

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES**

**ESTIMACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA  
DEL RÍO CHICHE; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO**

**JOSÉ MOISES AJ ESTAYUL**  
CARNET 21534-08

**SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2015  
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ**

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

ESTIMACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA

DEL RÍO CHICHE; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**JOSÉ MOISES AJ ESTAYUL**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN  
EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2015

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. OSCAR ALEJANDRO ÁVALOS CAMBRANES

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA

MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ

ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

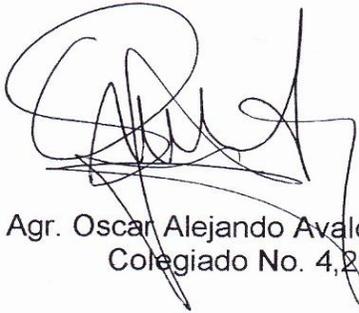
Guatemala, 28 de agosto de 2015.

**Honorable Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Ciudad de Guatemala  
Presente.**

**Distinguidos Miembros del Consejo:**

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante José Moises Aj Estayul, que se identifica con carné número **21534 08**, titulado: **"ESTIMACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHICHE; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ"**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Oscar Alejandro Avalos Cambranes  
Colegiado No. 4,251



**Universidad  
Rafael Landívar**  
Tradición Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06368-2015**

**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSÉ MOISES AJ ESTAYUL, Carnet 21534-08 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 06118-2015 de fecha 26 de septiembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**ESTIMACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA  
DEL RÍO CHICHE; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 9 días del mes de octubre del año 2015.

  
**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**



## **DEDICATORIA**

**A:**

### **Dios Todopoderoso:**

Quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

### **URL**

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por permitirme formarme profesionalmente.

### **Mi familia**

Quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

### **Profesionales**

Todos los docentes por el tiempo y apoyo brindado durante el proceso de mi formación como profesional y en especial al Ing. Oscar Avalos por su ardua labor y valiosa asesoría en el desarrollo de la presente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, sobre todo por ser la fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de oportunidades y aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Ana Estayul y Luis Aj, pero sobre todo a mi madre, por apoyarme en todo momento, por los valores que me ha inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, por compartir el anhelo de lucha, esfuerzo y esmero.

A mis hermanos por ser parte fundamental en mi vida, por acompañarme en los diferentes procesos y por convertirse en el centro de lucha y esfuerzo en toda la familia.

A todos los profesionales que sin escatimar esfuerzos decidieron apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos los buenos amigos que han sido un bastión en esta aventura que se llama vida. Con su consejos, con su ayuda, con sabiduría y por supuesto con el tiempo de escucha.

A la Ingeniera Roxana Carrillo, por ser la razón de ser, por su ayuda incondicional, por esos días incansables a mi lado. Gracias!!!

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1. Marco Referencial. ....	3
2.1.1. Cuenca hidrográfica .....	3
2.1.1.4. Uso del suelo.....	5
2.1.2. Servicios ambientales.....	5
2.1.3. Conservación del agua.....	5
2.1.3.1. Servicio ambiental Hídrico:.....	5
2.2.3.2. Usos y Aprovechamientos del agua en Guatemala.....	6
2.1.3.3. Contribución del agua en la economía de Guatemala .....	7
2.1.4. Biodiversidad.....	8
2.1.5. Biomasa.....	8
2.1.6. Fijación de carbono.....	9
2.1.6. Conservación de suelo.....	10
2.2. Marco referencial del municipio de San Juan Chamelco.....	11
2.2.1. Ubicación geográfica.....	11
2.2.2. Recurso suelo de la microcuenca. ....	11
2.2.3. Recursos hídricos. ....	13
2.2.4. Recursos Hídricos de la Microcuenca Chiché.....	13
2.2.5. Zonas de vida.....	13
2.2.6. Cobertura Forestal .....	14
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>

4.	OBJETIVOS .....	17
4.1.	General.....	17
4.2.	Específicos .....	17
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
5.1.	Materiales y métodos. ....	18
5.2.	Delimitación de la cuenca .....	18
5.3.	Área de estudio. ....	18
5.4.	Ubicación de parcelas representativas. ....	19
5.5.	Parcelas internas. ....	21
5.6.	Evaluación de servicios ambientales, criterios e indicadores.....	22
5.7.	Servicio ambiental conservación del agua. ....	23
5.8.	Conservación de biodiversidad .....	28
5.8.1.	Calidad del hábitat.....	28
5.9.	Fijación de carbono.....	32
5.10.	Conservación de suelo.....	34
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>68</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proporción relativa de carbono (C), agua (H <sub>2</sub> O) y otros elementos contenidos en la biomasa húmeda y seca de un árbol. ....	9
<b>Figura 2.</b> Mapa de órdenes de suelos de la microcuenca del río Chiché y del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. ....	12
<b>Figura 3.</b> Zonas de vida de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Año 2012.....	14
<b>Figura 4.</b> Mapa de Dinámica forestal de la microcuenca del río Chiché 2006-2010.	15
<b>Figura 5.</b> Mapa de ubicación del río Chiché, San Juan Chamelco, como parte del sistema hídrico que compone la subcuenca Cahabón, que drena sus aguas al océano atlántico.....	19
<b>Figura 6.</b> Mapa de ubicación de las parcelas internas para la medición de indicadores de los servicios ambientales de biodiversidad y fijación de carbono de la microcuenca del río Chiché.....	20
<b>Figura 7.</b> Esquema de las parcelas internas de 500 m <sup>2</sup> dentro de una parcela de una hectárea, para la evaluación de los indicadores de calidad del hábitat y fijación de carbono. ....	21
<b>Figura 8.</b> Mapa de ubicación de los principales nacimientos y cauces muestreados para la identificación de sedimentos. ....	25
<b>Figura 9.</b> Modelo de la cuadrícula que representa los 100 árboles evaluados para la determinación del % de sombra, tomado de ANACAFE 2006. ....	30
<b>Figura 10.</b> Mapa de la delimitación de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz .....	37
<b>Figura 11.</b> Perfil de elevación del cauce principal de la microcuenca del río Chiché, obtenida con el software Arc Gis 10.2. ....	38
<b>Figura 12.</b> Mapa del uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché, de acuerdo a la clasificación del Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-, Año 2010.....	39
<b>Figura 13.</b> Índice del manejo de la contaminación de los causes de agua que atraviesan los uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché. ....	42

<b>Figura 14.</b> Índice de sedimentos encontrados por cada uso de la tierra, en donde se tomaron muestras de al menos un litro de agua en los nacimientos y cauces que atraviesan la microcuenca del Río Chiché.....	43
<b>Figura 15.</b> Índice de evidencias de erosión encontradas por cada uso de la tierra, principalmente a orillas de carreteras, ríos, nacimientos y zonas de producción encontradas en el área de estudio.....	44
<b>Figura 16.</b> Índice de evidencias de protección de las fuentes de agua principalmente ríos y nacimientos encontrados por cada uso de la tierra de la microcuenca.....	45
<b>Figura 17.</b> Estimación de la biomasa seca viva sobre el suelo por parcela de 500 m <sup>2</sup> , a partir de la ecuación alométrica de .....	51
<b>Figura 18.</b> Estimación de la fijación de carbono por parcela de 500 m <sup>2</sup> de acuerdo a la ecuación propuesta por.....	52
<b>Figura 19.</b> Forma de las acequias a nivel en pendientes de 10 a 50 % para terrenos con lluvias intensas y en áreas con suelos pesados.....	65
<b>Figura 20.</b> Muestra de agua del nacimiento de agua de la comunidad Secampana, ubicado en el área de estudio de la Microcuenca Chiché.....	87
<b>Figura 21.</b> Geo posicionamiento (coordenadas GTM) del nacimiento de agua de la comunidad de Cojila .....	87
<b>Figura 22.</b> Caracterización de obras de conservación de suelos en los caminos vecinales de la Microcuenca del Río Chiché.....	88
<b>Figura 23.</b> Entrevista al agricultor Rómulo Muñoz sobre la aplicación de insecticidas, plaguicidas y herbicidas en la comunidad San Juan, en la producción de Tomate. .	88
<b>Figura 24.</b> Marcelino Caal aplicando insecticidas en la producción de frijol en la comunidad de Cojila .....	89
<b>Figura 25.</b> Medición de Diámetro a la Altura del Pecho -DAP-, de los arboles ubicados en las parcelas de medición interna, para la cuantificación de carbono. ....	89
<b>Figura 26.</b> Identificación de incidencia de epifitas en el bosque natural ubicado en la Microcuenca del Río Chiché. ....	90
<b>Figura 27.</b> Identificación de la presencia de epifitas en el bosque natural en la Microcuenca del Río Chiché. 1. <i>Philodendron luisae</i> , 2. <i>Asplenium stuebelianum</i> 3. <i>Tillandsia excelsa</i> Griseb. ....	90

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Criterios e indicadores para la evaluación de servicios ambientales según la metodología de ANACAFE.....	22
<b>Cuadro 2.</b> Coordenadas GTM de la localización de los puntos de muestreo y la altitud en msnm de cada punto. ....	26
<b>Cuadro 3.</b> Evidencias de erosión de ríos, nacimientos, caminos y sedimentación según la metodología ANACAFE.....	27
<b>Cuadro 4.</b> Parámetros de evaluación y obras de prevención y/o recuperación de las fuentes de agua ubicadas en la microcuenca del río Chiché.....	28
<b>Cuadro 5.</b> Parámetros de medición de estratos arbóreos encontrados en la parcela representativa de una hectárea. ....	29
<b>Cuadro 6.</b> Estimación de la toxicidad de agroquímicos para el control de malezas..	31
<b>Cuadro 7.</b> Variables necesarias para el cálculo de la fijación de carbono por hectárea.....	33
<b>Cuadro 8.</b> Escala de contaminación para la caracterización de indicadores, criterios y servicios ambientales encontrados en la microcuenca del río Chiché. ....	40
<b>Cuadro 9.</b> Clasificación de estratos arbóreos identificados el uso de la tierra de bosque de la microcuenca del río Chiché. ....	46
<b>Cuadro 10.</b> Listado de especies identificadas en el bosque natural de la microcuenca del río Chiché.....	47
<b>Cuadro 11.</b> Número total de árboles encontrados en la parcela interna de una hectárea establecida en el Uso de la Tierra Bosque y agricultura anual. ....	48
<b>Cuadro 12.</b> Presencia y valoración cuantitativa de la incidencia de epífitas en los árboles del bosque natural de la microcuenca del río Chiché.....	49
<b>Cuadro 13.</b> Resultados de la evaluación de la aplicación de agroquímicos en el uso de la tierra agrícola, en la microcuenca del río Chiché. ....	50
<b>Cuadro 14.</b> Resultados de la evaluación del servicio ambiental conservación de suelo de la microcuenca del río Chiché. ....	53
<b>Cuadro 15.</b> Escala de vulnerabilidad por indicador, criterio y servicio ambiental encontrado en la microcuenca del río Chiché.....	54

<b>Cuadro 16.</b> Resultados de la evaluación del servicio ambiental agua por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché.....	55
<b>Cuadro 17.</b> Resultados de la calidad del hábitat por uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché.....	56
<b>Cuadro 18.</b> Resultados del uso de agroquímicos por uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché.....	57
<b>Cuadro 19.</b> Resultados de la evaluación del servicio ambiental fijación de carbono por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché .....	58
<b>Cuadro 20.</b> Resultados de la evaluación del servicio ambiental conservación del suelo por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché.....	59
<b>Cuadro 21.</b> Monto de incentivo para manejo de bosques naturales con fines de protección por año, durante 10 años .....	61
<b>Cuadro 22.</b> Monto de incentivo para manejo de bosques naturales con fines de producción por año, durante 10 años. ....	61
<b>Cuadro 23.</b> Monto de incentivo para plantaciones forestales durante 6 años .....	62
<b>Cuadro 24.</b> Monto de incentivo para sistemas agroforestales durante 6 años.....	62

## **ESTIMACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHICHE; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ**

### **RESUMEN**

Se evaluaron los servicios ambientales: agua, biodiversidad, fijación de carbono y suelo, a través de la metodología elaborada por ANACAFE (2006), en la microcuenca del río Chiché, ubicada al noroeste de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Esta posee una extensión de 1,258.24 ha, el uso de la tierra se compone 58.49 % con cobertura forestal y 27.54 % para agricultura, siendo estas las más representativas de la extensión total. La metodología valoró los criterios: agua, calidad del hábitat, uso de agroquímicos, toneladas de carbono fijado y conservación de suelo, utilizando 15 criterios cuantitativos y cualitativos. En la caracterización de microcuenca del río Chiché se han identificado 6 nacimientos de agua, 3 estratos arbóreos, 759 árboles/ha, 6 especies de epífitas, 76 % de sombra en el bosque, uso excesivo de plaguicidas, fijación de 114.12 toneladas de carbono por hectárea. El recurso agua evaluado en la microcuenca, en tierras agrícolas y urbanas se encuentran severamente contaminado, la biodiversidad en el bosque es alto debido a la poca intervención y el bajo impacto ambiental que ha tenido, la fijación de carbono por hectárea sobrepasa el promedio con 114.12 toneladas. El suelo evidencia poca degradación. Para la conservación y protección de los recursos naturales se ha identificado que el -PINPEP- es el programa de incentivo más práctico y eficiente para el resguardo de la microcuenca.

## **ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL SERVICES IN THE RIVER BASIN CHICHE, SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ.**

### **SUMMARY**

Environmental services evaluated: water, biodiversity, carbon fixation and soil, using the methodology elaborated by ANACAFE (2006), in the basin of the river Chiché, located north-west of San Juan Chamelco, Alta Verapaz. The river Chiché extends 1,258.24 ha. The land is mostly composed of 58.49% forests and 27.54% for agriculture use. The methodology assessed the following criteria: water, quality of habitat, agricultural use, tons of fixed carbon and land conservation using 15 quantitative and qualitative criteria. During characterization of the micro basin, 6 water sources, 3 arboreal strata, 756 trees/ha, 6 species of epiphytes, 76% forest shade, excessive use of pesticides and 114.12 tons of carbon fixation per hectare were identified. Evaluated water resource in the basin, including agricultural and urban land, was found to be severely contaminated. Biodiversity is high due to little intervention and low environmental impact. The carbon fixation surpasses the average of 114.12 hectare. Soil shows little degradation. For the conservation and protection of the natural resources, it has been identified that – PINPEP- is a practical and efficient program to guard the basin.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente los servicios ambientales cobran auge a nivel nacional e internacional, como medio para conservar los bosques y distribuir con mayor equidad sus beneficios económicos (Hernández, Cobos & Ortiz 2002). A nivel general los servicios ambientales se fundamentan como las funciones de los ecosistemas y agroecosistemas que generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades (Asociación Nacional del Café -ANACAFE-, 2006).

Estos beneficios incluyen el suministro de pescado y agua potable, regulación de las corrientes hidrológicas y el clima, apoyo a la formación del suelo y al ciclo de nutrientes, y mejoramiento de las actividades culturales, educativas, estéticas y espirituales para cada una de las familias (Greiber, 2010).

Es necesario facilitar patrones, técnicas, metodologías y criterios de evaluación que permitan ejemplificar la valoración de las zonas boscosas y principalmente las áreas de recarga hídrica, para interpretar la importancia de su conservación para el entorno ambiental, paisajismo, conservación de la biodiversidad, los nacimientos, el manejo y aprovechamiento sostenible, así como la producción y productividad agrícola de subsistencia.

La Asociación Nacional del Café, con el apoyo de la Embajada Británica, durante los años 2006-2008 desarrolló una metodología para la evaluación de servicios ambientales, para la aplicación y uso de instituciones locales, regionales, educativas y de líderes comunitarios, con el fin de evaluar las condiciones de los recursos naturales y principalmente la generación de información básica como una primera aproximación para la definición de políticas, programas y proyectos que permitan la conservación y la protección de los recursos naturales de las comunidades.

Por tales razones es importante que los propietarios de los diferentes usos de la tierra conozcan el valor de los servicios ambientales y que ellos puedan cuantificarlos de una forma fácil, práctica y sencilla, para la generación de información básica para definir el

estado actual de los servicios ambientales y proporcionar medidas de conservación y/o protección de estas zonas de interés global.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco Referencial.**

#### **2.1.1. Cuenca hidrográfica**

#### **2.1.2. Metodología para la estimación de servicios ambientales de ANACAFE.**

La metodología fue diseñada para evaluar de forma rápida y sencilla cuatro servicios ambientales que son: conservación del agua, conservación de la biodiversidad, fijación de carbono y conservación del suelo. Constituye un primer paso en la formulación de indicadores cuantitativos y cualitativos del estado actual de dichos servicios. Y a la vez aprovecha dicha evaluación para la formulación de un índice ecológico, es decir un valor con el que se califica el estado ambiental desde una parcela hasta una finca (ANACAFE, 2006).

La metodología está dividida en 3 capítulos, comenzando con los pasos previos a la toma de datos, luego continúa con una explicación detallada de la metodología de evaluación por cada servicio y el índice ecológico, evaluando cuatro servicios ambientales, 5 criterios y 14 indicadores (ANACAFE, 2006).

##### **2.1.1.1. Definición de cuenca hidrográfica.**

Territorio que rodea a un río principal, formado por la unión de las aguas que descienden de las montañas, buscando el nivel más bajo del terreno. Estos ríos principales finalmente desaguan en lago, mar u océano (Robledo, Moscoso & Rodríguez, 2006).

Se define como el área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un mismo punto de salida (Alvarado, 2007).

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Wordl Vision, 2007).

### **2.1.1.2. Subcuenca**

Según Ordoñez (2011) la subcuenca es un conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

El área es fundamental en un sistema hídrico, pero la clasificación de una subcuenca, no existe un consenso general sobre los rangos de las áreas a utilizar para la clasificación. Sin embargo existen algunas clasificaciones con uso frecuentes y ampliamente distribuidas, tal es el caso de la recomendada por el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Suelos, generando la clasificación en área para la subcuenca de 10,000 a 60,000 hectáreas de superficie (Aguirre, N. 2007).

### **2.1.1.3. Microcuenca**

Es una porción de una subcuenca, generalmente es menor de 40 kilómetros cuadrados e incluye áreas más específicas, tales como las márgenes de los ríos y tomas de agua para riego, entre otras (Robledo, 2003).

La microcuenca hidrográfica es un área de tierra delimitada por partes altas, conformadas por montañas y montes. En la microcuenca las aguas de lluvia se unen y forman arroyos y ríos. Dentro de ella se ubican las fincas, comunidades y poblados (FAO *et al*, 2007).

### **2.1.1.3. Uso de la tierra.**

El uso de la tierra en Guatemala esta históricamente ligado a las formas de tenencia del recurso, durante el período posterior a la conquista española, se realizaron plantaciones y recolección de árboles nativos utilizados como colorantes, así como la introducción de cultivos para la agroexportación (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2004).

El Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2003), reconoce que el uso de la tierra es la ocupación del territorio por diversas categorías de uso, que incluye las

llamadas de cobertura vegetal que no han sido intervenidas por el hombre y las categorías donde las actividades humanas están presentes.

#### **2.1.1.4. Uso del suelo.**

Es categorizado como la interacción directa entre el uso asignado con sus requerimientos edafológicos y el cuerpo natural como sustrato de respuesta a estos requerimientos (IARNA, 2003).

#### **2.1.2. Servicios ambientales**

Los servicios ambientales son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que los componen sostienen y proporcionan beneficios para la vida humana; mantienen la biodiversidad y la producción de los bienes; productos del mar, combustibles orgánicos, fibras naturales, productos farmacéuticos e industriales, además de los servicios culturales, intangibles como la inspiración cultural, recreación, sentido de pertenencia o aquellos relacionados con la tradición cultural y/o espiritual (Villavicencio, 2008).

Servicios ambientales son las posibilidades o el potencial a ser utilizados por los humanos para su propio bienestar (Mejías & Segura, 2002).

Los servicios ambientales son condiciones y procesos de los ecosistemas y agroecosistemas que generan múltiples beneficios para los individuos y las comunidades (Pico, 2011).

#### **2.1.3. Conservación del agua**

##### **2.1.3.1. Servicio ambiental Hídrico:**

Se define al servicio ambiental hídrico como la capacidad que los ecosistemas boscosos tienen para captar agua y mantener la oferta hídrica a la sociedad (Encalada, 2006).

Por tal razón, el agua, al ser un recurso natural renovable, posee múltiples beneficios para la humanidad por lo que la disponibilidad, calidad y su manejo merecen mucha atención y cuidado. Así, se constituye en un factor determinante para muchas actividades en los procesos de desarrollo del hombre (Ocampo, 2004 citado por Pico, 2011).

Los problemas relacionados con la contaminación ambiental son múltiples. Pero los más serios están asociados con el agua, porque en nuestro país son los mayores depositarios de desechos urbanos, industriales y agrícolas, pero por la dependencia de agua limpia para: las poblaciones humanas, las actividades agrícolas, las pesquerías y los hábitat costeros, podemos decir que hay dos grandes amenazas que afectan la calidad del agua en Guatemala:

- La descarga de material fecal desde alcantarillas urbanas, letrinas rurales y tanques sépticos,
- La alta carga en sedimentos en suspensión, resultado de la erosión del suelo.

Los pagos por servicios ambientales hídricos son una manera de alcanzar una coordinación entre actores de la cuenca. Para un usuario, puede ser interesante comprar un Servicio Ambiental que le garantiza tener más agua o agua de mejor calidad y por lo tanto disminuir sus costos de aprovechamiento y así aumentar su bienestar. Para un productor, puede ser interesante vender un Servicio Ambiental y recibir un pago que compensa sus costos de conservar, tal y como ocurre con el costo de oportunidad de no escoger la alternativa más rentable, sino la más protectora de los suelos y del agua (ANACAFE, 2006).

### **2.2.3.2. Usos y Aprovechamientos del agua en Guatemala**

La proporción en la extracción de agua para satisfacer las demandas en Guatemala es similar a la del resto del mundo: el uso agropecuario es el mayor, equivale al 41% de la demanda hídrica total y al 77% de los usos consuntivos; el uso doméstico representa el 9% de la demanda total y el 16% de los usos consuntivos; el industrial el 3% de la

demanda total y el 7% de los consuntivos. Los usos no consuntivos corresponden casi totalmente al uso con fines hidroeléctricos. Aún no se ha estimado la demanda hídrica para fines turísticos ni caudales ecológicos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-, 2006b).

La Política Nacional del Agua exhibe claramente la relación del agua con la sociedad, especialmente en el tema de los servicios públicos de agua potable y saneamiento por su vínculo directo con el desarrollo humano y cómo la falta o deficiencia de los mismos inhibe el logro de objetivos sociales (Colom, 2010).

Los temas considerados urgentes y relevantes se vinculan con lograr cobertura universal de agua potable y saneamiento en el área rural y mejorar notablemente la calidad de éstos en las ciudades (Lentini, 2010). Dichos servicios públicos son de importancia estratégica para el país pues constituyen las medidas más costo-efectivas para reducir la pobreza, la desnutrición crónica, los índices de morbilidad y mortalidad materno-infantil, la deserción escolar, y mejorar el cuidado del ambiente, la salud y la situación de mujeres y niños tal como lo expresan diversos informes internacionales y de avance del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Guatemala (SEGEPLAN, 2010).

### **2.1.3.3. Contribución del agua en la economía de Guatemala**

La contribución del agua a la economía guatemalteca es directa. Se ha estimado que el aprovechamiento hídrico participa en el 70% de las actividades que conforman el PIB y que la generación directa del valor agregado del agua es equivalente al 5.6% del PIB, expresado en una suma cercana a Q.13,400 millones anuales. El riego sirve además como insumo para el 18% del total de las exportaciones (SEGEPLAN, 2006).

Se ha establecido que el crecimiento del producto interno bruto (PIB) de los últimos años en Guatemala es proporcional al crecimiento del uso de agua de los sectores agropecuario e industrial (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-MARN-, Universidad Rafael Landívar -URL/IARNA- y Programa de las Naciones Unidas para el

Medio Ambiente -PENUMA-, 2009). Para estimar la contribución del agua a la economía en Guatemala se han desarrollado diversos estudios (The Natural Conservancy -TNC- y MARN, 2009) que han utilizado métodos de valoración sobre los usos productivos o ambientales del bien natural hídrico. El balance hídrico del año 2006 (SEGEPLAN, 2006a) es un instrumento fundamental del cálculo por cuanto aporta la volumetría hídrica nacional de referencia.

Otra evidencia de que la contribución de la gestión y gobernanza del agua para la economía nacional es real y directa queda manifiesta ante los impactos derivados de la variabilidad climática extrema expresada en las sequías e inundaciones de los últimos años en el país, y que para el caso del Huracán Mitch en 1998 y de la tormenta Agatha en 2010 significó pérdidas del PIB del 1.6% y el 1.0% respectivamente (SEGEPLAN, 2010a). Dichos impactos también ponen de manifiesto la falta de capacidades de gestión y gobernanza del agua.

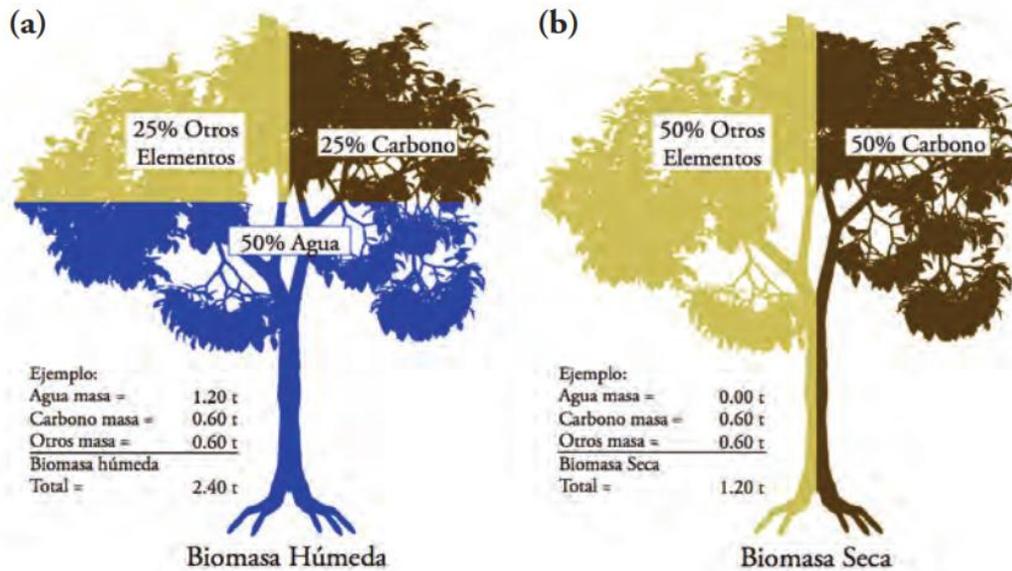
#### **2.1.4. Biodiversidad**

La biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la variabilidad de todos los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que se da (Hervey 2001 citado por Pico, 2011).

Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que los componen sostienen y proporcionan beneficios para la vida humana; mantienen la biodiversidad y la producción de los bienes; productos del mar, combustibles orgánicos, fibras naturales, productos farmacéuticos e industriales, además de los servicios culturales, intangibles como la inspiración cultural, recreación, sentido de pertenencia o aquellos relacionados con la tradición cultural y/o espiritual (Villavicencio, 2008).

#### **2.1.5. Biomasa**

La biomasa de un árbol se refiere al peso o masa del tejido de su planta viva y es generalmente expresado en unidades de toneladas métricas (Ver figura 1). La biomasa viva puede ser separada en sobre el suelo (hojas, ramas y tallo) (aérea) y componentes bajo el suelo (raíces) (Walker *et al.* 2011).



Fuente: Walker *et al.* 2011.

**Figura 1.** Proporción relativa de carbono (C), agua (H<sub>2</sub>O) y otros elementos contenidos en la biomasa húmeda y seca de un árbol.

### 2.1.6. Fijación de carbono

La fijación y el almacenamiento de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agrícolas. El proceso de fotosíntesis realizado por hojas, tallos y otras partes verdes de las plantas, con el cual se captura el CO<sub>2</sub> atmosférico para la producción de carbohidratos y azúcares, al tiempo que se libera oxígeno. Así se forma la biomasa y la madera de los árboles que capturan el carbono llegando a ser sumideros de carbono (Pico, 2011).

El crecimiento de bosques a través de la acumulación de biomasa y de aportes de materia orgánica al suelo, ayudan a reducir la cantidad de carbono en la atmósfera y por lo tanto contribuyen a disminuir la concentración de gases de dióxido de carbono (Encalada, 2006).

El pago de servicios ambientales por fijación y almacenamiento de carbono representa una alternativa para dar valor agregado a la producción, que podrá tener un gran potencial e importancia para los productores (Ávila *et al.* 2001).

### **2.1.6. Conservación de suelo.**

El suelo constituye el fundamento más importante de la producción agropecuaria y con ello de la alimentación humana. Por lo que es un componente dinámico del agroecosistema, sujeto a alteraciones que pueden degradarlo o manejarlo responsablemente (Pico, 2011).

El suelo es un recurso que a pesar de su relevancia en la agricultura y en la regulación hídrica sigue siendo menospreciado por los usuarios del recurso. Esto se debe a múltiples factores como variaciones del mercado, políticas agrarias, tecnologías no amigables ambientalmente, entre otras (ANACAFE, 2006).

El follaje y la hojarasca reducen el tamaño y el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo y disminuye el desprendimiento de partículas, así como mejoran la capacidad de infiltración, al mismo tiempo las raíces y tallos sirven como barreras mecánicas que reducen la velocidad de descenso del agua y atrapan partículas del suelo.

La contaminación del suelo proviene de dos fuentes principales: el uso incorrecto de agroquímicos y la falta de normas y control en la disposición de desechos sólidos y líquidos. La utilización de agroquímicos en forma intensiva se ha convertido en uno de los problemas más serios de contaminación ambiental; varios estudios demuestran que aunque los plaguicidas se usen cuidadosamente y en forma recomendada, el 50% de productos químicos caen al suelo, contaminando también las aguas superficiales y subterráneas en perjuicio de la salud (Corado, 2007).

## **2.2. Marco referencial del municipio de San Juan Chamelco.**

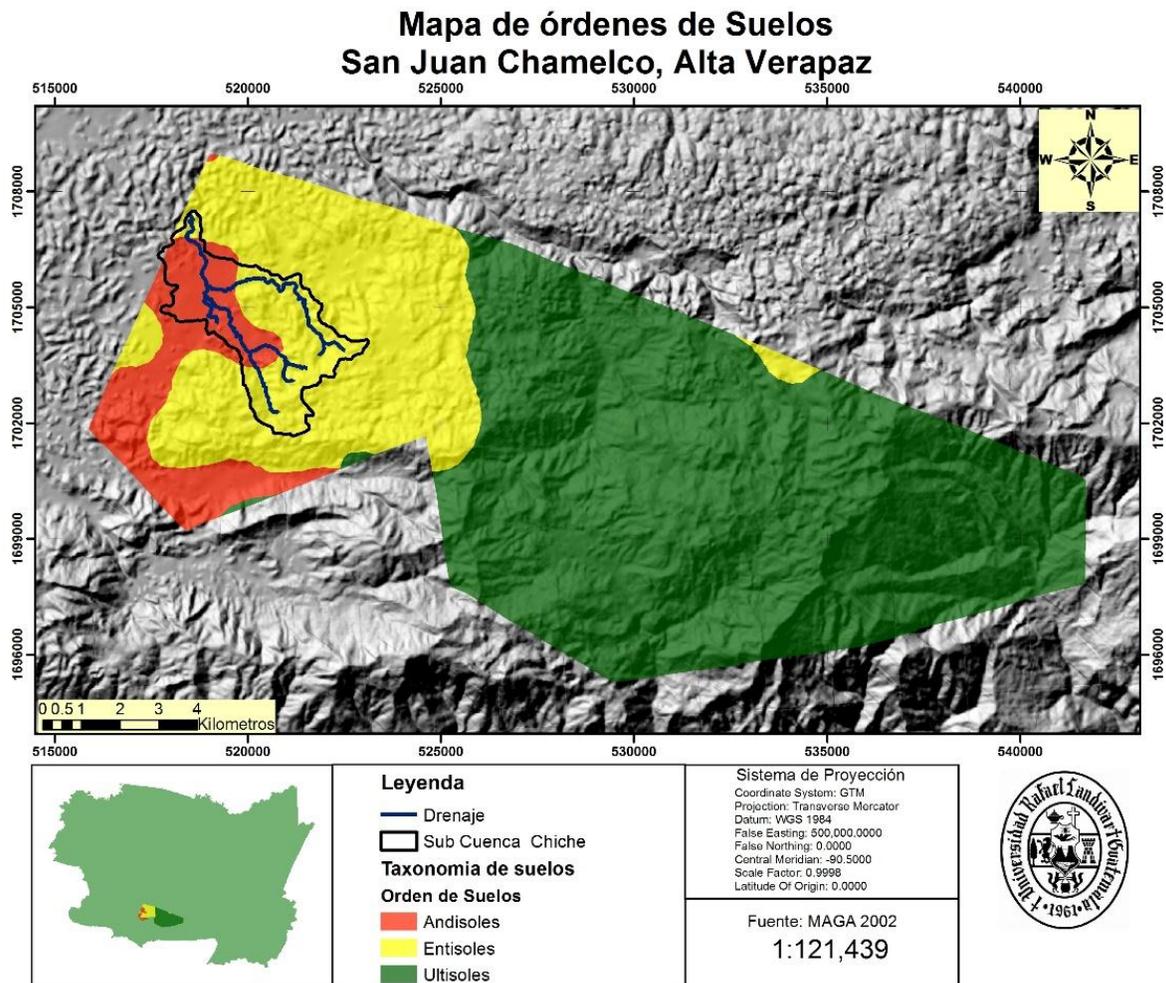
### **2.2.1. Ubicación geográfica.**

San Juan Chamelco, se ubica en la región central del departamento de Alta Verapaz, al norte del país, tiene una superficie de 80 km<sup>2</sup>, colinda al norte con el municipio de San Pedro Carchá, al sur con Tamahú y Cobán, al este con Senahú y Tucurú, y al oeste con Cobán. La cabecera municipal se localiza a 15°25'22" latitud norte, y 90°19'56" longitud oeste; con altitud de 1,320 metros sobre el nivel del mar por lo que su clima es templado y lluvioso.

### **2.2.2. Recurso suelo de la microcuenca.**

La microcuenca del río Chiché, está compuesto por dos órdenes de suelo que es producto de la variabilidad de climas y proceso de formación geológica, entre ellas:

- Andisoles (8.44 % del territorio), son suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono, generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo, una característica de los andisoles es su alta retención de fosfatos -arriba del 85%- (MAGA, INAB y PAFG, 2000).
- Entisoles (27.10 %), Suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de su perfil y, por consiguiente, de los horizontes genéticos. El poco desarrollo es debido a condiciones extremas, tales como, el relieve (el cual incide en la erosión o, en su defecto, en la deposición superficial de materiales minerales y orgánicos) y, por otro lado, las condiciones como el exceso de agua, de acuerdo al relieve, estos suelos están presentes en áreas muy accidentadas -Cimas de montañas y volcanes- (MAGA, INAB y PAFG, 2000), como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Mapa de órdenes de suelos de la microcuenca del río Chiché y del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Se encuentra en la región de Tierras altas sedimentarias, dentro de la cual hay una gran variedad de formas de la tierra, con pliegues, fallas y procesos erosivos que han creado un paisaje de colinas paralelas, topografía kárstica, anticlinales y sinclinales sumergidos. Sus pendientes topográficas son mayoritariamente de 32% a 45% de inclinación. Las elevaciones en la región van desde 1320 hasta los 2312 metros sobre el nivel del mar.

### **2.2.3. Recursos hídricos.**

Según SEGEPLAN (2010b), el municipio de San Juan Chamelco, cuenta con un sistema hidrográfico con 4 zonas importantes, en las que se incluyen las diferentes sub-cuencas, que se describen a continuación:

- Sub-cuenca Río Chicoy: ubicada en la parte oeste del municipio, incluyendo la cabecera municipal, constituye el área de captación de los ríos Chiché, Chilax y Chió, los que al unirse forma el río Chicoy, el cual a su vez drena al Río Cahabón.
- Sub-cuenca Río Tzunutz: se ubica en el área central de municipio, constituida por las áreas de captación de los ríos Santa Teresa, Tzunutz y la Quebrada Juljá, drenando asimismo al río Cahabón.
- Sub-cuenca Río Cucanjá: ubicada al este del municipio, formada por zonas montañosas cercanas a Sacquil, en la cual se forman las quebradas Satolox, Sacquil y Tzuyul, las que drenan al río Cucanjá y éste a su vez al río Polochic, al sur del municipio.
- Área de captación río Polochic: dentro de esta zona se encuentran áreas de captación directa hacia el cauce principal del río Polochic, principalmente a través de las quebradas Raxtap y Candelaria,

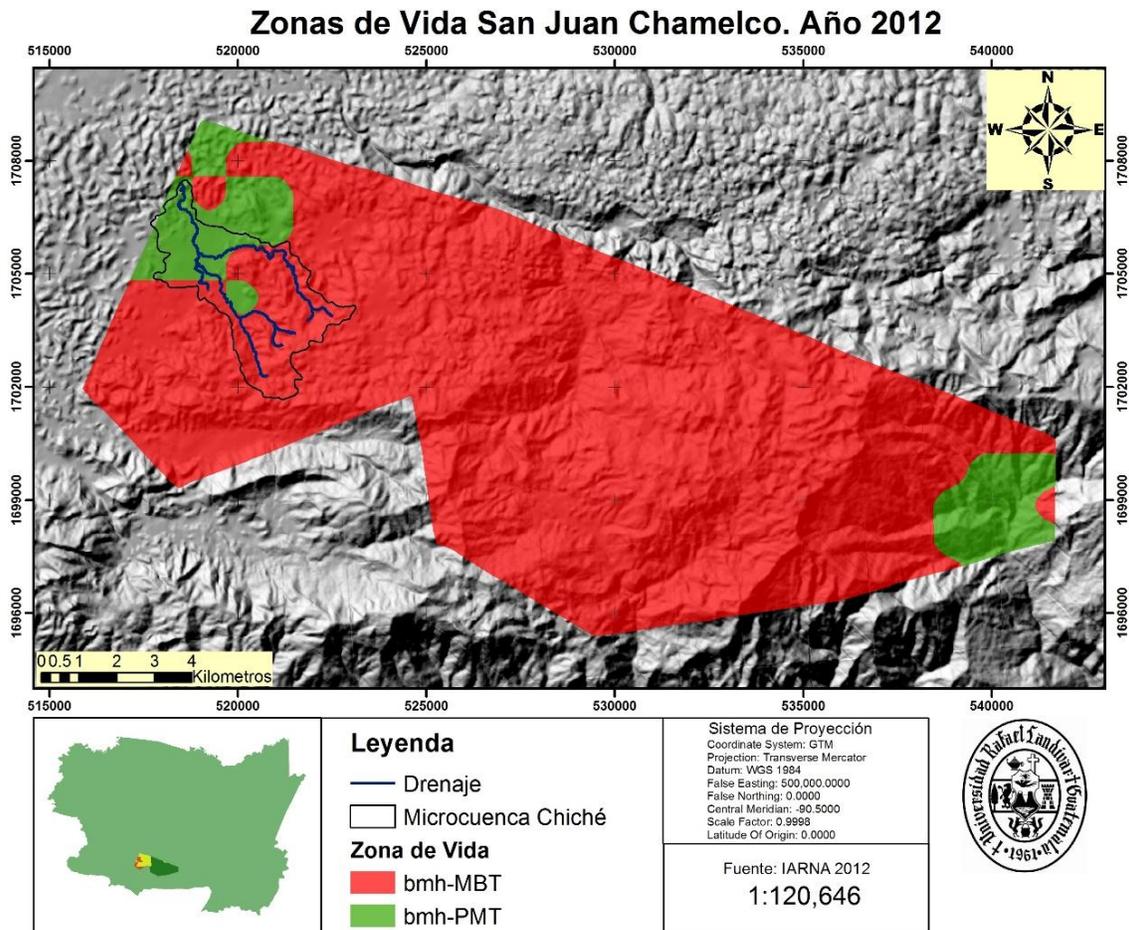
### **2.2.4. Recursos Hídricos de la Microcuenca Chiché.**

La microcuenca del río Chiché, cuenta con dos afluentes de agua (vertientes) que alimentan el sistema hídrico, la importancia radica por la extensión, el número de comunidades que atraviesa y el número de nacimientos que posee: Quebrada Semesché y la Quebrada Chitubtú. La primera quebrada posee dos nacimientos de agua y sus afluentes atraviesan las comunidades de Cojilá y San Luis y la segunda posee tres nacimientos que en el recorrido del caudal pasa por las comunidades: Purjá, San Marcos y Chitubtu.

### **2.2.5. Zonas de vida**

El clima del municipio de San Juan Chamelco, se clasifica como templado, con invierno benigno, muy húmedo, sin estación seca bien definida, donde se clasificación dos zonas de vida (ver figura 3) siendo ellas bmh-MBT que corresponde a: Bosque muy

húmedo montano bajo tropical, estos poseen una temperatura media anual que varía entre 12° y 17° C y el promedio de precipitación total por año varía entre 2,000 y 4,000 mm. Y bmh-PMT el cual es: un bosque muy húmedo premontano tropical el cual posee elevaciones entre los 1,300 a 1,600 metros sobre el nivel del mar con una bio-temperatura media anual de unos 17,5 °C y una precipitación promedio entre los 2,000 a 4,000 mm (De La Cruz, 1982).



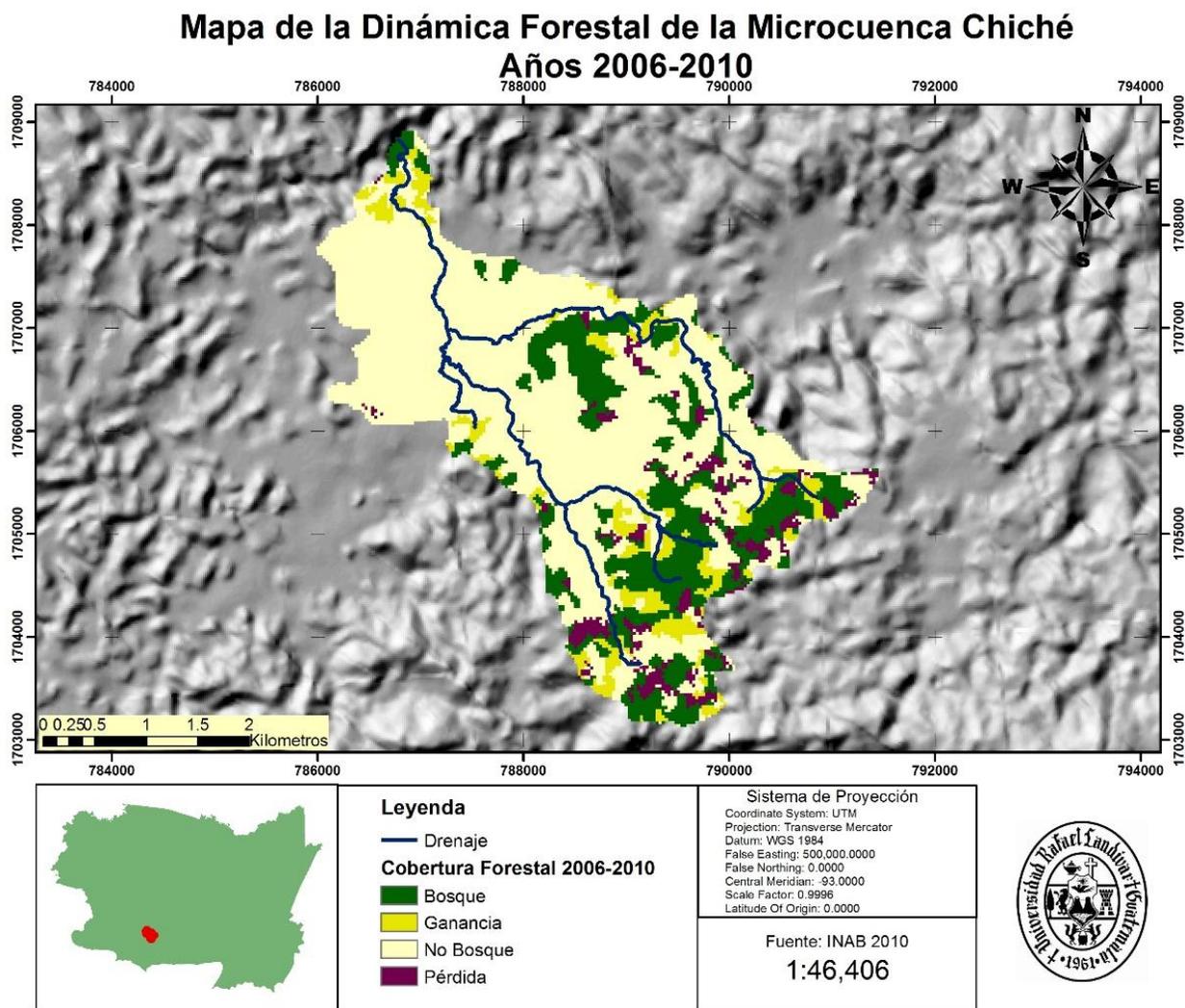
**Figura 3.** Zonas de vida de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Año 2012

### 2.2.6. Cobertura Forestal

Se estima que durante el período 2006-2010 (INAB *et al*, 2011), hubo una pérdida de 61,455 hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 64,211 hectáreas; teniendo una ganancia neta de 2,756 hectáreas de bosque. Estas

2,756 hectáreas de ganancia neta, representan una recuperación del 0.74% del bosque que existía en el año 2006, en el departamento de Alta Verapaz.

Como se visualiza en la figura 4, la microcuenca cuenta con una cobertura forestal al año 2010 de 267.66 hectáreas lo que equivale a 21.27 % de la extensión, mientras que sin cobertura posee 820.53 hectáreas lo que representa el 65.21 % y que es utilizado para otros usos, entre el período 2006-2010 (INAB *et al*, 2011), se tuvo una pérdida de 68.31 hectáreas representando el 5.43 % en la zona de evaluación y en este mismo periodo se obtuvo una ganancia de 101.25 hectáreas o 8.05 % de la extensión total de la microcuenca.



**Figura 4.** Mapa de la dinámica forestal de la microcuenca del río Chiché 2006-2010.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al incremento poblacional -tasa anual de 3.42 %- para San Juan Chamelco (SEGEPLAN, 2010b), las actividades económicas de subsistencia principalmente agrícolas y forestales, han contribuido al deterioro de los recursos naturales. En este sentido en la microcuenca se ha incrementado el consumo de leña como combustible, madera aserrada para la elaboración de muebles rústicos, entre otros. Lo que ha derivado en el aumento de la tala ilícita de productos forestales, obviando los registros y autorizaciones en la municipalidad y mucho menos en el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, encargado de ejecutar las políticas forestales del país.

A nivel social las condiciones de las familias que habitan y que aprovechan los recursos de la microcuenca, regularmente venden su mano de obra en cabeceras municipales y/o departamentales por la falta de acceso de empleos, culturalmente se han dedicado a la producción de granos básicos –maíz y frijol- de forma muy empírica sin la asistencia técnica adecuada, estas acciones conllevan al aprovechamiento de los recursos naturales aumentando la frontera agrícola.

Las condiciones del área -microcuenca- refleja la adquisición de la mano de obra barata por jornal, temporalidades de empleo -producción de granos básicos-, esto trae como consecuencia la falta al acceso de salud, educación, vivienda y una vida digna. Por otro lado las instituciones encargadas de promover y fomentar el desarrollo ambiental de la región, marcan poca presencia, falta de acompañamiento, asesoría e inversión que pueda mejorar las condiciones de vida de las familias.

La población en la actualidad desconoce las condiciones de los servicios ambientales en las microcuencas y carece de instrumentos metodológicamente prácticos para la evaluación de estos. Por lo que es necesario continuar generando información y herramientas para la evaluación de estos servicios ambientales, específicamente en la microcuenca del río Chiché, por la importancia del abastecimiento de agua entubada a la cabecera municipal de San Juan Chamelco.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Estimar los servicios ambientales (carbono, biodiversidad, conservación del agua y suelo) del uso de la tierra bosque, agricultura y área urbana de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### **4.2. Específicos**

- Caracterizar los servicios ambientales de los usos de tierra más representativos de la microcuenca del río Chiché.
- Cuantificar los servicios ambientales (conservación de agua, biodiversidad, conservación de suelo y fijación de carbono) de los usos de la tierra, utilizando la metodología de ANACAFE.
- Identificar fuentes de incentivos para el mantenimiento y la conservación de los servicios ambientales en beneficio de las comunidades ubicadas en la microcuenca del río Chiché.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. Materiales y métodos.**

En esta sección se definió la localización de la microcuenca del río Chiché, ubicado en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, área destinada para la evaluación de los servicios ambientales a través de criterios e indicadores que permitieron determinar la estimación de: La conservación del agua, biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo.

### **5.2. Delimitación de la cuenca**

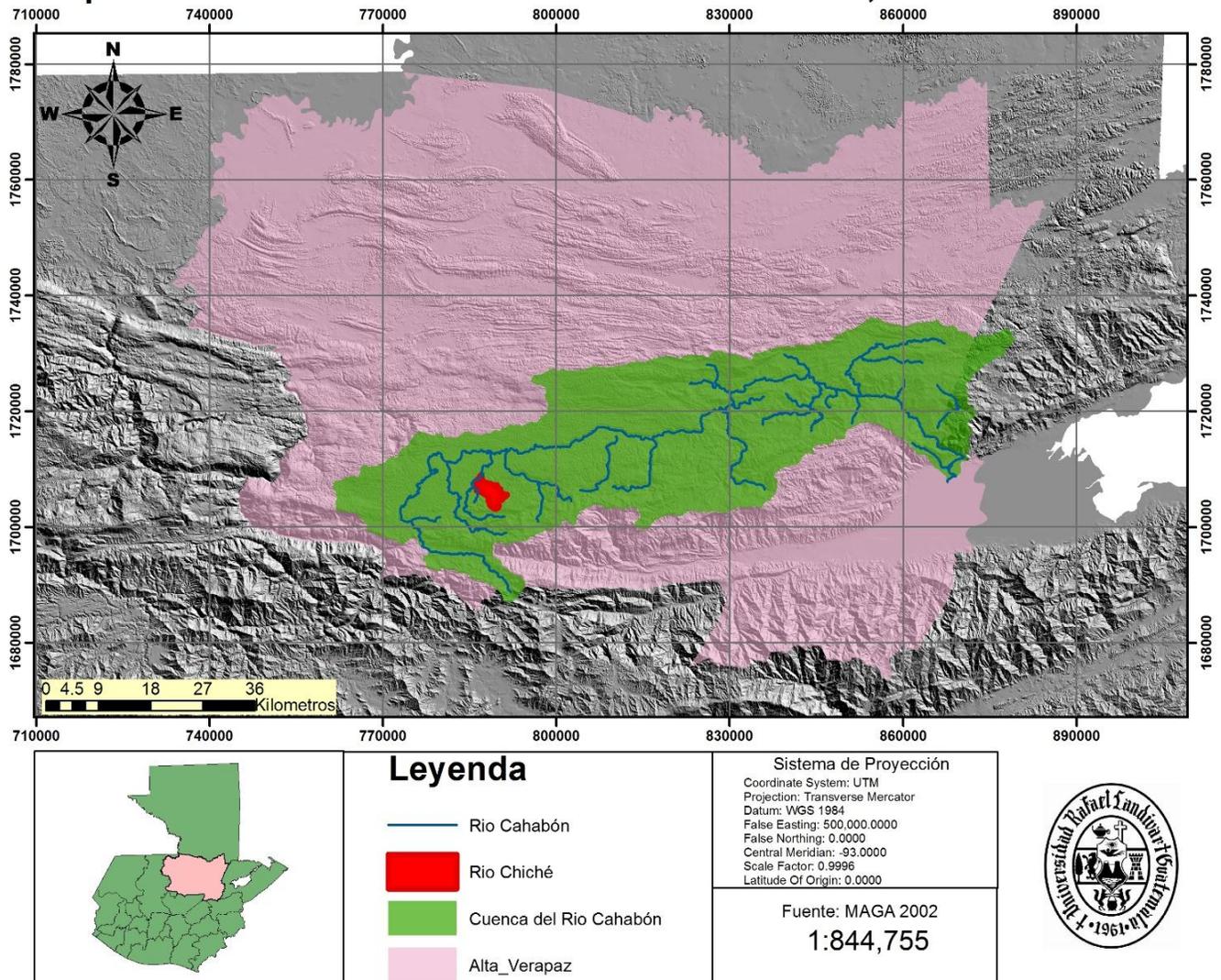
Se procedió a realizar la ubicación y la delimitación de la microcuenca del río Chiché, con el uso de capas digitales –shapes- de: Municipios, departamentos, zonas de vida, uso de la tierra, curvas a nivel a 20 metros, cobertura forestal, taxonomía de suelos, cuencas hidrográficas de Guatemala y el software ARC GIS 10.2, los cuales fueron utilizados en la edición, creación y manipulación de Sistemas de Información Geográfica -SIG-,

En base a la copia digital de las hojas cartográficas 2010, elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional -IGN- y el uso del shapfile de curvas a nivel a 20 metros de distancia una de otra, se procedió a ubicar el contorno de la microcuenca para delimitar la zona que distribuye el escurrimiento, originado por la precipitación del sistema de drenaje o río que fluye hacia la salida de la microcuenca.

### **5.3. Área de estudio.**

El río Chiché pertenece a la subcuenca del río Chicoy, es una de las cuatro zonas que componen el sistema hidrográfico de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, drena sus aguas a la subcuenca del río Cahabón abasteciendo la cuenca de río Dulce – Lago Izabal, cuyas aguas finalmente desembocan en el océano Atlántico, como se muestra en la figura 5.

## Mapa de Ubicación de la Microcuenca del Río Chiché, San Juan Chamelco.



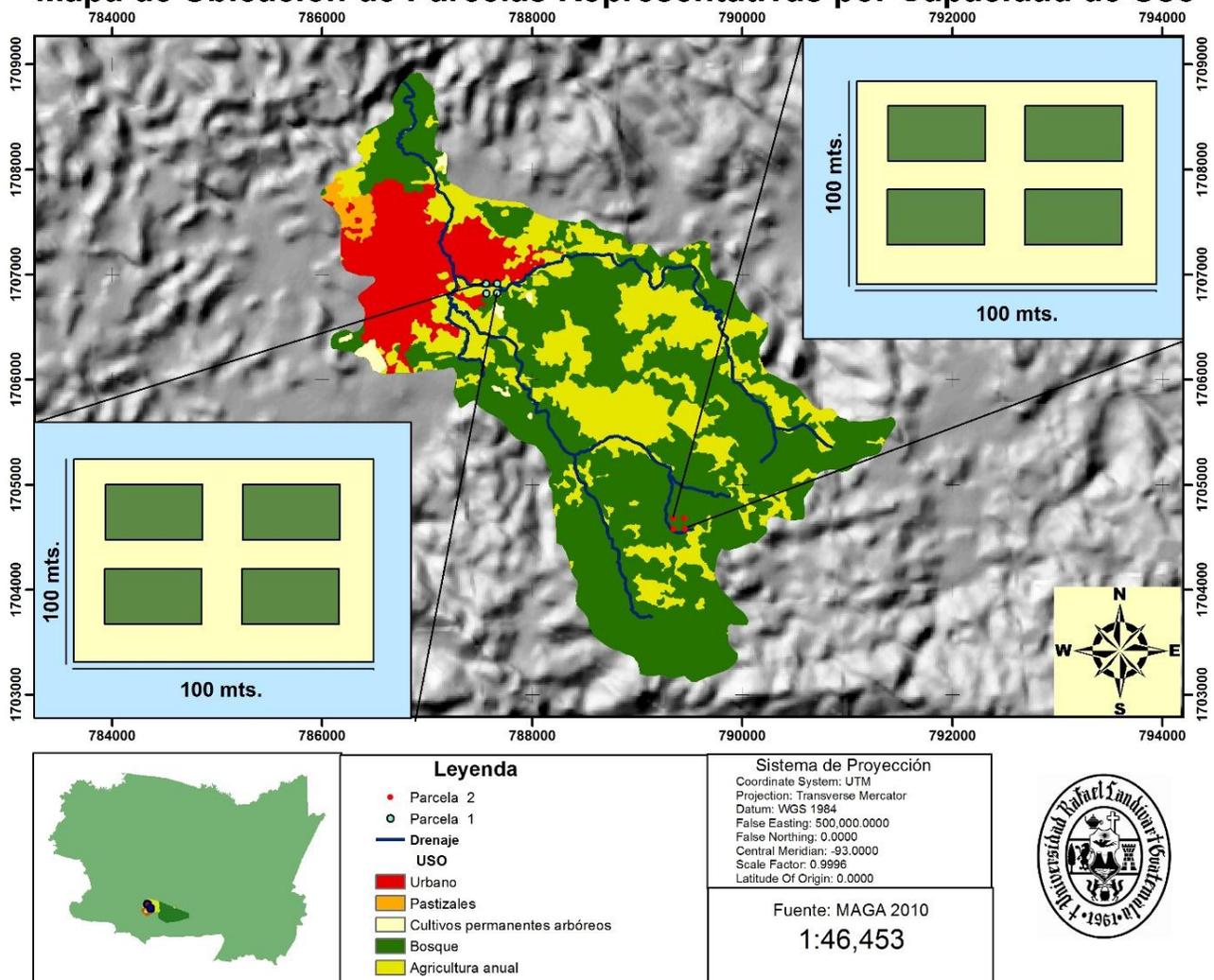
**Figura 5.** Mapa de ubicación del río Chiché, San Juan Chamelco, como parte del sistema hídrico que compone la subcuenca Cahabón, que drena sus aguas al océano atlántico.

### 5.4. Ubicación de parcelas representativas.

Definido los usos de la tierra de la microcuenca, se realizó un recorrido por cada uno de los mismos y luego se procedió a ubicar una parcela de medición en las áreas más representativas de cada uso, para lo cual se consideró la pendiente, la cobertura y el manejo que los caracteriza.

Por cada uno de los usos de la tierra más representativos de la microcuenca-agrícola y bosque-, se estableció una parcela de 10,000 m<sup>2</sup>, para este procedimiento se inició ubicando un esquinero, el cual fue registrado con una coordenada geográfica. A partir de este procedimiento se midió un lado (100 metros) de la parcela con cinta métrica, posteriormente se ubicó el segundo esquinero perpendicular a la primera línea de medición y así sucesivamente hasta obtener los 4 esquineros medidos y georeferenciados como se identifica en la figura 6.

### Mapa de Ubicación de Parcelas Representativas por Capacidad de Uso

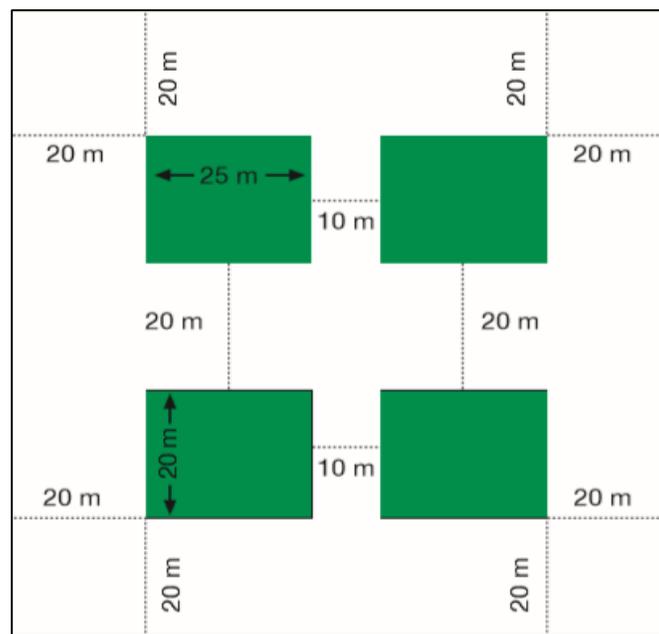


**Figura 6.** Mapa de ubicación de las parcelas internas para la medición de indicadores de los servicios ambientales biodiversidad y fijación de carbono de la microcuenca del río Chiché.

### 5.5. Parcelas internas.

En la parcela de 10,000 m<sup>2</sup> ubicados en los uso de la tierra agrícola y bosque, se establecieron 4 parcelas internas. Las dimensiones de cada parcela interna fueron de 20 x 25 metros, dejando un borde externo de 20 metros por cada lado de cada parcela. Entre las parcelas internas la distancia utilizada fue de 10 y/o 20 metros, dependiendo de la orientación de la parcela, como se ve en la figura 7. Cada esquinero de las parcelas internas fue identificado con estacas y cintas de nylon de color rojo para facilitar la evaluación de los criterios.

Los criterios evaluados en las parcelas de 10,000 m<sup>2</sup> fueron: Calidad del hábitat con 4 indicadores y fijación de carbono con un indicador.



Fuente: ANACAFE 2006.

**Figura 7.** Esquema de las parcelas internas de 500 m<sup>2</sup> dentro de una parcela de una hectárea, para la evaluación de los indicadores de calidad del hábitat y fijación de carbono.

## 5.6. Evaluación de servicios ambientales, criterios e indicadores.

La “Metodología para la Evaluación de Servicios Ambientales”, fue desarrollada por la Asociación Nacional del Café -ANACAFE- (2006), el cual evalúa: La conservación del agua, biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo, a través de 5 criterios y 15 indicadores, como se muestra en el cuadro 1.

Cada uno de estos indicadores puede ser una característica cuantitativa, descriptiva y/o cualitativa que se puede medir y establecer parámetros de control en el tiempo, lo que permite indicar los cambios producidos.

**Cuadro 1.** Criterios e indicadores para la evaluación de servicios ambientales según la metodología de ANACAFE.

SERVICIO AMBIENTAL	CRITERIO	INDICADORES
Agua	Conservación del agua	Manejo de contaminación del agua Sedimentación en las aguas Evidencia de erosión y deslizamiento Obras de prevención
Biodiversidad	Calidad del hábitat	Numero de estratos arbóreos Número de especies de árboles nativos por hectárea Número de árboles mayores a 5 de DAP*. Incidencia de epifitas en los arboles
	Uso de agroquímicos	Aplicación de herbicidas Aplicación de plaguicidas Aplicación de fertilizantes
Fijación de carbono	Carbono fijado	Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea
Suelo	Conservación de suelo	Cobertura del suelo Incidencia de erosión Obras de conservación del suelo

**Fuente: ANACAFE, 2006.**

\* DAP: Diámetro a la altura del pecho

Para el inicio de la evaluación se realizaron visitas a la Unidad a de Gestión Ambiental Municipal -UGAM- y la Unidad de Planificación Municipal -UPM- de la municipalidad de San Juan Chamelco, en donde se obtuvo acceso a la capa digital -shapfile- de la ubicación de las comunidades dentro de los límites de la microcuenca del río Chiché.

Posteriormente en la Unidad de Planificación Municipal -UPM-, se obtuvieron los contactos con los presidentes de Consejo Comunitario de Desarrollo -COCODE-, de las comunidades de: Chitubtú, Purjá, Cojilá, San Marcos, San Luis y Secampana, a quienes se les informo sobre la evaluación de servicios ambientales de la microcuenca.

Con la colaboración de un técnico de la Unidad de Planificación Municipal -UPM-, se realizó un recorrido de las 6 comunidades que abarca la microcuenca del río Chiché para la ubicación de los usos de la tierra, los nacimientos y los cauces de agua que componen el área de evaluación.

### **5.7. Servicio ambiental conservación del agua.**

Este servicio se evaluó a través de los siguientes indicadores: contaminación, sedimentación, evidencias y obras de prevención de erosión en fuentes de agua. Para hacer la evaluación de los indicadores se procedió a realizar un inventario de los principales nacimientos y cauces que componen la microcuenca.

El servicio ambiental agua se evaluó a nivel de toda la microcuenca, debido a la ubicación de los 6 nacimientos y el recorrido de los cauces de agua que atraviesan los principales usos de la tierra.

#### **a. Manejo de contaminación de agua.**

Este indicador evaluó: el manejo de contaminación por combustibles y aceites; lavado de equipo usado para aplicaciones de agroquímicos en la producción agrícola; el manejo de desechos de la finca como: basura orgánica e inorgánica, desechos de cocina y de cultivos, entre otros; el manejo de aguas negras de la población, así como el manejo de aguas grises.

Estos factores influyen principalmente en la calidad del agua y de la vida marina existente en los causes de la microcuenca. Cada una de estas acciones negativas o positivas se ponderó en un rango de 0 a 2, para la cual se calificó con cero las acciones negativas y con dos las acciones que mejoren la calidad de las fuentes de agua.

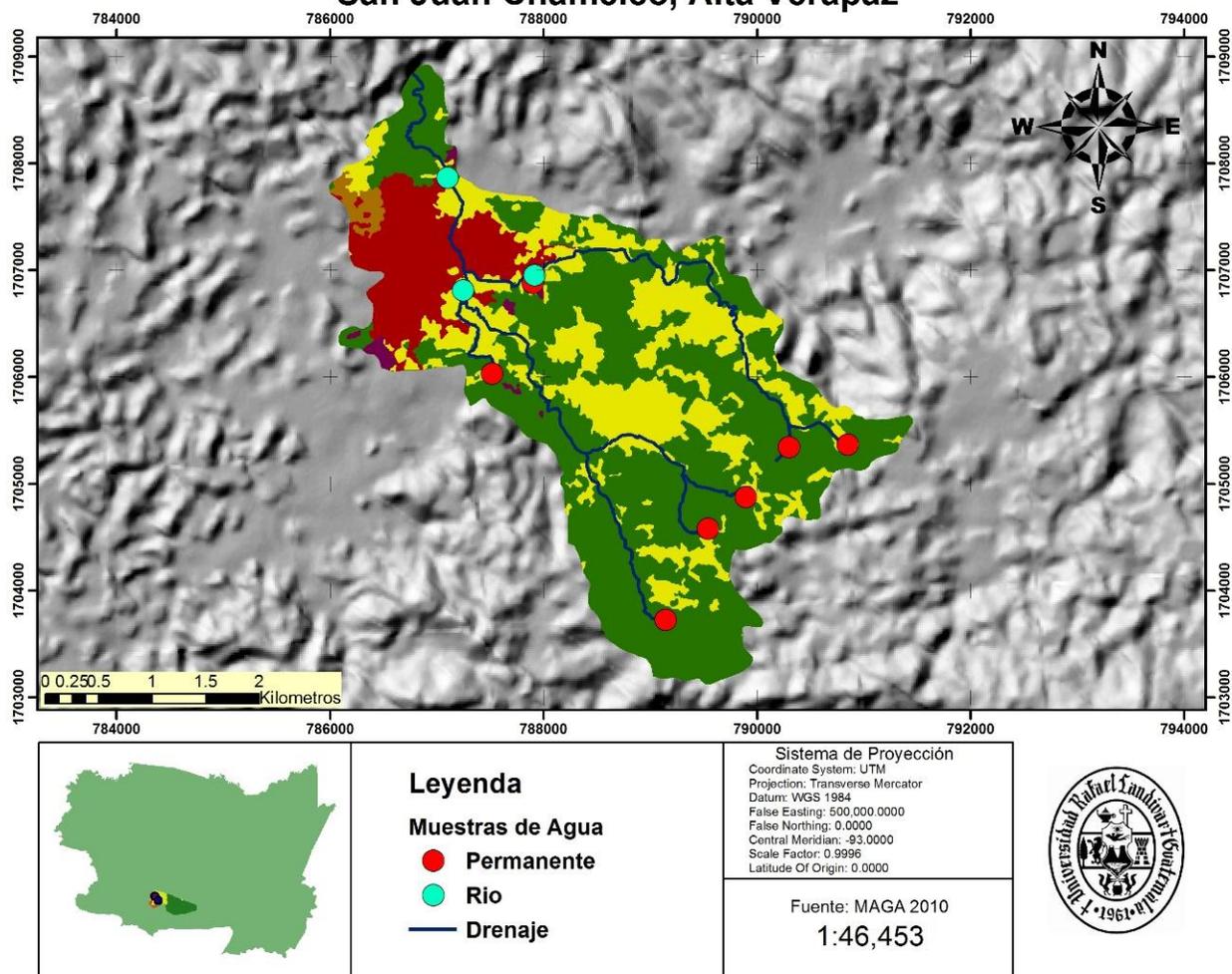
#### **b. Sedimentación de las aguas.**

Se realizó un inventario de nacimientos y cauces que se encuentran y/o atraviesan los principales usos de la tierra, tomando como principio la evaluación de aguas que ingresan y salen de la microcuenca. En cada punto seleccionado se colectó un litro de agua en recipientes de vidrio debidamente identificados.

La figura 8, identifica las zonas y áreas donde se colectaron las muestras de agua para la evaluación de sedimentos, quedando de la siguiente manera:

- 6 muestras tomadas en los nacimientos permanentes con los que cuenta la microcuenca.
- 2 muestras corresponden a los ríos que atraviesan el área de producción agrícola.
- Y el último dato para la evaluación de sedimentos, se tomó en la salida de agua de la zona de evaluación.

## Mapa de Ubicacion de Muestras de Agua de la Microcuenca Chiché. San Juan Chamelco, Alta Verapaz



**Figura 8.** Mapa de ubicación de los principales nacimientos y cauces muestreados para la identificación de sedimentos.

En la aldea Cojilá y San Marcos se contabilizaron dos nacimientos de agua por cada una, los cuales poseen un caudal permanente en época de lluvia y estiaje del año, estas mismas condiciones presentan el nacimiento ubicado en la aldea Chiché. En el caso del nacimiento ubicado en la comunidad de Secampana el caudal baja considerablemente en época seca y con extremos de no tener agua. El nacimiento ubicado en el barrio San Luis, está ubicado a orillas de la calle principal en un terreno privado y a pesar de estar cercado existe descuido en la protección y uso de este afluente.

**Cuadro 2.** Coordenadas <sup>1</sup>GTM de la localización de los puntos de muestreo y la altitud en msnm de cada punto.

No.	X	y	<sup>2</sup> msnm	Comunidad
1.	520782	1702273	1690	Sacampana
2.	521187	1703121	1649	San Marcos
3.	521545	1703410	1614	San Marcos
4.	521955	1703872	1520	Cojilá
5.	522507	1703889	1613	Cojilá
6.	519185	1704592	1370	San Juan
7.	519577	1705438	1375	San Luis
8.	518922	1705374	1360	San Luis
9.	519593	1705507	1370	San Luis
10.	518791	1706427	1364	Chiché

El sistema de evaluación de este indicador se enfoca en la cantidad de sedimentos encontrados en el río. Ponderando con cero (0), si la cantidad de sedimentos encontrados es mayor cuando sale de la microcuenca que cuando entra, pero si es igual se califica con uno (1), en caso de ser menor es calificada con dos (2). Para determinar el valor de este indicador se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{Sedimentos} = \left( \frac{\sum \text{Calificaciones}}{\# \text{ de cauces}} \right) / 2$$

### c. Evidencias de erosión.

Se realizó un recorrido en los principales ríos, nacimientos, caminos, veredas y los usos de la tierra de toda la microcuenca, en el mismo se procedió a realizar la cuantificación de las evidencias de erosión, como se presentan en el siguiente cuadro (3):

<sup>1</sup> GTM: Guatemala Trasversal de Mercator

<sup>2</sup> msnm: Metros sobre el nivel del mar

**Cuadro 3.** Evidencias de erosión de ríos, nacimientos, caminos y sedimentación según la metodología ANACAFE.

<b>Lugares de evaluación</b>	<b>Evidencias de erosión</b>
En nacimientos y ríos	Deslizamiento en las orillas Evidencias de erosión
En caminos	Cárcavas o canalillos en los caminos Áreas de acumulación de sedimentos en las partes bajas.

**Fuente:** Metodología para la evaluación de servicios ambientales, ANACAFE (2006) 15p.

Para cuantificar los resultados, se estableció que tendría una ponderación de uno (1) cuando no existía evidencias de erosión y con cero (0) cuando existía evidencias de erosión. El resultado se determina promediando la calificación de las cuatro evidencias evaluadas.

#### **d. Obras de prevención de erosión en las fuentes de agua.**

Con un recorrido en nacimientos, ríos y caminos encontrados en la microcuenca, se evaluó evidencia de erosión. El cuadro 4, lista los criterios de evaluación sobre la existencia de vegetación protectora, obras de retención (barreras vivas, muertas, bancales y siembra en contra de la pendiente).

La existencia de cada obra de conservación y recuperación se pondera con uno (1) y de no existir se califica con cero (0). El indicador se calcula promediando las calificaciones de las 4 obras de conservación.

**Cuadro 4.** Parámetros de evaluación y obras de prevención y/o recuperación de las fuentes de agua ubicadas en la microcuenca del río Chiché.

<b>Lugares de evaluación</b>	<b>Obras de conservación o recuperación</b>
En nacimientos y ríos	Siembra de vegetación protectora Obras de retención
En caminos	Cunetas en los caminos Desagües que lleven a la zona de infiltración

**Fuente:** Metodología para la evaluación de servicios ambientales, ANACAFE. (2006) 15p.

## **5.8. Conservación de biodiversidad**

Este servicio ambiental permitió establecer la variedad de vida encontrado en el bosque y en la zona destinada para la producción agrícola. Para hacer esta estimación se utilizaron dos criterios los cuales fueron: Calidad de hábitat y el uso de agroquímicos para la producción agrícola de la zona de investigación.

El criterio calidad del hábitat, se evaluó en la parcela de una hectárea ubicada en las zonas representativas de los usos de la tierra bosque y agricultura, este criterio considero 5 indicadores que definieron la situación actual del mismo. El resultado de este criterio se obtiene del promedio la sumatoria de sus cuatro indicadores.

Para el criterio uso de agroquímicos, se realizó un recorrido por los dos usos de la tierra agrícola y bosque en donde se ubicaron parcelas de producción agrícola y se realizaron entrevistas con productores de granos básicos y hortalizas para determinar el nivel de toxicidad de los productos sintéticos que utilizan. El resultado de este indicador es el promedio de la sumatoria de sus tres indicadores.

### **5.8.1. Calidad del hábitat**

#### **a. Numero de estratos arbóreos.**

Establecida la parcela de 1 hectárea, se procedió a realizar la medición de los diferentes estratos (ver cuadro 5) encontrado con la ayuda de un hipsómetro, esto

permitió contabilizar las diferentes masas forestales a través del indicador altura, bajo el siguiente patrón:

**Cuadro 5.** Parámetros de medición de estratos arbóreos encontrados en la parcela representativa de una hectárea.

<b>Estrato</b>	<b>Parámetro de medición</b>
Bajo	Menor a 5 metros
Medio bajo	5 a 10 metros
Medio alto	10 a 15 metros
Alto	Mayor a 15 metros

**Nota: elaboración propia – año 215.**

**b. Número de especies de árboles nativos en una hectárea**

Para la identificación de especies nativas presentes en una hectárea se realizó un recorrido por toda la parcela y con la ayuda del presidente del Concejo Comunitario de Desarrollo -COCODE- de la comunidad de Purjá, se identificaron algunas especies forestales que culturalmente se conocen en la comunidad en el lenguaje Q'eqchi' y otras que se conocen de manera general por su nombre común.

Cada una de las especies nativas encontradas en la parcela establecida se contabilizó como un punto, al final se tomaron como resultado, la sumatoria de las especies forestales encontradas. Considerando que las especies nativas generan las condiciones para el desarrollo de un hábitat adecuado para especies de fauna y flora.

**c. Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP en una hectárea.**

En la parcela de una hectárea, con la ayuda de instrumentos como: Cinta diamétrica y tablas de registro se procedió a contabilizar el número de árboles y arbustos con un diámetro a la altura del pecho -DAP- mayor a 5 centímetros.

Para esta medición se incluyeron especies arbóreas nativas y exóticas. El número total de árboles contabilizados se dividió por mil ( $\#A > 5$  de DAP = No. Árboles  $> 5$  cm DAP/1000), lo que permite hacer la cuantificación de este indicador.

#### **d. Valoración cuantitativa de la incidencia de epifitas en los árboles.**

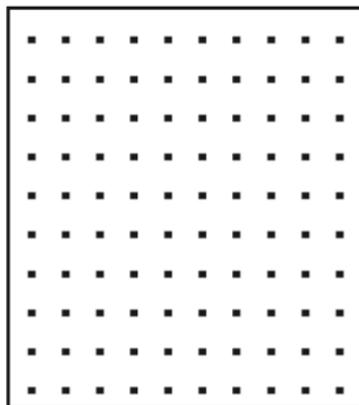
Se realizó un recorrido en toda la parcela para la identificación de la presencia de epifitas y/o bejucos presentes en los árboles. La cuantificación de la incidencia se realizó contabilizando el número de árboles con presencia y se dividió con el número total de árboles identificados en la parcela de una hectárea. La metodología de evaluación se realizó a través de tres criterios los cuales fueron:

- Sin presencia = 0, con poca presencia = 1 y con mucha presencia = 2.

#### **e. Porcentaje de cobertura de sombra**

Para determinar el porcentaje de sombra del bosque seleccionado para el análisis, se procedió a contabilizar 100 árboles a través de la cuadrícula presentada en la figura 9, procedimiento que se realizó a lo interno de la parcela, y de acuerdo a la metodología establecida por -ANACAFE-, se verifico el número de árboles que presentaban filtración vertical de luz solar en horas del mediodía.

El conteo de árboles que pasan la filtración de luz solar se le asignó un círculo en el cuadro de registro, cada círculo representa un punto porcentual. La sumatoria de los círculos, representa el porcentaje de sombra.



**Figura 9.** Modelo de la cuadrícula que representa los 100 árboles evaluados para la determinación del % de sombra, tomado de ANACAFE 2006.

#### **f. Aplicación de herbicidas**

En la zona de producción agrícola -uso de la tierra agrícola- se realizó un recorrido para localizar e identificar los principales productos del área entre estos: Granos básicos y hortalizas.

Para la cuantificación de este indicador, se hicieron entrevistas directas con los productores para establecer el producto, la toxicidad y el número de aplicaciones que se realizan al año. Generando una ponderación a partir de la multiplicación de la frecuencia de aplicación por la toxicidad estimada de cada producto como se indica en el cuadro 6.

En este sentido el parámetro de comparación del nivel de toxicidad de los productos sintéticos fue:

**Cuadro 6.** Estimación de la toxicidad de agroquímicos para el control de malezas.

<b>Uso</b>	<b>Producto</b>	<b>Nivel de toxicidad</b>
Herbicidas	Etiqueta verde	-1
	Etiqueta azul	- 2
	Etiqueta amarilla	- 3
	Etiqueta roja	- 4

**Fuente:** Elaboración propia – año 2015

#### **h. Aplicación de plaguicidas.**

Con el recorrido de la zona de producción agrícola, se identificaron varios productos utilizados para el control de plagas principalmente en la producción de hortalizas como: Tomate, Papa, Chile Jalapeño y frijol. Con la información proporcionada por cada uno de los productores entrevistados se logró cuantificar los productos más utilizados e identificar el nivel de toxicidad de los mismos.

### **i. Aplicación de fertilizantes**

Los fertilizantes sintéticos dañan la biología del suelo aumentando su infertilidad, por lo que el control y estimación de los productos aplicados para la producción es fundamental. Para este caso la aplicación de fertilizantes se consideró con una puntuación de menos uno (-1) por cada producto aplicado.

El valor del criterio de usos de agroquímicos se estimó a partir de la sumatoria de los indicadores: Aplicación de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes divididos por una constante de 10.

### **5.9. Fijación de carbono.**

La importancia de la evaluación de este criterio radica en la cuantificación del carbono que fijan los árboles a través del proceso de fotosíntesis y se almacena en la parte leñosa de la misma.

Es importante resaltar que se realizaron cuatro parcelas de 500 m<sup>2</sup>, en los usos de la tierra agrícola y bosque para la evaluación de este criterio, las condiciones de estas parcelas son heterogéneas al considerar que existe una diversidad de especies y es un bosque natural.

#### **a. Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea**

En la parcela de 10,000 m<sup>2</sup> del uso de la tierra denominado bosque y agricultura de la microcuenca del río Chiché, se establecieron cuatro parcelas de 500 m<sup>2</sup> los cuales fueron sujetos a evaluación para determinar las Toneladas/métricas/hectárea de carbono fijado. Las variables utilizadas para la cuantificación de este criterio se detallan en el cuadro 7:

**Cuadro 7.** Variables necesarias para el cálculo de la fijación de carbono por hectárea.

Variable	Parcela de evaluación	Observaciones
DAP	Cuatro parcelas internas de 20 x 25 m	En sistemas donde los árboles son muy dispersos, se miden todos los árboles en la
Altura	Cuatro parcelas internas de 20 x 25 m	hectárea

**Fuente:** Elaboración propia, año 2015.

En este caso para la medición de campo se utilizó equipo de Geo posicionamiento Global –GPS-, cintas métricas para medir los distanciamientos de las parcelas, cintas diamétricas utilizadas para la medición del Diámetro a la Altura del Pecho -DAP- (1.30 metros), clinómetro que se empleó en la medición de las alturas de los diferentes arboles encontrados en las parcela internas, así también se utilizó: spray de color rojo, estacas, cuadernos, boletas de registro, entre otros.

Para la cuantificación de biomasa seca viva sobre el suelo se utilizara la ecuación alométrica de Chave *et al.* (2005), esta ecuación relaciona las mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP), con estimaciones de biomasa seca viva sobre el suelo (BSS), a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{BSS}_{\text{árbol}} = (p * \exp(-1.499 + (2.148 * \ln(D))) + (0.207 * \ln(D)^2) - (0.0281 * \ln(D)^3)) + * 0.001$$

**Dónde:**

**P** = Densidad de la madera (0.60 g/cm<sup>3</sup>)

**D** = Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

**Exp** = Devuelve o eleva la potencia de un número determinado

**ln** = Devuelve el logaritmo natural de un número

Posteriormente al cálculo de la biomasa por árbol, se procedió a realizar el análisis de la biomasa seca viva por hectárea a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{BSS}_{\text{ha}} = (\text{ha/área de parcelas}) * \text{BSS parcela}$$

Para estimar la cantidad de carbono se utilizó la ecuación de carbono planteada por Penman *et al.* (2003), el cual indica que el porcentaje de carbono almacenado en la biomasa seca es de 48 a 50 % de la misma, por lo que la ecuación utilizada para estimar carbono es:

$$C = BSS_{ha} * fc$$

**Dónde:**

**C**= Carbono

**BSS<sub>ha</sub>**=Biomasa seca por hectárea

**Fc**= Fracción de carbono en la biomasa. Se asume 0.5 sugerido por Penman *et al.* (2003).

Y por último, la evaluación del dióxido de carbono se calculó a partir de la biomasa seca estimada, el cual se multiplico por el peso molecular del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que es 44, dividido por el peso molecular del carbono (C) que es 12, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$CO_2 = (BSS_{ha} * 44) / 12$$

### **5.10. Conservación de suelo.**

En la evaluación del criterio de conservación de suelo se evaluó: cobertura del suelo, las evidencias de erosión y las obras de conservación, en este sentido se hicieron recorridos por toda la zona de investigación, en la parcela de una hectárea y en los principales afluentes de agua -ríos y nacimientos-.

#### **a. Porcentaje de cobertura del suelo.**

Este criterio se evaluó en la parcela de una hectárea establecida en el uso de la tierra clasificada como bosque natural, para ello se realizó un recorrido por toda la parcela en zigzag en donde a cada 5 metros se pondero el tipo de cobertura con que contaba el suelo - zacates, hierbas de hoja ancha, rastreras, hojarasca y/o suelo desnudo-, en el recorrido se realizaron 100 puntos de muestro, cada uno de estos equivalió a uno porcentaje (1 %).

Con la sumatoria de los porcentajes se calculó la diferencia entre los puntos porcentuales obtenidos de los tipos de cobertura: Zacates, hierbas de hoja ancha, plantas rastreras y hojarasca menos los puntos porcentuales del suelo desnudo, de la siguiente forma:

% de cob. Suelo: (% de Zac. + % de HHA + % PR + %Hoj.) - % del suelo desnudo

**Dónde:**

**% de Cob. Suelo** = Porcentaje de Cobertura del suelo

**% de Zac.** = Porcentaje de Zacates

**% de HHA** = Porcentaje de Hierbas de hojas anchas

**% PR** = Porcentaje de Plantas Rastreras

**% Hoj.** = Porcentaje de hojarasca.

**b. Incidencia de erosión**

Las evidencias de erosión son importantes pues determinan si es necesario aplicar técnicas de conservación y si existe arrastre de suelo. Para la evaluación de este indicador se realizó un recorrido de toda la zona de investigación y con la ayuda de la boleta de evaluación se verificó la presencia y/o evidencias de:

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

Para la cuantificación de este indicador se ponderó con cero (0) cada una de las evidencias de erosión enlistadas anteriormente y con uno (1) si no se encuentran estas evidencias. Tomando como resultado final el promedio de las evidencias encontradas en el área de investigación.

**c. Obras de conservación de suelo.**

Con los recorridos realizados en la microcuenca del río Chiché, se evaluó la existencia o no de obras de conservación de suelos, siendo estas obras las siguientes:

- Barreras vivas para 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 con deslizamientos.
- Obras de captura o intercepción de agua como acequias o cajuelas.

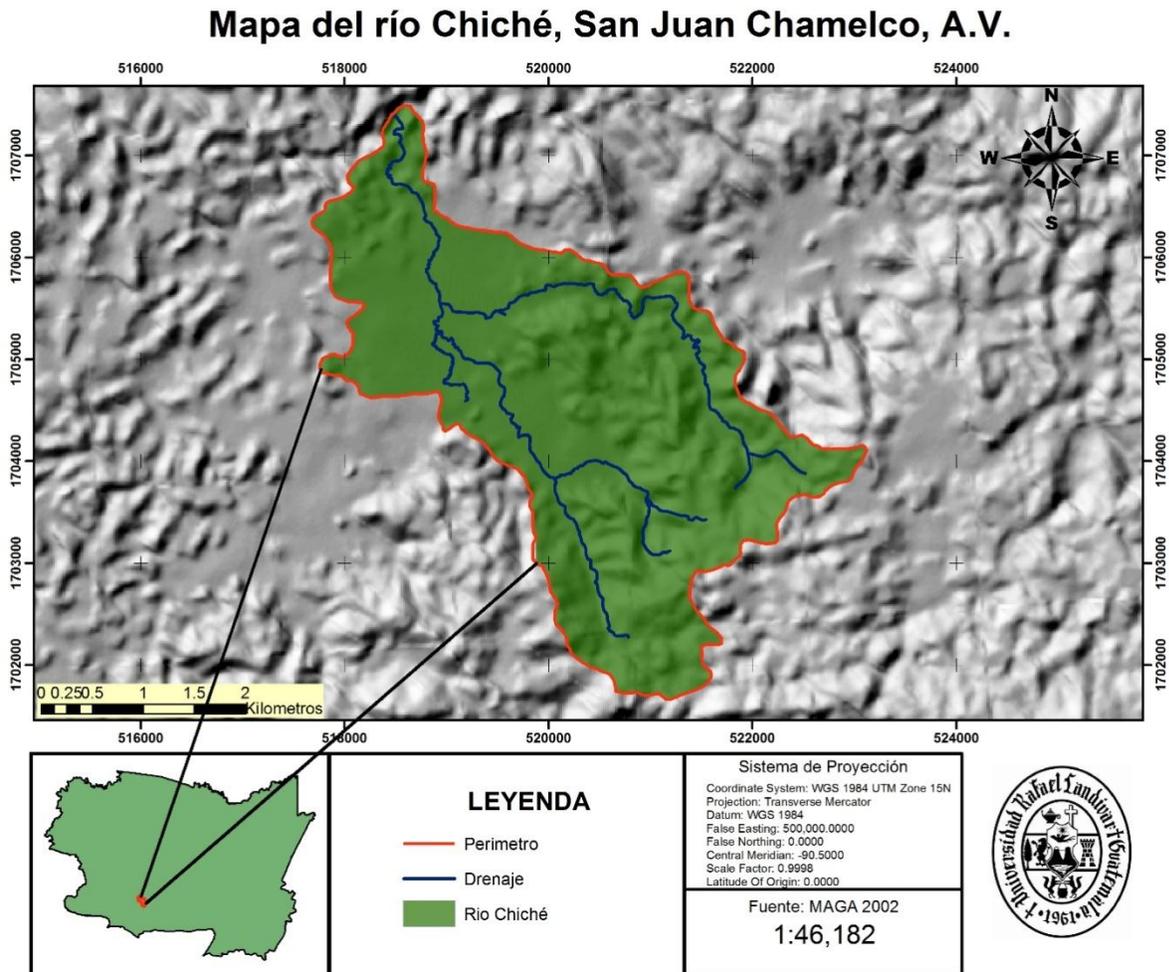
Cada tipo de obra de conservación hallada se calificó con “1”. Las obras que no fueron encontradas en los recorridos realizados se ponderaron con “0”. El resultado final de este indicador es el promedio de las obras de conservación identificadas en el área de investigación.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Delimitación de la microcuenca del río Chiché.

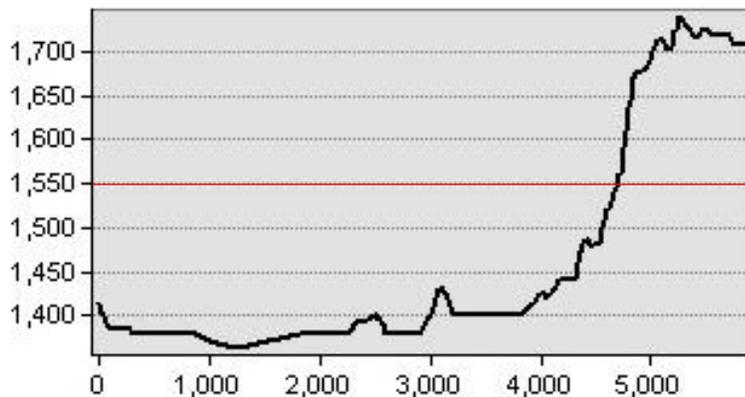
La microcuenca del río Chiché se ubica al Noroeste del Municipio de San Juan Chamelco, posee una extensión de 12.58 km<sup>2</sup>, lo que equivale a 1,258.24 hectáreas, de acuerdo a la figura 10, en donde se visualiza la delimitación de la microcuenca.

La microcuenca posee un perímetro de 20.83 km -20,839.48 metros- y una longitud del cauce principal de 5.34 km. expresada esta unidad de medida como la distancia que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba en línea recta.



**Figura 10.** Mapa de la delimitación de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz

Con la ayuda de la opción “Interpolate Line” –Línea de interpolación- de la barra de herramientas “3D Analyst” de ArgGis 10.2 (Puertas, Rengifo & Bravo. 2013), se trazó una línea sobre la superficie del Triangular Irregular Networ -TIN- (Triangular red irregular) de la microcuenca, de manera que se siguiera la red hídrica, dando como resultado el perfil de elevación del cauce principal como se representa en la figura 11. El grafico permite identificar que la elevación media de la cuenca es de 1,550 metros sobre el nivel del mar.

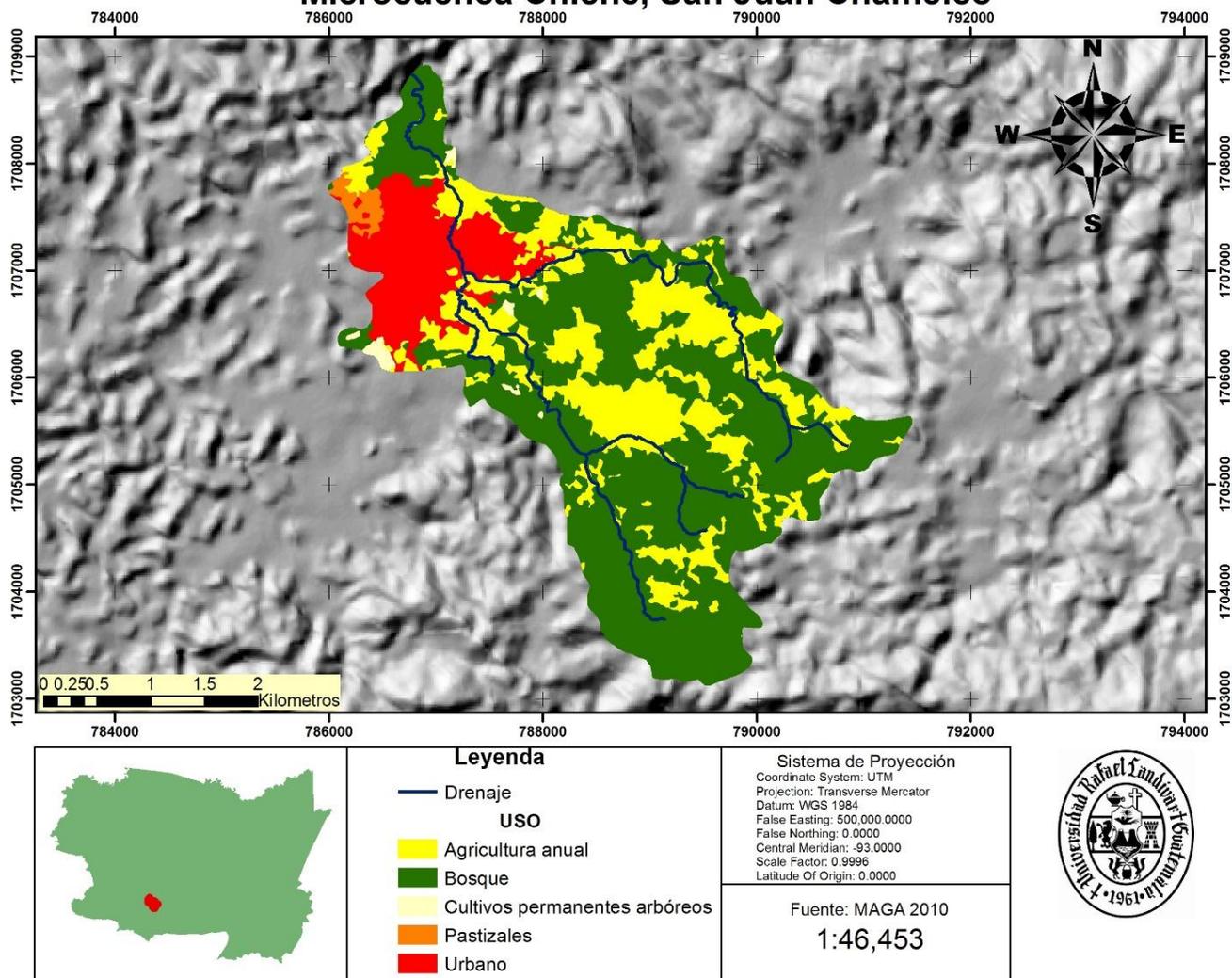


**Figura 11.** Perfil de elevación del cauce principal de la microcuenca del río Chiché, obtenida con el software Arc Gis 10.2.

La figura 12 representa los usos de la tierra de la microcuenca, identificando el bosque con un 58.49 % de la superficie total, lo que corresponde a 735.65 hectáreas con cobertura forestal de especies coníferas y latifoliadas, le sigue el uso de la tierra destinada a la producción agrícola con el 27.54 %, con un área de 346.43 hectáreas, estas son zonas semiplanas que han tenido o poseen producción principalmente de hortalizas y granos básicos.

Por otro lado la microcuenca posee en mínimas extensiones una zona urbana y/o de construcción que corresponde a 151.96 hectáreas lo que representa el 12.08 % de extensión. Mientras que con un área no representativa existen zonas para uso de pastizales (1.11 %) y cultivos permanentes arbóreos -nuez de macadamia- (0.76 %) con una extensión en hectáreas de 13.97 y de 9.6 para cada una de las anteriores.

## Mapa de Uso de la Tierra año 2010 Microcuenca Chiché, San Juan Chamelco



**Figura 12.** Mapa del uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché, de acuerdo a la clasificación del Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-, Año 2010.

### 6.2. Caracterización de los servicios ambientales por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

Este apartado define las condiciones del estado actual de los servicios ambientales por uso de la tierra representativo de la microcuenca -Bosque, agricultura y área urbana-, los resultados plasmados a continuación son producto de las evaluaciones realizadas en campo, entrevistas, consultas a líderes comunitarios y sobre todo a la información recopilada y tabulada en las hojas de evaluación (ver anexo 1).

**a. Escala de contaminación de los servicios ambientales.**

La escala (ver cuadro 8) de contaminación tiene el propósito de generar la identificación de las condiciones en la caracterización de los servicios ambientales de la microcuenca.

La escala posee una cuantificación promedio, la cual es el resultado que se otorga a el servicio ambiental por uso de la tierra, entre más se acerca a cero (0) el grado de contaminación será mayor y entre más se acerca a uno (1) el grado de contaminación será menor clasificándolo por escalas.

**Cuadro 8.** Escala de contaminación para la caracterización de indicadores, criterios y servicios ambientales encontrados en la microcuenca del río Chiché.

No.	Cuantificación Promedio	Calificación de campo	Vulnerabilidad	Descripción
1	0 a 0.24	0	Muy alta	Posee altos grados de contaminación y es necesario tener una intervención inmediata para contrarrestar los efectos.
2	0.25 a 0.49	1	Alta	Presenta grados de contaminación alarmantes y es necesario generar propuestas de conservación.
3	0.50 a 0.74	2	Media	Tiene pocos indicios de contaminación ambiental
4	0.75 a 1	2	Baja	Evidencia tierras con muy poca intervención y por lo tanto con menor impacto ambiental o baja contaminación

Fuente: elaboración propia, año 2015.

Para el caso del servicio ambiental biodiversidad, el cual no se califica por escalas, se emplea como punto de partida el uso de la tierra bosque asignando un valor de 1, es decir la máxima calificación en el índice. Esto se justifica por el hecho de que el bosque primario constituye el uso de la tierra sin intervención y por tanto con menor impacto ambiental.

A partir de este punto de referencia se transforman los demás valores de los servicios ambientales obtenidos en los otros usos de la tierra. Para ello simplemente se utiliza una regla de tres. Por ejemplo:

	<b>Bosque</b>	<b>Agrícola</b>
Calificación Biodiversidad	16.84	9.66
Índice de vulnerabilidad	1	0.57

El índice 0.57 corresponde al uso de la tierra agrícola, este se obtiene de la siguiente manera:

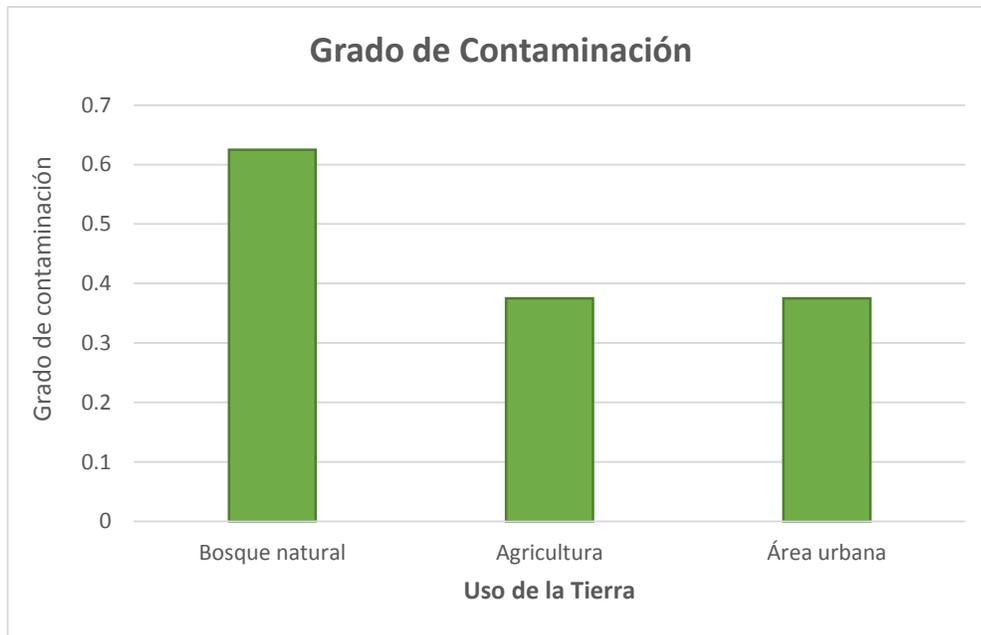
$$\begin{array}{l}
 16.84 \longrightarrow 1 \\
 9.66 \longrightarrow \text{Respuesta} = 0.57
 \end{array}$$

### **6.1.1. Indicadores del servicio ambiental Agua**

#### **a. Manejo de Contaminación del agua**

Los resultados obtenidos sobre la contaminación de agua como se detalla en la gráfica 1, determina que el uso de la tierra Bosque con ponderación promedio de 0.625 puntos presenta una vulnerabilidad media, es la que menos acciones de contaminación presenta debido a la escasa o nula presencia de: combustibles y aceites, lavado de equipo, desechos orgánicos y aguas negras.

El uso de la tierra Agricultura y área urbana poseen una estimación de 0.375, condición considerando como vulnerabilidad alta, esto debido a ciertas acciones de contaminación como: el desecho y el lavado de productos, herramientas y equipo en fuentes de agua y descarga de aguas residuales de las zonas urbanas a los cauces principales, por lo que es necesario implementar medidas de mitigación, ver figura 13.



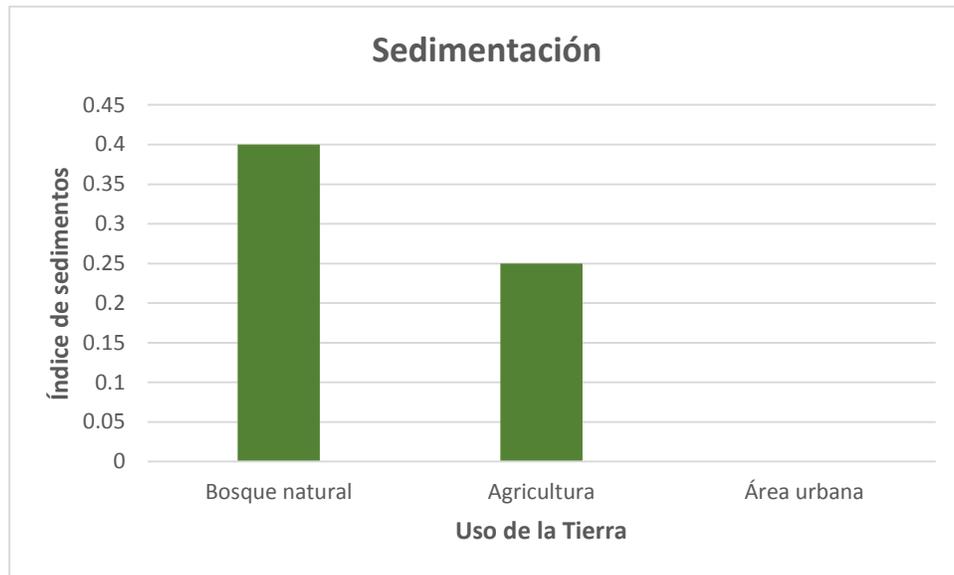
**Figura 13.** Índice del manejo de la contaminación de los causes de agua que atraviesan los uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

**b. Sedimentación**

Para poder obtener esta ponderación se realizó el muestreo de 9 puntos de entrada de agua (nacimientos), recorrido (intermedio) y en la salida del cauce de agua de la microcuenca.

En el uso de la tierra bosque se evaluaron 5 muestras de agua y estas dieron como resultado una ponderación de 0.4, evidenciando un contenido moderado de sedimentos. En las tierras agrícolas se evaluaron 3 muestras calificadas con 0.2, identificando presencia de sedimentos en las fuentes de agua.

Y por último la muestra obtenida en el área urbana se pondero con cero (0) demostrando la existencia de alto contenido de sedimentos como se detalla en el siguiente gráfico (ver figura 14).

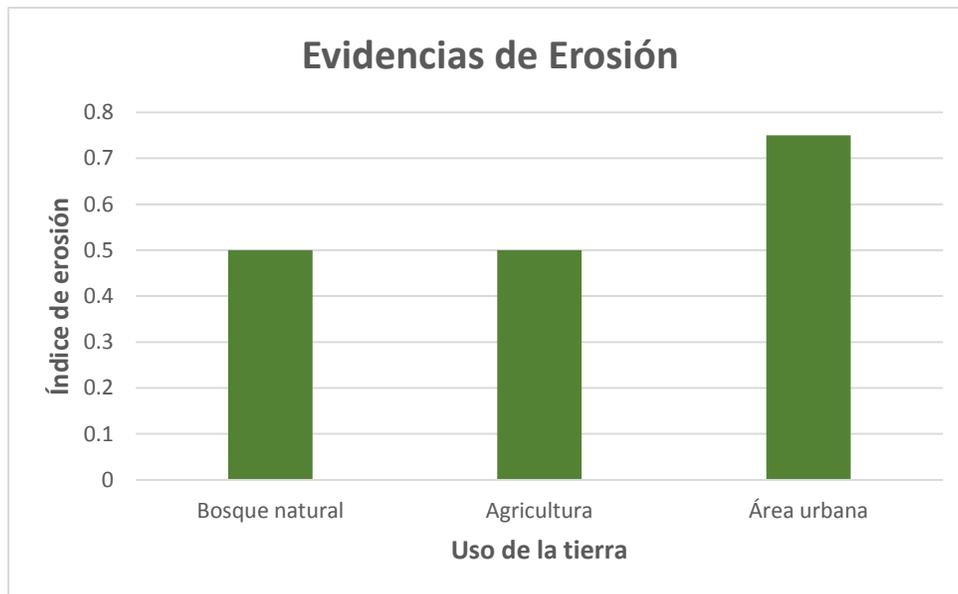


**Figura 14.** Índice de sedimentos encontrados por cada uso de la tierra, en donde se tomaron muestras de al menos un litro de agua en los nacimientos y cauces que atraviesan la microcuenca del Río Chiché.

### c. Erosión

En este indicador la evidencia de erosión encontrada se califica con cero (0) y la falta de evidencia se calificó con uno (1). Los usos de la tierra bosque y agricultura presentan evidencias de erosión media (0.5), debido a la identificación de dos evidencias de erosión por cada uso de la tierra.

En el caso del área urbana se ha identificado únicamente una evidencia de erosión, lo que indica que es menos susceptible a erosión, esto debido a la topografía semiplana que presenta el área, como se refleja en la figura 15.

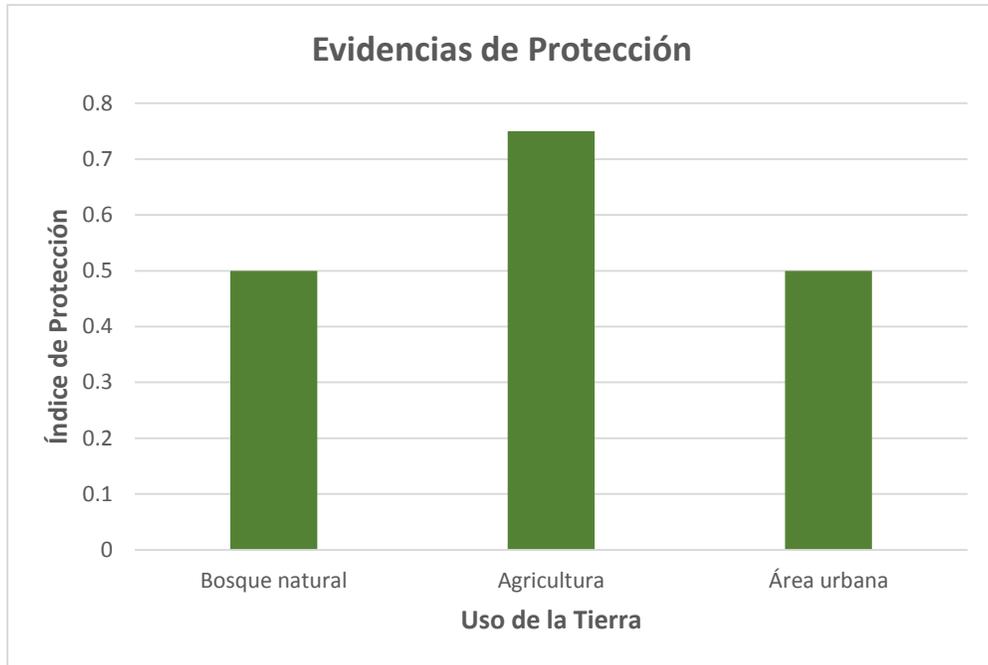


**Figura 15.** Índice de evidencias de erosión encontradas por cada uso de la tierra, principalmente a orillas de carreteras, ríos, nacimientos y zonas de producción encontradas en el área de estudio.

**d. Evidencias de protección**

Las fuentes de agua encontradas en los usos de la tierra bosque y área urbana presentan 2 acciones de protección de las cuatro evaluadas, entre ellas: Vegetación protectora en ríos y nacimientos, así como cunetas elaboradas a orillas de los caminos, esto da como resultado un grado de vulnerabilidad media, con una ponderación de 0.5.

El uso de la tierra agrícola, presenta 3 obras de protección lo que evidencia la importancia del agua para la producción y productividad agrícola de la zona, esto indica un grado de vulnerabilidad baja, lo que tiene como resultado 0.75 puntos en el índice de medición según se plantea en la figura 16.



**Figura 16.** Índice de evidencias de protección de las fuentes de agua principalmente ríos y nacimientos encontrados por cada uso de la tierra de la microcuenca.

### **6.1.2. Indicadores del servicio ambiental conservación de la biodiversidad**

La biodiversidad evaluó 5 criterios, mientras que el uso de agroquímicos únicamente 3. Los criterios e indicadores de este servicio ambiental se evalúan en las parcelas de 10,000 metros establecidas por cada uso de la tierra.

#### **6.1.2.1. Número de estratos arbóreos.**

En tierras agrícolas y área urbana de la microcuenca no se ubicó ningún estrato arbóreo. En el uso bosque, se identificaron 3 estratos arbóreos; el primer estrato con 3 especies forestales, el segundo con 5 especies y el último con 9 especies (ver cuadro 9). Este resultado indica un bajo impacto en los recursos naturales.

**Cuadro 9.** Clasificación de estratos arbóreos identificados el uso de la tierra de bosque de la microcuenca del río Chiché.

<b>Estrato</b>	<b>Género</b>	<b>Especies Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<b>Medio bajo 5-10 metros</b>	<i>Toxicodendron</i>	<i>striatum</i>	Palo Brujo
	<i>Hedyosmum</i>	<i>mexicanum</i>	Onk
	<i>Saurauia</i>	<i>villosa</i>	Xoot
<b>Medio alto 10-15 metros</b>	<i>Laplacea</i>	<i>spp.</i>	Chacalte
	<i>Hedyosmum</i>	<i>mexicanum</i>	Onk
	<i>Toxicodendron</i>	<i>striatum</i>	Palo Brujo
	<i>Perymenium</i>	<i>grande</i>	Taxiscobo
	<i>Saurauia</i>	<i>villosa</i>	Xoot
<b>Alto Mayor a 15 metros</b>	<i>Persea</i>	<i>americana</i>	Aguacate
	<i>Conostegia</i>	<i>icosandra</i>	Cher
	<i>Quercus</i>	<i>sp.</i>	Encino
	<i>Cecropia</i>	<i>peltata</i> L.	Guarumo
	<i>Liquidambar</i>	<i>styraciflua</i>	Liquidámbar
	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i>	Mesche
	<i>Hieronyma</i>	<i>guatemalensis</i>	Tem
	<i>Mastichodendron</i>	<i>angustifolium.</i>	Tul Che
	<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	Pino

**Indicador 1 No. Estratos = 3**

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

#### 6.1.2.2. Número de especies nativas

En el uso de la tierra bosque se han identificado 7 especies nativas, lo que demuestra una alta riqueza en la biodiversidad (ver cuadro 10), este resultado evidencia un bajo grado de impacto ambiental. En las tierras agrícolas y área urbana no se evaluó este indicador, por no contar con especies forestales en la parcela representativa.

**Cuadro 10.** Listado de especies identificadas en el bosque natural de la microcuenca del río Chiché.

	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
1.	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Pino
2.	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	Palo Brujo
3.	<i>Muntingiacalabura</i>	Q'iiib'
4.	<i>Cecropiaspp.</i>	Guarumo
5.	<i>Alnusacuminata</i>	Mesche
6.	<i>Saurauivillosa</i>	Xoot
7.	<i>Hieronymaguatemalensis</i> Donn. Smith	Tem

**No. Especies nativas = 7**

Fuente: elaboración propia, año 2015.

### 6.1.2.3. Número de árboles por hectárea

Para este indicador, en el uso de la tierra bosque se han identificado un total de 750 árboles por hectárea, teniendo mayor presencia con 24 % la especie *Hedyosmum spp.*, el grado de vulnerabilidad de acuerdo al número de especies identificadas es baja.

En tierras agrícolas se contabilizaron 6 árboles por hectárea, predominando con 50 % la especie *Alnusacuminata* (cuadro 11), para este caso el grado de vulnerabilidad es muy alto debido a la poca presencia de especies forestales por hectárea.

**Cuadro 11.** Número total de árboles encontrados en la parcela interna de una hectárea establecida en el Uso de la Tierra Bosque y agricultura anual.

<b>USO DE LA TIERRA BOSQUE</b>			
<b>No.</b>	<b>Numero de arboles</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
1.	140	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Pino
2.	30	<i>Quercus</i> sp.	Encino
3.	110	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	Liquidámbar
4.	5	<i>Persea americana</i>	Aguacate
5.	45	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	Palo Brujo
6.	25	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	Tul Che
7.	180	<i>Hedyosmum</i> spp.	Onk *
8.	40	<i>Muntingiacalabura</i>	Q'iiib' *
9.	30	<i>Cecropiaspp.</i>	Guarumo
10.	30	<i>Alnusacuminata</i>	Mesche
11.	65	<i>Conostegiaicosandra</i>	Cher *
12.	30	<i>Saurauivillosa</i>	Xoot *
13.	10	<i>Laplaceaspp.</i>	Chacalte
14.	5	<i>Perymenium grande</i>	Taxiscobo
15.	5	<i>Hieronymaalchorneoides</i>	Tem *
<b>No. Árboles y arbustos &gt; 5 cm DAP/1000 = 750/1000</b>			
<b>No. arboles &gt; 5 cm DAP = 0.75</b>			
<b>USO DE LA TIERRA AGRICULTURA</b>			
<b>No.</b>	<b>Numero de arboles</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
1	2	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Pino
2	1	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	Liquidámbar
3	3	<i>Alnusacuminata</i>	Mesche
<b>No. Árboles y arbustos &gt; 5 cm DAP/1000 = 6/1000</b>			
<b>No. arboles &gt; 5 cm DAP = 0.006</b>			

\* Nombres en Q'eqchi', de acuerdo a la Academia de Lenguas Mayas de Guatemala, es el idioma Maya que se habla en la región norte del país principalmente en Alta Verapaz.

#### **6.1.2.4. Presencia de epifitas por hectárea.**

En el uso de la tierra bosque, se ha identificado 6 especies de plantas epifitas, 3 de estas especies presentan poca presencia en los árboles y tres especies (*Polypodium palustre*, *Aspleniumalatumy* *Philodendronluisae*) cuentan con mucha presencia, comprobando la alta calidad del hábitat (ver cuadro 12) el cual es considerado con un bajo impacto. En el uso de la tierra agrícola no se identificó presencia de epifitas demostrando un alto impacto en el uso de los recursos.

**Cuadro 12.** Presencia y valoración cuantitativa de la incidencia de epifitas en los árboles del bosque natural de la microcuenca del río Chiché.

No.	Especies		Presencia de epifitas y bejucos		
	Especies	Nombre común	no (0)	pocos (1)	muchos (2)
1	<i>Tillandsia excelsa</i> Griseb	Gallito		1	
2	<i>Polypodium palustre</i>	Cartucho			2
3	<i>Philodendron luisae</i>	Cartucho			2
4	<i>Asplenium stuebelianum</i>	-----		1	
5	<i>Serpocaulon subandinum</i>	-----		1	
6	<i>Asplenium malatum</i>	-----			2
Presencia de epifitas No de Especies = 6					

Fuente: elaboración propia, año 2015.

#### 6.1.2.5. Porcentaje de cobertura de sombra

Utilizando la metodología de cuadrícula propuesta por -ANACAFE-(2006), se contabilizaron 100 árboles a lo interno de la parcela de 1 hectárea por cada uso de la tierra. Este procedimiento determinó que el bosque encontrado en la microcuenca del río Chiché presenta un 76 % de sombra, reflejando que únicamente 24 árboles permiten el reflejo de la luz solar en forma vertical en el bosque. En tierras agrícolas no se procedió a evaluar este indicador, debido a la poca cobertura forestal por hectárea (6 árboles/hectárea).

#### 6.1.2.6. Criterio uso de agroquímicos

Se realizó un recorrido en las tierras agrícolas de la microcuenca y realizando consultas y entrevistas a los agricultores de la zona, se han identificado el uso de los siguientes agroquímicos (ver cuadro 13):

**1. Indicador Herbicidas**, regularmente utilizan productos como Herbaxon y Glifosan, los cuales poseen una toxicidad estimada de -1(WESTRADE, 2013), el cual da como resultado que el valor de este indicador sea de - 4.

**2. Indicador Plaguicidas**, existe un aumento en el uso de estos productos debido a la resistencia de ciertas plagas y enfermedades a productos químicos. El nivel de

toxicidad estimada es de -2 y multiplicado por el número de aplicaciones, el valor de este indicador es de -78.

**3. Indicador de Fertilizantes**, regularmente se aplican las fórmulas comerciales más comunes las cuales son: 15-15-15, 20-20-0, UREA (CON<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) y Blaukorn (12-8-16-3MgO), estas aplicaciones se hacen con el fin de enmendar la falta de algún elemento primario y/o secundario que requieren las plantas que se están cultivando. El nivel de toxicidad se califica con -1, por lo que el resultado del indicador es -18.

**Cuadro 13.** Resultados de la evaluación de la aplicación de agroquímicos en el uso de la tierra agrícola, en la microcuenca del río Chiché.

USO	PRODUCTO	Toxicidad estimada (categoría)	No. APLICACIONES ANUALES	No. Aplicaciones x toxicidad estimada	VALOR INDICADOR (Suma de las calificaciones de todos los productos).
<b>Indicador 1: HERBICIDAS</b>	Herbaxon	- 1	3	-3	-4
	20 SL				
	Glifosan	- 1	1	-1	
<b>Indicador 2: PLAGUICIDAS</b>	Tambo	- 2	5	-10	-78
	Gusathion M		12		
	35 WP	- 2		-24	
	Monarca	- 2	6	-12	
	11,25 CE				
	Dithane 60	- 2	10	-20	
	OF				
	Thimet 10	- 2	6	-12	
GR					
<b>Indicador 3: FERTILIZANTES</b>	20-20-0		2	-2	-18
	15-15-15		4	-4	
	UREA	-1	6	-6	
	Blaukorn		6	-6	

**VALOR DEL CRITERIO USO DE AGROQUÍMICOS: ( $\Sigma$  INDICADORES 1 a 3)/3: -33.33**

Fuente: elaboración propia, año 2,015.

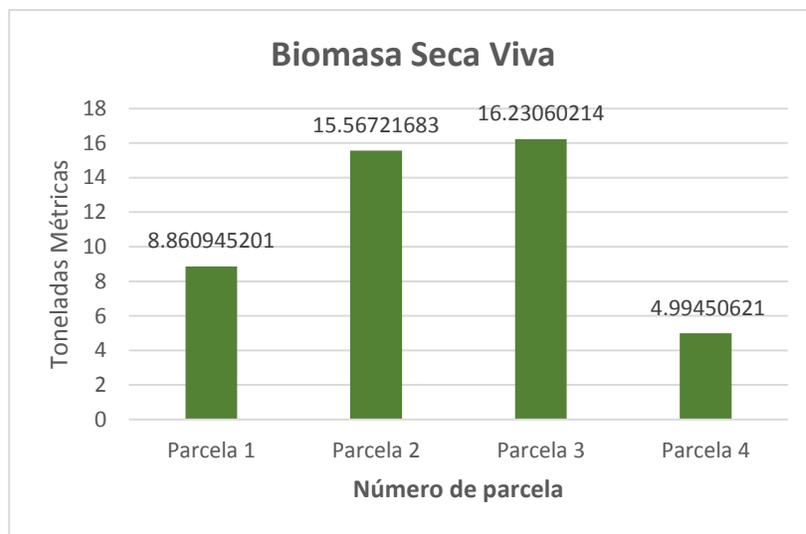
De acuerdo a los resultados, el nivel de toxicidad por el uso de agroquímicos evidentemente es muy alto, por lo que se sugiere tomar las medidas necesarias para normar el uso de estos productos.

### 6.1.3. Indicador del servicio ambiental fijación de Carbono

Para realizar la estimación de la fijación de carbono, se inició con la estimación de la biomasa seca viva sobre el suelo de un árbol. Este indicador se evaluó en las cuatro

parcelas internas instaladas por cada uso de la tierra. Únicamente se evaluó la fijación de carbono para el uso de la tierra bosques, debido a que no se encontraron árboles en las parcelas ubicadas en tierras agrícolas.

La biomasa estimada en las cuadro parcelas internas de 500 m<sup>2</sup> se realizó a partir de la ecuación alométrica de Chavé *et al.* (2005). El cual da como resultado, para la primera parcela de 8.860 Toneladas/métricas, en la segunda 15.567 Toneladas/métricas, en la tercera 16.230 Toneladas/métricas y en la parcela número cuatro se estimaron 4.994 Toneladas/métricas, como se identifica en la figura 17.



**Figura 17.** Estimación de la biomasa seca viva sobre el suelo por parcela de 500 m<sup>2</sup>, a partir de la ecuación alométrica de Chavé *et al.* (2005) en la zona boscosa de la microcuenca Chiché.

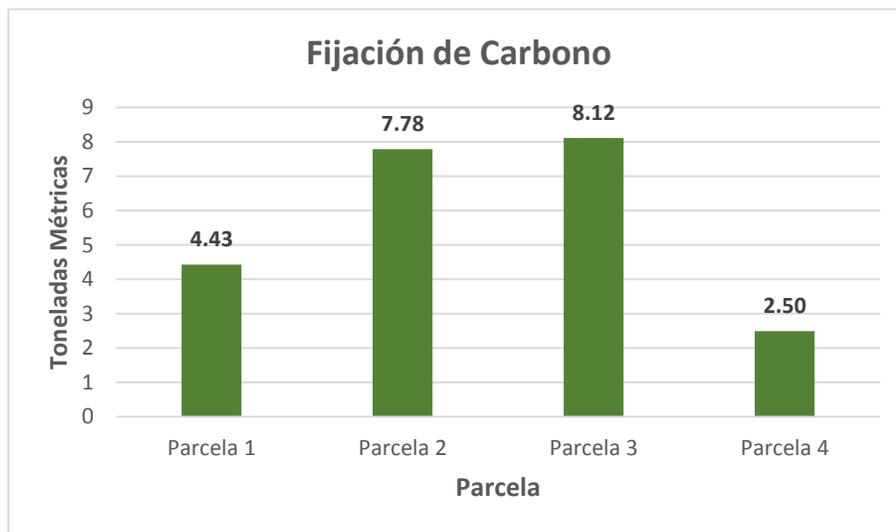
Con estos resultados se estima que en una hectárea de bosque ubicado en la microcuenca del río Chiché, poseen 228.265 toneladas/métricas/hectárea de biomasa seca viva sobre el suelo. Lo que equivale a 503,255.84 libras/5,032.55 quintales; 1 tonelada métricas = 2,204.7 libras, equivalentes a 22.047 quintales.

La figura 18 registra la fijación de carbono estimada a partir de la ecuación propuesta por Penman *et al.* (2003), La cual indica que: Fijación de carbono = Biomasa \* <sup>3</sup>Fracción

<sup>3</sup>Fracción de carbono= 0.5 sugerido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático -IPCC- (Penman *et al.* 2003).

de carbono, que da como resultado: Parcela uno, 4.43 toneladas/métricas, parcela dos 7.78 toneladas/métricas, parcela 3 es de 8.12 toneladas/métricas y para la parcela número cuatro es de 2.50 toneladas/métricas.

La fijación de carbono estimada por hectárea en el bosque natural de la microcuenca del río Chiché es de 114.33 toneladas/métricas/hectárea.



**Figura 18.** Estimación de la fijación de carbono por parcela de 500 m<sup>2</sup> de acuerdo a la ecuación propuesta por Penman *et al.* (2003).

La cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que sería emitida a la atmosfera, si los 140 árboles (ver anexo 2) evaluados de las cuatro parcelas de 500 m<sup>2</sup> se talaran y que quemaran, generarían 167.33 toneladas/métricas, mientras que por hectárea consumida es de 836.98 toneladas/métricas por hectárea.

La Universidad Paris Dauphine, ubicada en Paris Francia ha propuesto un sistema de comercio internacional del carbono, El precio de salida propuesto de CO<sub>2</sub> es de 7,5 dólares por tonelada. Si se utiliza este precio, la microcuenca con 267.66 hectáreas tendría un ingreso anual de 2,007.45 dólares (Q. 15,055.87).

### 6.1.3. Indicadores del servicio ambiental conservación de suelo

En el criterio cobertura de suelo, el uso de la tierra bosque no presenta áreas descubiertas por cobertura vegetal, en el caso de las tierras agrícolas, presenta un grado alto de suelo sin cobertura. El bosque no presenta algún indicio de erosión, por otro lado en las tierras agrícolas si se identificó una evidencia de erosión. En los usos de la tierra bosque y agricultura se han identificado 3 obras de protección de suelos cada uno, comprobando la importancia de los mismos para la conservación (ver cuadro 14).

**Cuadro 14.** Resultados de la evaluación del servicio ambiental conservación de suelo de la microcuenca del río Chiché.

Uso de la tierra		Bosque	Agricultura
<b>Cobertura</b>	Zacate	47	18
	Hojas anchas	19	16
	Plantas rastreras	6	8
	Hojarasca	28	8
	Suelo desnudo	0	13
<b>Indicador de cobertura</b>		<b>1</b>	<b>0.34</b>
<b>Erosión</b>	Cárcavas	1	1
	Deslizamiento	1	1
	Sedimentación	1	1
	Otras evidencias de erosión	1	0
	<b>Indicador de erosión</b>	<b>1</b>	<b>0.75</b>
<b>Protección</b>	Siembra de vegetación protectora	0	1
	Obras de retención	1	0
	Cunetas en los caminos	1	1
	Desagües Cuentas – acequias	1	1
	<b>Indicador de protección</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>
<b>Indicador conservación de suelo</b>		<b>0.92</b>	<b>0.61</b>

Fuente: elaboración propia, año 2015.

Estos resultados reflejan un alto impacto en la protección de suelos, principalmente para la producción agrícola.

### 6.2.1. Cuantificación de servicios ambientales de los usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

Se evaluaron 15 indicadores, 5 criterios de evaluación y 4 servicios ambientales, datos cuantificados a partir de la información recabada en el campo de forma descriptiva, cualitativa y cuantitativa de las condiciones de la zona de estudio. La identificación del

grado de vulnerabilidad por cada uno de los servicios ambientales, se realizó a través de la siguiente escala (ver cuadro 15).

**Cuadro 15.** Escala de vulnerabilidad por indicador, criterio y servicio ambiental encontrado en la microcuenca del río Chiché.

No.	Cuantificación Promedio	Calificación de campo	Vulnerabilidad	Descripción
1	0 a 0.24	0	Muy alta	Posee altos grados de contaminación y es necesario tener una intervención inmediata para contrarrestar los efectos.
2	0.25 a 0.49	1	Alta	Presenta grados de contaminación alarmantes y es necesario generar propuestas de conservación.
3	0.50 a 0.74	2	Media	Tiene pocos indicios de contaminación ambiental
4	0.75 a 1	2	Baja	Evidencia tierras con muy poca intervención y por lo tanto con menor impacto ambiental o baja contaminación

Fuente: elaboración propia, año 2015.

#### a. Cálculo del criterio servicio ambiental agua.

El criterio conservación agua, integra la evaluación de las acciones que contaminan el recurso y las obras de prevención y conservación. Se calificó con un cero (0) si las acciones por uso de la tierra fueron negativas para el servicio y con uno (1), si estas fueron positivas. En el uso de la tierra bosque se evaluaron 5 fuentes de agua encontradas, en tierras agrícolas 2 y en el área urbana únicamente se evaluó un cuerpo de agua (ver cuadro 16).

El criterio contaminación del agua evaluó los indicadores: combustibles y aceites, lavado de equipos, desechos orgánicos y aguas negras, en su orden el recurso agua en el uso de la tierra bosque presenta una contaminación media, en tierras agrícolas y área urbana el grado de contaminación es alta, esto principalmente por la alta concentración y contaminación de sedimentos que van a dar directamente a los ríos y

nacimientos. Las tierras destinadas para bosque y agricultura evidencian baja contaminación por erosión.

**Cuadro 16.** Resultados de la evaluación del servicio ambiental agua por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

Usos de la tierra		Bosque	Calificación de campo	Agricultura	Calificación de campo	Área urbana	Calificación de campo
Criterios							
Contaminación	Combustibles y aceites	2	Baja	1	Alto	0	Muy alto
	Lavado de equipos	0	Muy alto	0	Muy alto	2	Media
	Desechos orgánicos y otros cultivos	1	Alto	2	Media	1	Alto
	Aguas negras	2	Media	0	Muy alto	0	Muy alto
	<b>Resultado: Promedio/2</b>	<b>0.625</b>	<b>Media</b>	<b>0.375</b>	<b>Alta</b>	<b>0.375</b>	<b>Alta</b>
Sedimentos	No. de cauces evaluados	4		2		1	
	No. de causas en los que la sedimentación en la entradas es = que en la salida (1)	2	Baja	1	Alta	0	Muy alto
	No. de causas en los que la sedimentación es menor que en la salida (0)	1	Alta	0	Alta	0	Muy alta
	( $\Sigma$ Calificaciones/No. causas)	<b>0.75</b>	<b>Baja</b>	<b>0.5</b>	<b>Media</b>	<b>0</b>	<b>Muy alta</b>
	<b>Promedio</b>	<b>0.8</b>	<b>Baja</b>	<b>0.5</b>	<b>Media</b>	<b>0.83</b>	<b>Baja</b>
Erosión	Deslizamientos en orillas	1	Alta	1	Alta	0	Muy alta
	Ríos Evidencias de erosión	1	Alta	0	Muy alta	1	Alta
	Cárcavas o canalillos	2 *	Media	0	Muy alta	2 *	Media
	Caminos Acumulación de sedimentos en partes bajas	0	Muy alta	1	Alta	2 *	Media
	<b>Promedio</b>	<b>0.8</b>	<b>Baja</b>	<b>0.5</b>	<b>Media</b>	<b>0.83</b>	<b>Baja</b>
Protección	Vegetación protectora	2 *	Baja	2 *	Alta	1	Alta
	Ríos Obras de retención	1	Alta	0	Muy alta	0	Muy alta
	Caminos Cunetas	2 *	Baja	1	Alta	1	Alta
	Desagües	1	Alta	1	Alta	0	Muy alta
	<b>Promedio/2</b>	<b>0.75</b>	<b>Baja</b>	<b>0.50</b>	<b>Medio</b>	<b>0.25</b>	<b>Alta</b>
<b>Valor del criterio: Promedio de 4 indicadores</b>	<b>0.73</b>	<b>Media</b>	<b>0.47</b>	<b>Alta</b>	<b>0.36</b>	<b>Alta</b>	

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

\* Esta ponderación, es producto de la sumatoria de las evidencias de erosión y/o protección de fuentes hídricas encontradas, cada evidencia se pondero con 1.

## **b. Calculo del criterio servicio ambiental conservación de la biodiversidad.**

### **a. Calidad del hábitat**

El uso de la tierra bosque identifico 3 estratos arbóreos, 7 especies nativas, 750 árboles por hectárea, 6 especies de epifitas presentes en los árboles y un 76 % del área presenta sombra; teniendo como resultado 168.4 o el equivalente a 1 en la cuantificación promedio, presentando poca intervención con bajo grado de contaminación. Las tierras agrícolas identificaron 2 estratos arbóreos e igual número de especies nativas, además de 6 árboles por hectárea, la presencia de 1 epifita y únicamente el 6 % presenta sombra; este uso presenta un alto impacto ambiental. En tanto el área urbana no fue producto de evaluación debido a las condiciones que presenta este uso, como se visualiza en el cuadro 17.

**Cuadro 17.** Resultados de la calidad del hábitat por uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

	<b>Uso de la tierra</b>	<b>Bosque Natural</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Área urbana</b>
<b>Calidad del hábitat</b>	No. de estratos arbóreos	3	2	NA *
	No. de especies nativas	7	2	NA
	No. de árboles/ha.	750	6	NA
	Presencia de epifitas	6	1	NA
	Porcentaje de sombra	76	6	NA
	<b>Indicador de calidad de hábitat promedio</b>	<b>168.4</b>	<b>3.4</b>	NA
	<b>Grado de vulnerabilidad calidad del hábitat</b>	<b>1</b>	<b>0,02</b>	NA

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

\* NA: no fue analizado.

### **b. Uso de agroquímicos.**

El criterio en el uso de la tierra bosque no fue evaluado, debido a que este no presenta indicios sobre el uso de agroquímicos. En tierras agrícolas el uso de plaguicidas es el producto con mayor consumo (-78) y por ende el que más contamina, le sigue la aplicación de fertilizantes con una ponderación de -18, con contaminación media y por último el uso de herbicidas con calificación de -4, estos resultados indican un muy alto grado de contaminación principalmente por el uso de plaguicidas (ver cuadro 18).

**Cuadro 18.** Resultados del uso de agroquímicos por uso de la tierra de la microcuenca del río Chiché.

Uso de la tierra		Bosque Natural	Agricultura	Área urbana
Uso de agroquímicos	Herbidas	1	-4	NA
	Plaguicidas	1	-78	NA
	Fertilizantes	1	-18	NA
	<b>Uso de agroquímicos promedio</b>	<b>1</b>	<b>- 33.33</b>	NA

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

El bosque en temas de biodiversidad presenta un grado de contaminación muy bajo, mientras que las tierras agrícolas evidencian un muy alto grado de contaminación.

### c. Cálculo del criterio servicio ambiental almacenamiento de carbono

En este criterio se suma el carbono fijado por los árboles en cada uso de la tierra, a partir de los resultados obtenidos de las 4 parcelas internas de medición instaladas para este efecto. En este sentido únicamente se evaluó el uso bosque, debido a que la parcela instalada en tierras agrícolas no se encontró árboles para la medición de este criterio.

Se estimó que la biomasa seca viva sobre el suelo es de 228.235 toneladas métricas por hectáreas (ver cuadro 19). La fijación de carbono por hectárea en el bosque es de 114.12 toneladas métricas. Y si los árboles evaluados se talaran y se quemaran estos emitirían un total de 836.86 toneladas métricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Cuadro 19.** Resultados de la evaluación del servicio ambiental fijación de carbono por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché

	<b>Uso de la tierra</b>	<b>Bosque</b>
<b>Parcela 1</b>	No. de árboles muestreados	31
	Biomasa Ton. Métricas	8.861
	<b>Fijación de carbono Ton./métricas</b>	<b>4.43</b>
	<b>Dióxido de Carbono Ton./métricas</b>	<b>32.49</b>
<b>Parcela 2</b>	No. de árboles muestreados	47
	Biomasa Ton. Métricas	15.56
	<b>Fijación de carbono Ton./métricas</b>	<b>7.78</b>
	<b>Dióxido de Carbono Ton./métricas</b>	<b>57.05</b>
<b>Parcela 3</b>	No. de árboles muestreados	24
	Biomasa Ton. Métricas	16.231
	<b>Fijación de carbono Ton./métricas</b>	<b>8.115</b>
	<b>Dióxido de Carbono Ton./métricas</b>	<b>59.51</b>
<b>Parcela 4</b>	No. de árboles muestreados	40
	Biomasa Ton. Métricas	4.995
	<b>Fijación de carbono Ton./métricas</b>	<b>2.50</b>
	<b>Dióxido de Carbono Ton./métricas</b>	<b>18.315</b>
	<b>Biomasa seca viva por hectárea</b>	<b>228.235 toneladas métricas</b>
	<b>Fijación de carbono por hectárea</b>	<b>114.12 toneladas métricas</b>
	<b>Emisión de CO<sub>2</sub> por hectárea</b>	<b>836.86 toneladas métricas</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

Se estima que 165 toneladas métricas por hectárea de carbono fijan los árboles en su etapa cúspide (etapa de mayor productividad de bosques maduros). A partir de este parámetro el bosque de la microcuenca se encuentra con un grado de vulnerabilidad calificado con 0.69 o grado de contaminación medio para este criterio.

**d. Calculo del criterio servicio ambiental conservación del suelo.**

El criterio conservación del suelo integra la evaluación de acciones que protegen el recurso (cobertura del suelo), las evidencias de erosión y las obras de prevención y/o conservación. El promedio obtenido de estos tres indicadores conforman la calificación y el estado del servicio ambiental por uso de la tierra.

El recurso suelo en el uso de la tierra bosque presenta un bajo indicio de degradación, esto debido a la alta cobertura, poca o nula evidencia de erosión y la identificación de 3 obras de protección. En tierras agrícolas el grado de degradación es medio, esto por contar con un alto porcentaje de suelo desnudo y la identificación de indicios de erosión (Ver cuadro 20).

**Cuadro 20.** Resultados de la evaluación del servicio ambiental conservación del suelo por usos de la tierra de la microcuenca del río Chiché

	Uso de la tierra	Bosque	Agricultura
<b>Cobertura</b>	Zacate	47	18
	Hojas anchas	19	16
	Plantas rastreras	6	8
	Hojasasca	28	8
	Suelo desnudo	0	13
	<b>Indicador de cobertura</b>	<b>1 =bajo</b>	<b>0.34 = Alto</b>
<b>Erosión</b>	Cárcavas	1	1
	Deslizamiento	1	1
	Sedimentación	1	1
	Otras evidencias de erosión	1	0
	<b>Indicador de erosión</b>	<b>1=bajo</b>	<b>0.75=bajo</b>
<b>Protección</b>	Siembra de vegetación protectora	0	1
	Obras de retención	1	0
	Cunetas en los caminos	1	1
	Desagües Cuentas – acequias	1	1
	<b>Indicador de protección</b>	<b>0.75=bajo</b>	<b>0.75=bajo</b>
<b>Indicador conservación de suelo</b>		<b>0.92=bajo</b>	<b>0.61 = medio</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2015.

El área urbana no fue sujeta a evaluación, debido a las condiciones de infraestructura que presenta.

### 6.3. Incentivos ambientales para el mantenimiento y la conservación de la microcuenca del río Chiché.

Para la conservación y la renovación de recursos naturales existen diferentes metodologías y métodos que permiten motivar este proceso, entre ellos: Incentivos forestales, donaciones, tasas por uso de diversidad biológica, exenciones fiscales, cargos sobre emisiones, compensaciones fiscales sobre el uso de la tierra, subsidios

por sustentar actividades verdes, recompensas por manejo sostenible del ecosistema, créditos por captura de carbono, entre otros.

La cuenca del río Chiché, cuenta con 267.66 hectáreas en su mayoría, los y las propietarios (as) son pequeños poseedores de tierra, los cuales tiene documentos de tenencia de la tierra, en este sentido no cuenta con registro de la propiedad, estos resguardan de forma empírica y sin conocimiento silvicultural la conservación del bosque.

De acuerdo a estas condiciones se ha identificado que una de las alternativas para promover la reforestación, incrementar la productividad de bosques, conservar los ecosistemas forestales y por supuesto, propiciar el mejoramiento del nivel de vida de los personas y familias que habitan la microcuenca es el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal -PINPEP-, el cual paga a personas que poseen terrenos menores a 15 hectáreas por sembrar árboles o manejar bosques naturales.

### **6.3.1. Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal -PINPEP-.**

Los beneficios que ofrece el -PINPEP-, es la recepción de dinero por las actividades agroforestales ejecutadas en cierta área de terreno. Las personas que pueden participar son:

- Personas individuales
- Organizaciones comunitarias
- Comunidades y
- Municipalidades.

Los pasos que se deben seguir para poder optar a un proyecto -PINPEP-, son:

1. Llenar la solicitud de ingreso al -PINPEP-, en las oficinas Forestales o Ambientales de las municipalidades, Mancomunidad y del Instituto Nacional de Bosques -INAB-.

2. Presentar la certificación extendida por el Alcalde Municipal, en donde consta que es él poseedor del terreno a inscribir en el -PINPEP-.
3. Presentar fotocopia completa del Documento de Identificación Personal -DPI-.
4. Si es un grupo el que presenta la solicitud, deben nombrar a un representante.
5. Para cada proyecto deberá presentar el Plan de Manejo Forestal o formulario según sea el caso.

El -INAB- evalúa en campo, dictamina y aprueba los diferentes proyectos, posteriormente certifica cada año el cumplimiento de la actividad de campo y extiende el pago con el cual se efectúa el pago, a través del Ministerio de Finanzas. Los diferentes programas y montos a incentivar se visualizan en los siguientes cuadros:

**Cuadro 21.** Monto de incentivo para manejo de bosques naturales con fines de protección por año, durante 10 años.

Área en hectáreas	Montos en Q./año
De 0.1 a 5	Q. 2,885.99 por hectárea
Mayor a 5 hectáreas	Q. 14,425.00 por las primeras 5 hectáreas + Q. 740.00 por hectárea adicional

Fuente: INAB, 2015.

**Cuadro 22.** Monto de incentivo para manejo de bosques naturales con fines de producción por año, durante 10 años.

Área en hectáreas	Montos en Q./año
De 0.1 a 5	Q. 3,088.00 por hectárea
Mayor a 5 hectáreas	Q. 15,440.00 por las primeras 5 hectáreas + Q. 862.00 por hectárea adicional

Fuente: INAB, 2015.

**Cuadro 23.** Monto de incentivo para plantaciones forestales durante 6 años

<b>Fase/año</b>	<b>De 0.1 a 1.99 hectáreas</b>	<b>De 2 a 5 hectáreas</b>	<b>Mayores a 5 hectáreas</b>
Establecimiento (año 1)	Q. 7,380.00	Q. 6,018.00	Q. 5,545.00
Mantenimiento (año 2)	Q. 3,095.00	Q. 2,524.00	Q. 2,325.00
Mantenimiento (año 3)	Q. 2,655.00	Q. 2,165.00	Q. 1,995.00
Mantenimiento (año 4)	Q. 2,070.00	Q. 1,687.00	Q. 1,555.00
Mantenimiento (año 5)	Q. 1,923.00	Q. 1,568.00	Q. 1,445.00
Mantenimiento (año 6)	Q. 1,190.00	Q. 971.00	Q. 895.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 18,313.00</b>	<b>Q. 14,973.00</b>	<b>Q. 13,760.00</b>

Fuente: INAB, 2015.

**Cuadro 24.** Monto de incentivo para sistemas agroforestales durante 6 años

<b>Fase/año</b>	<b>De 0.1 a 1.99 hectáreas</b>	<b>De 2 a 5 hectáreas</b>	<b>Mayores a 5 hectáreas</b>
Establecimiento (año 1)	Q. 3,690.00	Q. 3,009.00	Q. 2,773.00
Mantenimiento (año 2)	Q. 1,548.00	Q. 1,262.00	Q. 1,163.00
Mantenimiento (año 3)	Q. 1,328.00	Q. 1,083.00	Q. 998.00
Mantenimiento (año 4)	Q. 1,035.00	Q. 844.00	Q. 777.00
Mantenimiento (año 5)	Q. 961.00	Q. 784.00	Q. 722.00
Mantenimiento (año 6)	Q. 595.00	Q. 485.00	Q. 447.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 9,157.00</b>	<b>Q. 7,467.00</b>	<b>Q. 6,880.00</b>

Fuente: INAB, 2015.

### 6.3.2. Programa de conservación de suelos

El programa de conservación de suelos tiene como finalidad generar los medios necesarios para orientar y mejorar la producción y productividad, principalmente con el uso de recursos de la comunidad. De esta manera la propuesta lista las principales prácticas de conservación, resaltando que estas prácticas conducen a la rehabilitación de tierras degradadas, principalmente por la falta de cobertura, pendientes pronunciadas y erosión por precipitación. Entre ellas:

- **Prácticas culturales:** cortinas rompe vientos, rotación de cultivos, abonos orgánicos, siembra en contorno, barreras vivas y muertas.
- **Prácticas agronómicas:** uso de semillas mejoradas y controles fitosanitarios.
- **Prácticas mecánicas:** acequias de laderas, zanjas de desviación de agua, terrazas de banco o individuales.

#### a. Prácticas Culturales

En el tema de prácticas culturales, específicamente como cortinas rompe vientos se propone plantar árboles de liquidámbar *Liquidambar styraciflua*, Taxiscobo *perymenium grande*, y Encino *Quercus sp.*, en todo el perímetros de los terrenos destinados a la producción agrícola. Estos árboles forestales de hoja ancha, permiten la incorporación de nutrientes al suelo con la descomposición de las hojas convirtiéndose en materia orgánica.

Las barreras vivas, es la siembra de plantas perennes para la conservación del suelo estas pueden ser: Napier *Pennisetum purpureum*, té de limón *Cymbopogon citratus Stapf*, izote *Yucca el enphantipes*, malanga *Xanthosa masagittifolium*, entre otros. Y en el caso de barreras muertas, se pueden utilizar piedras encontradas en el terreno, cada uno de estas prácticas se siembran (barreras vivas) y/o construyen (barreras muertas) siguiendo las curvas de nivel, con el propósito de reducir la velocidad de agua de escorrentía y detenerlas partículas sólidas que arrastra la precipitación.

## **b. Prácticas agronómicas**

Para mejorar la producción y la productividad principalmente de granos básicos es necesario la incorporación de semillas mejoradas, siendo estas un híbrido que se obtiene de la mezcla de dos o más razas puras de las semillas (para este caso semillas de maíz), que tienen la capacidad de cruzarse y ser más productivas. Por lo que la semilla no se considera un transgénico, ya que no ha sido manipulado genéticamente.

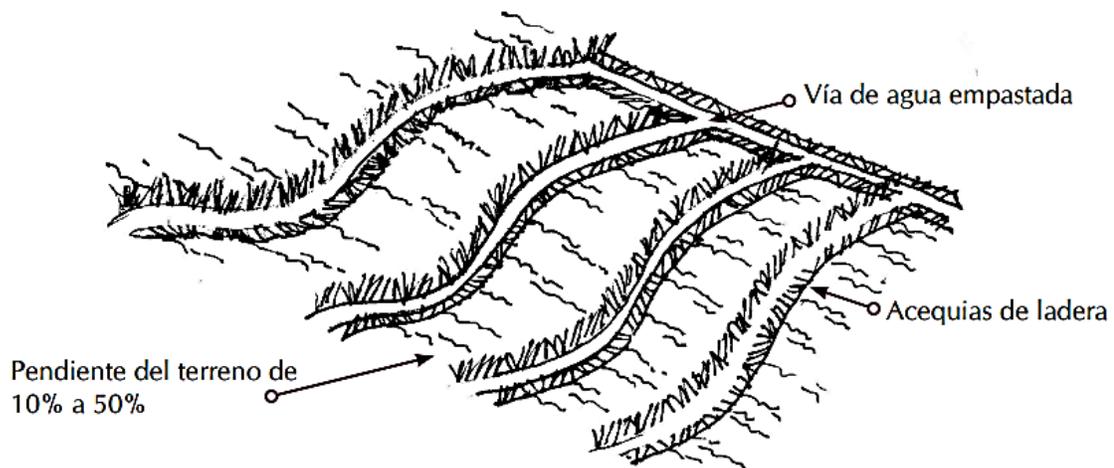
Con las recomendaciones técnicas del Instituto Ciencia y Tecnología Agrícola -ICATA-, en su centro regional de investigación del norte, con sede en San Jerónimo, Baja Verapaz. Se resalta la importancia que representa el maíz y frijol dentro de los granos básicos, es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agrosocioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia (ICTA, 2002).

Las variedades propuestas para la producción de maíz en alturas de 800 a 1,100 metros sobre el nivel del mar -msnm- es la variedad ICTA B7. Para el caso de materiales destinados a la producción en alturas que supera los 1,300 msnm son: ICTA Don Marshall e ICTA V301, estos materiales son recomendados para la región debido a las condiciones de altura y principalmente de los rendimientos que estos presentan. Por otro lado es necesario rescatar todos los materiales de maíz criollos a través de selección masal que existen en el área, garantizando la continuidad de estas especies adaptadas a las condiciones de la región.

Para el caso de la producción de frijol se recomienda la introducción de materiales destinado a las condiciones agroclimáticas que superan los 1,360 msnm, para esto caso se recomiendan los siguientes materiales: ICTA Altense, ICTA Hunaphú, ICTA Texel e ICTA Superchiva, esta última posee altos contenidos de minerales y es muy recomendada para mejorar la seguridad alimentaria principalmente en el área rural.

**c. Prácticas mecánicas.**

Las acequias son pequeños canales de 30 cm. de ancho en el fondo, Se construyen a través de la pendiente a intervalos que varían con ésta y con la clase de cultivo. Las acequias son aconsejables en zonas con lluvias intensas y en áreas con suelos pesados, poco permeables donde hay exceso de escorrentía y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta 40 % y longitudes largas. No se deben construir en terrenos con cultivos limpios o potreros de más de 30% de pendiente, ni en terrenos con cultivos de semibosques (café ó cacao) de más de 50% de pendiente como se visualiza en la figura 19. El desnivel de las acequias varia de 0,5 a 1% y la profundidad es la que mayormente determina la capacidad de descarga.



**Figura 19.** Forma de las acequias a nivel en pendientes de 10 a 50 % para terrenos con lluvias intensas y en áreas con suelos pesados.

## 7. CONCLUSIONES.

- En la caracterización de la microcuenca Chiché, se han identificado 6 nacimientos de agua con un alto grado de contaminación en la parte baja del mismo, 3 estratos arbóreos, 7 especies nativas, una máximo de 750 árboles por hectárea, la presencia de 6 especies de epifitas, un máximo del 76 % de sombra entre árboles por hectárea, el uso excesivo de agroquímicos principalmente de plaguicidas, la fijación de 114.12 toneladas de carbono por hectárea y una conservación media del suelo.
- El recurso agua en tierras agrícolas y área urbana se encuentra altamente contaminado, mientras que en el bosque la contaminación es media. La biodiversidad en el bosque se considera alta y por ende con menor impacto ambiental, mientras que en el área urbana y agrícola es muy baja. La fijación de carbono por hectárea en los bosques es alta sobrepasando considerablemente la media de 82.50 toneladas/hectárea, el área urbana y agricultura anual no se identificó carbono. El recurso suelo en los tres usos evidencio poca degradación.
- 
- La única fuente económica para incentivar la producción, protección y conservación de los recursos naturales, es el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal -PINPEP-, otorgando: Q. 2,885.99/ha. para bosques naturales con fines de protección, Q. 3,088.00/ha. para bosques naturales con fines de producción, Q. 7,380.00/ha. para plantaciones forestales y Q. 3,690.00 por hectárea para sistemas agroforestales.

## 8. RECOMENDACIONES

- A la metodología generada por ANACAFE, es necesario adaptarle indicadores cuantitativos y cualitativos que evidencien la situación actual y el grado de contaminación y/o degradación de los servicios ambientales agua, biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo.
- Es necesario que la sociedad civil exijan el tratamiento de aguas negras y residuales a las autoridades municipales, como lo establece el acuerdo gubernativo 236-2006 “Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos”.
- Es importante incentivar y promover la conservación de los recursos naturales a nivel comunitario, principalmente del bosque y en particular de las especies nativas de la región, permitiendo conservar la biodiversidad, mejorar la calidad del hábitat, contrarrestando los efectos negativos ocasionados por la tala inmoderada e ilícita, así como la extinción de especies nativas de la región, principalmente las que no son comerciales y/o que representan un valor económico para las familias.
- Es indispensable mejorar el extensionismo agrícola para mejorar la producción y productividad por unidad mínima de tierra en condiciones desfavorables como: pendientes pronunciadas, poca profundidad de suelo, calidad de sitio bajo, técnicas de producción empíricas, sobreuso y subuso del suelo, esto incentivara a la mejora de la seguridad alimentaria a través del manejo sostenible de los recursos naturales.
- Es indispensable continuar con la cuantificación y la divulgación del potencial con que cuentan las comunidades, a partir de la conservación de recursos naturales, principalmente por la importancia que generan estos en el ciclo hidrológico. En este sentido la capacitación y la concientización de la conservación y mantenimiento de los recursos es indispensable.

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarado, O. (2007). Caracterización preliminar y propuesta de lineamientos de manejo de la cuenca del río Pasaguay, Joyabaj, Quiché. Tesis de Ing. Agrónomo. Guatemala. USAC. 7 p.
- Aguirre, N. (2007). Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 7p.
- ANACAFE. (2006). Metodología para la evaluación de servicios ambientales. Asociación Nacional del Café, Ciudad de Guatemala. 11 a 13 p.
- Ávila, G. Jiménez, f. Beer, J. Gómez, M. Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería en las Américas. 33 y 34 p.
- Calderón, G. (2012). Precios hedónicos para Vivienda nueva en la ciudad de Tunja. Trabajo de Investigación de Magister en Económica, Universidad Nacional de Colombia. 10p.
- Colom, E. (2010). Propuesta para actualizar los contenidos de Política Nacional y Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de SEGEPLAN, 2006. GEA / BID, Guatemala, 35 p.
- Corado, O. (2007). Plan de manejo integral de la microcuenca “El Playon”, Morales, Izabal. Ingeniero Agrónomo, USAC, Guatemala. 5p.
- Chave, C.; Brown, S.; Cairns, M; Chambers, J.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J.; Nelson, B.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. (2005). Treeallometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Laboratorio de evolución y diversidad biológica. Universidad Paul Sabatier, Francia. 93p.
- De La Cruz, R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. MAGA/INAFOR/UNIDAD DE EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN, DIGESA, Ciudad de Guatemala.

- Encalada, G. (2006). Pago por servicios ambientales (PSA) del recurso hídrico como una alternativa de conservación. Tesis de Maestría en económica. Quito, Ecuador. FLACSO. 4 p.
- Escobar & Erazo (2006). Valoración económica de los servicios ambientales del Bosque de Yotoco: Una estimación comparativa de valoración contingente y coste de viaje. Universidad Nacional de Colombia. Medellín Colombia. 28p.
- FAO, MAGA, FH, UICN, SCEP y MARN. (2007). Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas. Ciudad de Guatemala. 8p.
- Greiber, T. (2010). Pagos por Servicios Ambientales. Marcos Jurídicos e Institucionales Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales -UICN-. Gland, Suiza. 5p.
- Hernández, O.; Cobos, C. y Ortiz, A. (2002). Valoración económica del servicio ambiental de regulación hídrica, lado sur de la reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala. FIPA /AID, Guatemala. 34p.
- Huertas, C. (2015). Valoración económica del medio ambiente.[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/mtria\\_amb/2019529/und\\_3/html/contenido\\_04.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/mtria_amb/2019529/und_3/html/contenido_04.html). Universidad Nacional de Colombia. En línea, abril de 2015.
- IARNA. (2003). Estado del uso actual del Uso de la tierra en Guatemala. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-. Ciudad de Guatemala. 6p.
- IARNA. (2004). Perfil Ambiental de Guatemala. Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-. Ciudad de Guatemala. 45p.
- INAB. (1996). Decreto Numero 101-96. Ley Forestal. Ciudad de Guatemala, 23p.
- INAB. (2010). Ley de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra con vocación forestal o agroforestal -PINPEP-. Decreto No. 51-2010. Diario de Centroamérica.

- INAB, UVG, CONAP y URL. (2011). Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006. Ciudad de Guatemala. 38p.
- ICTA, (2002). Cultivo de maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. Ciudad de Guatemala, 2p.
- Lanuzá, V. (2001). Valoración de servicios ambientales en la cuenca sur del lago de Atitlán, Guatemala. Fundación Solar, Guatemala. 4p.
- Lentini, E. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito. CEPAL-UN / GTZ, Colección de documentos de proyecto CEPAL, Santiago de Chile, Chile. 95 p.
- MAGA, INAB y PAFG. (2000). Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. - Memoria Técnica-. Ciudad de Guatemala. 22 y 23p.
- MARN, URL/IARNA y PENUMA. (2009). Informe Ambiental del Estado de Guatemala GEO. Guatemala. 286 p.
- McConnell, K. (1985): The economics of outdoor recreation, en Kneese, A. y Sweeney, J. L. (eds.). Manual de Recursos Naturales y Economía de la Energía. 170p.
- Mejías, R. & Segura, O. (2002). Pago de servicios ambientales en Centroamérica. WRI/CINPE, Costa Rica. 3p.
- Ordoñez, J. (2011). ¿Qué es un cuenca hidrológica?. Sociedad Geográfica de Lima – Global WaterPartnership. Lima Perú. 9p.
- Osorio, D. & Correa, F. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. Universidad de Medellín. Colombia. 14p.
- Pico, J. (2011). Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales en fincas bajo diferentes tipos de certificación en Turrialba, Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Costa Rica. CATIE. 24-27 p.
- Penman, J; Gytarsky, M.; Hiraishi, T.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K.; y Wagner, F. (2003). Good Practice Guidance for

- Land Use, Land-Use Change and Forestry. Programa de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero del IPCC Nacional. Hayama, Kanagawa, Japón. 355p.
- Puertas, Rengifo & Bravo. (2013). Manual de Arc Gis 10, Nivel Intermedio. Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 79p.
- Robledo, W. (2003). Pago de Servicios ambientales para la implementación de sistemas agroforestales en áreas críticas de las cuencas generadoras de energía eléctrica María Linda y Los Esclavos, Guatemala. CATIE, Costa Rica. 16p
- Robledo, W.; Moscoso, J. y Rodríguez, J. (2006). Manual de gestión integrada del agua del conocimiento al dialogo. MARN, Guatemala. 7 y 10p.
- Rojas, J. (2007). Espacio privatizado. El valor de privatizar un espacio público en zona urbana. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. 151p
- Sánchez, J. (2008). Valoración contingente y costo de viaje aplicados al área recreativa laguna de Mucubají. Universidad de los Andes, Colombia. 125p.
- Sarmientos, M. & Rodríguez, A. (2005). Métodos de valoración ambiental: un nuevo método basado en la variación del Producto Interno Bruto. Universidad Politécnica de Madrid, España. 68p.
- SEGEPLAN. (2006a). Política nacional de gestión integrada de los recursos hídricos (PNGIRH) y de la Estrategia nacional de gestión integrada de los recursos hídricos (ENGIRH). SEGEPLAN, Guatemala, 33 p.
- SEGEPLAN. (2006b). Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala: Diagnóstico. SEGEPLAN, Guatemala, 83 p.
- SEGEPLAN. (2010). Informe de avances en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio: objetivo 7, garantizar sostenibilidad del medio ambiente. Gobierno de Guatemala / SEGEPLAN, Guatemala, 64 p.
- SEGEPLAN. (2010b). Plan de desarrollo municipal, 2011 - 2025/Plan de Desarrollo San Juan Chamelco, Alta Verapaz. SEGEPLAN, Ciudad de Guatemala 13p.

- TNC & MARN. (2009). Políticas para el manejo integral de las zonas marino costeras de Guatemala. Gobierno de Guatemala, Ciudad de Guatemala. 25p
- UVG & Fundación Soros de Guatemala. (2009). Conservación de suelos y agroecología. Ciudad de Guatemala. 25p.
- Walker, W; Baccini, A.; Nepstad, M.; Horning, N.; Knight, D.; Braun, E. y Bausch, A. (2011). Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal. Versión 1.0. Woods Hole Research Center, Falmouth, Massachusetts, USA. 3 y 43 – 49p.
- Villavicencio, A. (2008). Propuesta Metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales en el estado de México. Cuadernos Geográficos, México. 36p.
- WESTRADE Guatemala. (2013). Hoja Informativa de Seguridad: Herbaxon 20 SL y Superherbaxon 20 SL. Westrade Guatemala, 1p.
- WordlVision. (2007). Manual de manejo de cuencas. Wordl Visión, Canadá, 9 a 14 p.
- WWF Centroamérica. (2007). Valoración Económica de los Servicios Hidrológicos: Subcuenca del Río Teculután. Ciudad de Guatemala. 24p.

## **10. ANEXOS**

**Anexo 1.** Copia de las hojas de evaluación de los servicios ambientales, conservación de agua, biodiversidad, fijación de carbono y conservación de suelo.



### Boleta de Evaluación - Conservación del agua

**Título de Tesis:** Estimación de servicios ambientales en la microcuenca del Río Chiche; San Juan Chamelco, Alta Verapaz

**Objetivo General:** Estimar los servicios ambientales (carbono, biodiversidad, conservación del agua y suelo) del uso de la tierra bosque, agricultura y área urbana de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

INDICADOR UNO: Manejo de contaminación del agua (marcar con una X).				
<b>Manejo de contaminación de combustibles, aceites</b>				
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)	Calificación
<b>¿Dónde lavan los equipos usados para aplicación de agroquímicos?</b>				
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)	Calificación
<b>Desechos de la finca (desechos orgánicos, desechos de otros cultivos)</b>				
Al río (0)	Amontonado (1)	Compostado (2)	Otro (especificar) (2)	Calificación
<b>Aguas negras de los habitantes</b>				
Al río (0)		Pozo de infiltración (2)	Otro (especificar) (2)	Calificación
<b>Aguas grises de los habitantes (de lavado)</b>				
Al río (0)		Pozo de infiltración (2)	Otro (especificar) (2)	Calificación
<b>PROMEDIO / 2</b>				

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 = salidas	(2) si entradas > salidas

<b>( Calificaciones /# cauces) / 2</b>						

<b>INDICADOR TRES: Evidencias de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.</b>				
		<b>Severidad</b>		<b>Descripción</b>
		<b>Nada 1</b>	<b>Algo – mucha (0)</b>	
En los nacimientos y los ríos	Deslizamientos en las orillas			
	Evidencia de erosión			
En los caminos	Cárcavas o canalillos en la orilla de los caminos			
	Áreas de acumulación de sedimentos en las partes bajas			

<b>INDICADOR 4. Obras de prevención o recuperación (Sí = 1 y NO = 0). Describir las obras realizadas.</b>				
		<b>Sí (1)</b>	<b>No (0)</b>	
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				

<b>Valor criterio CONSERVACIÓN DEL AGUA = PROMEDIO DE LOS INDICADORES DEL 1 AL 4. =</b>
---

## Boleta de Evaluación - Conservación de la biodiversidad

**Título de Tesis:** Estimación de servicios ambientales en la microcuenca del Río Chiche; San Juan Chamelco, Alta Verapaz

**Objetivo General:** Estimar los servicios ambientales (carbono, biodiversidad, conservación del agua y suelo) del uso de la tierra bosque, agricultura y área urbana de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### a. Criterio calidad del hábitat

**INDICADOR UNO:** Número de estratos arbóreos.

INDICADOR 1			
Estrato	Especies		
	Género	Especie	Nombre común
Bajo <5m			
Medio bajo 5-10m			
Medio alto 10-15 m			
Alto >15m			
Indicador 1 No. Estratos =			

**INDICADOR DOS:** Número de especies de árboles nativos en una hectárea

No.	Especies	
	Especie	Nombre común
No. Especies nativas =		

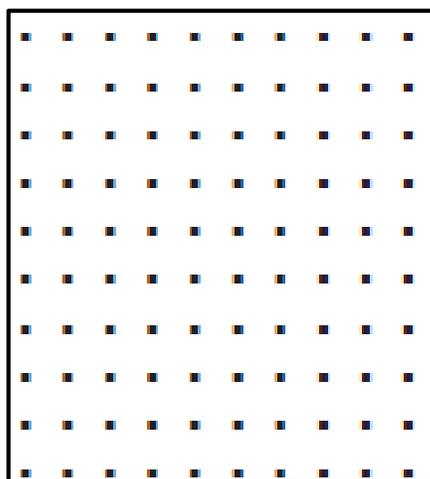
**INDICADOR TRES: Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP en una hectárea**

No.	Numero de arboles	Especie	Nombre común
No. Árboles y arbustos > 5 cm DAP/1000 =			

**INDICADOR CUATRO: Valoración cualitativa de la incidencia de epifitas en los árboles.**

No.	Especies		Presencia de epifitas y bejucos		
	Especies	Nombre común	no (0)	pocos (1)	muchos (2)

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



Método 2. Cuadrícula

**B. CRITERIO USO DE AGROQUÍMICOS**

USO	PRODUCTO	Toxicidad estimada	No. APLICACIONES ANUALES	No. Aplicaciones x toxicidad estimada	VALOR INDICADOR (Suma de las calificaciones de todos los productos).
Indicador 1: HERBICIDAS					
Indicador 2: PLAGUICIDAS					
Indicador 3: FERTILIZANTES		-1			
<b>VALOR DEL CRITERIO USO DE AGROQUÍMICOS: (<math>\sum</math> INDICADORES 1 a 3) / 10:</b>					

VALOR BIODIVERSIDAD: CRITERIO HÁBITAT - CRITERIO USO DE AGROQUÍMICOS

## Boleta de Evaluación - Fijación de carbono

**Título de Tesis:** Estimación de servicios ambientales en la microcuenca del Río Chiche; San Juan Chamelco, Alta Verapaz

**Objetivo General:** Estimar los servicios ambientales (carbono, biodiversidad, conservación del agua y suelo) del uso de la tierra bosque, agricultura y área urbana de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Parcela	Árbol (Especie)	DAP	Altura
Parcela 1			
Parcela 2			
Parcela 3			
Parcela 4			

<b>VALOR CRITERIO CARBONO =</b>

## Boleta de Evaluación - Conservación de suelo

**Título de Tesis:** Estimación de servicios ambientales en la microcuenca del Río Chiche; San Juan Chamelco, Alta Verapaz

**Objetivo General:** Estimar los servicios ambientales (carbono, biodiversidad, conservación del agua y suelo) del uso de la tierra bosque, agricultura y área urbana de la microcuenca del río Chiché, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### INDICADOR UNO: COBERTURA DE SUELO:

Tipo de cobertura	Puntos	Porcentaje
Zacates		
Hierbas hoja ancha		
Plantas rastreras		
Hojarasca		
Suelo desnudo		
<b>VALOR INDICADOR:</b> <b>((PUNTOS ZACATES + HOJA ANCHA + RASTRERAS + HOJARASCA) – SUELO DESNUDO) /100</b>		

### INDICADOR DOS: EVIDENCIA DE EROSIÓN EN LOS LOTES

EVIDENCIAS	Valores	
	SÍ (0)	NO (1)
Erosión laminar como arrastre horizontal de material		
Cárcavas o canalillos en el área de la cuenca		
Deslizamientos en la parcela		
Áreas de acumulación de sedimentos		
Otras señales de erosión		
PROMEDIO		

**INDICADOR TRES: OBRAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO**

<b>ACCIONES</b>	<b>SÍ (0)</b>	<b>NO (1)</b>
Barreras vivas o muertas dentro el 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 siembras de plantas		
Captación de agua en los plantíos por medio de acequias, cajuelas o cubetas		
PROMEDIO		

INDICADOR DE CONSERVACIÓN DE SUELO:  
= **PROMEDIO DE COBERTURA, EVIDENCIA DE EROSIÓN Y OBRAS DE CONSERVACIÓN**

**Anexo 2.** Resultados de la evaluación de la biomasa seca sobre el suelo por cada una de las cuatro parcelas internas de muestreo.

**PARCELA 1**

No. Árbol	Nombre Común	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa
1	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	38.3	26.6	1.353
2	Encino	<i>Quercus</i> sp.	19.5	17	0.235
3	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	35.3	27.2	1.099
4	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	34.8	25.9	1.060
5	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	20.2	20.8	0.258
6	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	30	22.4	0.724
7	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	17	19	0.164
8	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	28.6	27	0.640
9	Aguacate	<i>Persea americana</i>	20	16	0.251
10	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	6	7	0.010
11	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	12	14.4	0.065
12	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	10.2	12.8	0.042
13	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	10.2	13.6	0.042
14	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	11.5	13.6	0.058
15	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	11.7	20.8	0.061
16	Tul Che	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	14.5	11.5	0.107
17	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	9.5	9	0.035
18	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	33.4	23.5	0.954
19	Tul Che	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	13.5	12.5	0.089
20	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	11.5	13	0.058
21	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	8	14	0.022
22	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	16.3	19	0.147
23	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	18.1	21	0.193
24	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	8.4	12	0.025
25	Encino	<i>Quercus</i> sp.	31	24	0.788
26	Tul Che	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	18.1	23.68	0.193
27	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	11.4	20	0.057
28	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruíz et Pav.) Kuntze	11.4	18.2	0.057

29	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	9.7	14.4	0.037
30	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	8.2	13.6	0.024
31	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	6	12.2	0.010

PARCELA 2

No. Árbol	Nombre Común	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa
1	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	19.5	24.8	0.235
2	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	17.9	24	0.188
3	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	45.2	28.8	2.054
4	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	27.2	20.8	0.562
5	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	24.5	24.8	0.428
6	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	16.1	20	0.142
7	Encino	<i>Quercus sp.</i>	11.5	18	0.058
8	Encino	<i>Quercus sp.</i>	16.5	20	0.151
9	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	35.2	27.2	1.092
10	Encino	<i>Quercus sp.</i>	13.5	17	0.089
11	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	13.2	20	0.084
12	Xoot	<i>Sauraiavillosa</i>	8	9	0.022
13	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	12.2	18.4	0.068
14	Kaqt		14.8	18	0.113
15	Onk	<i>Hedyosmum spp.</i>	8.1	10.4	0.023
16	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	8.7	17.9	0.028
17	Onk	<i>Hedyosmum spp.</i>	10.4	16.8	0.044
18	Onk	<i>Hedyosmum spp.</i>	8.3	12.9	0.024
19	Onk	<i>Hedyosmum spp.</i>	10.3	15.2	0.043
20	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum (Ruíz et Pav.) Kuntze</i>	10.2	16	0.042
21	Palo Brujo	<i>Toxicodendron striatum (Ruíz et Pav.) Kuntze</i>	8.8	15	0.029
22	Encino	<i>Quercus sp.</i>	11.5	18.4	0.058
23	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	30.2	28.8	0.737
24	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	10.7	17	0.048
25	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	14.3	19	0.104
26	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	19	22.4	0.220
27	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	39	29.12	1.417
28	Xoot	<i>Sauraiavillosa</i>	6	20.8	0.010
29	Pino	<i>Pinus maximinoi H. E. Moore</i>	48.5	27.2	2.448

30	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	12.8	28.8	0.077
31	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	23.5	32	0.384
32	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	13	29	0.080
33	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	12.6	19	0.074
34	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	11	19	0.052
35	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	10	13	0.040
36	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	27.4	34	0.573
37	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	9	14	0.030
38	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	26.4	36.8	0.520
39	Tul Che	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	7.5	14.72	0.019
40	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	10	17	0.040
41	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	26	27	0.500
42	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	36	35.2	1.156
43	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	8.1	19	0.023
44	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	37	33.6	1.239
45	Xoot	<i>Saurauivillosa</i>	12.8	14	0.077
46	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	8.5	12.8	0.026
47	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	13.9	18	0.096

### PARCELA 3

No. Árbol	Nombre Común	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa
1	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	47.5	27.2	2.325
2	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	17	18	0.164
3	Tul Che	<i>Mastichodendronangustifolium</i> (Standley) Cronq.	27.5	28	0.578
4	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	21	19.2	0.286
5	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	20.5	12	0.268
6	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	7.8	18.4	0.021
7	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	12.5	13	0.072
8	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	53	33	3.049
9	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	21.5	22	0.304
10	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	13.4	22.4	0.087
11	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	18.5	14.4	0.205
12	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	27.5	36.8	0.578
13	Tem Che	<i>Hieronymaalchorneoides</i>	14.2	19.2	0.102
14	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	17.4	21.6	0.174
15	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	7	14.5	0.016

16	Mesche	<i>Alnusacuminata</i>	11.6	23.2	0.059
17	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	13.2	20	0.084
18	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	10	16	0.040
19	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	7.6	9.6	0.019
20	Guarumo	<i>Cecropiaspp.</i>	20.2	23.2	0.258
21	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	23.9	13.6	0.401
22	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	49.1	40	2.524
23	Pino	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	62.2	44	4.508
24	Mesche	<i>Alnusacuminata</i>	14.5	20	0.107

**PARCELA 4**

No. Árbol	Nombre Común	Especie	DAP (cm)	Altura (m)	Biomasa
1	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	11.3	12	0.055
2	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	13.5	17	0.089
3	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	7.2	13	0.017
4	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	26	30	0.500
5	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	9.5	11	0.035
6	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	4.5	16	0.005
7	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	7.5	15	0.019
8	Taxiscobo	<i>Perymenium grande</i>	10	9	0.040
9	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	14.5	13	0.107
10	Mesche	<i>Alnusacuminata</i>	19.4	22	0.232
11	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	15.5	14	0.128
12	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	27.5	29	0.578
13	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	7.5	15	0.019
14	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	7.5	17	0.019
15	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	9	16	0.030
16	Xoot	<i>Sauraiavillosa</i>	16.2	17	0.144
17	Cher	<i>Conostegiaicosandra</i>	8	15	0.022
18	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	20	33	0.251
19	Xoot	<i>Sauraiavillosa</i>	7.3	16	0.017
20	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	14.5	22	0.107
21	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	9.4	13.5	0.034
22	Mesche	<i>Alnusacuminata</i>	26	31	0.500
23	Onk	<i>Hedyosmum</i> spp.	7	15	0.016
24	Xoot	<i>Sauraiavillosa</i>	20.2	9	0.258
25	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	16.2	33	0.144

26	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	31.4	33	0.814
27	Chacalte	<i>Laplaceaspp.</i>	16.8	13	0.159
28	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	8.9	13	0.029
29	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	10	13	0.040
30	Chacalte	<i>Laplaceaspp.</i>	16.8	13	0.159
31	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	8.9	13	0.029
32	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	10	13	0.040
33	Mesche	<i>Alnusacuminata</i>	14	18	0.098
34	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	8.3	15	0.024
35	Liquidámbar	<i>Liquidambarstyraciflua</i>	13	28	0.080
36	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	8	12	0.022
37	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	7.5	13	0.019
38	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	10	11	0.040
39	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	11.5	16	0.058
40	Onk	<i>Hedyosmumspp.</i>	6.8	12	0.014

**Anexo 10.3. Informe fotográfico**



**Figura 20.** Muestra de agua del nacimiento de agua de la comunidad Secampana, ubicado en el área de estudio de la Microcuenca Chiché.



**Figura 21.** Geo posicionamiento (coordenadas GTM) del nacimiento de agua de la comunidad de Cojila.



**Figura 22.** Caracterización de obras de conservación de suelos en los caminos vecinales de la Microcuenca del Río Chiché.



**Figura 23.** Entrevista al agricultor Rómulo Muñoz sobre la aplicación de insecticidas, plaguicidas y herbicidas en la comunidad San Juan, en la producción de Tomate.



**Figura 24.** Marcelino Caal aplicando insecticidas en la producción de frijol en la comunidad de Cojila.



**Figura 25.** Medición de Diámetro a la Altura del Pecho -DAP-, de los arboles ubicados en las parcelas de medición interna, para la cuantificación de carbono.



**Figura 26.** Identificación de incidencia de epifitas en el bosque natural ubicado en la Microcuenca del Río Chiché.



**Figura 27.** Identificación de la presencia de epifitas en el bosque natural en la Microcuenca del Río Chiché. 1. *Philodendron luisae*, 2. *Asplenium stuebelianum* 3. *Tillandsia excelsa* Griseb.