizarse el menor uso de agroquímicos para el control de las malezas. Otro factor importante es tomar en cuenta el tipo de cultivo que

se tiene y el manejo del sistema de producción, así como la pendiente y susceptibilidad del sitio o zonas de riesgo del mismo.

- Hay varias técnicas que pueden ponerse en práctica para mejorar la protección del suelo, de la siguiente manera:

- Aumentar la siembra de barreras vivas de plantas de protección que se encuentran en la zona como el izote (*Yucca elephantipes*) en las orillas de los caminos y dentro de las áreas de los cultivos especialmente en los rastrojos con alta pendiente. O bien construir barreras muertas como muros o diques con el material pedregoso que se encuentran dentro de los lotes o en los caminos

- Seguir la construcción de acequias y cajuelas utilizando el nivel en “A” para disminuir los efectos de escorrentía y evitar daños físicos y pérdida de suelo fértil, especialmente en las áreas con mayor porcentaje de pendiente y baja protección de coberturas vivas como los rastrojos y áreas de cafetales que obtuvieron valores altos de incidencia de erosión.

- Continuar realizando las siembras de nuevas plantaciones de café o cultivos en forma perpendicular a la pendiente utilizando un nivel o caballete. Construir terrazas o camellones también de forma perpendicular puede ayudar a disminuir el efecto escorrentía y la pérdida de suelo.

Por último, la finca Rancho Carmela - San Lorenzo, debe continuar implementando sus estrategias y planes de conservación de los servicios ambientales y buenas prácticas agrícolas, siempre con el apoyo técnico de ANACAFE.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Trabajo Técnico N. 139). Volumen I. Políticas, Procedimientos y Problemas Intersectoriales [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Evaluaci%C3%B3n_ambiental
2. Diccionario de ALEGSA. Definición de Sistema [en línea]. Santa Fe, Argentina 1998 – 2011. [Consulta: 25 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema.php>
3. Diccionario de ALEGSA. Elementos de un Sistema [en línea]. Santa Fe, Argentina 1998 – 2011. [Consulta: 25 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/elemento%20de%20un%20sistema.php>
4. Diccionario de la lengua española. Definición de Evaluación [en línea]. 22 ed. 2001. [Consulta: 22 marzo 2011]. Disponible en: buicon.rae.es/drae/
5. Fundación CIARA. Conservación del agua [en línea]. Venezuela. [Consulta: 17 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.ciara.gov.ve/ambiental/conservacion.html>.
6. García O., La biodiversidad invisible [en línea]. *Revista de Libros*, 159, mayo de 2009. [Consulta: 21 marzo 2011]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad>
7. Instituto Navarro de Administración Pública. Evaluación de Políticas Públicas [en línea]. Navarra España. [Consulta: 20 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/1BB115C8-F6D6-4FF7-A13E-14FD2F9564D6/111097/Glosariodeterminosevaluacionpoliticaspublicas.doc>.

8. Medina B., et. al. Evaluación de Servicios Ambientales. 1ª. Edición. Guatemala. ANACAFE, 2006. 36 p.
9. Portal anacafé. Finca Rancho Carmela [en línea]. Guatemala. [Consulta: 5 febrero 2011]. Disponible en: <http://portal.anacafe.org/fincaranchocarmela/>
10. Wikipedia, La enciclopedia libre. Conservación del suelo [en línea]. [Consulta: 17 marzo 2011]. Disponible en : http://es.wikipedia.org/wiki/Conservaci%C3%B3n_del_suelo
11. Wikipedia, La enciclopedia libre. Captura y Almacenamiento de Carbono [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2011]. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.redandi.org/content/secuestro-de-carbono>
12. Wikipedia, La enciclopedia libre. Calidad del Agua [en línea]. [Consulta: 18 de marzo 2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/VARIABLES_ambientales#Calidad_del_agua
13. Wikipedia, La enciclopedia libre. Variables Ambientales [en línea]. [Consulta: 17 marzo 2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/VARIABLES_ambientales

ANEXOS

HOJA DE EVALUACIÓN 1 CONSERVACIÓN DEL AGUA

INDICADOR UNO: Manejo de contaminación del agua (marcar con una x)						
Manejo de aguas mieles						
Al río (0)	Pozo de infiltración (1)	Laguna de aireación (2)		Otro (especificar) (2)		Calificación
Manejo de contaminación de combustibles, aceites						
Se tira en el río (0)	Se deposita lejos de fuentes de agua (1)	Colectada y llevada fuera de la finca (2)		Otro (especificar) (2)		
¿Dónde lavan los equipos usados para aplicación de agroquímicos?						
Se lava en el río (0)	Se deposita lejos de fuentes de agua (1)	Colectada y llevada fuera de la finca (2)		Otro (especificar) (2)		
Desechos de la finca (desechos orgánicos pulpa de café, desechos de otros cultivos)						
Al río (0)	Amontonado (1)	Compostado (2)		Otro (especificar) (2)		
Aguas negras de los habitantes						
Al río (0)	Pozo de infiltración (2)			Otro (especificar) (2)		
Aguas grises de los habitantes (de lavado)						
Al río (0)	Pozo de infiltración (2)			Otro (especificar) (2)		
PROMEDIO / 2						
INDICADOR DOS: Sedimentación en las aguas						
Río (nombre)	Usos de la tierra por los que pasan (en orden)	Cantidad de sedimento		Diferencia de sedimento		
		Al nacer o entrar a la finca	Al salir de la finca	(0) Si entradas < salidas	(1) Si entradas = entradas	(2) Si entradas > salidas
Σ Calificaciones / cauces) / 2						
INDICADOR TRES: Evidencias de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos						
				Severidad		Descripción
				Nada 1	Algo – mucha (0)	
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					
PROEMDIO						
INDICADOR 4. Obras de prevención o recuperación (SI = 1 y NO = 0). Describir las obras realizadas						
		Si (1)	No (0)	Descripción		
En los nacimientos y los ríos	Siembra vegetación protectora					
	Obras de retención					
En los caminos	Cunetas en los caminos					
	Desagües que llevan el agua a zonas de infiltración					
PROMEDIO						

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

**HOJA DE EVALUACIÓN 2
CRITERIO CALIDAD DE HÁBITAT**

Estrato	Especies		Número de individuos con DAP mayor a 5cm.	Presencia de epifitas y bejucos (no = , pocos 1, muchos 2)
	(genero y especie)	Nombre común		
Bajo <5m				
Medio bajo 5-10 m				
Medio alto 10-15 m				
Alto > 15 m				
Indicador 1 No. Estratos =	Indicador 2: No. Especies nativas =		Indicador 3: No. Árboles y arbustos > 5 cm DAP/1000 =	Indicador 4 =

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

**HOJA DE EVALUACIÓN 3.
CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS**

USO	PRODUCTO	Toxicidad estimada	NO. APLICACIONES ANUALES	No. Aplicación x toxicidad estimada	VALOR INDICADOR (suma de las calificaciones de todos los productos)
Indicador 1: HERBICIDAS					
Indicador 2: PLAGUICIDAS					
Indicador 2: FERTILIZANTES		-1			
VALOR DEL CRITERIO USO DE A GROQUIMICOS (Σ INDICADORES 1 A 3) / 10:					

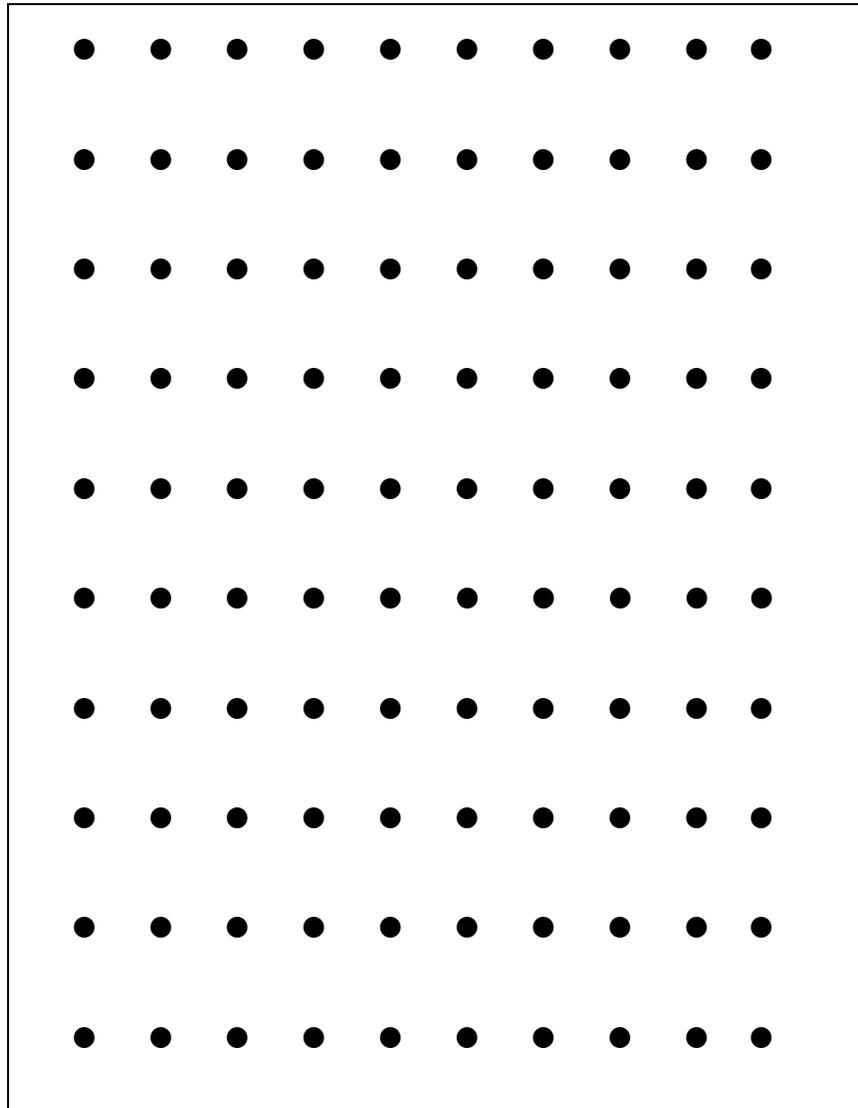
VALOR BIODIVERSIDAD: CRIETERIO HABITAT – CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

HOJA DE EVALUACIÓN 4 PORCENTAJE DE SOMBRA

- Monitoreo de sombra por planta de café.

Se recorrieron las cuatro parcelas de 500m² en cada lote representativo y se circularon las plantas de café que tenían sombra, en el siguiente cuadro. 400 plantas en total.



*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

HOJA DE EVALUACIÓN 5 FIJACIÓN DE CARBONO

	Indicador 1: CARBONO EN ARBOLES			Indicador 2: CARBONO EN CULTIVOS								
	Especie	DAP	Altura	Cafeto	CAR	Altura	Cafeto	CAR	Altura	Cafeto	DAP	Altura
PARCELA 1				1			10			19		
				2			11			20		
				3			12			21		
				4			13			22		
				5			14			23		
				6			15			24		
				7			16			25		
				8			17					
				9			18					
PARCELA 2 PARCELA 1				1			10			19		
				2			11			20		
				3			12			21		
				4			13			22		
				5			14			23		
				6			15			24		
				7			16			25		
				8			17					
				9			18					
PARCELA 3				1			10			19		
				2			11			20		
				3			12			21		
				4			13			22		
				5			14			23		
				6			15			24		
				7			16			25		
				8			17					
				9			18					
PARCELA 4				1			10			19		
				2			11			20		
				3			12			21		
				4			13			22		
				5			14			23		
				6			15			24		
				7			16			25		
				8			17					
				9			18					
	\sum carbono /# arboles) x densidad de siembra (/# arboles/ha x 10000) = _____ ton C/ha			\sum carbono /# cafetos) densidad de siembra (# cafetos /ha x 10000) = _____ ton C/ha								

Edad del cultivo: _____
Variedad: _____
Densidad de siembra: _____

VALOR CRITERIO CARBONO = C Arboles y C cultivos
--

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Hagggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

FORMULAS:

Biomasa en árboles= Densidad*1.25*1.3 (datos a partir de Quiñones, S. 2011. Principio del procesamiento de información para la estimación del contenido de carbono. Guatemala. ESTEFOR)

Biomasa en café= 10^{-1.15+(1.66*(LOG(CAR)))+(0.54*LOG(ALTURA))}

Fracción de Carbono en biomasa fC= 0.5 (Datos a partir de Suarez et.al, 2004)

HOJA DE EVALUACIÓN 6 CONSERVACIÓN DE SUELO

A. INDICADOR UNO: COBERTURA DE SUELO

Tipo de cobertura	Puntos	Porcentaje
Zacates		
Hierba hoja ancha		
Coberturas (rastreras)		
Hojarasca		
Suelo desnudo		
Helechos		
VALOR INDICADOR: ((PUNTOS ZACATES + HOJA ANCHA + RASTRERAS) – SUELO DESNUDO) /10		

METODO: Hacer muestreo de punto de zapato sobre las coberturas al suelo. Se camina entre los surcos del lote cada 5 pasos, se para y anota con una rayita el tipo de cobertura sobre el suelo. Se repite hasta tener 100 puntos dentro la hectárea de muestreo.

B. INDICADOR DOS: EVIDENCIA DE EROSION EN LOS LOTES

EVIDENCIAS	SI (0)	NO (1)
Erosión laminar como arrastre horizontal de material		
Cárcavas o canalillos dentro de los plantíos		
Deslizamientos en la parcela		
Áreas de acumulación de sedimentos		
Otras señales de erosión		
PROMEDIO		

C. INDICADOR TRES: OBRAS DE CONSERVACION DE SUELOS

ACCIONES	SI (1)	NO (0)
Barreras vivas o muertas dentro del plantío		
Obras de retención de suelo como terrazas, diques, muros de piedra o madera donde hubo formación de cárcavas		
Recuperación de áreas donde hubo deslizamientos por siembra de plantas		
Captación de agua en los plantíos por medio de acequias, cajuelas o cubetas		
Otras acciones de conservación de suelo		
PROMEDIO		

VALOR DEL CRITERIO = Σ de los tres indicadores)

*Fuente: Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales por Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

ANEXO 7.
INVENTARIO DE ARBOLES DE LA FINCA RANCHO CARMELA – SAN LORENZO

1. Inventario de árboles en Bosque Primario.

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Annona sp.</i>	Anona	5
	<i>Astronium sp.</i>	Zorro	3
	<i>Bursera simarouba</i>	Palo de jote	7
	<i>Diospyros sp.</i>		3
	<i>Eugenia uniflora.</i>	Eugenia	4
	<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba	2
	<i>Quercus sp.</i>	Roble	6
	<i>Trichila sp.</i>		5
Medio Bajo 5-10m	<i>Acasia indsil</i>	Ixcanal	4
	<i>Andira sp.</i>	Chaperno	36
	<i>Annona sp.</i>	Anona	35
	<i>Asteraceae</i>	Malacate	8
	<i>Astronium sp.</i>	Zorro	42
	<i>Bauhuinia purpurea L.</i>	Flor de Costa Rica	5
	<i>Bursera simarouba</i>	Palo de jote	35
	<i>Caesalpinia sp.</i>	Camaron	7
	<i>Cedrela mexicana</i>	Cedro de montaña	7
	<i>Clusia sp.</i>	mamey silvestre	2
	<i>Crescentia sp.</i>	Espino	2
	<i>Diospyros sp.</i>		59
	<i>Erythrina sp.</i>	Pito	2
	<i>Eugenia uniflora</i>	Eugenia	14
	<i>Euphorbia sp.</i>		2
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	31
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	21
	<i>Pseudobombax sp.</i>	Pumpo	3
	<i>Quercus sp.</i>	Roble	15
	<i>Sp 1</i>		6
<i>Tamarix sp.</i>	Taray	16	
<i>Tilia sp.</i>	Tilo	47	
<i>Trichila sp.</i>		18	

	<i>Urtica sp.</i>		20
Medio Alto 10-15m	<i>Andira sp.</i>	Chaperno	1
	<i>Astronium sp.</i>		4
	<i>Bursera simarouba</i>	Palo de jote	7
	<i>Caesalpinia sp.</i>		1
	<i>Diospyros sp.</i>		3
	<i>Eugenia uniflora</i>	Eugenia	1
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	2
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	1
	<i>Quercus sp.</i>	Roble	4
	<i>Tamarix sp.</i>	Taray	2
	<i>Tilia sp.</i>	Tilo	1
Alto > 15 m	<i>Andira sp.</i>	Chaperno	1
	<i>Bursera simarouba</i>	Palo de jote	1
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	2
	<i>Quercus sp.</i>	Roble	35
	<i>Tilia sp.</i>	Tilo	1
	<i>Tamarix sp.</i>	Taray	1

2. Inventario de árboles en lote “La Cueva”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Inga sp.</i>	Chalum	20
	<i>Datura stramonium</i>	Flor de campana	5
Medio Bajo 5-10m	<i>Inga sp.</i>	Chalum	40
	<i>Diphysa robinoide</i>	Guachipilin	11
	<i>Persea sp.</i>	Aguacate de monte	5
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	17
Medio Alto 10-15m	<i>Inga sp.</i>	Chalum	27
	<i>Nectandra sp.</i>		13
	<i>Persea sp.</i>	Aguacate de monte	26
Alto > 15 m	<i>Persea sp.</i>	Aguacate de monte	31

3. Inventario de árboles en lote “Mayo”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Astronium</i>		1
	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	4
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	2
Medio Bajo 5-10m	<i>Andira sp.</i>	Chaperno	3
	<i>Caesalpinia</i>	Camaron	3
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo	3
	<i>Delonix sp.</i>	Framboyan	4
	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	19
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	8
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	134
	<i>Mangifera</i>	Mango	2
	<i>Solanum sp.</i>		1
	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	6
	<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate	3
Medio Alto 10-15m	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo	2
	<i>Esp. 1</i>	Madre de Agua	2
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	2
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	10
	<i>Nectandra sp.</i>		2
	<i>Spathodea campanulata</i>	Llama del bosque	3
	<i>Spondia monbin</i>	Jocote mico	3
Alto > 15 m	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo	2
	<i>Cedrela mexicana</i>	Cedro	1
	<i>Erythrina sp.</i>		1
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	2
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	2

4. Inventario de árboles en lote “Casco San Lorenzo”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Citrus × sinensis</i>	Naranja	2
	<i>Citrus</i>	Lima	8
	<i>Citrus latifolia Tanaka.</i>	Limón persa	1
	<i>Citrus</i>	Mandarina	2
	<i>Eriobotia japonica</i>	Nispero	1
	<i>Euphorbia sp.</i>		1
Medio Bajo 5-10m			
	<i>Asteraceae</i>	Aster	2
	<i>Byrsonima crassifolia.</i>	Nance	1
	<i>Citrus</i>	Mandarina	4
	<i>Citrus</i>	Lima	6
	<i>Eriobotia japonica</i>	Nispero	3
	<i>Erythrina sp.</i>		2
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	23
	<i>Mangifera sp.</i>	Mango	2
	<i>Sphatodea campanulata</i>	Llama del bosque	4
Medio Alto 10-15m			
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumbo	1
	<i>Cedrela mexicana</i>	Cedro	2
	<i>Eugenia jambos</i>	Pomarrosa	1
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	15
	<i>Mangifera sp.</i>	Mango	2
	<i>Sphatodea campanulata</i>	Llama del bosque	2
Alto > 15 m	<i>Mangifera sp.</i>	Mango	3
	<i>Cedrela Mexicana</i>	Cedro	3
	<i>Esp. 1</i>	Aguacatillo	2
	<i>Ficus sp.</i>	Amate	2
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	4
	<i>Persea sp.</i>	Aguacate	2
	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>		1
	<i>Prunus lundelli</i>		1
	<i>Quercus sp.</i>	Roble	8
	<i>Swietenia macrophylla</i>		2

5. Inventario de árboles en lote “La Peña”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Datura stramonium</i>	Campana	5
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	20
Medio Bajo 5-10m	<i>Datura stramonium</i>	Campana	20
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	315

6. Inventario de árboles en lote “Plantilla El Naranjo”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m			
Medio Bajo 5-10m	<i>Diphysa ruminoide</i>		10
	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	1
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	2
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	353
Medio Alto 10-15m	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	15

7. Inventario de árboles en lote “El Amate”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m			
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	9
Medio Bajo 5-10m	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	3
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	281
	<i>Persea sp.</i>	Aguacate	4
Medio Alto 10-15m	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	52
Alto > 15 m	<i>Cedrela sp.</i>	Cedro	1

8. Inventario de árboles en lote “Posa de la Danta”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Gravillea robusta</i>	Gravilea	10
Medio Bajo 5-10m	<i>Cydistax donnell Smith</i>		5
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	340

9. Inventario de árboles en lote “ Las 45 – 50”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m	<i>Inga sp.</i>	Chalum	15
	<i>Tilia sp.</i>	Tilo	5
Medio Bajo 5-10m	<i>Gravillea robusta</i>	Gravilea	33
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	265
	<i>Macadamia integrifolia</i>	Macadamia	29
	<i>Solanum sp.</i>		12
	<i>Spondia monbin</i>	jocote mico	6

10. Inventario de árboles en lote “La Macadamia”

Estrato	Especies (nombre científico o género)	Nombre común	Número de individuos
Bajo <5m			
	<i>Datura stramonium</i>	Campana	6
	<i>Inga sp.</i>	Chalum	7
Medio Bajo 5-10m	<i>Inga sp.</i>	Chalum	21
	<i>Macadamia integrifolia</i>	Macadamia	220
	<i>Witheringia sp.</i>		5