

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

**MONICA SILVANA ROSALES ALCONERO**  
CARNET 12789-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR  
**MONICA SILVANA ROSALES ALCONERO**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

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

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, 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**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
MGTR. JERSON ELIZARDO QUEVEDO CORADO

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. VIRGINIA MOSQUERA SALLES

Guatemala, 15 de noviembre de 2018

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Mónica Silvana Rosales Alconero, carné 12789-13, titulado: "Caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. MSc. Jerson Elizardo Quevedo Corado  
Colegiado No. 3,096  
Código URL 18352



Universidad  
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061085-2018

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional de la estudiante MONICA SILVANA ROSALES ALCONERO, Carnet 12789-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06184-2018 de fecha 4 de noviembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS,  
GUATEMALA

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 15 días del mes de noviembre del año 2018.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en cada paso de la elaboración de este proyecto.

A mi mamá, Silvana Alconero, por haberme apoyado incondicionalmente durante mis prácticas profesionales, demostrándome su cariño y paciencia en cada momento.

A mis hermanos, Eduardo Rosales Alconero y Gabriel Rosales Alconero, por apoyarme moral y económicamente durante mi carrera y prácticas profesionales, además de aconsejarme y compartirme sus conocimientos cuando lo necesité.

A mi mejor amigo, Kike Alvarado, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles de la carrera y en la elaboración del presente trabajo, compartiéndome sus conocimientos profesionales cuando lo necesité.

A mis amigos, en especial Julius Donado, Alberto Monterroso, Mafer Chávez y Sophia Monroy, por los buenos momentos y el apoyo que me brindaron desde el inicio de la carrera hasta las prácticas, su amistad me motivó a seguir adelante.

A mi asesor, Jerson Quevedo, por su inigualable guía, apoyo y amistad durante la elaboración de este proyecto, así como todo el tiempo invertido en la revisión y corrección de este.

Al Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, por abrirme las puertas para elaborar mis prácticas profesionales, confiando en mis capacidades desde el inicio, y permitirme iniciar mi carrera profesional dentro de la institución.

Al equipo de ICC, especialmente Mafer Rivas, Doña Rome Barrios, Ph.D. Luis Ferraté y Paris Rivera, por su valiosa amistad y apoyo durante mi práctica profesional.

A la Red Nacional de Formación e Investigación Ambiental, por permitirme apoyarlos en el proyecto de la sistematización, y confiar en mis capacidades profesionales desde el inicio.

A la Universidad Rafael Landívar por el apoyo económico brindado a través del beneficio de beca Matteo Ricci S.J., sin el cual no habría podido completar mi formación académica y profesional.

## DEDICATORIA

**A:**

Dios	Por ser mi fuente de sabiduría, amor y perseverancia. Por permitirme llegar lejos siempre de su mano.
Mi mamá	Por ser mi mejor amiga, mi compañera de vida y mi ejemplo a seguir en cada cosa que hago; por enseñarme que sin importar donde esté, siempre tendré un lugar a donde regresar con ella. Por soportarme y apoyarme aún en los momentos más difíciles. Sin ti nunca hubiera llegado tan lejos.
Mis hermanos	Por ser mis guías en el camino de la vida, estando siempre a mi lado sin importar las decisiones que tomara. Sin su apoyo no lo hubiera logrado.
Mi cuñada y sobrino	Gina Torres y Mathias Rosales Torres, por haber estado junto a mí apoyándome durante todo el proceso, además de ayudarme siempre que lo necesite.
Mi abuelita	Ruth Scheel de Alconero, por estar siempre pendiente de mí y brindarme su apoyo.
Mi mejor amigo	Por haberme apoyado durante toda la carrera sin importar lo difícil que fuera, además de motivarme a seguir adelante y creer en mí en todo momento. Por los buenos momentos, además de ser un ejemplo para mí en diferentes sentidos.
Mis amigos	Por haberme apoyado en diferentes momentos de mi vida y mi formación profesional, sin ellos no hubiese sido lo mismo.
Voluntariado Social Landivariano	Por haber sido parte importante de mi formación profesional, proporcionándome un crecimiento personal increíble y ser la oportunidad de desenvolverme libremente en un grupo de trabajo con un mismo fin: ayudar. Además de permitirme empezar y liderar nuevos proyectos a lo largo de toda mi carrera.

Grupo de  
Patología  
Forestal  
(UCO)

Esperanza Sánchez, María Ángeles Romero, María Serrano, Mario González y José García, por su inigualable apoyo, sus enseñanzas y amistad mientras fui alumna colaboradora en el departamento. Despertaron en mí ese deseo de aprender e investigar, gracias a ello descubrí a que es lo que quiero dedicarme. Los recuerdo desde Guatemala con un inmenso cariño.

Mis  
compañeros  
de trabajo

José Escribá, Andrea Paiz y Alex Santizo, por los buenos momentos que compartimos y el gran apoyo que me brindaron siempre. Sin duda, el mejor equipo en el que he estado.

Mis  
mascotas

Honey, Natasha, Dolly, Manchas, Lady (†), y especialmente Oso, por ser un ejemplo de amor incondicional y confianza, brindándome su cariño y compañía en cada momento.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	i
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.1 Hidrología.....	3
2.1.2 Cuenca hidrográfica .....	4
2.1.3 Caracterización de una cuenca hidrográfica .....	5
2.1.4 Capacidad de uso de la tierra .....	11
2.1.5 Uso actual de la tierra .....	13
2.1.6 Intensidad de uso de la tierra.....	14
2.1.7 Zonas de vida.....	15
2.1.8 Sistemas de información geográfica .....	17
2.1.9 Recurso hídrico en Guatemala.....	17
2.1.10 Cuenca del río Los Esclavos.....	20
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA.....	22
2.2.1 Localización de la institución anfitriona .....	22
2.2.3 Descripción del área de trabajo específica .....	22
3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA .....	24
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN .....	24
3.2 NECESIDAD INSTITUCIONAL.....	27
3.3 EJE DE SISTEMATIZACIÓN.....	27
4. OBJETIVOS .....	28
4.1 GENERAL .....	28
4.2 ESPECÍFICOS.....	28
5. PLAN DE TRABAJO .....	29
5.1 PROGRAMA A DESARROLLAR.....	29
5.1.1 Estimación y análisis de los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala .....	29
5.1.2 Determinación de las características biofísicas de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala .....	30
5.1.3 Determinación de las características sociales, económicas e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.....	31

5.1.4	Análisis e interpretación de los indicadores biofísicos, sociales, económicos e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala. ....	32
5.1.5	Propuesta de lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala. ....	32
5.2	INDICADORES DE RESULTADO .....	33
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
6.1	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS .....	34
6.1.1	Ubicación geográfica y división político-administrativa .....	34
6.1.2	Características morfométricas.....	36
6.1.3	Características hidrológicas .....	38
6.2	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS .....	40
6.2.1	Clima.....	40
6.2.2	Fisiografía .....	42
6.2.3	Geología.....	43
6.2.4	Taxonomía de suelos.....	47
6.2.5	Capacidad de uso de la tierra y uso actual .....	49
6.2.6	Principales amenazas naturales .....	54
6.2.7	Áreas protegidas .....	55
6.2.8	Zonas de vida.....	57
6.2.9	Contaminación del agua .....	58
6.3	CARACTERIZACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA E INSTITUCIONAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS .....	61
6.3.1	Económica .....	61
6.3.2	Institucional .....	65
6.3.3	Social .....	68
6.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, HIDROLÓGICAS, BIOFÍSICAS, SOCIALES, ECONÓMICAS E INSTITUCIONALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA .....	74
6.4.1	Análisis e interpretación de las características morfométricas e hidrológicas.....	74
6.4.2	Análisis e interpretación de las características biofísicas.....	75
6.4.3	Análisis e interpretación de las características sociales, económicas e institucionales.....	77
6.5	LINEAMIENTOS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS .....	78
6.5.1	Zonas de desarrollo potencial agrícola, ganadero y urbano (A).....	80

6.5.2 Zonas de desarrollo agrícola y ganadero (B) .....	82
6.5.3 Zonas de desarrollo forestal, agroforestal y cultivos permanentes (C) .....	83
6.5.4 Zonas de restauración ecológica (D) .....	85
6.5.5 Zonas de desarrollo urbano (E).....	87
6.5.6 Directrices generales para el ámbito socioeconómico .....	88
7. CONCLUSIONES.....	91
8. RECOMENDACIONES .....	93
9. BIBLIOGRAFÍA .....	95
10. ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad de uso de la tierra en Guatemala, según la metodología de USDA .....	12
Tabla 2. Capacidad de uso de la tierra en Guatemala, según la metodología del INAB13	
Tabla 3. Uso actual de la tierra en Guatemala, para el año 2003 .....	14
Tabla 4. Intensidad de uso de la tierra en Guatemala.....	15
Tabla 5. Actores con vinculación directa con el tema del recurso hídrico .....	18
Tabla 6. División político-administrativa a nivel de municipio de la cuenca del río Los Esclavos.....	35
Tabla 7. Coeficiente de Gravelius (K) para cada una de las subcuencas. ....	37
Tabla 8. Estaciones meteorológicas utilizadas para la información climatológica de la cuenca del río Los Esclavos.....	41
Tabla 9. Pendiente en porcentaje dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	43
Tabla 10. Unidades litológicas presentes dentro de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.....	43
Tabla 11. Regiones fisiográficas-geomorfológicas presentes en la cuenca del río Los Esclavos.....	46
Tabla 12. Órdenes y subórdenes de suelos dentro de la cuenca del río Los Esclavos	47
Tabla 13. Capacidad de uso de la tierra por medio de la metodología de INAB para la cuenca del Río Los Esclavos .....	50
Tabla 14. Cultivos agrícolas dentro del territorio de la cuenca del río Los Esclavos.....	53
Tabla 15. Conflictos de uso de la tierra dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	53
Tabla 16. Amenazas dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	55
Tabla 17. Áreas protegidas dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	56
Tabla 18. Volcanes dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	57
Tabla 19. Zonas de vida dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	57
Tabla 20. Parámetros bioquímicos del agua del río Los Esclavos .....	58
Tabla 21. Escalas de clasificación de demanda química de oxígeno .....	60
Tabla 22. Características de las viviendas dentro del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca.....	63

Tabla 23. Consumo de agua por tipo de uso dentro de la cuenca del río Los Esclavos	64
Tabla 24. Infraestructura vial dentro de la cuenca del Río Los Esclavos .....	64
Tabla 25. Porcentaje de pobreza y pobreza extrema dentro de la cuenca del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca .....	65
Tabla 26. Miembros de la mesa técnica de la cuenca del río Los Esclavos.....	66
Tabla 27. Actores clave dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	67
Tabla 28. Distribución de centros poblados dentro de la cuenca del río Los Esclavos, por departamento .....	69
Tabla 29. Distribución de la población por género dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	70
Tabla 30. Escolaridad de la población por departamento dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	71
Tabla 31. Centros asistenciales dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	72
Tabla 32. Porcentaje de seguridad alimentaria dentro de la cuenca del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca .....	73
Tabla 33. Categorías y subcategorías de zonificación territorial propuestas para la cuenca del río Los Esclavos.....	79
Tabla 34. Estaciones climatológicas utilizadas para la elaboración del perfil altitudinal de temperatura de la cuenca del río Los Esclavos.....	136
Tabla 35. Clasificación de intensidad de uso de la tierra de acuerdo con las categorías de uso de la tierra, de capacidad de uso de la tierra (INAB) y acceso al territorio .....	138
Tabla 36. Intervalos de tiempo para definir el acceso de un territorio .....	141
Tabla 37. Zonificación territorial de acuerdo con la intensidad de uso de la tierra, uso actual de la tierra y capacidad de uso de la tierra (INAB) .....	144
Tabla 38. Formato de presentación de vacíos e irregularidades de medición de estaciones meteorológicas.....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico .....	4
Figura 2. Esquema de distribución de los climas y formaciones boscosas según Holdridge .....	16
Figura 3. Mapa hidrográfico de Guatemala .....	20
Figura 4. Subcuencas de la cuenca del río Los Esclavos, Vertiente del Pacífico, Guatemala.....	21
Figura 5. Organigrama del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).....	26
Figura 6. Curva hipsométrica de la cuenca del río Los Esclavos .....	37
Figura 7. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Los Esclavos .....	39
Figura 8. Promedio de los caudales mínimo, medio y máximo de la cuenca del río Los Esclavos entre el año 1962 y 2008 .....	40
Figura 9. Mapa de cultivos agrícolas dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala.....	52
Figura 10. Alfabetismo dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	71
Figura 11. Mapa de zonas de potencial agrícola, ganadero y urbano (A) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala .....	80
Figura 12. Mapa de zonas de desarrollo agrícola y ganadero (B) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala .....	82
Figura 13. Mapa de zonas de desarrollo forestal, agroforestal y cultivos permanentes (C) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala .....	84
Figura 14. Mapa de zonas de restauración ecológica (D) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala .....	86
Figura 15. Mapa de zonas de desarrollo urbano (E) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala .....	88
Figura 16. Mapa de división político-administrativa a nivel de departamento de la cuenca del río Los Esclavos .....	108
Figura 17. Mapa de subcuencas principales determinadas por ICC de la cuenca del río Los Esclavos .....	109

Figura 18. Mapa de orden de corrientes de la cuenca del río Los Esclavos .....	110
Figura 19. Mapa de polígonos de Thiessen de la cuenca del río Los Esclavos .....	111
Figura 20. Mapa de precipitación promedio anual dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	112
Figura 21. Mapa de temperatura media promedio en grados centígrados dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	113
Figura 22. Mapa de división de la cuenca del río Los Esclavos .....	114
Figura 23. Mapa de distribución de la pendiente en porcentaje de la cuenca del río Los Esclavos.....	115
Figura 24. Mapa geológico de la cuenca del río Los Esclavos.....	116
Figura 25. Mapa fisiográfico – geomorfológico de la cuenca del río Los Esclavos .....	117
Figura 26. Mapa de fallas geológicas de la cuenca del río Los Esclavos .....	118
Figura 27. Mapa de taxonomía de suelos de la cuenca del río Los Esclavos .....	119
Figura 28. Mapa de capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología INAB de la cuenca del río Los Esclavos.....	120
Figura 29. Mapa de bosques y uso de la tierra en la cuenca del río Los Esclavos .....	121
Figura 30. Mapa de intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Los Esclavos .....	122
Figura 31. Mapa de amenazas dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	123
Figura 32. Mapa de áreas protegidas dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	124
Figura 33. Mapa de zonas de vida dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	125
Figura 34. Mapa de caminos dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	126
Figura 35. Mapa de centros poblados dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002 .....	127
Figura 36. Mapa de escuelas dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002 .....	128
Figura 37. Mapa de centros de salud dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002 .....	129
Figura 38. Mapa de accesibilidad al territorio dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	130
Figura 39. Mapa de zonificación a nivel uno dentro de la cuenca del río Los Esclavos .....	131

Figura 40. Mapa de zonas de restauración dentro de la cuenca del río Los Esclavos	132
Figura 41. Temperatura según la altura detectada por las estaciones meteorológicas .....	137
Figura 42. Lógica del modelo "CSM_Arc93_01012010" para la determinación del acceso del territorio de una cuenca.....	142
Figura 43. Plantación de café y banano dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	147
Figura 44. Puente del río Los Esclavos en época seca.....	147
Figura 45. Eichhornia spp. dentro del río Los Esclavos .....	148
Figura 46. Río Los Esclavos en época seca .....	148
Figura 47. Ganadería dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	149
Figura 48. Basurero clandestino junto a la carretera dentro de la cuenca del río Los Esclavos.....	149
Figura 49. Hidroeléctrica Los Esclavos, ubicada dentro de la aldea Los Esclavos .....	150
Figura 50. Sistema agroforestal con café dentro de la cuenca del río Los Esclavos ..	150
Figura 51. Diseño de la base de datos en función del módulo del recurso hídrico, excluyendo la tabla "status" .....	152

# CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA

## RESUMEN

La cuenca hidrográfica es el sistema donde se interrelaciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano con el medio natural y todo lo que esté incluye, por lo que se considera una unidad de manejo ideal. El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), como parte del programa de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, diseñará un plan de manejo integrado de la cuenca del río Los Esclavos, y como primer paso se realizó la presente caracterización con base bibliográfica y cartográfica. Como parte de los resultados se determinó que el suelo se encuentra en conflicto de sobreuso en el 38.41 % del territorio de la cuenca, se cuenta únicamente con seis áreas protegidas, la calidad del agua del río es deficiente en al menos cinco parámetros desde la parte alta, no se cuenta con una entidad coordinadora a nivel de cuenca, y la mayoría de las instituciones y servicios se encuentran centralizados en Cuilapa, Santa Rosa. En la presente investigación, se determinaron cinco lineamientos enfocados a mejorar la gestión de los usos de la tierra en dicha cuenca por medio de una zonificación con base a la cartografía existente; estos están relacionados con la implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles, agricultura tecnificada, promoción de acciones de conservación y manejo forestal. A su vez, se definieron cuatro directrices generales para el ámbito socioeconómico, las cuales se refieren a la coordinación de actores, el mejoramiento de infraestructura y la seguridad alimentaria.

# 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de una cuenca hidrográfica se interrelacionan biofísica y socioeconómicamente el ser humano, los ecosistemas, el ambiente y los recursos naturales, con el agua como recurso que une e integra sistemáticamente la cuenca. Esta se considera la unidad ideal de gestión territorial al poder analizar todas sus características, hidrológicas, biofísicas y socioeconómicas tanto individual como integralmente. Previo a poder utilizarse como unidad de gestión territorial, diseñando un plan de manejo de cuencas hidrográfica, esta debe caracterizarse y diagnosticarse (Padilla, 2014; Jiménez, 2007).

Como punto de partida, en la caracterización de una cuenca hidrográfica se busca cuantificar las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan, así como cuantificar las variables propias de la cuenca para establecer la vocación, limitaciones y posibilidades de sus recursos naturales y ambiente. Esta se divide en: 1) ubicación, morfometría e hidrología; 2) caracterización biofísica; y 3) caracterización socioeconómica (CATIE, 2011; Jiménez, 2007).

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) tiene interés en desarrollar un plan de manejo de cuenca para las cuencas pertenecientes a la Vertiente del Pacífico. La cuenca hidrográfica del río Los Esclavos se encuentra dentro de las cuencas que el ICC ha identificado como prioritarias, pero aún no cuentan con la documentación requerida. Para lo cual, es necesario desarrollar la caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.

En la presente práctica profesional, se realizó una caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos a partir de información ya generada, la cual se analizó e interpretó para proponer lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.

Esto se realizó a través de una recopilación bibliográfica y cartográfica extensa, que sirvió como base para la generación y determinación de las características y parámetros morfológicos, hidrológicos, biofísicos, sociales, económicos e institucionales dentro de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos. Además, se realizaron visitas a la parte alta y baja de la cuenca para validar la información recabada.

A partir de los indicadores generados, se realizó un análisis e interpretación del estado de los recursos naturales presentes en la cuenca, así como de las características fisiográficas y socioeconómicas de la cuenca. Con base a lo antes expuesto, se plantearon, en coordinación con el ICC, los lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca del río los Esclavos.

La información generada en esta investigación servirá de base al ICC para la organización de un plan de acción para el manejo de la cuenca del Río los Esclavos.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1.1 Hidrología**

La hidrología es la ciencia que se encarga del estudio del agua, tanto de su distribución y circulación en la tierra, como de sus propiedades físicas y químicas. Así también, de las reacciones que esta tiene con su entorno físico y biológico (Koutsoyiannis, 2013).

El agua se considera la molécula más importante sobre la tierra, puesto que esta compone, en promedio, el 60% de los tejidos animales y el 90 % de los tejidos vegetales, lo que lo convierte en un ente indispensable para la vida en la tierra. Por otro lado, el vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante en la atmósfera, por lo que la temperatura de la superficie de la tierra sería mucho más fría de no encontrarse este en la atmosfera. Además, el agua transporta grandes cantidades de energía alrededor del mundo debido a que posee un gran potencial de almacenamiento de energía en forma de calor latente gracias a su alta capacidad calorífica (Shuttleworth, 2012).

A su vez, la hidrología se encarga del estudio del ciclo hidrológico, el cual se refiere a los cambios que experimenta naturalmente el agua a través del tiempo. Este contempla tanto los cambios de estado como de forma, dando como resultado cuatro fases del ciclo hidrológico: evaporación, condensación, precipitación e infiltración (Figura 1) (Koutsoyiannis, 2013; Liere, 2012).

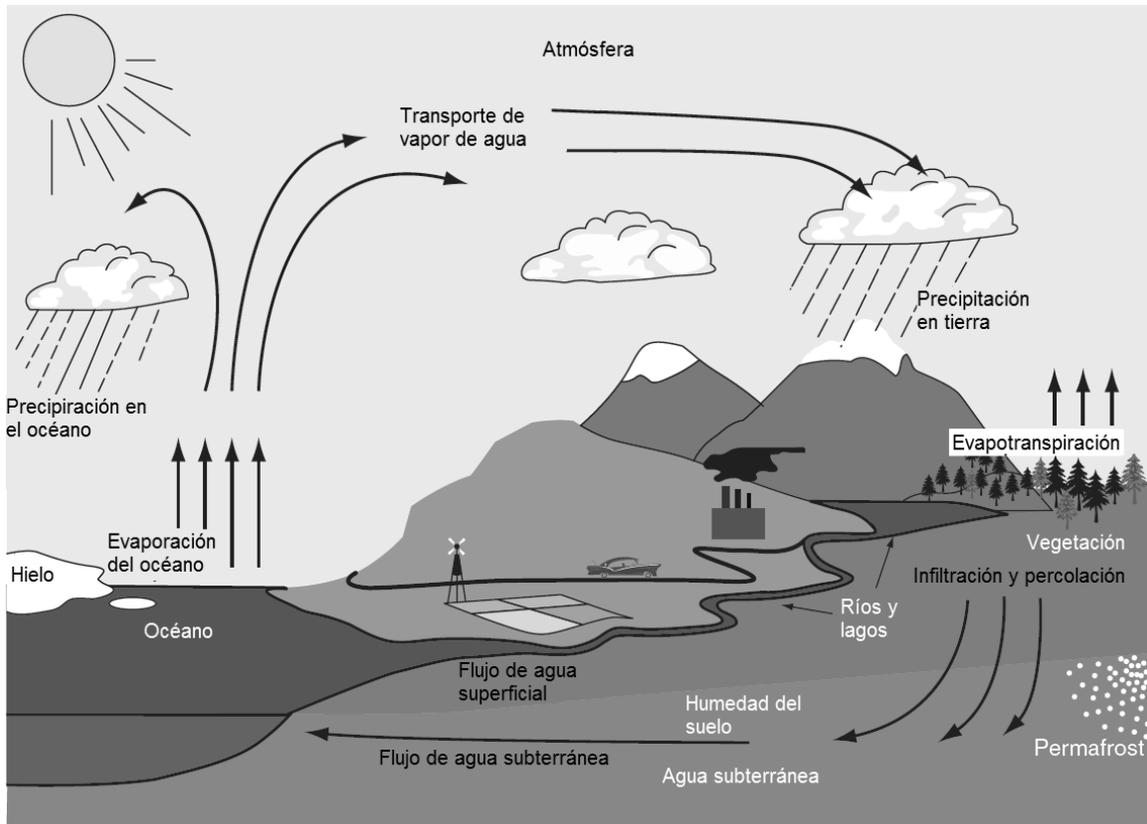


Figura 1.  
Ciclo hidrológico (Shuttleworth, 2012)

### 2.1.2 Cuenca hidrográfica

El sistema utilizado para el estudio del ciclo hidrológico es la cuenca hidrográfica. Esta se refiere al sistema biofísico dentro de un territorio delimitado por un parteaguas. Dentro de este territorio se encuentra una red de drenaje superficial que dirige toda escorrentía resultado de la precipitación, sedimentos, nutrientes y constituyentes químicos hacia un mismo punto, el cual puede ser un río, el mar u otros cuerpos de agua. Esta se puede dividir en parte alta, media y baja, donde existe una interrelación e interacción entre las variables biofísicas y socioeconómicas que funcionan conjuntamente como un todo (Brooks, Ffolliott, & Magner, 2013).

### 2.1.3 Caracterización de una cuenca hidrográfica

La caracterización de una cuenca hidrográfica busca cuantificar las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan, así como cuantificar las variables propias de la cuenca para establecer la vocación, limitaciones y posibilidades de sus recursos naturales y ambiente. Se refiere a un inventario detallado de los recursos y las condiciones biofísicas y socioeconómicas de la cuenca y sus interrelaciones (CATIE, 2011; Jiménez, 2007).

Esta es necesaria dentro del proceso de planificación, manejo y gestión de una cuenca, a lo que la caracterización cumple tres funciones fundamentales:

- **Describir y tipificar** las características principales de la cuenca
- Servir de información básica para **definir y cuantificar** el conjunto de indicadores que servirán de línea base para el seguimiento, monitoreo y evaluación de resultados e impactos de los programas y proyectos de manejo de cuencas.
- Servir de **base para el diagnóstico**, donde se identifican y priorizan los principales problemas de la cuenca se identifican sus causas, consecuencias y posibles soluciones (CATIE, 2011; Jiménez, 2007).

Los componentes y variables que se incorporan en la caracterización de la cuenca se agrupan en tres temas: 1) ubicación, morfometría e hidrología; 2) caracterización biofísica; y 3) caracterización socioeconómica (CATIE, 2011).

#### **Ubicación, morfometría e hidrología**

En esta área de la caracterización, se incluye un mapa base de la cuenca, un mapa de red de drenaje y un mapa de división de microcuencas, además de una síntesis interpretativa de todas las variables que se mencionan a continuación:

- **Ubicación:** país, departamento, latitud, longitud, área (Jiménez, 2007).

- **Características morfométricas e hidrológicas:** forma, curva hipsométrica, longitud y pendiente del cauce principal, orden y longitud de la red de drenaje, densidad de cauces, densidad de drenaje, y caudales promedio, máximos y mínimos (Jiménez, 2007).

Parte de las características morfométricas deben determinarse a través de distintos cálculos, siendo estas las siguiente:

- **Factor de forma (F):** muestra la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, encontrándose su valor entre 0 y 1. Si una cuenca posee un valor de F más cercano a 0, su forma tiende a ser alargada, teniendo una mayor probabilidad de lograr tormenta intensa simultánea; mientras que, un valor cercano a 1, posee menor tendencia a concentrar las intensidades de las lluvias (CATIE, 2011). Este se determina a través de la siguiente ecuación:

$$F = A/L^2$$

Donde:

- **F** = factor de forma
  - **A** = área de la cuenca (km<sup>2</sup>)
  - **L** = longitud del cauce principal de la cuenca (km)
- **Coefficiente de gravelius (K):** este parámetro expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro equivalente a una circunferencia que posee la misma superficie, teniendo un valor superior a 1. Por lo que, una cuenca posee forma ovalada si su valor de K se encuentra entre 1 y 1.25; una forma oblonga si se encuentra entre 1.25 y 1.5; una forma alargada si se encuentra entre 1.5 y 1.75; y una forma rectangular o rectangular-alargada si tiene un valor superior a 1.75 (CATIE, 2011). Este se determinar a través de la ecuación:

$$K = 0.282 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Donde:

- **K** = coeficiente de gravelius
  - **P** = perímetro de la cuenca (km)
  - **A** = superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- 
- **Coeficiente de masividad (tgα):** permite diferenciar cuencas de igual altura media y relieves distintos, aun cuando no es suficiente para caracterizar la proclividad a la erosión, debido a que pueden resultar valores iguales siendo el caso de cuencas diferenciadas (CATIE, 2011). Este se calcula a través de:

$$tg\alpha = \frac{h-}{A}$$

Donde:

- **tgα** = coeficiente de masividad (m/km<sup>2</sup>)
  - **h-** = altura media de la cuenca con relación a la superficie (msnm)
  - **A** = superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- 
- **Coeficiente orográfico (C.O.):** este parámetro caracteriza eficazmente el relieve de la cuenca hidrográfica. Si el valor de este es mayor a 6 el relieve se considera accidentado, y si es menor a 6 se considera poco accidentado (CATIE, 2011; Farfán, Urbina, Ferreira, & Brandan, 2010). Este se determina en base a la siguiente ecuación

$$C.O. = tg\alpha (h-)$$

Donde:

- **C.O.** = coeficiente orográfico
- **tg $\alpha$**  = coeficiente de masividad (m/km<sup>2</sup>)
- **h-** = altura media de la cuenca con relación a la superficie (msnm)

### **Caracterización biofísica**

Debe incluir cartografía, tales como los mapas de: precipitación, fisiográfico, pendientes, unidades geográficas, zonas de recarga hídrica, órdenes de suelo predominantes, de capacidad de uso, uso actual del suelo, intensidad de uso, amenazas y zonas de vida. Además, se debe realizar una síntesis de carácter interpretativa de las siguientes variables:

- **Características climáticas:** precipitación mensual, distribución de precipitación en tiempo y área, distribución mensual de temperatura, humedad relativa, brillo solar, evapotranspiración y vientos (Jiménez, 2007).
- **Fisiografía:** accidente geográficos y descripción de paisajes (Jiménez, 2007).
- **Topografía y pendiente:** clases de topografía y rangos de pendiente, área y porcentaje del total de la cuenca asociados (Jiménez, 2007).
- **Geología:** principales unidades geológicas, área de la cuenca que ocupan y descripción de estas, así como información hidrogeológica cuando exista (Jiménez, 2007).
- **Suelos:** principales órdenes, área de la cuenca que ocupan y descripción de estos (Jiménez, 2007).
- **Erosión:** categorías de erosión, área y porcentaje del total de la cuenca que ocupan (Jiménez, 2007).

- **Uso actual, capacidad de uso y conflictos de uso:** describir los usos actuales, la capacidad de uso y los conflictos de uso, con el área y porcentaje del total de la cuenca que ocupan (Jiménez, 2007).
- **Principales amenazas naturales:** describir las principales amenazas naturales de la cuenca, desde deslizamientos hasta vulcanismo o contaminación (Jiménez, 2007).
- **Zonas de vida:** identificar y describir las principales zonas de vida según Holdridge, área que ocupa y porcentaje del total de la cuenca que abarcan (Jiménez, 2007).
- **Biodiversidad:** número de especies animales y vegetales reportadas, especies extintas y amenazadas, principales especies vegetales y animales, especies endémicas y áreas protegidas (Jiménez, 2007).
- **Recursos estratégicos de la cuenca:** identificar los recursos estratégicos como suelo, agua, ecoturismo, paisajes, minerales, hidroelectricidad, fijación de carbono, etc. (Jiménez, 2007).

### **Caracterización socioeconómica**

Desarrollar una síntesis interpretativa de los parámetros de esta categoría:

- **Demografía:** población, composición, número de familias, tasa de crecimiento poblacional, migración, datos históricos, etc. (Jiménez, 2007).
- **Salud y seguridad social:** servicios de salud, población cubierta por seguridad social, acceso, frecuencia de asistencia, programas preventivos, enfermedades más frecuentes y causantes de muerte, letrinización, programas preventivos, etc. (Jiménez, 2007).

- **Educación:** alfabetismo, preescolar, escuelas, colegios, etc. (Jiménez, 2007).
- **Vivienda:** población con vivienda, tipos de vivienda, programas de vivienda, etc. (Jiménez, 2007).
- **Infraestructura vial y de transporte:** infraestructura vial y de transporte más importante, medios de transporte dentro y fuera de la cuenca, calidad y frecuencia del servicio (Jiménez, 2007).
- **Uso del agua:** agua de consumo humano, agua para generación hidroeléctrica, agua para riego, agua para recreación, agua para ecoturismo (Jiménez, 2007).
- **Servicios institucionales:** energía eléctrica, alcantarillado sanitario, recolección de basura, limpieza de calles, tratamiento de aguas negras, crédito, asistencia técnica, capacitación, etc (Jiménez, 2007).
- **Aspectos culturales, religiosos, recreativos, políticos:** principales rasgos culturales existentes en la población de la cuenca, principales religiones y grado de afiliación, opciones recreativas y deportivas (Jiménez, 2007).
- **Actividades productivas silvoagropecuarias:** principales cultivos, rendimientos, mercado, comercialización, tamaño de las unidades de producción, nivel tecnológico, uso de pesticidas, uso de tecnologías conservacionistas, rentabilidad, principales actividades pecuarias, tipo de actividad forestal, pago de servicios ambientales, etc. (Jiménez, 2007).
- **Actividades productivas industriales y recreativas:** principales actividades industriales, ecoturísticas, recreativas, deportivas, número de entidades y organizaciones participando, etc. (Jiménez, 2007).

- **Principales fuentes de empleo e ingresos:** niveles de empleo e ingreso per cápita, fuentes de empleo, tendencias (Jiménez, 2007).
- **Tenencia de la tierra:** formas de tenencia y porcentaje de cada una (Jiménez, 2007).
- **Organización local:** principales organizaciones existentes, funcionales, participación de la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, comités de emergencia y de vigilancia, etc. (Jiménez, 2007).
- **Institucionalidad:** tipos, funciones, recursos que disponen, percepción de la población, niveles y formas de coordinación (Jiménez, 2007).
- **Proyectos y programas de desarrollo rural:** manejo de recursos naturales, agricultura, ganadería, reducción de vulnerabilidad, iniciativas de desarrollo, etc (Jiménez, 2007).
- **Gobernabilidad y marco legal:** gobierno municipal, nacional, funciones, cumplimientos de leyes, reglamentos, ordenanzas municipales, disponibilidad de recursos económicos, descentralización, etc. (Jiménez, 2007).

#### 2.1.4 Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra se refiere al soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos, en la cual se ven involucradas diversas variables, entre las que se tiene la pendiente, la humedad, el grado de erosión, el drenaje, las propiedades físicas del suelo, la profundidad, las propiedades químicas del suelo, etc. En Guatemala se han clasificado por medio de la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y la metodología USDA. La metodología del INAB, considera únicamente las variables de pendiente, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje (IARNA, IICA, Gálvez, & Andrews, 2015; Urzua, 2008).

Bajo la metodología USDA, las categorías I, II, III y IV son tierra cultivables y aptas para el desarrollo de actividades agrícolas de distintas intensidades. De acuerdo con Tabla 1, el país cuenta con aproximadamente 3.74 millones de hectáreas con capacidad de uso agrícola, lo cual corresponde al 34.38 % del territorio nacional; teniendo además un 65.33 % del territorio nacional con vocación forestal. En el Anexo A se encuentra el mapa de capacidad de uso de la tierra, elaborado conforme a esta metodología (IARNA, et al., 2015).

Tabla 1.

*Capacidad de uso de la tierra en Guatemala, según la metodología de USDA*

Capacidad	Categoría	Aptitud	Área en Km <sup>2</sup>	Porcentaje
I	Cultivos agrícolas	Sin limitaciones	1,202.43	1.10%
II			7,470.08	6.86%
III		Con limitaciones	18,366.76	16.87%
IV			10,399.24	9.55%
V	Cultivos agrícolas	Pecuario	2,447.36	2.25%
VI	no arables	Pecuario/forestal	15,986.04	14.68%
VII	Cultivos no agrícolas	Forestal	44,927.08	41.26%
VIII	Tierras de protección	Protección	7,776.98	7.14%
	Cuerpos de agua		313.03	0.29%
<b>Total</b>			<b>108,889.00</b>	<b>100.00%</b>

(IARNA, et al., 2015)

Por otro lado, en lo que respecta a la metodología del INAB, las tierras consideradas aptas para agricultura se encuentran únicamente en las categorías de agricultura sin limitaciones y agricultura con mejoras. Esta metodología toma en cuenta otras categorías tales como la agroforestería con cultivos anuales, con cultivos permanentes, los sistemas silvopastoriles y las tierras forestales de producción. De acuerdo con la Tabla 2, Guatemala posee más de 3.7 millones de hectáreas con potencial para la agricultura, equivalente al 34 % del territorio nacional. Además, lo que respecta a sistemas productivos menos intensivos (agroforestería, ganadería y producción forestal, representan un 50 % del territorio nacional, equivalente a casi 5.4 millones de hectáreas.

En el Anexo B se encuentra el mapa de capacidad de uso de la tierra, elaborado conforme a esta metodología (IARNA, et al., 2015).

Tabla 2.

*Capacidad de uso de la tierra en Guatemala, según la metodología del INAB*

<b>Potencial</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Total (ha)</b>
<b>Agrícola, pecuario y forestal</b>	A - Agricultura sin limitaciones	1,770,297	3,717,060 (34%)
	Am - Agricultura con mejoras	1,946,763	
	Aa - Agroforestería con cultivos anuales	1,837,672	5,393,239 (50%)
	Ss - Sistemas silvopastoriles	938,880	
	Ap - Agricultura con cultivos permanentes	752,748	
	F - Tierras forestales de producción	1,863,939	
<b>Conservación</b>	Fp - Tierras forestales de protección	441,320	1,778,601 (16%)
	App - Áreas protegidas de protección	1,308,392	
	Ag - Agua	28,889	
<b>Total</b>			<b>10,888,900</b>

(IARNA, et al., 2015)

### 2.1.5 Uso actual de la tierra

El término uso del suelo hace referencia a los tipos de cobertura desarrollados por el ser humano, tales como la ganadería, la agricultura, la urbanización, y las áreas recreativas. Las condiciones culturales y socioeconómicas de un núcleo poblacional son las que determinan la manera en la que se aprovecharán los recursos básicos de un territorio (Rico & Rico, 2014).

De acuerdo con la Tabla 3, en Guatemala la superficie cubierta por agricultura anual fue de 13,579.7 km<sup>2</sup>, equivalente al 12.47 % de la superficie del país; mientras que los cultivos perennes se encuentran en el 8.02 % del territorio nacional, lo cual equivale al 8,735.9 km<sup>2</sup>, siendo los principales cultivos: café, cardamomo, banano, palma africana y hula. La agricultura semi perenne abarca 2,718.9 km<sup>2</sup>, equivalente al 2.5 % de la

superficie nacional, e incluye a los cultivos: papaya, caña de azúcar y piña. En el Anexo 3 se encuentra el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo (IARNA, et al., 2015).

Tabla 3.  
*Uso actual de la tierra en Guatemala, para el año 2003*

Grupo	Categoría	Superficie		Porcentaje
		km <sup>2</sup>	%	
Bosque	Bosque latifoliado	31,554.36	28.98%	37.26%
	Bosque conífero	2,496.10	2.29%	
	Bosque mixto	6,316.30	5.80%	
	Manglar	206.13	0.19%	
Pastos naturales y arbustos	Pasto natural y/o yerbazal	9,372.84	8.61%	30.58%
	Arbusto-matorral	23,925.00	21.97%	
Agricultura	Agricultura anual	13,579.73	12.47%	27.53%
	Agricultura perenne	8,735.94	8.02%	
	Agricultura semiperenne	2,718.92	2.50%	
	Pasto cultivado	4,381.72	4.02%	
	Huerto, vivero y hortalizas	563.30	0.52%	
Humedales	Humedal con bosque	1,006.80	0.92%	1.84%
	Humedal con otra vegetación	373.66	0.34%	
	Zona inundable	623.96	0.57%	
Cuerpos de agua	Lagunas, lagunas, ríos, reservorios, drenajes	1,725.97	1.59%	1.59%
Infraestructura	Centro poblados	1,082.95	0.99%	1.08%
	Otros	95.66	0.09%	
Zonas áridas y mineras	Arena, playa, roca expuesta, minas y otros	129.66	0.12%	0.12%
<b>Total</b>		<b>108,889.00</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

(IARNA, et al., 2015)

### 2.1.6 Intensidad de uso de la tierra

Al comparar la capacidad de uso del suelo con el uso actual del mismo, se puede determinar la intensidad de uso del suelo. De acuerdo con la Tabla 4, se estima que un 45.9 % de la tierra se encontraba en un uso correcto para el año 2003. Por otro lado, el

36.9 % de la superficie del territorio nacional está siendo utilizada por debajo de su capacidad de tierra, así como un 15.1 % del territorio nacional se encuentra siendo utilizado para actividades que sobrepasan su capacidad. En el Anexo D se observa el mapa de intensidad de uso de la tierra en Guatemala (IARNA, et al., 2015).

Tabla 4.

*Intensidad de uso de la tierra en Guatemala*

<b>Intensidad de uso de la tierra</b>	<b>Porcentaje del territorio nacional</b>
Tierra subutilizadas	15.08%
Tierras utilizadas adecuadamente	36.93%
Tierras sobreutilizadas	45.94%
Otras tierras (urbano, no determinado, etc)	2.05%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

(IARNA, et al., 2015)

### 2.1.7 Zonas de vida

El sistema de clasificación ecosistémica de zonas de vida fue creado por Leslie Holdridge en 1967, y definido para Guatemala por René de la Cruz en 1982, aplicando la metodología de Holdridge (Guerra, 2015). Una zona de vida se define como "una unidad territorial natural que agrupa asociaciones a las cuales considera unidades ecosociológicas fundamentales de su sistema de clasificación con enfoque ecosistémico." Siendo una asociación la unidad natural en la que se encuentran interrelacionados los factores del clima, la fisiografía, la vegetación, la actividad animal, la formación geológica y el suelo, como una combinación reconocida y única. (Pérez, Gándara, Rosito, Maas, & Gálvez, 2016).

Es ampliamente reconocido, que existe una relación entre las condiciones ambientales y los tipos de ecosistemas, tanto a nivel de regiones latitudinales como entre pisos altitudinales. De acuerdo con Holdridge, el factor fundamental que determina la correlación entre el clima y los tipos de vegetación es la temperatura del entorno natural, acuñando el término biotemperatura. Esta se define como la medida de calor efectiva para el crecimiento de las plantas, la cual se encuentra en un promedio entre 0 °C y 30

°C, durante un total de un año. En la Figura 2 se encuentra representada la correlación entre las regiones latitudinales y los pisos altitudinales con base en las dinámicas de la biotemperatura (Pérez, et al., 2016).

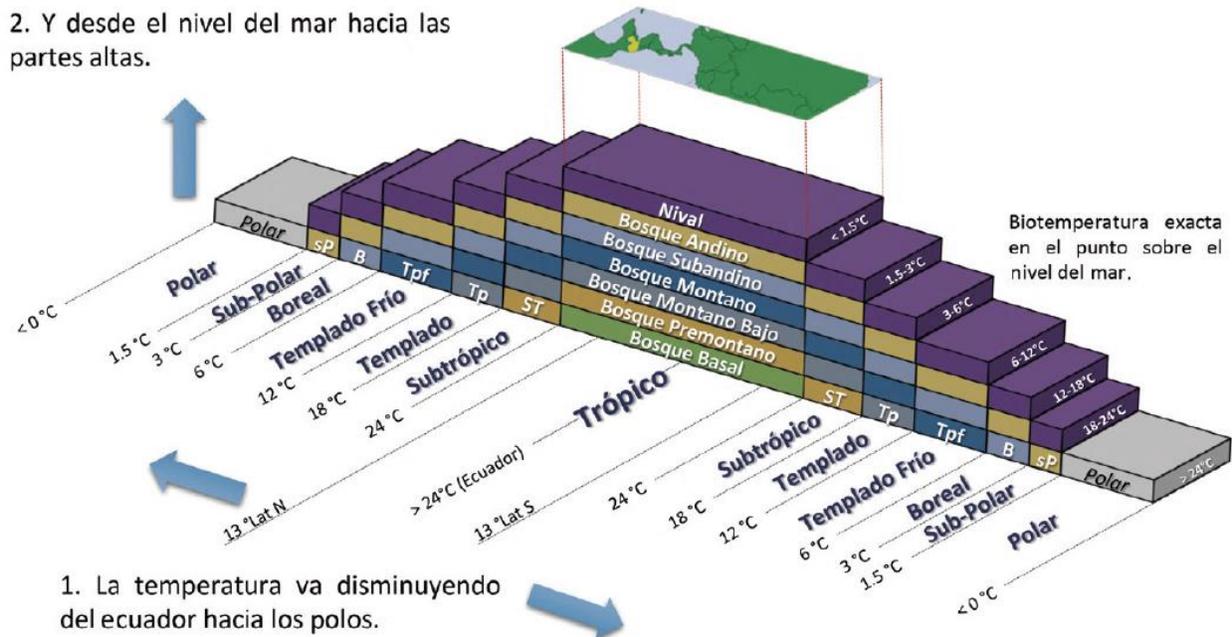


Figura 2. Esquema de distribución de los climas y formaciones boscosas según Holdridge (Pérez, et al., 2016)

En el año 2015, el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (IARNA) actualizó la clasificación de las zonas de vida en Guatemala basándose en el sistema creado por Holdridge. En esta actualización (Anexo E), se identificó 12 zonas de vida, siendo estas: bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT), bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT), bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque muy seco tropical (bms-T), bosque pluvial montano tropical (bp-MT), bosque pluvial premontano tropical (bp-PMT), bosque seco premontano tropical (bs-PMT), bosque seco tropical (bs-T), bosque pluvial subandino tropical (bp-SAT) (Pérez, et al., 2016).

### **2.1.8 Sistemas de información geográfica**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de información en el que la información aparece georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado, soliendo utilizarse UTM (Alonso, s.f.).

Un SIG es un sistema de software, hardware y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión. Tiene aplicación en campos tales como la planificación urbana, la gestión catastral, el medio ambiente, el ordenamiento territorial, la planificación del transporte, etc (Gutiérrez, 2015).

### **2.1.9 Recurso hídrico en Guatemala**

Guatemala es un país con gran cantidad de recurso hídrico, aunque este posee una gestión prácticamente nula. Siendo así, que el país carece actualmente de una Ley de Aguas específica. Únicamente se tiene una Política Nacional del Agua, pero esta no cuenta con métodos de sanción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2015).

Dentro del territorio nacional, se cuenta con aproximadamente 109.2 mil millones de  $m^3$ /año de agua en el país. En lo que respecta a cuerpos lóticos se tiene un total de 7 lagos, 49 lagunas, 109 lagunetas, 19 lagunas costeras y 3 lagunas temporales; además de contar con 38 ríos principales (FAO, 2015; Carrera, Gálvez, & López, 2012).

A pesar de contar con tal cantidad de recursos hídricos, se puede reconocer el problema que el 24 % de los hogares rurales del país no poseen acceso a agua potable. Esto, sumado a que al menos 14 ríos principales y 4 lagunas poseen altos niveles de

contaminantes que podrían poner en peligro la vida del ser humano, demuestra la necesidad de gestión sobre el recurso hídrico que posee el país (Carrera, et al., 2012).

De acuerdo con FAO (2015), existe una amplia lista de actores públicos y privados que tienen una vinculación directa con el tema del recurso hídrico. Estos están vinculados de distinta manera con el recurso hídrico, a lo que su nombre, siglas y descripción se pueden encontrar en la Tabla 5.

Tabla 5.  
*Actores con vinculación directa con el tema del recurso hídrico*

<b>Actores</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)</b>	Ejecuta políticas que se traducen en planes, programas y proyectos para mejorar la producción de alimentos, y un insumo fundamental es el agua.
<b>Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)</b>	Es el rector en la calidad, uso y aprovechamiento del recurso hídrico, cambio climático y reforestación para conservación, investigación y formulación de política hídrica y manejo de cuencas hidrográficas
<b>Municipalidades</b>	Responsables de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento; la promoción y conservación de los recursos naturales renovables y no renovables; la reforestación de las cuencas y zonas de recarga hídrica; y la formulación y ejecución de planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral.
<b>Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)</b>	Define las políticas de agua potable y saneamiento.
<b>Instituto de Fomento Municipal (INFOM)</b>	Es el ente ejecutor de las políticas de agua potable y saneamiento, asesoría y financiamiento a municipalidades.
<b>Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES)</b>	Fortalecimiento del poder local.

**Consejo Nacional de  
Áreas Protegidas  
(CONAP)**

Maneja el recurso hídrico a través de un subsistema de áreas protegidas productoras de agua.

**Instituto Nacional de  
Bosques (INAB)**

Programa de investigación sobre hidrología forestal.

**Instituto Nacional de  
Sismología, Vulcanología,  
Meteorología e Hidrología  
(INSIVUMEH)**

Encargado de la investigación del tema de agua.

**Comisión Guatemalteca  
de Normas (COGUANOR)**

Dicta normas de calidad de agua.

---

(FAO, 2015)

Por otro lado, el territorio de Guatemala se divide en tres vertientes: Vertiente del Pacífico, que ocupa el 24% del país con 18 cuencas; Vertiente del Mar Caribe, la cual ocupa el 34% del territorio guatemalteco con 10 cuencas; y la Vertiente del Golfo de México, con el 42% del territorio del país con 10 cuencas. Estas se ven representadas en la Figura 3 (FAO, 2015; Liere, 2012).

Las cuencas que conforman la Vertiente del Pacífico son: Acomé, Achiguate, Coatán, Coyolate, Los Esclavos, Madre Vieja, María Linda, Nahualate, Naranjo, Ocosito, Olopa, Ostúa, Paso Hondo, Paz, Samalá, Sis-Icán, Suchitane. Estas están ubicadas en zonas de recarga hídrica que varían en su comportamiento dependiendo de su cobertura forestal y su altura sobre nivel del mar (Liere, 2012).



Figura 3.  
 Mapa hidrográfico de Guatemala (Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo - UPGGR, 2009)

### 2.1.10 Cuenca del río Los Esclavos

El río Los Esclavos se ubica en la vertiente del Pacífico. A diferencia de la cuenca del río María Linda que se trató anteriormente, la cuenca del río Los Esclavos no recibe aporte de sedimentos volcánicos directamente, puesto que no existen volcanes activos dentro de la cuenca, sino solamente tres inactivos. Siendo estos: Tecuamburro, Moyuta y Jumaytepeque. El cauce principal tiene una longitud de 135.6 kilómetros, salvando un desnivel de 2,238 metros. La cuenca hidrológica abarca una extensión de 2,019 km<sup>2</sup>, formando parte de los departamentos de Santa Rosa, Guatemala, Jalapa y Jutiapa (Gil, 2012).

Este río presenta gran cantidad de afluentes en la parte alta de la cuenca, entre ellos se pueden mencionar: río Los Vados, Las Cañas, San Antonio y los Achiotes, entre otros.

Todos estos se unen al cauce principal del río Los Esclavos. Además de ello, en el tramo final del río Los Esclavos, este recibe el afluente del río Las Margaritas, el cual es el más grande que recibe el río principal. En la Figura 4 se puede observar la división por subcuencas de la cuenca Los Esclavos (Gil, 2012).

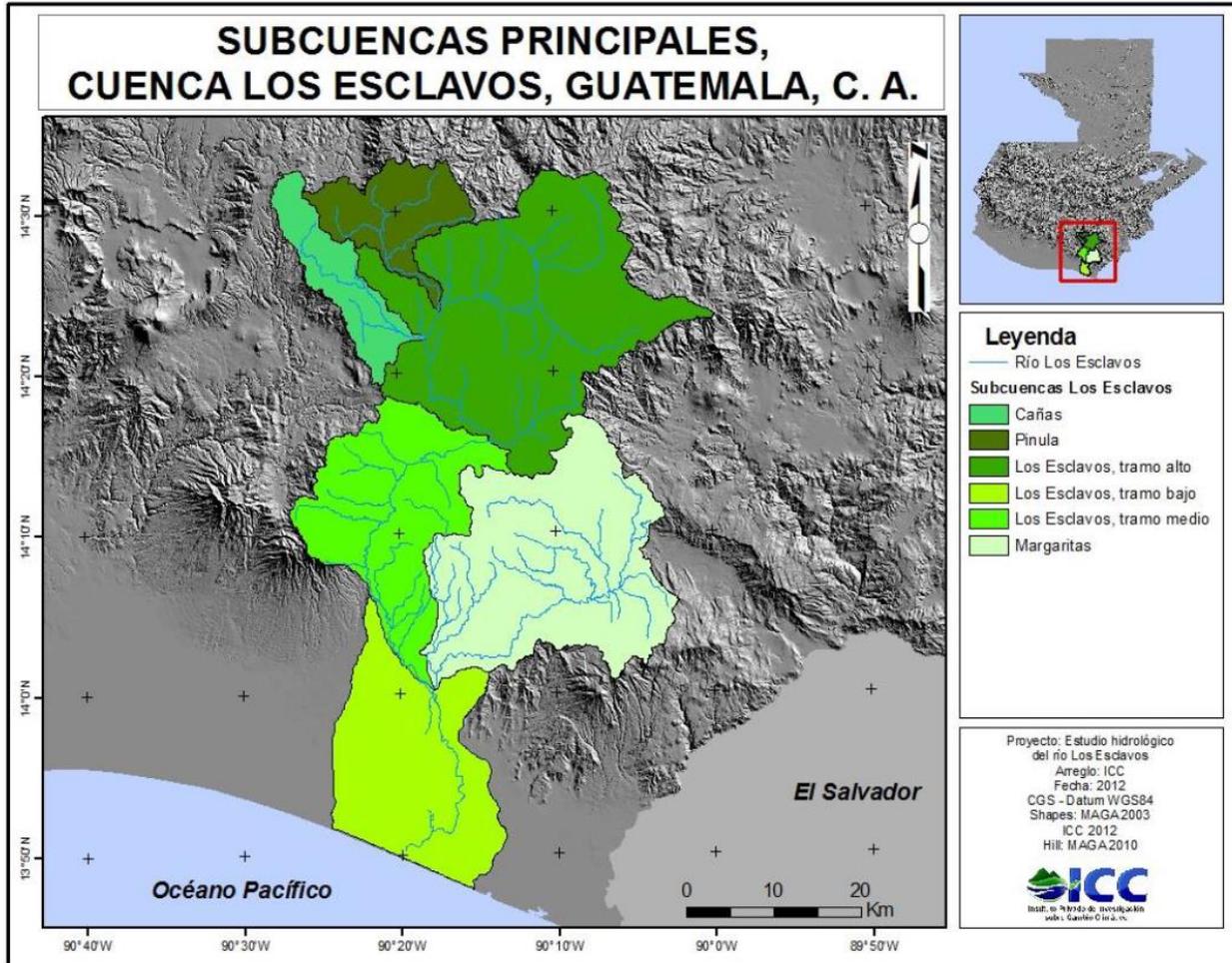


Figura 4. Subcuencas de la cuenca del río Los Esclavos, Vertiente del Pacífico, Guatemala (Gil, 2012)

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA**

El Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (ICC) es una institución fundada para crear acciones que desarrollen procesos adecuados de mitigación y adaptación al cambio climático de las comunidades, procesos productivos e infraestructura de la región con base a lineamientos técnico-científicos (ICC, 2017c).

Posee ocho líneas de trabajo, siendo estas: Información Hidrometeorológica; Investigación y Manejo de Inundaciones; Gases de Efecto Invernadero; Gestión Ambiental; Protección y Restauración de Bosques y Suelo; Manejo Integral del Agua; Prácticas de Adaptación; y Desarrollo de Capacidades (ICC, 2017a).

### **2.2.1 Localización de la institución anfitriona**

La oficina central del ICC se encuentra en el kilómetro 92.5 carretera a Mazatenango, en jurisdicción del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Esta posee una latitud de 14°19'49.38" N y una longitud de 91°03'17.56" O a 294 msnm (Google Inc, 2016; ICC, 2017a).

Cuenta además con sede en la Ciudad de Guatemala, Guatemala en la 5a. Avenida 5-55 Zona 14, edificio Europlaza, Torre III, Nivel 6, oficina 601/A. Esta posee una latitud de 14°35'13.80" N y una longitud de 90°30'49.12" O a 1512 msnm. En esta sede fue en la que se realizó principalmente la práctica profesional, trasladándose cuando fue necesario a la oficina central en Santa Lucía Cotzumalguapa (Google Inc, 2016; ICC, 2017a).

### **2.2.3 Descripción del área de trabajo específica**

La práctica profesional se enfocó principalmente en el apoyo a las actividades del Programa de Manejo Integrado de Cuencas. Las actividades que se realizaron son las siguientes:

- Recopilación bibliográfica y cartográfica relacionada a la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.
- Determinar las características de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos en cuanto a ubicación, morfometría e hidrología; características biofísicas y características sociales, económicas e institucionales.
- Realizar un análisis e interpretación de la características morfométricas, hidrológicas, biofísicas, sociales, económicas e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.
- Proponer lineamientos para el manejo integrado de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos.
- Apoyo al Programa de Manejo Integrado de Cuencas del ICC.
- Apoyo a otros programas de investigación del ICC.
- Apoyo a Dirección General en reuniones de la Red Nacional de Formación e Investigación Ambiental (REDFIA) y reuniones internas del ICC.

El Programa de Manejo integrado de cuencas es el encargado de impulsar e implementar acciones para mantener la integridad de los recursos naturales en las cuencas tomando en cuenta su contexto social dentro de las cuencas prioritarias determinadas por el ICC. Esto lo realiza a través de recopilación y generación de información básica de las cuencas; fomentando y acompañando procesos de organización social para el manejo de cuencas; incidiendo en el manejo y protección de bosques; apoyando el manejo integrado del agua; y contribuyendo en la protección de suelos.

Dirección General es la encargada de coordinar las acciones que el ICC en relación en adaptación y mitigación al cambio climático, además de encontrarse en ella el comité consultivo y el comité técnico, los proveen de la asesoría con expertos que trabajan dentro y fuera de la institución para la evaluación de los proyectos y procesos que estén en progreso o que se quieren ejecutar a futuro. Tomando actualmente el proyecto de sistematización de información que se está trabajando en conjunto con REDFIA, para el cual el ICC tomó el liderazgo de esta.

## **3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA**

### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN**

De acuerdo con ICC (2017c), el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático se divide en dos secciones de trabajo: la Asamblea General y Junta Directiva, como se puede observar en la Figura 5. Estas se encargan de dirigir y conducir la institución. Además de estas, el ICC cuenta con distintos entes en su organización, los cuales se detallan a continuación:

#### **Asamblea General**

Aquí es donde cada programa y actividad presenta informes de resultados obtenidos y se da un análisis de ellos (ICC, 2017c).

#### **Junta Directiva**

Es la encargada de la toma de decisiones entre los distintos programas que se desarrollan dentro del ICC (ICC, 2017c),

#### **Dirección general**

En ella se encuentra el comité consultivo, y el comité técnico que proveen de la asesoría con expertos que trabajan dentro y fuera de la institución para la evaluación de los proyectos y procesos que estén en progreso o que se quieren ejecutar a futuro (ICC, 2017c).

#### **Dirección de operaciones**

En este se lleva a cabo la coordinación y administración de los cinco programas existentes del ICC, siendo estos: Investigación en Clima e Hidrología, Sostenibilidad de Procesos Productivos, Manejo Integrado de Cuencas, Gestión de Riesgo a Desastres, y Desarrollo de Capacidad y Divulgación (ICC, 2017b).

### **Programa de Investigación en Clima e Hidrología**

El objetivo principal de este programa es la generación de información y análisis sobre el clima y los recursos hídricos, importantes para el bienestar de la población y la sostenibilidad de los sistemas productivos. Busca que estos no se vean afectados por eventos climatológicos extremos, a través del ámbito de adaptación al cambio climático. Se centra en las áreas de climatología, hidrología e hidrología subterránea (ICC, 2017b).

### **Programa de Sostenibilidad de Sistemas Productivos**

A través de la gestión ambiental, este programa busca contribuir a la sostenibilidad de los sistemas productivos prioritarios del ICC. Este identifica y promueve medidas de adaptación al cambio climático, además de que entre sus actividades está la elaboración de la Política Ambiental de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) (ICC, 2017b).

### **Programa de Manejo Integrado de Cuencas**

Su principal objetivo es impulsar e implementar acciones para mantener la integridad de los recursos naturales en las cuencas tomando en cuenta su contexto social. Con el fin de lograrlo, este programa maneja cinco áreas principales, las cuales son: recopilar y generar información básica de las cuencas y establecer la línea base; fomentar y acompañar procesos de organización social para el manejo de cuencas; incidir en el manejo y protección de bosques; apoyar el manejo integrado del agua; y contribuir en la protección de suelos (ICC, 2017b).

### **Programa de Gestión de Riesgo de Desastres**

Este programa busca influir en la reducción del riesgo de desastres impulsando acciones basadas en el análisis de factores naturales y sociales. De igual forma, identifica las principales amenazas climáticas de la zona. Busca hacer aportes para la comprensión de los riesgos potenciales y vigilarlos a través del tiempo. Además, el programa realiza diversos análisis de vulnerabilidad de poblaciones, su infraestructura y sistemas de producción, de tal forma que se identifiquen los puntos débiles y se prioricen acciones para reducir los riesgos (ICC, 2017b).

## Programa de Desarrollo de Capacidad y Divulgación

Este programa trabaja en conjunto con los demás programas y los unifica para cumplir sus metas. El objetivo principal de este es incidir en el aumento de la capacidad de la población y los sistemas productivos de reaccionar ante los cambios en el clima. Para ello, se realiza la divulgación de la información pertinente utilizando medios escritos y digitales; la ejecución de programas de educación y conciencia a través de la organización de eventos formativos; brindar asesoría y acompañamiento a las instituciones y empresas miembros del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático; capacitación y actualización constante del personal del ICC para poder desempeñar su labor de la manera más profesional posible (ICC, 2017b).



Figura 5.  
*Organigrama del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) (ICC, 2017a)*

### **3.2 NECESIDAD INSTITUCIONAL**

La cuenca hidrográfica se define como “la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, donde interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano, los ecosistemas, el ambiente y los recursos naturales, con el agua como recurso que une e integra sistemáticamente la cuenca” (Padilla, 2014) convirtiéndose así en la unidad ideal de gestión territorial.

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) tiene interés en desarrollar planes de manejo para las cuencas pertenecientes a la Vertiente del Pacífico. Entre estas cuencas, el ICC ha identificado como prioritaria la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos. En este sentido, el ICC necesitó realizar en primera instancia una caracterización biofísica y socioeconómica de dicha cuenca. Con base a dicha caracterización, dicho instituto requirió que se realizara una síntesis interpretativa que sirva como base para realizar posteriormente un plan de manejo de dicha cuenca.

De acuerdo con esto, se propuso la presente práctica profesional, la cual tuvo como objeto realizar la caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos. Para esto se contó con el apoyo del ICC. Por lo tanto, los resultados de este estudio le permitirán al ICC obtener la información base para la organización de un plan de acción para el manejo de la cuenca del río Los Esclavos.

### **3.3 EJE DE SISTEMATIZACIÓN**

En la práctica profesional se trabajó la caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos a nivel socioeconómico, biofísico, morfométrico e hidrológico; proponiendo como base para la futura elaboración de un plan de manejo de cuenca que realizará el ICC.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Proponer lineamientos para el ordenamiento territorial según criterios de uso, intensidad y acceso de la cuenca del río Los Esclavos, con base al análisis e interpretación de los indicadores derivados de una caracterización biofísica y socioeconómica.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Estimar y analizar los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

Determinar, con base a información cartográfica existente, las características biofísicas de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

Determinar, con base a información secundaria, las características sociales, económicas e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

Realizar el análisis e interpretación de las características morfológicas, hidrológicas, biofísicas, sociales, económicos e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

Proponer lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

## **5. PLAN DE TRABAJO**

### **5.1 PROGRAMA A DESARROLLAR**

#### **5.1.1 Estimación y análisis de los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala**

##### **a) Recopilación de información bibliográfica y cartográfica de la cuenca**

Se procedió a realizar una recopilación bibliográfica y cartográfica de toda la información necesaria para la determinación de los parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos. Esta información incluye: mapa de curvas de nivel y/o hojas cartográficas en forma digital, red de drenaje, y mapa de cuencas y subcuencas, entre otros.

##### **b) Generación y determinación de parámetros**

Con base a la información recolectada, se determinaron los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca. Esto se realizó utilizando la herramienta de software ArcGis 10.5™ y Microsoft Office Excel™. Los parámetros determinados son los siguientes:

- Ubicación
- Perímetro
- Factor de forma
- Caudales
- Coeficiente orográfico
- Perfil longitudinal del cauce
- Área
- Curva hipsométrica
- Coeficiente de Gravelius
- Coeficiente de masividad
- Red y densidad de drenaje

## **5.1.2 Determinación de las características biofísicas de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala**

### **a) Recopilación bibliográfica y cartográfica**

Para la determinación de las características biofísicas de la cuenca hidrográfica, se realizó una recopilación cartográfica y bibliográfica de las distintas características de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos. Esta información cartográfica incluye: mapa de precipitación de Guatemala, mapa fisiográfico de Guatemala, mapa de pendientes de Guatemala, mapa de unidades geográficas de Guatemala, mapa de zonas de recarga hídrica de Guatemala, mapa de órdenes de suelo predominantes de Guatemala, mapa de capacidad de uso de la tierra de Guatemala, mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra de Guatemala, mapa de zonas de vida de Guatemala, modelo digital del terreno de Guatemala, mapa de zonas bajo amenaza de Guatemala, mapa de intensidad de uso de la tierra de Guatemala, mapa de curvas de nivel de Guatemala, mapa de áreas protegidas en Guatemala.

### **b) Generación y determinación de parámetros**

Con base a la información recolectada, se determinaron los parámetros biofísicos de la cuenca del río Los Esclavos. Esto se realizó utilizando la herramienta de software ArcGis 10.5™. Los parámetros determinados son los siguientes:

- Topografía
- Geología
- Fallas
- Capacidad de uso de la tierra
- Intensidad de uso de la tierra
- Principales amenazas naturales
- Zonas de vida
- Pendiente
- Geomorfología
- Suelos
- Cobertura y uso actual de la tierra
- Zonas bajo amenazas naturales
- Áreas protegidas
- Polígonos de Thiessen

- Temperatura
- Contaminación del agua
- Precipitación

### **5.1.3 Determinación de las características sociales, económicas e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala**

#### **a) Recopilación bibliográfica y cartográfica**

Se recopiló información bibliográfica de distintas fuentes, tales como el Instituto Nacional de Estadística (INE), la Secretaría de Planeación y Programación (SEGEPLAN), el Instituto Nacional de Electrificación (INDE), y el ICC. Así como también, se recopiló la cartografía relacionada a las temáticas sociales, económicas e institucionales, dentro de las cuales se incluyen: el mapa de centros poblados de Guatemala, mapa de centros escolares de Guatemala, mapa de centros asistenciales de Guatemala, y mapas de infraestructura vial primaria y secundaria de Guatemala. Los parámetros que se determinaron son:

#### **b) Generación y determinación de parámetros**

Utilizando la cartografía recolectada, se realizaron los cortes a nivel de cuenca utilizando la herramienta de software ArcGis 10.5™. Utilizando esta cartografía y la información bibliográfica se determinaron los parámetros de:

##### **Económicos:**

- Empleo
- Actividades económicas
- Principales fuentes de ingreso
- Tenencia de la tierra
- Infraestructura vial y transporte
- Uso del agua
- Vivienda

##### **Institucionales:**

- Servicios institucionales
- Organización local
- Gobernabilidad y marco legal
- Actores clave de la cuenca
- Institucionalidad pública
- Seguridad social

**Sociales:**

- Población
- Densidad poblacional
- Tasa de emigración
- Tasa de inmigración
- Salud
- Educación
- Acceso al agua

**5.1.4 Análisis e interpretación de los indicadores biofísicos, sociales, económicos e institucionales de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.**

Para el análisis e interpretación de los indicadores presentes en la cuenca del río Los Esclavos, se analizó el valor de cada indicador y se realizó una interpretación de los para conocer su estado, con base a los niveles óptimos o ideales de los mismos.

Este análisis se realizó para los indicadores relacionados con los recursos naturales, institucionales y para los indicadores socioeconómicos.

**5.1.5 Propuesta de lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.**

Para definir los lineamientos de ordenamiento territorial de la cuenca del río los Esclavos, se realizó una zonificación territorial a nivel 1 utilizando la metodología propuesta por CATIE (2008). Para ello, se realizó un traslape en ArcMap 10.5 de los mapas de:

- Bosques y uso de la tierra
- Capacidad de uso de la tierra (INAB)
- Intensidad de uso de la tierra
- Acceso

Para el mapa de acceso, se usó como base la herramienta “CSM\_Arc93\_01012010” diseñada para ArcMap, el cual se detalla en mayor detalle en el Anexo J. Seguidamente,

se realizó la clasificación por categoría y subcategoría de zonificación de uso de la tierra (Anexo K).

Por último, se definieron directrices generales para los ámbitos sociales, económicos e institucionales de la cuenca, tomando como punto de partida el análisis realizado en el punto 5.1.4.

## **5.2 INDICADORES DE RESULTADO**

Los indicadores de resultados se presentan a continuación:

- Características morfométricas e hidrológicas con base a los parámetros estimados de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala.
- Caracterización biofísica de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala, que incluirá información de: capacidad de uso de la tierra, uso de la tierra, intensidad de uso de la tierra, zonas de vida, etc.
- Análisis de las características morfométricas, hidrológicas, biofísicas, sociales, económicas e institucionales.
- Lineamientos para el ordenamiento territorial de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala.
- Documento final sobre caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, Guatemala.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presenta la caracterización de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, presentando primeramente las características de cada categoría a diferentes niveles (Anexo G), para realizar un análisis de problemáticas que las interrelacionan en la sección 6.4. Así también, sus posibles soluciones en la sección 6.5.

### **6.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS**

#### **6.1.1 Ubicación geográfica y división político-administrativa**

La cuenca del río Los Esclavos posee un área aproximada de 2,319.91 Km<sup>2</sup> (345.1 km de perímetro), con una latitud de 14°13'30.806" N y una longitud de 90°15'14.239" O. De acuerdo con Gil (2012), se encuentra ubicada en la vertiente del océano Pacífico, al sureste del país. Limita al Norte con la cuenca del río Motagua; al Este con las cuencas de los ríos María Linda y Paso Hondo; al Oeste con las cuencas de los ríos Paz y Ostúa-Güija; y al Sur con el océano Pacífico (Anleu, 2006).

La cuenca abarca los departamentos de Santa Rosa, Guatemala, Jutiapa y Jalapa; teniendo la mayor parte de su extensión dentro del departamento de Santa Rosa (79.59 %), seguido de Jutiapa (10.64 %), Jalapa (5.69 %), y con la menor extensión el departamento de Guatemala (4.08 %). En el Anexo F se presenta el mapa de división político-administrativa a nivel de departamento, y en la Tabla 6 se pueden observar los porcentajes de la cuenca con relación a los departamentos y municipios.

Tabla 6.

*División político-administrativa a nivel de municipio de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Perímetro (Km)</b>	<b>Porcentaje de la Cuenca</b>
<b>Guatemala</b>	San José Pinula	73.13	42.65	5.69 %
	Santa Catarina Pinula	2.87	4.63	
	Fraijanes	55.88	60.99	
<b>Jalapa</b>	Jalapa	0.74	4.63	4.08 %
	Mataquescuintla	67.22	60.99	
	San Carlos Alzatate	26.65	25.98	
<b>Jutiapa</b>	Jutiapa	25.73	26.32	10.64 %
	Quesada	7.48	18.00	
	San José Acatempa	96.27	53.95	
	Jalpatagua	55.24	59.90	
	Conguaco	4.24	12.88	
	Moyuta	32.63	33.35	
	Pasaco	25.32	34.80	
<b>Santa Rosa</b>	Santa Rosa de Lima	133.98	58.06	79.59 %
	San Rafael Las Flores	85.07	42.81	
	Casillas	194.56	97.13	
	Nueva Santa Rosa	131.92	67.63	
	Santa Cruz Naranjo	42.72	34.51	
	Barberena	50.83	60.14	
	Cuilapa	213.55	99.04	
	Pueblo Nuevo Viñas	35.22	38.26	
	Oratorio	267.25	105.02	
	Santa María Ixhucatán	164.61	72.10	
Chiquimulilla	492.84	132.59		
San Juan Tecuaco	33.62	28.45		
<b>Total</b>		<b>2,319.91</b>		<b>100.00 %</b>

Fuente: (MAGA, 2010)

## 6.1.2 Características morfométricas

### a) Factor de forma (F)

De acuerdo con MAGA (2010), la longitud axial de la cuenca es igual a 79.53 km. Utilizando este valor se tiene como resultado que el factor de forma de la cuenca es igual a 0.37, teniendo la cuenca una forma alargada, por lo que cuenta con una menor posibilidad de que una tormenta cubra toda la superficie. Este se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$F = \frac{A}{L^2} = \frac{2,319.91}{79.53^2} = \frac{2,319.91}{6,325.02} = 0.37$$

### b) Coeficiente de Gravelius (k)

El coeficiente de Gravelius (K) para la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos es igual a 2.02, por lo que la cuenca posee una forma rectangular, por lo que posee un menor riesgo de ser cubierta totalmente por una tormenta o fenómeno natural. Este se determinó con la siguiente ecuación:

$$K = 0.282 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) = 0.282 \left( \frac{345.1}{\sqrt{2,319.91}} \right) = 2.02$$

Así mismo, en la Tabla 7 se observa el coeficiente de Gravelius (K) para cada una de las subcuencas dentro del río Los Esclavos, con base a la propuesta de subcuencas principales realizada por Gil (2012) (mapa en el Anexo F). En ese sentido, se evidencia que la mayoría de las subcuencas poseen una forma rectangular o alargada, a excepción de la cuenca del tramo medio en la que se presenta una forma oblonga, siendo esta más propensa a ser cubierta completamente por fenómenos naturales.

Tabla 7.

*Coeficiente de Gravelius (K) para cada una de las subcuencas.*

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	K	Clasificación
Cañas	125.54	76.26	1.92	Rectangular
Los Esclavos, tramo alto	699.94	175.75	1.87	Rectangular
Los Esclavos, tramo bajo	386.64	98.71	1.42	Oblonga
Los Esclavos, tramo medio	370.68	117.06	1.71	Alargada
Margaritas	586.59	145.17	1.69	Alargada
Pinula	150.51	78.30	1.80	Rectangular

Fuente: Gil (2012); MAGA (2010)

### c) Curva hipsométrica

La cuenca del río Los Esclavos presenta una variación altitudinal desde los -6 msnm hasta 2,704 msnm, con un promedio de elevación de la cuenca en relación con la superficie de 826.70 msnm. Las altitudes más frecuentes en correspondencia al tamaño de la superficie (Figura 6) se encuentran en el rango de -6 a 240.4 msnm (18.67 % del total de la cuenca), seguido de los rangos entre 979.5 – 1,225.8 msnm (16.57 %) y de 1,225.8 a 1,472 msnm (14.59 %).

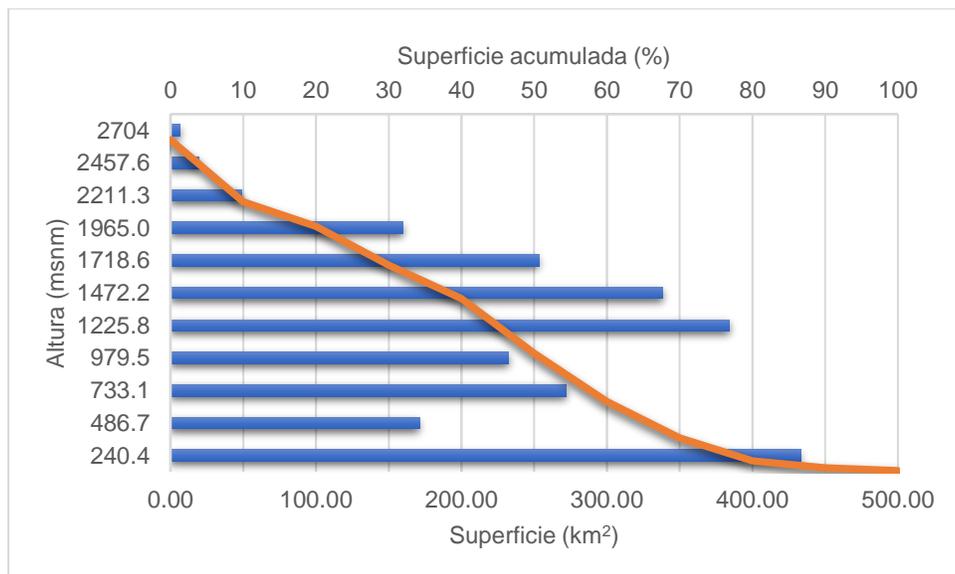


Figura 6.  
*Curva hipsométrica de la cuenca del río Los Esclavos*

Por otro lado, se evidencian cambios ligeros en la pendiente de la cuenca, contando con un cambio significativo por encima de los 2,211.3 msnm. Esto revela la formación de escorrentías superficiales más rápidas en la parte alta, contando con mayor riesgo a alteraciones al suelo descubierto y derrumbes durante precipitaciones fuertes y prolongadas.

#### **d) Coeficiente de masividad y orográfico**

El coeficiente de masividad de la cuenca del río Los Esclavos es igual a 0.36, por lo que la cuenca presenta, en la mayor parte de su extensión, zonas llanas. Este se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$tg\alpha = \frac{h-}{a} = \frac{826.70 \text{ msnm}}{2,319.91 \text{ km}^2} = 0.36 \text{ m/km}^2$$

Por otro lado, en lo que respecta al coeficiente orográfico, se tiene que su valor calculado es igual a 297.61, evidenciando que esta cuenca presenta un relieve montañoso y una fuerte pendiente en la parte alta de la cuenca, mientras que las partes media y baja presentan una menor pendiente. Este se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$C.O. = tg\alpha * h- = 0.36 \text{ m/km}^2 * 826.70 \text{ msnm} = 297.61$$

### **6.1.3 Características hidrológicas**

#### **a) Red y densidad de drenaje**

De acuerdo con Gil (2012), la cuenca del río Los Esclavos está conformado por seis subcuencas. Sin embargo, la cuenca posee un total de 194 afluentes (perennes e intermitentes) a lo largo de su extensión, presentando así un orden de corrientes igual a 5 (mapa en Anexo F). Además, se tiene una densidad de drenaje de 2.5 km de

corrientes/km<sup>2</sup>, lo que representa que la cuenca cuenta con poca cobertura vegetal y suelos fácilmente erosionables.

### b) Perfil longitudinal del cauce

El cauce principal del río Los Esclavos tiene su nacimiento en el municipio de Mataquescuintla, Jalapa, a 2,321 msnm (Figura 7). Por encima de los 1,500 msnm se observa una pendiente más pronunciada que en el resto del cauce, empezando a suavizarse a esta altura. Debajo de los 1,000 msnm, la pendiente se vuelve cada vez menor, hasta volverse casi nula por debajo de los 100 msnm.

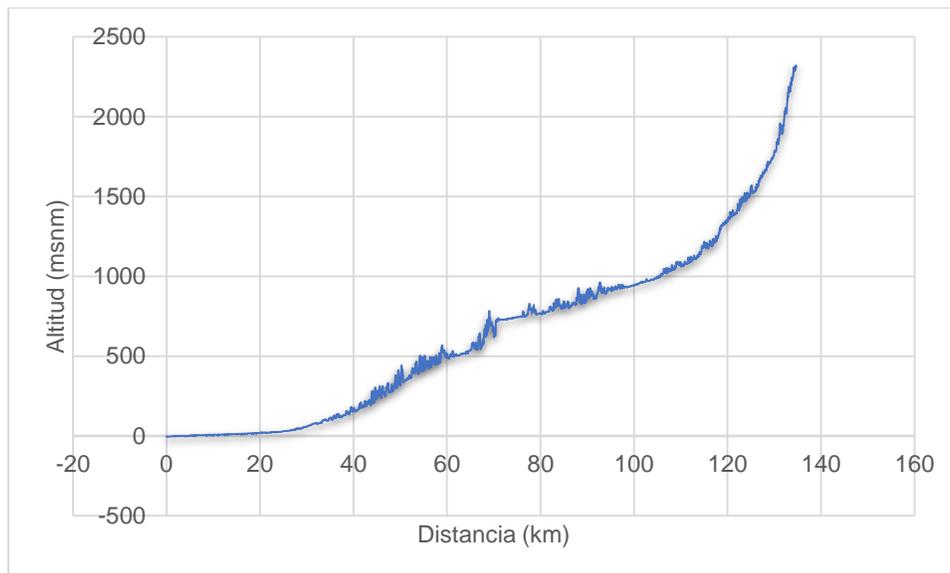


Figura 7.  
*Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Los Esclavos*

### c) Caudales

Dentro de la cuenca del río Los Esclavos, el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) posee una estación hidrométrica en la aldea la Sonrisa, Cuilapa Santa Rosa. Esta cuenta con datos históricos del caudal desde el año 1962 al año 2008 (Figura 8). El caudal promedio mínimo es de 0.83 m<sup>3</sup> durante los meses de febrero y marzo, seguidos del mes de abril con solamente 0.97 m<sup>3</sup> (Escalante, 2011).

Por otro lado, contrastando con los datos anteriores, se cuenta con un caudal promedio máximo registrado de 116 m<sup>3</sup> para el mes de septiembre, seguido de octubre con 76.53 m<sup>3</sup>, ambos forman parte de la época lluviosa en Guatemala, la cual abarca de mayo a noviembre. Durante este período, la parte baja de la cuenca se inunda con facilidad debido a este aumento del caudal ocasionado por las fuertes lluvias (Escalante, 2011).

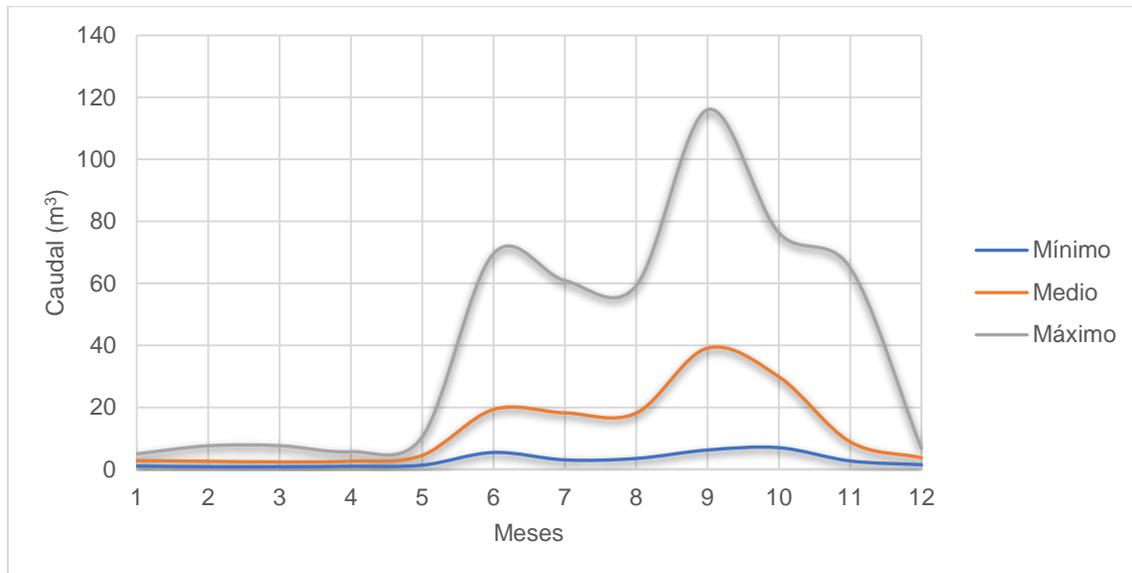


Figura 8.  
*Promedio de los caudales mínimo, medio y máximo de la cuenca del río Los Esclavos entre el año 1962 y 2008 (Escalante, 2011)*

## 6.2 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS

### 6.2.1 Clima

#### a) Precipitación

Se generaron polígonos de Thiessen para determinar la precipitación media dentro de la cuenca del río Los Esclavos. Las estaciones que se utilizaron como base se presentan en la Tabla 8 y corresponden a las estaciones meteorológicas del ICC y de la Asociación Nacional del Café (Anacafé).

Tabla 8.

*Estaciones meteorológicas utilizadas para la información climatológica de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Institución</b>	<b>Estación</b>	<b>Años</b>
ICC	La Candelaria	2017
	Trinidad Magdalena	2013 - 2017
	Chilamates	2013 - 2017
Anacafé	La Concepción	2010 - 2017
	La Mandarina	2010 - 2017
	Las Flores	2010 - 2017
	Santa Rosa de Lima	2010 - 2017

De acuerdo con los polígonos de Thiessen (mapa en Anexo F), se determinó que la precipitación media anual de la cuenca es de 1,514.54 mm. Con relación a la distribución de la precipitación en las diferentes partes de la cuenca, la precipitación para la parte baja varía entre 1,000 y 2,000 mm anuales; con relación a la parte media de la cuenca esta varía entre 1,400 y 2,000 mm; y entre 1,800 mm y 3,000 mm en la parte alta de la cuenca (mapa en Anexo F) (MAGA, 2010).

$$Precipitación\ media\ anual = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum A_i} = \frac{3,517,195}{2,319.91} = 1,514.54\ mm$$

## **b) Temperatura**

Utilizando la metodología del perfil altitudinal de la temperatura media del aire (Anexo H), con los datos de las estaciones de la sección a), se tuvo como resultado que la temperatura dentro de la cuenca del río Los Esclavos varía entre los 13 °C y 27 °C (mapa en Anexo F). En la parte alta de la cuenca se observa una variación entre los 13 °C y 20 °C, en la parte media entre los 20 °C y 23 °C, y en la parte baja entre los 26 °C y 28 °C.

Si bien, estos valores son un promedio que demuestra la variación de temperatura, se debe tomar en cuenta que el promedio de la temperatura mínima dentro de la cuenca

varía solamente entre 15 °C y 20 °C; mientras que la temperatura máxima promedio dentro de la cuenca varía entre los 20 °C y 36 °C (MAGA, 2010).

## **6.2.2 Fisiografía**

### **a) Topografía**

Dentro de la cuenca del río Los Esclavos se distinguen dos configuraciones topográficas bien diferenciadas. La primera, definida como zona de planicie, posee una pendiente menor a 15 % y una altura inferior a 600 msnm. Esta abarca casi en su totalidad el municipio de Chiquimulilla, siendo el territorio más cercano a la desembocadura de la cuenca al océano pacífico. La segunda, definida como zona de ladera, presenta una pendiente entre el 15 y el 75 %, y una altura que varía entre los 600 y los 2,704 msnm (MAGA, 2010).

Estas clasificaciones topográficas, así como los desniveles presentes en la cuenca, fueron utilizadas para constituir la división de la cuenca hidrográfica: parte baja, entre 0 y 600 msnm; parte media, entre 600 y 1,400 msnm; y parte alta, entre 1,400 y 2,704 msnm (mapa en Anexo F).

### **b) Pendiente**

De acuerdo con la Tabla 9, la cuenca del Río Los Esclavos posee una predominancia de pendiente que varía entre 15 - 30 % y menor al 3 %. La mayor concentración de superficie con pendiente menor al 3 % se encuentra principalmente en la parte baja de la cuenca (mapa en Anexo F). Por otro lado, el territorio que posee una pendiente de entre 15 - 30 %, cuenta con una distribución amplia dentro de la parte media y parte alta de la cuenca.

Tabla 9.

*Pendiente en porcentaje dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Rango</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
0 - 3 %	569.79	24.56 %
3 - 8 %	303.59	13.09 %
8 - 15 %	394.14	16.99 %
15 - 30 %	725.40	31.27 %
30 - 60 %	301.18	12.98 %
60 - 75 %	25.81	1.11 %
<b>Total</b>	<b>2319.91</b>	<b>100.00 %</b>

### 6.2.3 Geología

Dentro de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos se presentan seis unidades litológicas (Tabla 10), siendo las de mayor extensión las Rocas volcánicas sin dividir (Tv) con un 64.33 % del territorio de la cuenca; y los Aluviones cuaternarios (Qa) con un 20.19 % del total (MAGA, 2010).

Tabla 10.

*Unidades litológicas presentes dentro de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos*

<b>Unidad litológica</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>	<b>Descripción</b>
Rocas intrusivas (I)	0.19	Son rocas formadas durante las eras del Paleozoico y el Mesozoico. Se encuentra conformado principalmente por granitos y dioritas, además de rocas transicionales tales como granodioritas.
Suelos kársticos (Ksd)	0.96	Son rocas formadas durante el período cretácico a través de las interacciones entre procesos químicos, físicos y biológicos. Se compone principalmente de rocas carbonatadas (calizas, dolomitas y mármol) o evaporíticas (yeso, anhidrita, sal de roca o halita).

Aluviones cuaternarios (Qa)	20.19 %	Son rocas recientes del cuaternario, procedentes de la erosión de los depósitos volcánicos, entre las que se encuentran gravas, arenas y arcillas de distintos tamaños. Generalmente, estos depósitos constituyen un acuífero con porosidad primaria, de muy buena productividad, y con valores elevados de almacenamiento y transmisibilidad.
Cenizas volcánicas (Qp)	4.59 %	Son cenizas y pómez de origen volcánico que se encuentran diseminados principalmente en el cinturón volcánico. Se encuentra conformado por materiales de todas las fracciones granulométricas sueltas o muy poco consolidadas.
Rocas volcánicas (Qv)	9.20 %	Son rocas ígneas que se formaron a principios del período cuaternario, en el Pleistoceno, durante la formación de la cadena volcánica que se localiza en el país. Está conformado por andesitas, basaltos, riolitas, lahares y tobas volcánicas.
Rocas volcánicas sin dividir (Tv)	64.33 %	Son las rocas producto del vulcanismo mundial que tuvo lugar en el plioceno, durante el período terciario superior. Forman la mayor parte del cinturón volcánico, entre las que se encuentran comprendidas las lavas basálticas, andesíticas, riolitas, dacitas, tobas, ignimbritas y lahares.
Agua	0.54 %	

(Herrera, 2005; Castillo, 2013)

El material predominante dentro de la cuenca pertenece al generado durante el período terciario, constituyendo un 64.52 % del territorio de la cuenca. Este se encuentra principalmente en la parte medio y alta de la cuenca, formando parte de todos los municipios dentro de la cuenca, a excepción del municipio de Coguaco, Jutiapa (Mapa en Anexo F).

En lo que respecta al material formado durante el período cuaternario, este ocupa un 33.98 % del territorio de la cuenca, encontrándose distribuido tanto en la parte alta, como media y baja de la cuenca. Su principal distribución se encuentra los municipios de

Chiquimulilla, Pueblo Nuevo Viñas, Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima, del departamento de Santa Rosa; y en los municipios de Moyuta y Jaltapagua, del departamento de Jutiapa.

### **a) Geomorfología**

La cuenca hidrográfica del río Los Esclavos se encuentra dentro de tres regiones fisiográficas-geomorfológicas (mapa en Anexo F), las cuales son Llanura costera del Pacífico, Pendiente Volcánica Reciente y Tierras Altas Volcánicas, siendo esta última la de mayor extensión.

De acuerdo con MAGA (2001), un 83.69 % de la superficie de la cuenca se encuentra cubierto por material generado por actividad volcánica, tanto del período terciario como cuaternario. Este territorio se encuentra desde el norte del municipio de Chiquimulilla hasta el área sur de los municipios de Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Mataquescuintla y San Carlos Alzate. En lo que respecta el 16.31 % restante, son aluviones provenientes del material generado en el período cuaternario, abarcando los municipios de Chiquimulilla y Pasaco. En la Tabla 11 se describen con mayor detalle las regiones fisiográficas presentes en la cuenca del Río Los Esclavos.

Tabla 11.

*Regiones fisiográficas-geomorfológicas presentes en la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Región fisiográfica-geomorfológica</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>	<b>Descripción</b>
Llanura costera del pacífico	16.31 %	En esta se encuentra el material aluvial cuaternario que cubre los estratos de la plataforma continental. La elevación del territorio suele ser menor a 200 metros, con un drenaje deficiente, lo que provoca extensas áreas sujetas a inundación. Son poco frecuentes las formas de tierra tales como barras de boca de bahía, barras fuera de la playa, esteros e islotes. Se cuenta con una abundancia de playas de arena negra con áreas de pantano de mangle.
Pendiente volcánica reciente	1.60 %	El material producido por las erupciones volcánicas a lo largo del período del cuaternario ha formado abanicos de aluviones traslapados. La actividad volcánica en esta región se encuentra asociada a una falla paralela a la costa a lo largo de las laderas hacia el sur del altiplano volcánico.
Tierras altas volcánicas	82.09 %	La formación de esta región volcánica data desde el paleozoico hasta el período terciario, donde se intensifico. Las erupciones de todo tipo de grietas formaron el material geológico que la compone, entre la que se encuentran gran cantidad de rocas volcánicas tales como andesitas y basaltos; además de materiales aluviales tales como sedimentos fluvio-lacustres, lahares y ceniza volcánica.

(MAGA, 2001)

## **b) Fallas**

De acuerdo con MAGA (2010), la cuenca del río Los Esclavos se encuentra atravesada por dos fallas geológicas, la falla de Jalpatagua y la falla de Pinula. La falla Pinula posee poca presencia en la cuenca ubicándose un tramo de solamente 1.47 km dentro de la

parte alta de la cuenca (mapa en Anexo F). Esta representa las faldas del relicto de la estructura volcánica del valle de Guatemala (Pérez, 2009).

Por otro lado, la falla de Jalpatagua atraviesa la cuenca en la parte media con un tramo de 24.77 km de longitud. Esta se considera una de las más activas de la región del suroriente del país (Castro, 2006).

#### 6.2.4 Taxonomía de suelos

Se tiene presencia de siete de los ocho órdenes de suelos presentes en Guatemala, siendo estos: alfisol, andisol, entisol, inceptisol, mollisol, utisol y vertisol. Además, de acuerdo con MAGA (2010), se cuenta con la presencia de 11 subórdenes de suelos, y sus combinaciones, dentro de la cuenca del río Los Esclavos. Cada uno de estos subórdenes se describen en la Tabla 12.

Tabla 12.  
*Órdenes y subórdenes de suelos dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

Orden	Suborden	Descripción
Alfisol	Ustalfs (Ls)	Se encuentran secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando déficit de humedad. Poseen un horizonte interno que tiene altos contenidos de arcilla con relación a los horizontes superficiales, además presentan una saturación de bases mayor al 35 %.
	Ustands (Ds)	Son suelos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando deficiencia de humedad. Además, al formar parte del orden andisol, poseen una retención de fosfato mayor al 85 %, lo que lo vuelve una limitante para el manejo.
Andisol	Vitrands (Dv)	Poseen alto contenido de vidrio volcánico, lo que hace que tengan texturas gruesas (arenosas) y una baja retención de agua. Además, al ser parte del orden andisol al igual que los ustands, poseen una alta retención de fosfatos.

Entisol	Orthents (Eo)	En su mayoría son suelos poco o muy poco profundos, ubicados en áreas de moderada o suave pendiente, en donde se han originado a partir de deposiciones o coluviamientos gruesos y recientes. Al ser parte del orden entisol, presentan poco o ningún desarrollo de su perfil.
	Psamments (Ep)	Son entisoles más arenosos, que se encuentran en superficies poco inclinadas, y con fragmentos rocosos menores al 35 %. En muchas áreas están cubiertos con bosque de galería, y en otros son tierras cultivadas que los agricultores llaman suelos de vega.
Mollisol	Ustolls (Ms)	Se encuentran secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando deficiencia de humedad. Los mollisoles son suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, y con un contenido de materia orgánica y saturación de bases mayores al 50 %.
Inceptisol	Aquepts (Pq)	Son inceptisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando deficiencia de humedad. Al ser parte del orden inceptisol, están más desarrollados que los entisoles, aunque no presentan un fuerte desarrollo en sus horizontes.
Ultisol	Usteps (Ps)	Son suelos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando deficiencia de humedad. Forman parte del orden ultisol, por lo que presentan una elevada alteración de sus materiales minerales, con un horizonte interior con alto contenido de arcilla.
Vertisol	Aquerts (Vq)	Presentan una acumulación de agua en su interior por algún tiempo la mayoría de los años, siendo esta, en algunos casos, superficial. Al ser parte del orden vertisol, son suelos que al estar mojados se vuelven muy plásticos, pero presentan un alto potencial de fertilidad para la producción agrícola.
	Usterts (Vs)	Son vertisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior, presentando deficiencia de humedad. Forman parte del orden vertisol, por lo que son suelos con alto contenido de arcilla expandible desde la superficie, que se caracterizan por formar grietas profundas en todo el perfil.

(MAGA, 2000)

La mayor parte del territorio se encuentra cubierta por suelos que permanecen secos entre 90 y 180 días del año en su interior, teniendo importante presencia en toda la superficie de la cuenca del río Los Esclavos (mapa en Anexo F). Además, el orden de suelos que posee mayor presencia dentro de la cuenca es el Entisol, con presencia en el 47.53 % de la cuenca.

De acuerdo con lo antes expuesto, se evidencia que los tipos de suelos más representativos dentro de la cuenca son los Orthents. Estos se caracterizan por encontrarse en zonas de alta pendiente, por lo que no suelen ser apropiados para producción agrícola. Estos se distribuyen en las zonas alta y media de la cuenca, las cuales son también las zonas donde se registran las mayores pendientes.

## **6.2.5 Capacidad de uso de la tierra y uso actual**

### **a) Capacidad de uso de la tierra de acuerdo con metodología INAB**

De acuerdo con MAGA (2010), la cuenca del río Los Esclavos cuenta con las siete categorías de capacidad de uso de la tierra que presenta la metodología de INAB (Tabla 13). Un 21.55 % del territorio cuenta con vocación de producción o protección, mientras que un 46.47 % tiene capacidad para sistemas silvopastoriales o agroforestales. Por otro lado, en lo que respecta al territorio con potencial agrícola (30.37 %), la mayor parte pertenece a la categoría de agricultura sin limitaciones (19.52 %).

Tabla 13.  
*Capacidad de uso de la tierra por medio de la metodología de INAB para la cuenca del Río Los Esclavos*

<b>Capacidad de uso</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>	<b>Descripción</b>
Agricultura sin limitaciones (A)	19.52 %	Áreas aptas para monocultivos o cultivos asociados en forma intensiva o extensiva que no requieren prácticas intensivas de conservación de suelos. No poseen mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje.
Agricultura con mejoras (Am)	10.85 %	Zonas que requieren prácticas de manejo y conservación de suelos, así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido. Presentan limitaciones de uso moderada en cuanto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje.
Agroforestería con cultivos anuales (Aa)	16.17 %	Áreas aptas para la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles, o bien, con obras de conservación de suelos y prácticas agronómicas de cultivo. Poseen limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo.
Sistemas silvopastoriles (Ss)	21.32 %	Permite el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas. Cuenta con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno con limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad.
Agricultura con cultivos permanentes (Ap)	8.98 %	Estas zonas permiten el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles, ya sea especies frutales o maderables. Poseen limitaciones de pendiente y profundidad.
Tierras forestales para producción (F)	18.03 %	Áreas con limitaciones de pendiente o pedregosidad que no permiten la producción agropecuaria, pero son aptas para realizar un manejo forestal sostenible con fines de aprovechamiento. Sustituir el bosque en estos suelos conllevaría a una degradación productiva.

Tierras forestales de protección (Fp)	3.52 %	Abarca las áreas sujetas a inundaciones, cubiertas de mangle, bosques de galería, entre otros. Tiene como función conservar la biodiversidad, las fuentes de agua y el ambiente natural, permitiendo la investigación científica y el ecoturismo en ciertas zonas donde no afecte negativamente a los ecosistemas presentes. Presentan limitaciones severas en la pendiente, profundidad activa del suelo y/o pedregosidad.
Áreas protegidas de protección (App)	1.01 %	Territorio de la cuenca que ha sido declarado oficialmente como área protegida, en cualquiera de todas sus categorías.
Agua (Ag)	0.60 %	Cuerpos de agua.

---

(INAB, s.f.)

La mayor distribución de los suelos pertenecientes a la categoría de Tierras forestales de protección (Fp) se encuentra en la parte media de la cuenca del río Los Esclavos, principalmente en los municipios de Moyuta y Oratorio (mapa en Anexo F). Por otro lado, en lo que respecta a la capacidad de uso de la tierra de Agricultura sin limitaciones (A), se encuentra mayoritariamente en los municipios de Chiquimulilla, Fraijanes, y San José Acatempa (MAGA, 2010).

De acuerdo con los datos de la Tabla 13, se evidencia que la vocación de la cuenca del río Los Esclavo es agrícola y agroforestal, lo que representa un 76.84 % de su territorio. Por lo tanto, un plan de manejo de cuenca debe promover la implementación de buenas prácticas agrícolas y agroforestales para el mejoramiento de las condiciones de la cuenca y el logro del desarrollo sostenible en la misma.

## **b) Cobertura vegetal y uso actual de la tierra**

La cuenca hidrográfica del río Los Esclavos se encuentra cubierta en la mayor parte de su territorio por agricultura (69.61 %), predominando la agricultura anual limpia con 898.95 km<sup>2</sup> dentro de la cuenca (mapa en Anexo F). A esta le siguen los cultivos

perennes con un total de 539.26 km<sup>2</sup>, de los cuales el café cubre el 17.46 % del territorio de la cuenca (Tabla 14) ocupando casi en su totalidad los municipios de Pueblo Nuevo Viñas, Nueva Santa Rosa y Santa Cruz Naranjo (Figura ). También se tiene presencia de caña (1.90 %) y otros cultivos (3.89 %) dentro de la cuenca, pero en mucha menor extensión (GIMBUT, 2014).

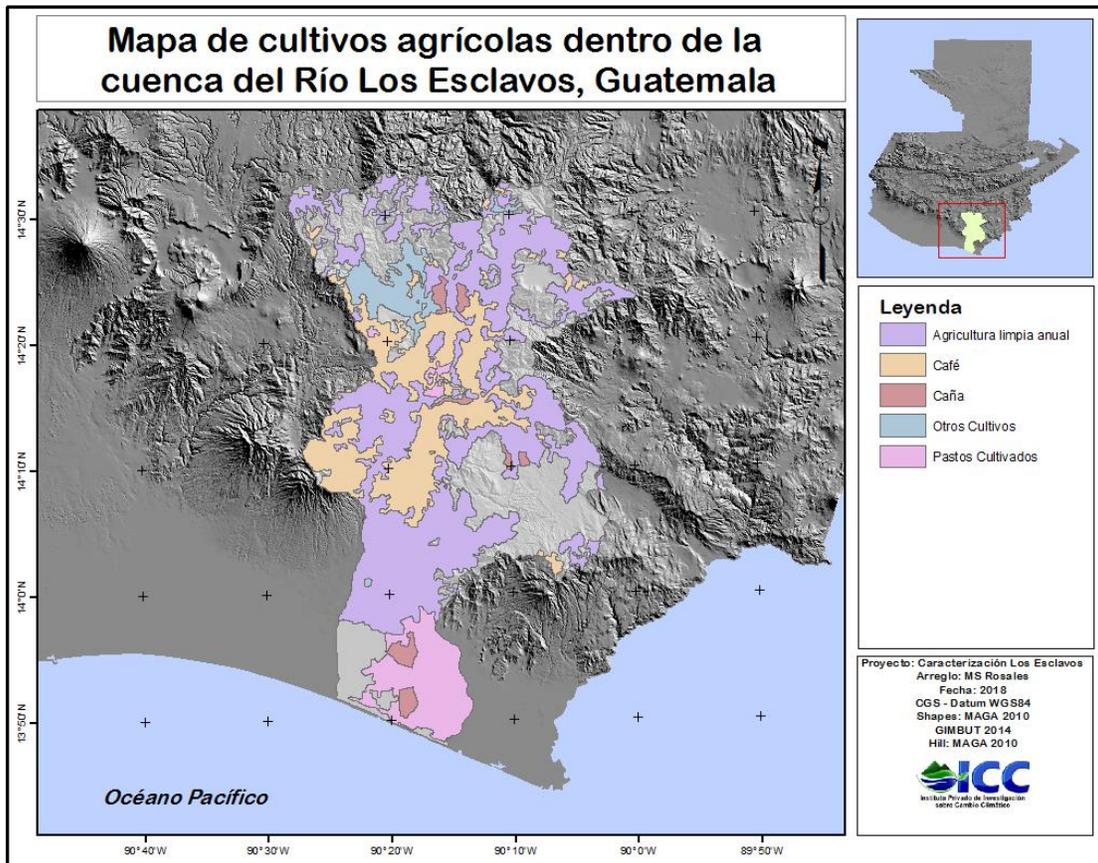


Figura 9.  
 Mapa de cultivos agrícolas dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

Tabla 14.  
Cultivos agrícolas dentro del territorio de la cuenca del río Los Esclavos

<b>Cultivo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje del territorio</b>
Agricultura limpia anual	898.95	38.75 %
Café	405.09	17.46 %
Caña	43.99	1.90 %
Otros cultivos	90.18	3.89 %
Pastos cultivado	176.61	7.61 %
<b>Total</b>	<b>1614.82</b>	<b>69.61 %</b>

Fuente: GIMBUT (2014)

Por otro lado, en lo que respecta a cobertura forestal, se tiene una extensión total de 383.79 km<sup>2</sup> (16.54 %), de lo cual un 11.62 % se refiere a bosques de coníferas. Estos últimos ocupan un área importante de los municipios de San Carlos Alzatate y Santa Rosa de Lima (GIMBUT, 2014).

### c) Conflictos de uso de la tierra

Para la generación de este mapa se utilizó la metodología del Anexo I. De acuerdo con esto, el 24.88 % de la superficie de la cuenca se encuentra con un uso adecuado, un 35.64 % subutilizado, y un 38.41 % sobreutilizado (Tabla 15).

Tabla 15.  
Conflictos de uso de la tierra dentro de la cuenca del río Los Esclavos

<b>Intensidad</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>
Subuso	826.89	35.64 %
Adecuado	577.11	24.88 %
Sobreuso	891.01	38.41 %
Centros poblados	6.84	0.29 %
Cuerpos de agua	18.06	0.78 %
<b>Total</b>	<b>2319.91</b>	<b>100.00 %</b>

Las áreas en sobre uso, en su mayoría, se encuentran en las partes media y alta de la cuenca (mapa en Anexo F), lo cual responde a cultivos anuales en zonas que poseen una menor capacidad de uso, tales como Sistemas silvopastoriles (8.41 %), Agroforestería con cultivos anuales (6.66 %), Agroforestería con cultivos permanentes (4.03 %), y Tierras forestales de producción (7.68 %), por mencionar las de mayor extensión; causando esto el sobre uso. Con este conflicto de uso de la tierra son relevantes los municipios de Santa María Ixhuatán, Casillas y Barberena en Santa Rosa, por contar por un área importante de su territorio con este conflicto.

Por otro lado, las zonas que presentan un conflicto de subuso se encuentran mayormente distribuidas en la parte baja y media de la cuenca, principalmente en los municipios de Chiquimulilla, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa de Lima y Oratorio, dentro de Santa Rosa. Estas responden principalmente a cultivos perennes en áreas que poseen mayor capacidad de uso, siendo resaltables las de Sistemas silvopastoriles (5.63 %) y Agroforestería con cultivos anuales (4.20 %). Además, se tiene un 7.04 % del territorio con conflicto de subuso por agricultura limpia anual en zonas de Agricultura sin limitaciones, y un 6.48 % por pastos cultivados en zonas de Agricultura sin limitaciones.

#### **6.2.6 Principales amenazas naturales**

De acuerdo con IARNA (2009b), un 45.30 % del territorio de la cuenca se encuentra en amenaza de alguna clase de fenómeno natural, del cual un 9.63 % se ve expuesto a dos tipos de amenazas distintos (Tabla 16). Dentro de estas, resaltan las zonas que se encuentran amenazadas por deslizamientos, tomando un 29.06 % de este, distribuido principalmente en la parte alta y media de la cuenca, con poca presencia en la parte baja (Anexo F).

Tabla 16.  
*Amenazas dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Amenaza</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>
Ninguna	1268.93	54.70 %
Deslizamiento	674.22	29.06 %
Deslizamiento + heladas	19.75	0.85 %
Heladas	4.46	0.19 %
Inundaciones	148.79	6.41 %
Sequía + inundaciones	203.76	8.78 %
<b>Total</b>	<b>2319.91</b>	<b>100.00 %</b>

Fuente: IARNA (2009b)

En lo que respecta a la parte baja de la cuenca, son zonas amenazadas principalmente por inundaciones, con un total del 15.19 % del territorio bajo amenaza, abarcando casi en su totalidad el municipio de Chiquimulilla. A su vez, el 8.78 % de este territorio se encuentra amenazado además por sequías, localizándose en las áreas que se encuentran alrededor del Canal de Chiquimulilla (IARNA, 2009b). Los municipios que no presentan riesgo a amenazas son: San José Acatempa, Jutiapa, Jalpatagua, Quesada y Moyuta.

Esto se ve reflejado en municipios como Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, que se vio afectada por un deslizamiento que provocó daños entre moderados y severos en 13 viviendas, afectando a 78 personas de las cuales 6 tuvieron que ser evacuadas. Por otro lado, un desbordamiento del río Los Esclavos en 2014, ocasionó que 78 viviendas resultarán con daños leves a moderados en el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, lo cual afectó a un total 468 personas, de las que 138 debieron abandonar sus hogares para refugiarse en los albergues habilitados por las autoridades (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED, 2013; 2014)

### **6.2.7 Áreas protegidas**

Dentro de la cuenca del río Los Esclavos, se cuenta con la presencia de 6 áreas protegidas de diferentes categorías, siendo en su mayoría Zonas de veda definitiva

(Tabla 17). De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 759 – 90 (1990), el término veda se refiere a "... la prohibición temporal que regula el aprovechamiento de la vida silvestre", por lo que una zona de veda definitiva se definiría como un área donde no es permitido el aprovechamiento de la vida silvestre.

Tabla 17.

*Áreas protegidas dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>
El Espino	Reserva natural privada	2.55	0.11 %
Laguna de Ayarza	Área de protección especial	14.04	0.61 %
Volcán Cruz Quemada	Zona de veda definitiva	8.76	0.38 %
Volcán Jumaytepeque	Zona de veda definitiva	8.45	0.36 %
Volcán Moyuta	Zona de veda definitiva	7.26	0.31 %
Volcán Tecuamburro	Zona de veda definitiva	43.08	1.86 %
Área no protegida		2235.76	96.37 %
<b>Total</b>		<b>2319.91</b>	<b>100.00 %</b>

Fuente: MAGA (2010)

La reserva natural privada El Espino está ubicada en el municipio de Barberena, Santa Rosa (mapa en Anexo F), con una latitud de 14°14'34.92" N y una longitud de 90°22'38.197" O, con una altura de 932 msnm. Esta es la única reserva natural privada dentro de la cuenca del río Los Esclavos (Google Inc, 2016; MAGA, 2010).

El área de protección especial Laguna de Ayarza se encuentra dentro de los municipios de San Rafael Las Flores y Casillas, del departamento de Santa Rosa. Presenta una latitud de 14°25'12.428" N y una longitud de 90°7'43.362" O, en los alrededores de la Laguna de Ayarza, a 1412 msnm de altitud (Google Inc, 2016; MAGA, 2010).

De acuerdo con MAGA (2010), las zonas de veda definitiva se encuentran rodeando los volcanes dentro de la cuenca del río Los Esclavos, los cuales presentan inactividad. Dentro de estos, el de mayor extensión y altura es el volcán Tecuamburro (Tabla 18).

Tabla 18.  
*Volcanes dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Nombre</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura (msnm)</b>
Volcán Cruz Quemada	14° 9' 56.453" N	90° 16' 48.020" O	1620
Volcán Jumaytepeque	14° 20' 22.419" N	90° 16' 15.020" O	1815
Volcán Moyuta	14° 1' 40.480" N	90° 5' 45.007" O	1662
Volcán Tecuamburro	14° 9' 23.455" N	90° 24' 21.030" O	1962

(MAGA, 2010)

### 6.2.8 Zonas de vida

Dentro de la cuenca del río Los Esclavos se tiene presencia de siete de las 13 zonas de vida que se han delimitado dentro de la República de Guatemala (Tabla 19), siendo en su totalidad tropicales. Casi la mitad del territorio de la cuenca (47.74 %) se encuentra en el piso altitudinal de premontano, siguiéndole el piso altitudinal basal con un 43.28 % de la superficie total (IARNA, 2013).

Tabla 19.  
*Zonas de vida dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Nombre</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>
Bosque seco tropical (bs-T)	293.41	12.65 %
Bosque seco premontano tropical (bs-PMT)	15.45	0.67 %
Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT)	1.30	0.06 %
Bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT)	18.81	0.81 %
Bosque húmedo tropical (bh-T)	710.63	30.63 %
Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT)	1091.35	47.04 %

Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)	188.97	8.15 %
<b>Total</b>	<b>2319.91</b>	<b>100.00 %</b>

Fuente: IARNA (2013)

Por otro lado, en lo que respecta a la humedad, la provincia dominante es la húmeda, con un 85.82 %, predominando en la parte media de la cuenca y con presencia importante en las partes alta, media y baja de la cuenca (mapa en Anexo F). La provincia húmeda corresponder a un rango de evapotranspiración potencial entre 0.59 y 0.93 (Pérez, et al., 2015).

### 6.2.9 Contaminación del agua

De acuerdo con Escalante (2011), el río Los Esclavos cuenta con importantes fuentes de contaminación en la parte alta, tales como el botadero municipal de desechos sólidos, aguas servidas del casco urbano de los municipios de Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima, aguas mieles de 7 beneficios de café durante la época de cosecha, y de sus afluentes.

Se cuenta con información de dos muestreos de los siguientes parámetros: grado de acidez, conductividad, sólidos sedimentables, sólidos en suspensión, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), grasas y aceites, nitrógeno total y fósforo total dentro del río Los Esclavos (Tabla 20).

Tabla 20.  
*Parámetros bioquímicos del agua del río Los Esclavos*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Época lluviosa</b>	<b>Época seca</b>
pH		7.32	6.97
Conductividad	μS/cm	94.4	263
Sólidos sedimentables	ml/L	<0.5	0.2
Sólidos en suspensión	mg/L	105	0.037
Sólidos totales	mg/L	314	258
DBO	mg/L	13.2	4.8
DQO	mg/L	120	170

Nitrógeno total	mg/L	0.6	2.3
Fósforo total	mg/L	0.3	0.3
Grasa y aceites	mg/L	0.01	0.06

Fuente: Escalante (2011)

El río Los Esclavos cuenta con pH neutro tanto en la época seca como en la época lluviosa. Este se encuentra dentro del rango establecido como óptimo para las aguas superficiales, el cual varía entre 6.5 y 8.5, ya que las aguas fuera de este rango son corrosivas (Escalante, 2011).

En lo que respecta a la conductividad, sí se observa que el valor encontrado en la época seca sobrepasa los límites con los que suelen contar las aguas naturales (entre 50 y 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Este parámetro representa la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica acorde a su contenido de iones en el agua, los cuales pueden ser metales disueltos y otros materiales (Escalante, 2011).

Los sólidos sedimentables encontrados en el agua del río Los Esclavos son valores inferiores a la unidad, por lo que no representan un nivel de contaminación importante. Este parámetro indica la cantidad de material particulado suspendido dentro del cuerpo de agua, y en altas concentraciones causa turbidez (Escalante, 2011).

Al igual que los sólidos sedimentables, los sólidos en suspensión están directamente relacionados con la turbidez del agua. Estos pueden ser partículas de arcillas, limo y otras arrastradas por el agua. En época lluviosa se cuenta con una cantidad superior a 100 mg/L, mientras que en época seca no llega a la unidad (Escalante, 2011; Murillo, 2009).

En el caso de los sólidos totales, se presenta la suma de los sólidos en suspensión más los sólidos sedimentables. Este parámetro cuenta con valores elevados tanto en época seca como en época lluviosa, y en esta última se observa un incremento debido a las áreas deforestadas dentro del territorio (Escalante, 2011).

La demanda bioquímica de oxígeno (DQO) mide la cantidad de oxígeno requerido por los organismos vivos para completar sus procesos metabólicos a través del consumo de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua. Para el río Los Esclavos, este se observa entre 4.8 y 13.2, por lo que no representa niveles de contaminación importantes (Escalante, 2011).

Por otro lado, la demanda química de oxígeno (DQO) se encuentra en niveles por encima de 200 mg/L, indicando que el agua dentro del río está altamente contaminada (Tabla 21). Este parámetro se refiere a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar los materiales con un oxidante químico dentro del agua (Escalante, 2011).

Tabla 21.  
*Escalas de clasificación de demanda química de oxígeno*

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>
DQO ≤ 10	<b>Excelente</b> No contaminada
10 < DQO ≤ 20	<b>Buena calidad</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánico biodegradable y no biodegradable
20 < DQO ≤ 40	<b>Aceptable</b> Con indicios de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
40 < DQO ≤ 200	<b>Contaminada</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal
DQO > 200	<b>Fuertemente contaminada</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: Escalante (2011)

El nitrógeno total indica los niveles de nitrógeno en sus diferentes formas (nitratos y nitritos). En el río Los Esclavos no se presentan mayores niveles de nitrógeno total en el afluente principal, sin embargo, se han realizado mediciones en sus afluentes que han demostrado tener hasta 18 mg/L de nitrógeno total. Este valor se encuentra más elevado

debido a que gran parte de la población se dedica a la agricultura utilizando desmedidamente fertilizantes químicos que por la topografía del terreno llegan a los cuerpos de agua (Escalante, 2011).

Por otro lado, el fósforo total incluye distintos compuestos tales como fosfatos, fósforo orgánico y polifosfatos; los cuales se transforman en ortofosfatos. Tanto en la época lluviosa como en la época seca, los valores de este parámetro no superan la unidad dentro de la afluencia del río, por lo que no representan una contaminación importante (Escalante, 2011).

Por último, en lo que respecta a grasas y aceites, estos se mantienen en valores inferiores a 0.1 mg/L dentro de las mediciones realizadas en la cuenca, por lo que no representan un nivel de contaminación importante (Escalante, 2011).

Al ser un cuerpo de agua con valores elevados en los parámetros de conductividad, sólidos sedimentables, sólidos totales, DQO y nitrógeno total, no se considera apto para consumo humano. Por lo que, al ser consumida por la población puede causar enfermedades, disminuyendo significativamente la calidad de vida de las personas.

## **6.3 CARACTERIZACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA E INSTITUCIONAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS**

### **6.3.1 Económica**

#### **a) Empleo**

De acuerdo con Escalante (2011), en la parte alta de la cuenca el 68 % de la población se dedica a la agricultura. El principal cultivo de la región es el maíz asociado al frijol, seguido del café. A su vez, el 32 % restante se dedica al comercio informal en los cascos urbanos de los municipios, además de trabajar en instituciones municipales y educativas.

## **b) Actividades económicas**

La economía dentro de la cuenca del río Los Esclavos se basa principalmente en la ganadería, la agricultura y la industria. En toda el área de la planicie sur destaca la ganadería como la mayor actividad ganadera; mientras que la industria toma fuerza en los municipios de Chiquimulilla, San Juan Tecuaco y Taxisco, donde se elaboran quesos artesanales y se cuenta con industria dedicada a la talabartería y jarcia (Vela, 2008).

Por otro lado, la agricultura es una de las principales actividades productivas dentro de la cuenca del río Los Esclavos, cubriendo un 67 % del total de la superficie de la zona de captación hídrica que abastece el río. De este, un 35 % se dedica a agricultura limpia anual, un 19 % al cultivo del café, un 3 % a pastos y un 10 % a otros cultivos (Robledo, 2003).

## **c) Principales fuentes de ingreso**

En la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, el 70 % de la población percibe ingresos de hasta Q1,000.00 mensuales, mientras que el 30 % restante cuenta con ingresos superiores. De este, el 12.3 % cuenta con un ingreso adicional de remesas de familiares en el extranjero, variando la mayoría entre 20 y 200 dólares estadounidenses mensuales (Escalante, 2011).

## **d) Tenencia de la tierra**

Las áreas cercanas al embalse de la hidroeléctrica del río Los Esclavos, cuenta con una población de pequeños y medianos agricultores dueños de pequeñas fincas (Robledo, 2003). No se cuenta con información de este parámetro para el resto de la cuenca.

## e) Vivienda

En lo que respecta a la categoría de vivienda dentro de la cuenca del río Los Esclavos, no se cuenta con información generada a nivel de cuenca hidrográfica. Sin embargo, se cuenta con la información generada por departamento, tomando así los más representativos por su territorio dentro de la cuenca: Santa Rosa, con un 79.59 % del territorio de la cuenca, y Jutiapa con un 10.64 %.

Con relación al hacinamiento, un 59.69 % de las viviendas cuentan con más de tres personas por cuarto de la vivienda (Tabla 22). A su vez, cuenta con un 58 % en total de viviendas construidas con material adecuado, y un 72 % de estas con un abastecimiento de agua adecuado. Por otro lado, se cuenta también con un servicio sanitario del 74.75 %.

Tabla 22.

*Características de las viviendas dentro del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca*

Característica	Departamento		Promedio
	Santa Rosa	Jutiapa	
Con hacinamiento	59.80 %	59.40 %	59.60 %
Sin hacinamiento	40.20 %	40.60 %	40.40 %
Con material adecuado	56.00 %	60.00 %	58.00 %
Con material inadecuado	44.00 %	40.00 %	42.00 %
Abastecimiento de agua adecuado	68.70 %	75.30 %	72.00 %
Abastecimiento de agua inadecuado	31.30 %	24.70 %	28.00 %
Servicio sanitario adecuado	84.00 %	65.50 %	74.75 %
Servicio sanitario inadecuado	16.00 %	34.50 %	25.25 %

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2014)

## f) Uso del agua

En la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, que cuenta con una población urbana de 59,363 habitantes y una población rural de 73,646 habitantes, cuenta con un consumo doméstico total de 6,259,094 m<sup>3</sup>/año (Tabla 23). La agricultura en general consume

solamente 2,508,385 m<sup>3</sup>/año, la mayor parte del consumo ocurre dentro de las comunidades que se encuentran dentro de la parte alta (Escalante, 2011).

Tabla 23.

*Consumo de agua por tipo de uso dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Tipo de uso</b>	<b>Consumo anual (m<sup>3</sup>)</b>
Doméstico	6,259,094
Agroindustrial	1,204,705
Agrícola	1,303,680
<b>Total</b>	<b>8,767,479</b>

Fuente: Escalante (2011)

### g) Infraestructura vial y transporte

De acuerdo con MAGA (2010), la cuenca del río Los Esclavos cuenta con caminos que conectan los distintos puntos dentro de la cuenca, abarcando un total de 963.82 km de longitud (Anexo F). De esto, únicamente el 19.74 % posee algún tipo de pavimento o asfaltado, por lo que 773.54 km de la infraestructura vial no posee pavimentación o son parte de los llamados “caminos de terracería” (Tabla 24).

Tabla 24.

*Infraestructura vial dentro de la cuenca del Río Los Esclavos*

<b>Tipo</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>Porcentaje</b>
Asfaltado	190.28	19.74 %
No asfaltado	334.52	34.71 %
Veredas	439.02	45.55 %
<b>Total</b>	<b>963.82</b>	<b>100.00 %</b>

Fuente: MAGA (2010)

### h) Pobreza

En lo que respecta a la categoría de pobreza, no se cuenta con información generada específicamente para la cuenca del río Los Esclavos. Sin embargo, se cuenta con información de los departamentos más representativos dentro de la cuenca: Santa Rosa y Jutiapa, los cuales ocupan el 90.23 % del territorio de la cuenca.

Para el año 2014, el 58.5 % de la población de la cuenca del río Los Esclavos se encontraba en pobreza (Tabla 25), por lo que tenía un consumo menor a Q10,218.00 al año. De esta, el 18.55 % de la población se encuentra en pobreza extrema, lo que significa que tenían un consumo menor a Q5,750.00 al año (INE, 2015).

Tabla 25.

*Porcentaje de pobreza y pobreza extrema dentro de la cuenca del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca*

Característica	Departamento		Promedio
	Santa Rosa	Jutiapa	
No pobreza	45.70 %	37.30 %	41.50 %
Pobreza	41.40 %	38.50 %	39.95 %
Pobreza extrema	12.90 %	24.20 %	18.55 %

Fuente: INE (2015)

### 6.3.2 Institucional

#### a) Servicios institucionales

La mayor parte de los servicios institucionales están concentrados en la cabecera municipal de Santa Rosa, Cuilapa, aunque también son abundantes en los municipios de San José Pinula y Fraijanes. Se cuenta con diversos centros educativos, bomberos, supermercados, bancos, panaderías, tiendas, restaurantes, pequeños hoteles, entre otros (MAGA, 2010).

#### b) Organización local

Dentro de la cuenca del río Los Esclavos, existe el establecimiento de Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), cooperativas y comités de microcuencas. Estos manejan viveros comunales y municipales para reforestación de la cuenca, así como capacitaciones constantes a líderes comunitarios (MAGA, s.f.).

### c) Gobernabilidad y marco legal

Como parte de la coordinación interinstitucional, y un inicio para la creación de una estructura de gobernabilidad, se cuenta con una mesa técnica dentro de la cuenca del río Los Esclavos para su preservación. Los miembros de esta mesa técnica se detallan a continuación (Tabla 26).

Tabla 26.  
*Miembros de la mesa técnica de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Sector público</b>	<b>Sector privado</b>
Gobernación Departamental de Santa Rosa	Ingenio Santa Ana
Municipalidad de Chiquimulilla	Ingenio Madre Tierra
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	Ingenio Magdalena
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
Instituto Nacional de Bosques	
Coordinadora Nacional para Reducción de Desastres	
Doce comunidades de Chiquimulilla	

Fuente: Díaz (2017)

Por otro lado, el municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, posee un Plan de Desarrollo Municipal (PDM) que está siendo ejecutado desde 2011. Este cuenta con una descripción detallada de las dimensiones: social, ambiental, económica y político-institucional. A su vez, en este se mencionan propuestas de planificación municipal para ser realizadas entre enero de 2011 y diciembre de 2025 (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Nueva Santa Rosa; Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia; Dirección de Planificación Territorial, 2010).

#### d) Actores clave de la cuenca

Dentro de los actores clave de la cuenca del río Los Esclavos, se tienen tanto a los integrantes de la mesa técnica del apartado anterior, como otras instituciones que cuentan con presencia dentro de la cuenca. En la Tabla 27 se detallan los actores y a qué sector pertenecen.

Tabla 27.  
*Actores clave dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Sector</b>	<b>Actores</b>
Público	Gobernación Departamental de Santa Rosa
	Municipalidad de Chiquimulilla
	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
	Instituto Nacional de Bosques
	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
	Coordinadora Nacional para Reducción de Desastres
	Ministerio de Educación
Privado	Ministerio de Economía
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
	Instituto de Investigación sobre Cambio Climático
	Ingenio Santa Ana
	Ingenio Madre Tierra
Sociedad civil	Ingenio Magdalena
	Asociación Nacional del Café
	Comunidades
ONGs y Asociaciones	Consejos Comunitarios de Desarrollo
	Cooperativas
	Asociación de Médicos Sin Fronteras
	Asociación Campesina Nueva Esperanza (ASOCAMP)
	Asociación de Vecinos de El Cerinal (AVENCER)
	Asociación de Desarrollo Integral de Productores del Astillero Taxisco “El Amanecer”
Fundación Génesis Empresarial	
Organización no Lucrativa de Campesinos sin tierra de El Cerinal (OCASTAC)	

Fuente: Díaz (2016), MAGA (2010), Peñate (2011)

### **e) Institucionalidad pública**

Se cuenta con una pequeña cantidad de instituciones públicas dentro de la cuenca, entre las que las más relevantes serían: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (a través de un único hospital), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Policía Nacional Civil, tres estaciones de Bomberos, Consejo Nacional de Área Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), entre otros (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Santa Rosa; Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia; & Dirección de Planificación Territorial, 2011).

### **f) Seguridad social**

En lo que respecta a la seguridad social, el ente encargado de proporcionarla es el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). Si bien, este cuenta con presencia en la cabecera del departamento de Santa Rosa (Cuilapa), no posee información estadística exacta con relación a la cantidad de afiliados que se encuentran en cada municipio del país (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social - IGSS, 2017).

## **6.3.3 Social**

### **a) Población**

De acuerdo con MAGA (2010), la cuenca del río Los Esclavos cuenta con un total de 1,034 centros poblados, de los cuales solamente la categoría ciudad sobrepasa los 2,000 habitantes, considerándose centro poblado urbano (mapa en Anexo F). Estos se encuentran distribuidos principalmente en el departamento de Santa Rosa, con 857 en total; seguido por el departamento de Guatemala, con 94 centros poblados; Jutiapa, con 60; y, Jalapa, con 23 (Tabla 28).

Tabla 28.  
*Distribución de centros poblados dentro de la cuenca del río Los Esclavos, por departamento*

Departamento	Categoría	Total	
		Categoría	Departamento
Guatemala	Aldea	2	94
	Caserío	6	
	Colonia	5	
	Finca	58	
	Granja	9	
	Hacienda	12	
	Labor	2	
Jalapa	Aldea	4	23
	Caserío	8	
	Finca	7	
	Hacienda	3	
	Paraje	1	
Jutiapa	Aldea	13	60
	Caserío	25	
	Finca	18	
	Hacienda	2	
	Paraje	1	
	Pueblo	1	
Santa Rosa	Aldea	88	857
	Caserío	239	
	Colonia	1	
	Finca	478	
	Granja	2	
	Hacienda	5	
	Labor	1	
	Ciudad	1	
	Paraje	30	
	Parcelamiento	3	
	Pueblo	7	
	Ranchería	2	
<b>Total</b>			<b>1034</b>

Fuente: MAGA (2010)

Por otro lado, en lo que respecta a la población dentro de la cuenca, se tiene un total de 181,549 habitantes (Tabla 29), a los que solamente un 1.8 % de la población pertenece

a alguna etnia indígena, mientras que un 98.2 % de los habitantes pertenece a población no indígena (MAGA, 2010).

Tabla 29.  
*Distribución de la población por género dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Departamento</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
Guatemala	3,839	3,898	7,737
Jalapa	2,342	2,514	4,856
Jutiapa	7,497	7,713	15,210
Santa Rosa	76,330	77,416	153,746
<b>Total</b>	<b>90,008</b>	<b>91,541</b>	<b>181,549</b>

Fuente: MAGA (2010)

## **b) Emigración e inmigración**

Dentro de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, se cuenta con inmigración temporal por parte de agricultores del altiplano occidental del país y del municipio de Jalapa, quienes brindan mano de obra durante los cuidados culturales y cosecha de las plantaciones de café dentro de la cuenca (Escalante, 2011).

## **c) Educación**

De acuerdo con MAGA (2010), la cuenca del río Los Esclavos cuenta, para el año 2002, con un total de 550 escuelas dentro de su territorio (mapa en Anexo F). De estas, 131 cuentan con educación a nivel preprimario, siendo solamente 1 de estas con educación bilingüe; 404 cuentan con nivel primario; 9 con ciclo básico; y solamente 6 con educación a nivel de diversificado.

Al comparar la cantidad de centros educativos dentro de la cuenca con el número de personas que posee cada nivel de escolaridad (Tabla 30), se observa que, al igual que en el número de escuelas, más del 50 % de la población cuenta con una educación a nivel primario. Por otro lado, cabe destacar que un 34.71 % de la población no posee

nivel alguno de escolaridad, mientras que solamente un 0.49 % de los habitantes poseen educación a nivel superior o diversificada.

Tabla 30.  
*Escolaridad de la población por departamento dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Departamento</b>	<b>Ninguna</b>	<b>Preprimaria</b>	<b>Primaria</b>	<b>Secundaria</b>	<b>Superior</b>
Guatemala	2397	77	4529	639	114
Jalapa	1670	12	1900	61	4
Jutiapa	4829	108	6260	505	13
Santa Rosa	40897	1715	69140	7997	569
<b>Total</b>	<b>49793</b>	<b>1912</b>	<b>81829</b>	<b>9202</b>	<b>700</b>

Fuente: MAGA (2010)

Por otro lado, en lo que respecta al analfabetismo, el 65.25 % de la población cuenta con alfabetización, mientras que el 34.75 % de los habitantes carece de esta (Figura 10). Se observa una relación entre el porcentaje de la población que no cuenta con ningún nivel de escolaridad con el que no cuenta con alfabetismo.

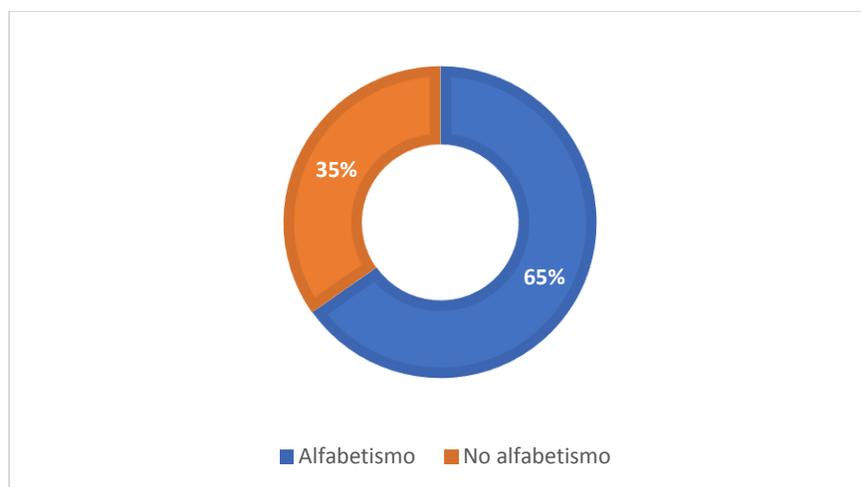


Figura 10.  
*Alfabetismo dentro de la cuenca del río Los Esclavos (MAGA, 2010)*

#### d) Salud

Acorde con la cartografía de MAGA (2010), la cuenca cuenta en total con 101 centros asistenciales (Tabla 31), siendo en su mayoría puestos de salud distribuidos dentro de su territorio. Se observa que solamente se cuenta con tres estaciones de bomberos y un hospital, estando estos concentrados en la parte media de la cuenca, en los alrededores del municipio de Cuilapa, Santa Rosa (mapa en Anexo F). Por lo que, la mayor parte del territorio no cuenta con centros asistenciales aptos para atender emergencias de fuerza mayor dentro.

Tabla 31.  
*Centros asistenciales dentro de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Centro asistencial</b>	<b>Cantidad</b>
Bomberos	3
Centro de convergencia	26
Centro de salud	12
Dirección de área de salud	1
Hospital	1
Municipalidad	12
Puesto de salud	46
<b>Total</b>	<b>101</b>

Fuente: MAGA (2010)

#### e) Acceso al agua

La parte alta de la cuenca del río Los Esclavos cuenta con una oferta total de 394,295,040 m<sup>3</sup>/año, la cual puede ser utilizada para abastecer tanto a las viviendas como a los usos productivos de agricultura y a la agroindustria, realizando un tratamiento previo al consumo. En época seca existen comunidades que no cuentan con acceso al agua debido a la escasez de bosques cercanos a los nacedores, y debido a la fisiografía de la cuenca no se cuenta con una distribución adecuada del recurso hídrico (Escalante, 2011).

## h) Seguridad alimentaria

En cuanto a la situación de seguridad alimentaria dentro de la cuenca del río Los Esclavos, no se cuenta con información específica para el nivel de cuenca hidrográfica. Sin embargo, se ha generado información para los departamentos más representativos en cuanto a territorio dentro de la cuenca: Santa Rosa y Jutiapa.

De acuerdo con INE (2014), solamente el 17.05 % de la población se encuentra en el nivel “seguro” de seguridad alimentaria, por lo que el 82.95 % de esta cuenta con alguna deficiencia en su alimentación (Tabla 32). En cuanto a la población que presenta una inseguridad leve (27.90 %), en ella existe incertidumbre y preocupación por los suministros de alimentos, en los cuales la calidad de la dieta se ha visto afectada por ajustes en el presupuesto familiar.

El 30.65 % de la población de la cuenca que se encuentra en el nivel “inseguro moderado” se ve afectada, no solo en la calidad de los alimentos, sino en la cantidad a la que se tiene acceso. En el nivel “inseguro severo” (24.35 %), los individuos pasan hasta un día sin comer, experimentando hambre (INE, 2014).

Tabla 32.

*Porcentaje de seguridad alimentaria dentro de la cuenca del río Los Esclavos, acorde con el promedio de los dos departamentos con mayor territorio dentro de la cuenca*

Nivel de seguridad alimentaria	Departamento		Promedio
	Santa Rosa	Jutiapa	
Seguro	16.10 %	18.00 %	17.05 %
Inseguro leve	25.20 %	30.60 %	27.90 %
Inseguro moderado	28.80 %	32.50 %	30.65 %
Inseguro severo	29.90 %	18.80 %	24.35 %

Fuente: INE (2014)

## **6.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, HIDROLÓGICAS, BIOFÍSICAS, SOCIALES, ECONÓMICAS E INSTITUCIONALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA**

### **6.4.1 Análisis e interpretación de las características morfométricas e hidrológicas**

La cuenca del río Los Esclavos cuenta con una extensión total de 2,319.91 km<sup>2</sup>. Presenta un coeficiente de forma de 0.13, un coeficiente de gravelius de 2.02, un coeficiente de masividad de 0.36 m/km<sup>2</sup> y un coeficiente orográfico de 297.61. Cuenta con una variación altitudinal entre 0 y 2704 msnm, por lo que el 50 % de la cuenca se encuentra a menos de 826.70 msnm. Presenta 194 afluentes distribuidos en seis cuencas, con cinco órdenes de corrientes.

En los registros de caudal para la parte media del río Los Esclavos se cuenta con una variación entre 0.83 m<sup>3</sup>/s y 10.4 m<sup>3</sup>/s para la época seca; y para la época lluviosa entre 2.71 m<sup>3</sup>/s y 116 m<sup>3</sup>/s. Relacionando esto con el ámbito biofísico, la cuenca cuenta con altas pendientes en las partes alta y media de la cuenca, y con la presencia de suelos que cuentan con déficit de humedad al mantenerse secos la mayor parte del año, lo que causa un aumento en la escorrentía hacia el caudal principal de la cuenca durante la época lluviosa (Juncosa, 2013).

A su vez, la baja densidad de corrientes (2.5 km de corriente/km<sup>2</sup>) se debe a las altas pendientes que se registran en las partes alta y media de la cuenca, además de los tipos de suelos con déficit de humedad que se encuentran en la mayor parte de la cuenca. El coeficiente de masividad de la cuenca también se ve reflejado en la pendiente y en la curva hipsométrica, donde se evidencia que la parte baja de la cuenca corresponde a una menor pendiente que las partes media y alta; mientras que el coeficiente orográfico se ve reflejado principalmente por encima de los 1,000 msnm en la curva hipsométrica, donde las pendientes denotan un territorio bastante accidentado.

#### **6.4.2 Análisis e interpretación de las características biofísicas**

La cuenca cuenta con una variación de precipitación anual promedio entre 1,000 y 3,000 mm anuales, y de temperatura promedio anual entre 14 y 26 °C. La pendiente dentro de la mayor parte de la cuenca es menor a 15 %, con zonas más escarpadas en la parte alta de la cuenca. Los suelos son en su mayoría secos y con origen en el período cuaternario. La pendiente y los subórdenes de suelos secos se relacionan directamente con la capacidad de uso de la tierra, las cuales coinciden en su distribución en la parte media y baja de la cuenca, donde esta varía principalmente en capacidades de uso de la tierra desde agroforestería con cultivos anuales (Aa) hasta tierras forestales de protección (Fp).

Entre las principales amenazas naturales dentro de la cuenca se tienen los deslizamientos (29.91 %) en las partes media y alta donde se cuenca con una mayor pendiente; y las inundaciones (15.19 %) en la parte baja, donde existe una mayor densidad de corrientes. Cuenta con siete zonas de vida, en su mayoría subtropicales; y seis áreas protegidas entre las que se encuentran cuatro volcanes.

La cobertura actual de la cuenca es mayormente producción agrícola (69.61 %), mientras que la capacidad de uso de la tierra es principalmente de vocación agroforestal y de sistemas silvopastoriles (46.47 %), donde la mayor parte de los suelos pertenece al suborden Orthents, el cual no es apropiado para la producción agrícola al encontrarse en zonas de alta pendiente. El 38.41 % del territorio de la cuenca se encuentra sobreutilizado, concentrándose la mayor parte de este en la parte media. Este fenómeno se aborda más detalladamente a continuación.

Para el análisis de la situación actual de la cuenca del río Los Esclavos, se tomaron en cuenta indicadores descritos en la presente caracterización y lo observado en la visita de campo (Anexo L), priorizando así una problemática de la que se analizaron sus causas y efecto; y contemplando las posibles soluciones en la sección 6.5.

El 38.41 % del territorio de la cuenca del río Los Esclavos cuenta con sobreuso debido a que poco más del 26 % de esta cuenta con cultivos anuales en zonas donde la capacidad de uso es de menor intensidad a este uso tales como: sistemas silvopastoriles (8.41 %), agroforestería con cultivos anuales (6.66 %), agroforestería con cultivos permanentes (4.03 %), y tierras forestales de producción (7.68 %).

De acuerdo con IARNA (2009), el 62 % del territorio nacional que se encontraba sobreutilizado para el año 2003, se debía a cultivos anuales en suelos que contaban con una capacidad de uso menos intensiva, y un 31 % de este se debía a cultivos perennes. Debido a esto, es probable que gran parte de las zonas de cultivo hayan sido producto de reforestaciones o cambio de uso de la tierra para actividades agrícolas, entre los cuales destacan los cultivos de maíz, café y azúcar, donde solamente el café suele presentar algún tipo de prácticas de conservación (sistemas agroforestales o terrazas).

Por otro lado, en lo que respecta a sus consecuencias, el sobreuso de la tierra conlleva a un deterioro del suelo y, por lo tanto, a un aumento en la erosión potencial del suelo, el cual se considera un inicio de distintas complicaciones ambientales, tales como: empobrecimiento de la tierra, la contaminación de fuentes de agua con sólidos, entre otros (IARNA, 2009).

En ese sentido, el deterioro de tierras disminuye la fertilidad y los niveles productivos en el sector agrícola afectando a aproximadamente el 67 % de la población que se dedica a la agricultura (IARNA, 2009).

La contaminación del agua superficial es alta desde la parte alta de la cuenca, como se evidencia en la sección 6.2.9, cuenta con valores altos de conductividad, sólidos sedimentables, sólidos totales, DQO y nitrógeno total; por lo que el agua no es apta para consumo humano. Durante la época de lluvia se cuenta con acceso a agua para toda la población, en época seca algunos poblados se quedan sin agua. Esto hace necesario un tratamiento del agua superficial previo al consumo, y el uso de agua subterránea durante la época seca en los poblados que no poseen acceso al agua.

### **6.4.3 Análisis e interpretación de las características sociales, económicas e institucionales**

La información socioeconómica relacionada a empleo, actividades económicas, principales fuentes de ingreso, tenencia de la tierra, vivienda, uso del agua, servicios institucionales, organización local, institucionalidad pública, seguridad social, emigración, inmigración, educación, salud, contaminación del agua y acceso al agua no se encuentra disponible ni actualizada para toda la cuenca.

En la cuenca existe una población aproximada de 181,549 habitantes, distribuidos en 25 municipios, 4 departamentos y 2 regiones. De esta, un 65 % de la población es alfabeta y la otra posee analfabetismo. Las actividades económicas predominantes son: ganadería, agricultura e industria, representando un ingreso menor a Q1,000.00 mensuales para el 70 % de la población en la parte alta. Cuenta con un único casco urbano (Cuilapa) donde se cuenta con una gran variedad de servicios, tanto del sector público y privado. Posee solamente un hospital público, 3 estaciones de bomberos y 12 centros de salud (Escalante, 2011; MAGA, 2010; Vela, 2008).

La organización local se refleja en los COCODES, cooperativas y comités de microcuenca. Se cuenta con una mesa técnica conformada por diversos actores tales como: ICC, MARN, MAGA, CONRED, INAB, Gobernación de Santa Rosa, comunidades, Ingenios Santa Ana, Madre Tierra y Magdalena. A su vez, dentro de la cuenca se cuenta con presencia de Anacafé, MSPAS, cooperativas y ONGs, las cuales deben formar parte activa de la coordinación para el manejo de la cuenca del río Los Esclavos. El Consejo Nacional de Áreas Protegidas no cuenta con una oficina regional dentro de la cuenca, siendo de gran importancia para el tema de la conservación dentro de la cuenca del río Los Esclavos, por lo que es necesario que forma parte de estas entidades de manejo de cuenca hidrográfica.

Estos actores, deben también, de reforzar su presencia dentro de la cuenca del río Los Esclavos para brindar mayor asistencia técnica a los productores. En ello, se hace

especial énfasis en Anacafé y INAB, ya que son quienes actualmente brindan este tipo de asistencia en cuanto a producciones agroforestales de café y de incentivos forestales, respectivamente.

Como problemática principal para el ámbito socioeconómico se definió la asistencia de salud insuficiente dentro de la cuenca del río los Esclavos, especialmente en lo relacionado a la falta de infraestructura.

Tomando en cuenta que únicamente se tiene un hospital y tres cuerpos de bomberos dentro de la cuenca del río Los Esclavos, se reconoce como prioridad el aumentar el acceso de la población a asistencia de calidad, puesto que estos solamente se encuentran en la parte media y alta de la cuenca.

En cuanto a las consecuencias, una de las principales es el tiempo de traslado a la que se enfrenta la población al necesitar de asistencia médica en el único hospital. De acuerdo con Vergara, Malagón, Cordero & Buforn (s.f.), para los pacientes o enfermos que necesitan un transporte de emergencia, un tiempo excesivo de transporte puede ser la diferencia entre la vida y la muerte. En la sección 6.5.8 se proponen soluciones para esta problemática.

## **6.5 LINEAMIENTOS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LOS ESCLAVOS**

Con el fin de plantear lineamientos concretos para la elaboración de un plan de manejo de la cuenca del río los Esclavos, a través del ordenamiento territorial de esta, se generó un mapa de zonificación territorial con base al uso actual (GIMBUT, 2014), la capacidad de uso (MAGA, 2010), la intensidad y el acceso<sup>2</sup> con base a la metodología propuesta por CATIE (2008), la cual se detalla en el Anexo K. Se definieron 4 categorías principales y 11 subcategorías, las cuales se detallan en la Tabla 33.

---

<sup>2</sup> La metodología utilizada para determinar el acceso se encuentra en el Anexo J, y el Mapa de acceso a la cuenca del río Los Esclavos se encuentra en el Anexo F.

Tabla 33.

*Categorías y subcategorías de zonificación territorial propuestas para la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca</b>
Zonas de desarrollo potencial agrícola, ganadero y urbano (A)	A/1	399.39	17.22%
	A/2	277.95	11.98%
	A/3	136.83	5.90%
Zonas de desarrollo agrícola y ganadero (B)	B/4	45.71	1.97%
	B/5	336.49	14.50%
Zonas de desarrollo forestal, agroforestal y cultivos permanentes (C)	C/6	84.72	3.65%
	C/7	3.84	0.17%
	C/9	96.31	4.15%
	C/10	24.15	1.04%
Zonas de restauración ecológica (D)	D/11	885.95	38.19%
Zonas de desarrollo urbano (E)	E/12	6.70	0.29%
Agua		21.87	0.94%
<b>Total</b>		<b>2319.91</b>	<b>100.00%</b>

Se evidencia que la categoría con mayor extensión dentro del territorio de la cuenca es la de zonas de restauración ecológica (D) con un 38.19 %, en las cuales se deben promover técnicas de restauración y conservación debido a que son zonas donde la tierra se encuentra degradada y/o en estado de sobreuso, encontrándose estas principalmente en las partes media y alta de la cuenca (mapa en Anexo F).

La siguiente categoría en cuanto a extensión es la de zonas de desarrollo potencial agrícola, ganadero y urbano (A) con un 35.09 % del territorio, donde se debe impulsar el uso de la agricultura tecnificada, agricultura con mejoras, sistemas agroforestales o sistemas silvopastoriles, de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra. Estas medidas se detallan en los lineamientos que se presentan a continuación.

En cuanto al ámbito socioeconómico, se proponen solamente directrices generales basadas en los datos de la caracterización, puesto que la mayor parte de la información que se presenta en estos sectores tiene más de 8 años de antigüedad.

### 6.5.1 Zonas de desarrollo potencial agrícola, ganadero y urbano (A)

Son zonas donde se podrían realizar actividades de agricultura tecnificada, crecimiento urbano, agricultura con mejoras, agroforestería o sistemas silvopastoriles, que actualmente se encuentran subutilizadas. Representa el 35.09 % del territorio de la cuenca, ubicándose principalmente en las partes media y baja de la cuenca (Figura 11). Este se divide en tres subcategorías, las cuales se presentan a continuación.

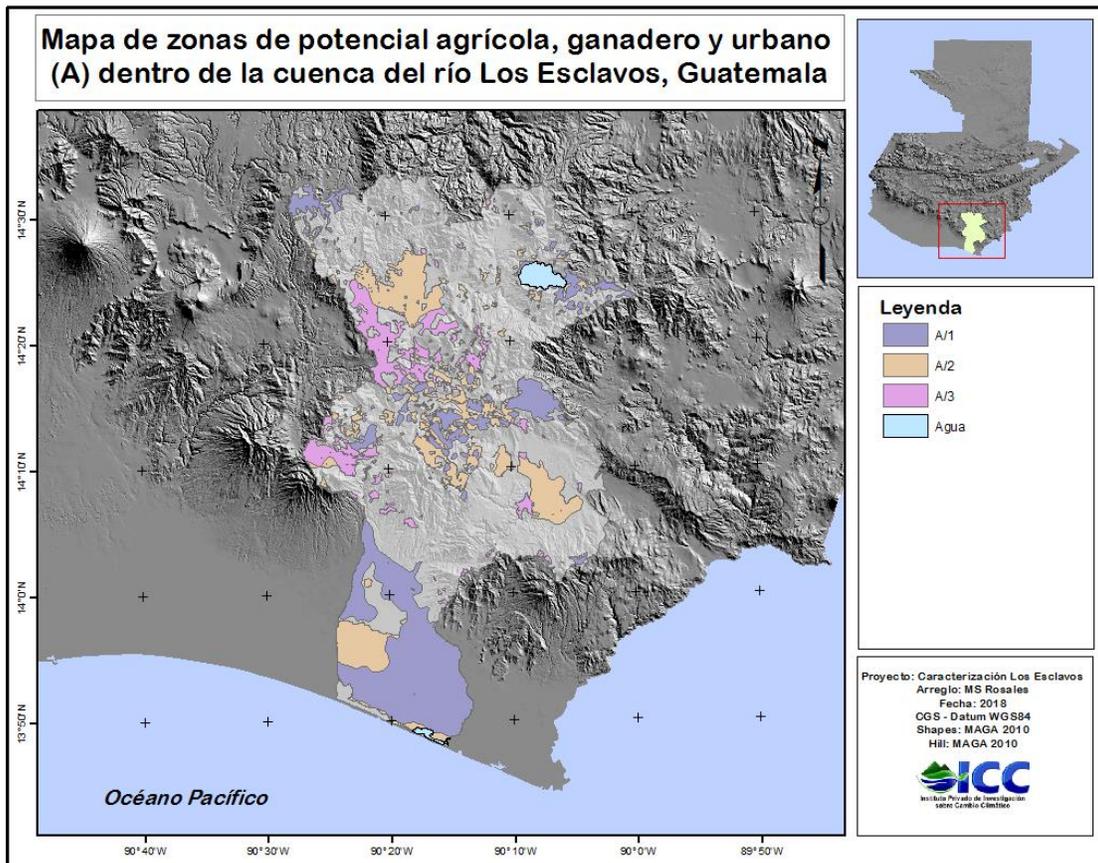


Figura 11.  
*Mapa de zonas de potencial agrícola, ganadero y urbano (A) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>3</sup>*

<sup>3</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

### **a) Desarrollo potencial para la agroindustria y/o expansión urbana (A/1)**

Este lineamiento es aplicable a las zonas que podrían utilizarse para realizar actividades agrícolas tecnificadas y/o de desarrollo urbano, y que actualmente están ocupadas por otros usos (subuso). Corresponden al 17.22 % del territorio, concentrándose principalmente en la parte baja de la cuenca. En estas, se debe promover la implementación de agricultura tecnificada intensiva a través de parcelas demostrativas, o bien, la expansión de los núcleos urbanos cercanos.

### **b) Desarrollo potencial para la agricultura con técnicas de conservación de suelos y sistemas agroforestales (A/2)**

Este lineamiento se debe aplicar a las zonas que podrían utilizarse para realizar actividades agrícolas con medidas de conservación del suelo y agroforestería con cultivos anuales, y que actualmente están ocupadas por otros usos (subuso). Representan el 11.98 % del territorio de la cuenca, centrándose en las partes media y baja de la cuenca. En estas, se debe promover la producción agrícola con medidas de conservación tales como terrazas o barreras vivas; así también sistemas agroforestales con cultivos anuales.

### **c) Desarrollo potencial para ganadería y sistemas pastoriles (A/3)**

Este lineamiento se debe implementar en las zonas que podrían utilizarse para sistemas silvopastoriles, y que actualmente están ocupadas por otros usos (subuso). Responden al 5.90 % de la superficie de la cuenca, encontrándose principalmente en la parte media de la cuenca. En estas, se debe de promover la ganadería dentro de las zonas boscosas que conforman la categoría; así como la capacitación de la población acerca de los beneficios de este sistema.

### 6.5.2 Zonas de desarrollo agrícola y ganadero (B)

Son áreas donde se realizan actividades de agricultura tecnificada, crecimiento urbano, agricultura con mejoras, agroforestería de cultivos anuales o sistemas silvopastoriles, contando con un uso adecuado acorde con su capacidad de uso. Representa el 16.47 % del territorio de la cuenca, encontrándose en todo el territorio de la cuenca de manera dispersa (Figura 12). Este se divide en dos subcategorías que se detallan a continuación.

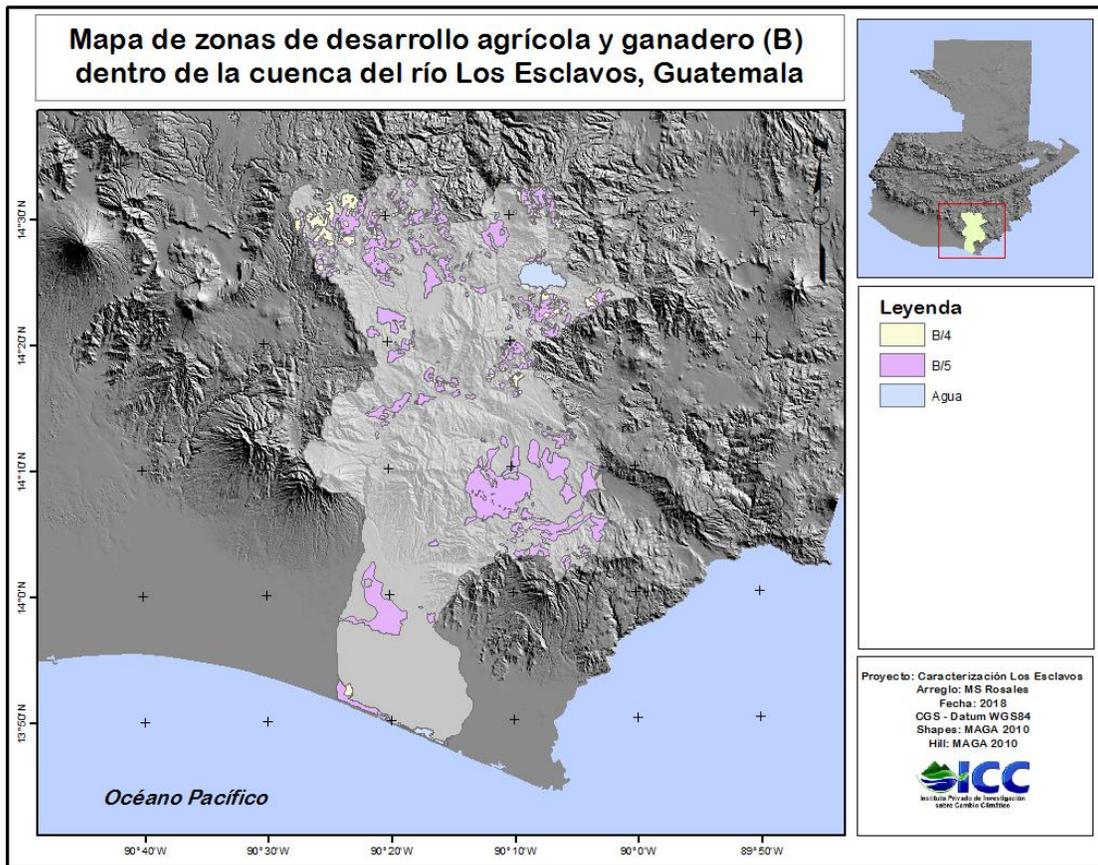


Figura 12.

*Mapa de zonas de desarrollo agrícola y ganadero (B) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>4</sup>*

<sup>4</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

#### **a) Desarrollo de agricultura tecnificada (B/4)**

Se propone este lineamiento para las zonas en las que se realizan actividades de agricultura tecnificada sin causar conflictos en el uso de la tierra (adecuado). Corresponde al 1.97 % del territorio de la cuenca, encontrándose presente principalmente en la parte alta de la cuenca. Se debe impulsar que continúe la agricultura tecnificada en la zona.

#### **b) Desarrollo de agropecuarias (B/5)**

Este lineamiento se contempla para las zonas en las que se realizan actividades de agropecuarias sin causar conflictos en el uso de la tierra (adecuado). Representan el 14.50 % de la cuenca, distribuyéndose dentro de todo el territorio de esta. Se debe impulsar que continúen los usos de agricultura con mejoras, agroforestería con cultivos anuales y sistemas silvopastoriles a través de incentivos tales como PINPEP y Probosque.

### **6.5.3 Zonas de desarrollo forestal, agroforestal y cultivos permanentes (C)**

Son zonas donde se cuenta con cobertura de bosques naturales, bosques naturales intervenidos y plantaciones forestales y poseen un uso adecuado o subutilizado de acuerdo con su capacidad de uso. Representa el 9.01 % del territorio de la cuenca, concentrándose en las partes media y alta de la cuenca (Figura 13). Este se divide en cuatro subcategorías que se detallan a continuación.

#### **a) Desarrollo de la producción forestal (C/6)**

Este lineamiento es aplicable en las zonas en las que se realizan actividades de producción forestal sin causar conflictos en el uso de la tierra (adecuado). Corresponden al 3.65 % del territorio de la cuenca, encontrándose tanto en la parte media como alta de esta. Se debe fomentar que se continúen utilizando para la producción forestal, a partir

de incentivos forestales (PINPEP y Probosque). Además, se debe promover asistencia técnica por parte de las instituciones públicas y privadas, así como de la cooperación internacional, para la implementación de incentivos forestales, licencias forestales, entre otros; que permitan un manejo forestal sostenible.

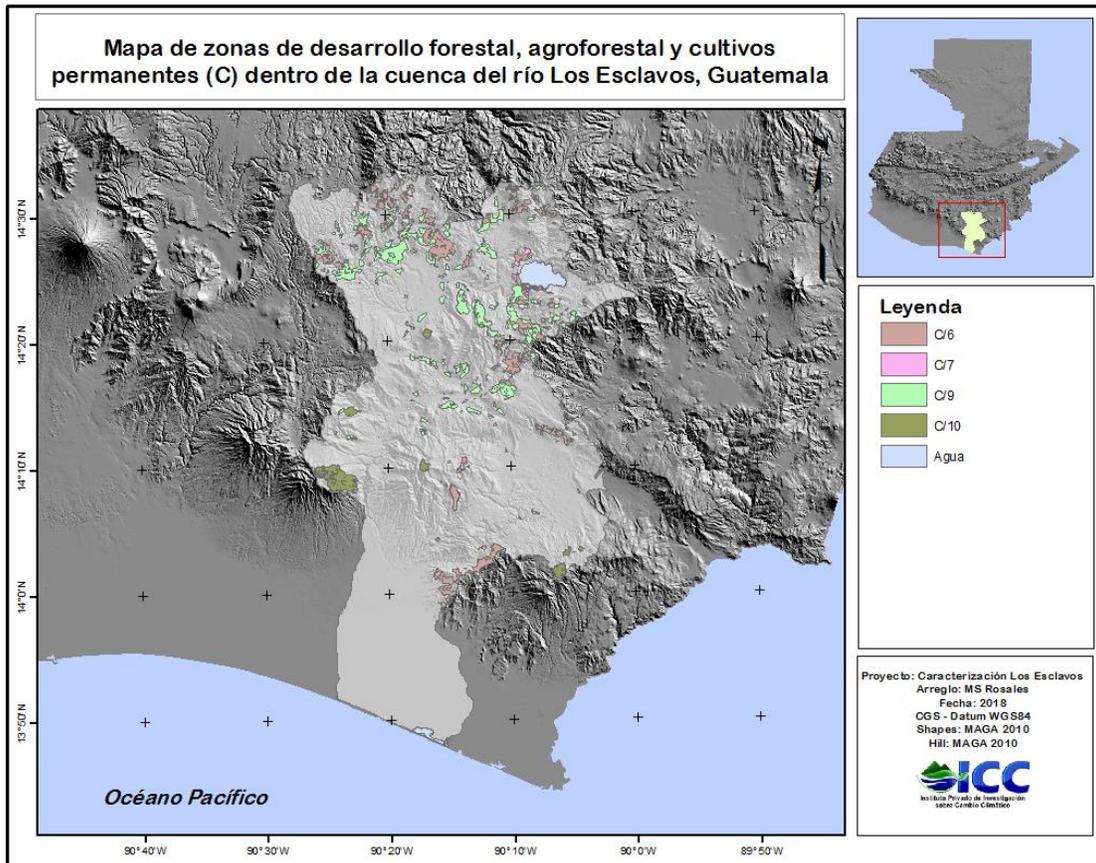


Figura 13.  
 Mapa de zonas de desarrollo forestal, agroforestal y cultivos permanentes (C) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>5</sup>

**b) Desarrollo potencial para la producción agroforestal con cultivos permanentes (C/7)**

Este lineamiento se debe implementar en las zonas que podrían utilizarse para sistemas agroforestales con cultivos permanentes, y que actualmente están ocupadas por otros

<sup>5</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

usos (subuso). Responden al 0.17 % del territorio de la cuenca, contando con presencia en la parte alta de esta. Se debe promover la producción de cultivos permanentes dentro de las zonas boscosas con las que cuenta, además de la implementación de incentivos para sistemas agroforestales (PINPEP y Probosque).

#### **c) Desarrollo de la producción agroforestal y/o cultivos permanentes (C/9)**

Este lineamiento es aplicable en las zonas en las que se realizan actividades de agroforestería con cultivos permanentes o cultivos permanentes con métodos de conservación sin causar conflictos en el uso de la tierra (adecuado). Corresponden al 4.15 % de la superficie de la cuenca, contando con presencia en las partes media y alta de la cuenca del río Los Esclavos. Se debe fomentar que se continúen utilizando para esta actividad productiva a través de la implementación de incentivos forestales a plantaciones agroforestales (PINPEP y Probosque).

#### **d) Conservación del bosque con fines de belleza escénica, recreación y/o para la investigación económica (C/10)**

Se propone este lineamiento para las zonas en las que se conserva la cobertura forestal primaria sin causar conflictos en el uso de la tierra (subuso o adecuado). Responden al 1.04 % del territorio de la cuenca, con presencia en la parte baja de la misma. Se debe fomentar la protección a través de la declaración de áreas protegidas, la implementación de incentivos forestales para bosques de protección (PINPEP o Probosque), y la valoración de los servicios ambientales de estos.

### **6.5.4 Zonas de restauración ecológica (D)**

Este lineamiento es aplicable en las zonas que han sido sobreexplotadas y necesitan pasar por un proceso de restauración para poder implementarse actividades productivas, las cuales se muestran en la Figura 14. Ocupan el 38.19 % del territorio de la cuenca, centrándose en las parte media y alta de la misma. Es necesario, que previo a aplicar

estas medidas, se socialice el tema con los propietarios de los terrenos que se encuentran en esta categoría para definir las medidas que serían adecuadas para cada lugar.

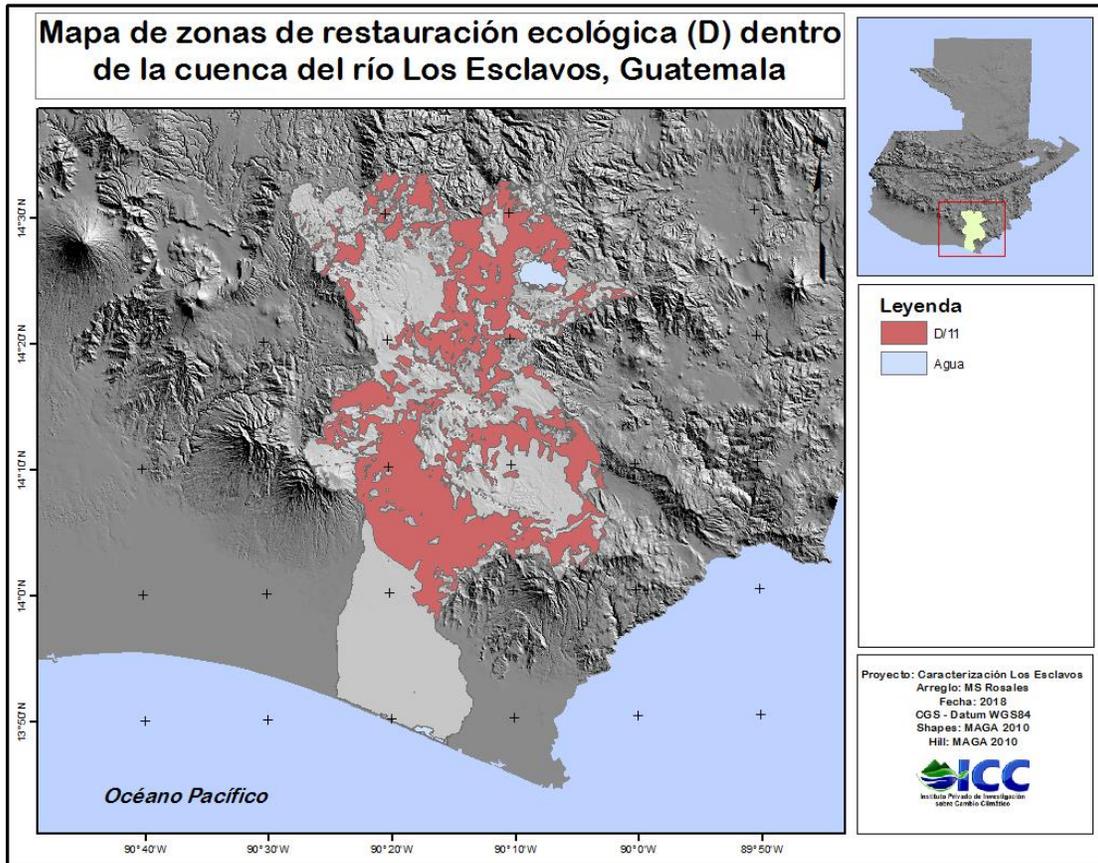


Figura 14.  
*Mapa de zonas de restauración ecológica (D) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>6</sup>*

En las áreas que necesitan de restauración en bosques de protección, restauración en bosques de producción o restauración en áreas protegidas (mapa en Anexo F), se deben fomentar los incentivos forestales del INAB (PINPEP, PINFOR y Probosque) como una alternativa a la actividad agrícola y ganadera que actualmente ocupa este territorio.

<sup>6</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

Por otro lado, en las zonas que cuentan con vocación agroforestal (restauración en agroforestería anual o restauración en agroforestería permanente), lo ideal es que se encuentren con sistemas agroforestales anuales (Aa) o sistemas agroforestales permanentes (Ap) acorde a la capacidad de uso del suelo. De no poderse transformar el uso de la tierra a sistemas agroforestales, se deben implementar medidas de conservación del suelo tales como: terrazas, barreras vivas, control de cárcavas, entre otros.

En lo que respecta a las zonas de recuperación en sistemas silvopastoriles, son áreas que actualmente están ocupadas por cultivos o agroforestería con cultivos anuales. Por ello, idealmente, se deben instalar sistemas silvopastoriles, y de no ser posible, aplicar técnicas de conservación del suelo para disminuir la erosión ocasionada por el uso incorrecto de la tierra.

Por último, las áreas de restauración en agricultura con mejoras son aquellas que actualmente están ocupadas por agroindustria o agricultura tecnificada, pero que idealmente deberían estar contemplando alguna medida de conservación de uso del suelo. Entre las medidas ideales para ello está llevar a cabo una agricultura limpia (es decir, sin uso de pesticidas o fertilizantes), terrazas y/o barreras vivas.

#### **6.5.5 Zonas de desarrollo urbano (E)**

Este lineamiento se propone para las zonas con un uso intensivo a causa de estructuras construidas por el ser humano, incluye poblados, aldeas y fajas a lo largo de carreteras y rutas de transporte (Figura 15). Esta responde a la categoría de Desarrollo urbano (E/12) en la propuesta de zonificación territorial. Se debe mejorar el estado actual de la infraestructura, así como también habilitar el acceso a agua de toda la población, implementar sistemas de saneamiento en todas las poblaciones, entre otros.

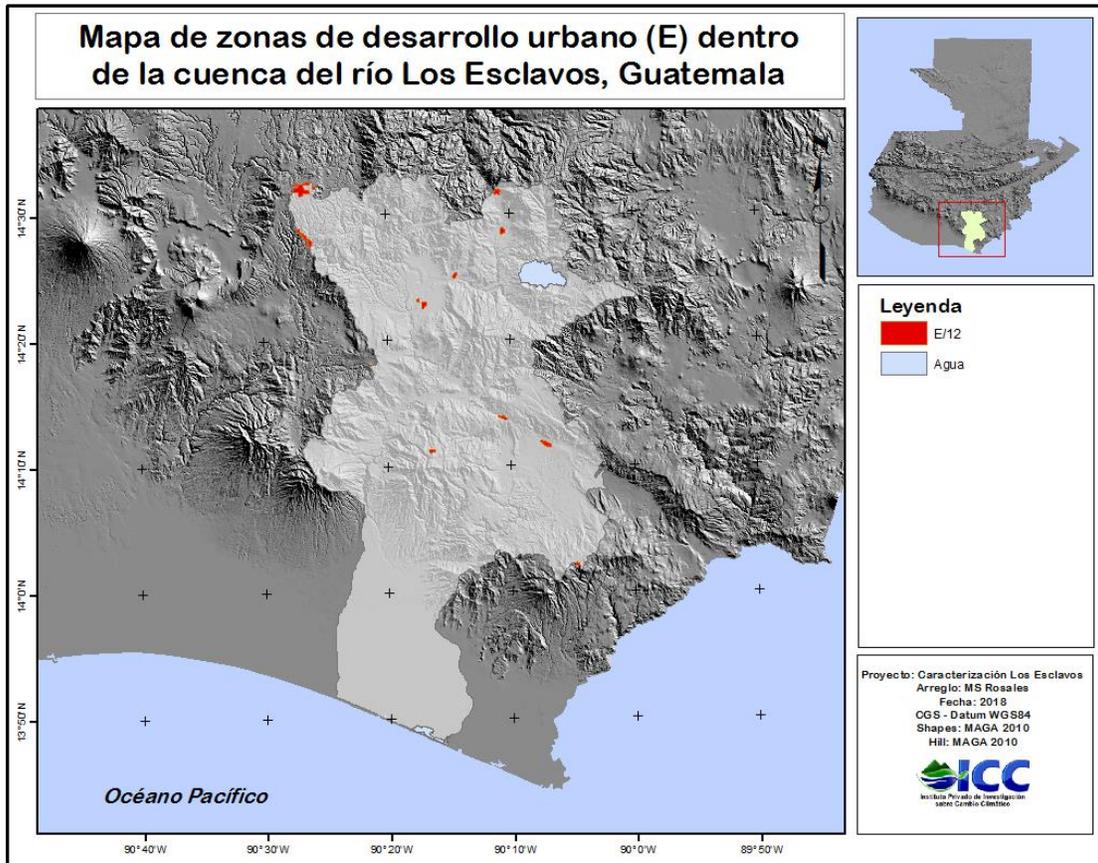


Figura 15.  
 Mapa de zonas de desarrollo urbano (E) dentro de la cuenca del río Los Esclavos, Guatemala<sup>7</sup>

### 6.5.6 Directrices generales para el ámbito socioeconómico

#### a) Coordinación dentro de la cuenca

Se deben crear entidades para el manejo de microcuenca para las partes alta, media y baja de la cuenca. De acuerdo con lo antes expuesto, en la parte baja se debe consolidar la coordinación interinstitucional con la que se cuenta a través de la mesa técnica. A su vez, estas entidades deben trabajar conjuntamente para lograr objetivos comunes a nivel de cuenca.

<sup>7</sup> Mapa con fines ilustrativos, por lo que no cuenta con escala.

Para la creación de estas entidades o comités de manejo de cuenca, se deben identificar y priorizar los actores que cuentan con mayor impacto dentro del territorio, así como a las poblaciones que se encuentran en la misma, entre los cuales se debe tomar en cuenta instituciones académicas, centros de investigación, sector público y sector privado. Estos deben coordinar acciones estratégicas para la restauración y manejo correcto de la parte de la cuenca a la que pertenecen, así como coordinar actividades y acciones con los comités de manejo de cuenca de toda la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos, para lograr un manejo integral de la misma.

### **b) Mejoramiento de infraestructura en educación**

Primeramente, se debe generar información reciente sobre la situación del sector educación dentro de la cuenca del río Los Esclavos, puesto que los datos más recientes son del censo poblacional de 2002, representados en el mapa de MAGA (2010).

A partir de estos, se debe determinar el número de escuelas que se deben construir y colocar en funcionamiento actualmente. Si se tomará en cuenta la información con la que se cuenta actualmente, este se fuerza debería de centrarse en centros de educación a nivel de básicos y diversificado, que son los que cuentan con una menor distribución. Esta acción, se debiera llevar a cabo en toda la cuenca a excepción de las comunidades pertenecientes a los municipios que cuentan con escuelas a nivel de diversificado: Cuilapa y San Juan Tecuaco del departamento de Santa Rosa; Mataquescuintla del departamento de Jalapa; y en Moyuta, del departamento de Jutiapa.

A su vez, se propone la restauración y rehabilitación de las escuelas que cuentan con daños a su infraestructura o falta de insumos tales como escritorios, mesas, librerías, pizarrones, marcadores, entre otros.

### **c) Mejoramiento de infraestructura en salud**

Al igual que en el sector de educación, en el tema de la infraestructura en salud se debe generar información sobre el estado actual de este dentro de la cuenca, puesto que los datos más recientes corresponden al censo poblacional de 2002, representados en el mapa de MAGA (2010).

En base a estos, se debe definir el número de hospitales, centros de salud y estaciones de bomberos que se deberían construir dentro de la cuenca. Si se tomaran en cuenta únicamente los datos con los que se cuenta actualmente, se deben construir al menos 2 hospitales dentro de las partes baja y alta de la cuenca del río Los Esclavos, donde no se cuenta con la infraestructura necesaria para las lesiones y enfermedades de fuerza mayor; así como en la parte media, donde solamente se cuenta con un centro asistencial de este nivel, ubicado en Cuilapa, Santa Rosa. A su vez, se tendría que ampliar el número de centros de salud en las partes baja y alta de la cuenca al no contarse con presencia de estos dentro de su territorio.

Por otro lado, se debieran instalar estaciones de bomberos en las partes baja y alta de la cuenca, que no cuentan con el apoyo de este servicio. A su vez, esto se debería implementar también en la parte media de la cuenca en las poblaciones alejadas de Cuilapa, donde se encuentran las únicas tres estaciones de bomberos dentro de la cuenca.

### **d) Seguridad alimentaria**

En el caso de la seguridad alimentaria, se cuenta únicamente con datos a nivel departamental, por lo que se debe levantar información a nivel de cuenca de este. A partir de esto, se deberán generar programas específicos de alimentación que se adapten a cada comunidad. En estos, se debe incluir capacitaciones hacia padres y madres de familia, en las que se les provean los insumos necesarios para mejorar la calidad de su alimentación utilizando los recursos con los que cuentan.

## 7. CONCLUSIONES

La cuenca del río Los Esclavos posee una forma alargada rectangular acorde a su factor de forma y a su coeficiente de gravelius, lo que la hace menos propensa a ser cubierta totalmente por algún fenómeno natural como una tormenta, pero más propensa a sufrir de tormentas intensas simultáneas dentro del territorio de esta. A su vez, esta presenta una variación importante de la pendiente entre la parte media y alta de la cuenca, siendo esta menos notoria entre las partes media y baja de la misma. Esto se ve reflejado tanto en la curva hipsométrica como en el perfil longitudinal del cauce y el mapa de pendientes.

Por otro lado, el cauce del río Los Esclavos presenta una variación notoria del caudal entre la época seca y época lluviosa. Además, presenta valores de contaminación altos en cuanto a conductividad, sólidos sedimentables, sólidos totales, DQO y nitrógeno total; por lo que las fuentes de agua necesitan algún tipo de tratamiento para ser consumida por la población.

En lo que respecta al ámbito biofísico, la cuenca cuenta con una variación de temperatura y precipitación altamente variables a lo largo de la cuenca. Esta temperatura disminuye conforme aumenta la altitud del territorio dentro de la cuenca, mientras que la precipitación es considerablemente mayor en la parte alta de la cuenca que en la parte baja. Estas condiciones son parte importante en cuanto a las zonas de vida presentes dentro de la cuenca, las cuales en su totalidad son tropicales, y casi en su totalidad de piso altitudinal premontano o basal.

La cuenca se encuentra en más de un tercio de su territorio en sobreuso debido principalmente a la actividad agrícola relacionada con cultivos anuales en zonas con una capacidad de uso menos intensiva. En estas se deben tomar acciones para la restauración del suelo acorde con su capacidad de uso del suelo original y la disposición de las poblaciones locales. En cuanto al territorio que se encuentra subutilizado, se deben diseñar estrategias específicas de acción para el fomento de las actividades productivas acordes a la capacidad de uso del suelo.

En el ámbito social, económico e institucional, no se ha generado información específica para la cuenca del río Los Esclavos en cuanto a una buena parte de las características, a lo que también estos datos poseen antigüedad de al menos 8 años. Con esta información, se identificó que la mayor parte de las instituciones de servicios básicos se encuentran exclusivamente en Cuilapa, Santa Rosa.

La ausencia de estas instituciones y servicios se refleja principalmente en el sector de salud y educación; por ejemplo, se cuenta con solamente un hospital para toda la cuenca, y muy pocas instituciones de educación superior. A lo que se propone la construcción y puesta en funcionamiento de hospitales y escuelas dentro del territorio de la cuenca, especialmente en lo que respecta a la parte alta y baja de esta. Para lo cual, es necesario la creación de un comité de manejo de cuenca en el que se coordinen acciones para cubrir las necesidades de todo el territorio.

Para acatar los problemas relacionados a los conflictos de uso de la tierra en la cuenca, se generó una propuesta de zonificación donde existe un total de cinco categorías de manejo desglosadas en 11 subcategorías. Entre ellas, resaltan las categorías de “zonas de restauración ecológica (D)” y “zonas de desarrollo potencial agrícola, ganadero y urbano (A)” como las que abarcan más de un tercio del territorio de la cuenca cada una. Estas responden a los conflictos de uso de la tierra de sobreuso y subuso, respectivamente.

Las zonas de restauración ecológica (D) corresponden a la categoría con mayor presencia dentro de la cuenca. Para definir las acciones estratégicas a tomar en las zonas que responden a este lineamiento, se identificó la capacidad de uso de la tierra para tomar medidas acordes a esto, dando como resultado un total de siete categorías de capacidad de uso. En estas, se plantea la recuperación del suelo degradado a través de la implementación de métodos de conservación y/o el cambio de uso del suelo al uso que presente una intensidad de uso adecuado, con una previa socialización de las acciones planteadas para empoderar a las comunidades y actores para lograr mayor aceptación y realización de estas.

## 8. RECOMENDACIONES

Considerando la información recabada, es necesario realizar un levantamiento exhaustivo de datos de carácter socioeconómico e institucional, puesto que se cuenta con muy pocos indicadores definidos para la cuenca, además de que gran parte de estos tienen una antigüedad de 10 años o más. Se recomienda realizar una investigación detallada en campo para definir: características económicas e institucionales de la cuenca; indicadores de salud, educación y población actuales; tenencia de tierra; calidad, acceso y uso del agua dentro de la cuenca; seguridad alimentaria; emigración e inmigración; y caudales.

Se deben realizar monitoreos continuos de la calidad y cantidad de agua superficial en las partes baja, media y alta de la cuenca. Esto debe realizarse tanto en época seca como en época lluviosa para mantener un control de los impactos que causan las actividades humanas dentro del río Los Esclavos y sus afluentes; así como los impactos que se ocasionan, con acciones en las partes alta y media de la cuenca, en las comunidades y ecosistemas que se encuentran en las partes media y baja de esta.

Se recomienda la instalación de una estación meteorológica en la parte media de la cuenca, y otra cerca de la desembocadura de esta para obtener datos meteorológicos representativos de estas áreas.

Se recomienda realizar un diagnóstico de la cuenca del río Los Esclavos utilizando de base la presente caracterización, el cual debe ser socializado con las comunidades y actores clave que se encuentran dentro del territorio de la cuenca; con el fin de empoderarlos.

A partir del diagnóstico, se debe diseñar un plan de manejo de cuenca hidrográfica, el cual debe ser realizado con el acompañamiento de todos los actores clave, con un enfoque de equidad para garantizar su participación real y concertada. Durante este proceso debe promoverse idealmente la creación de comités de microcuencas con base

a las plataformas de organización existentes en los territorios. Estos comités deberán velar por la implementación y el monitoreo del plan de manejo de la cuenca hidrográfica. En estos, debe tomarse en cuenta a las instituciones de gobierno con presencia en el territorio y otras organizaciones estratégicas que aporten a la implementación de dicho plan.

Como parte del plan de manejo de la cuenca, se recomienda diseñar un plan de ordenamiento territorial integral para garantizar el desarrollo sostenible en el territorio de la cuenca del río Los Esclavos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Gubernativo 759 - 90. (s.f.). Reglamento de Ley de Áreas Protegidas. *Diario de Centro América*. Guatemala, Guatemala: 02 de agosto de 1990.
- Alonso, F. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Anleu, R. (2006). *Inventario de cuencas de Guatemala*. Ciudad de Guatemala: Secretaría Ejecutiva de Cepredenac.
- Brooks, K., Ffolliott, P., & Magner, J. (2013). *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Carrera, J., Gálvez, J., & López, E. (2012). Recursos hídricos: mucha agua, poca gestión. En R. N. Instituto de Agricultura, *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. (págs. 131-146). Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- Castillo, M. (2013). *Determinación de Zonas Susceptibles a Deslizamientos de Tierra, Utilizando la Metodología de Mora y Vharson, en la Cuenca del Río Cambalam, Santa Cruz Barillas, Huehuetenango*. Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Huehuetenango.
- Castro, F. (2006). *Terminal de buses Jutiapa, cabecera departamental*. Tesis de licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. (2008). *Curso Ordenamiento territorial: Ejercicio Ordenamiento Territorial*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. (2011). *Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE.

Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Santa Rosa; Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia; & Dirección de Planificación Territorial. (2011). *Plan de Desarrollo Departamental PDD del departamento de Santa Rosa, Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN.

Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Nueva Santa Rosa; Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia; Dirección de Planificación Territorial. (2010). *Plan de Desarrollo Nueva Santa Rosa, Santa Rosa*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT.

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED. (2013). *Boletín Informativo No. 3356 - DESBORDE DEL RÍO LOS ESCLAVOS AFECTA A 468 PERSONAS*. Guatemala: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED.

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED. (2014). *Boletín Informativo No. 3659 - DESLIZAMIENTO EN SANTA ROSA AFECTÓ A 78 PERSONAS*. Guatemala: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED.

Díaz, L. (2017). Sembrarán 60 mil árboles para la recuperación de áreas deforestadas y la conservación de la cuenca del río Los Esclavos. *Azúcar de Guatemala*. Recuperado el 15 de abril de 2018, de <http://www.azucar.com.gt/2017/11/28/inicia-plan-de-reforestacion-en-chiquimulilla/>

- Escalante, A. L. (2011). *La contaminación del agua en la parte alta del río Los Esclavos*. Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Farfán, F., Urbina, L., Ferreira, S., & Brandan, M. (2010). Caracterización y Red de Drenaje de la Subcuenca del Río Tin-Tin, PN. Los Cardones, Salta. *Ciencia*, 5(16), 7-21.
- Gil, S. (2012). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Los Esclavos*. Guatemala: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC.
- Google Inc. (2016). Google Earth Pro. Recuperado el 30 de agosto de 2017, de <https://www.google.com/earth/>
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra - GIMBUT. (2014). Mapa de Bosques y Uso de la Tierra. República de Guatemala (escala 1:50,000). *Mapa digital*. Guatemala.
- Guerra, M. (2015). *Situación actual y propuesta de áreas de manejo para las zonas de vida de Guatemala*. Tesis de licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala.
- Gutiérrez, J. (2015). Sistemas de Información Geográfica: funcinoalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, 16(1), 41-48.
- Herrera, L. (2005). *Caracterización e investigación geológica de los materiales utilizados en la construcción civil en Guatemala*. Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA. (2009a). Mapa de ecorregiones de Guatemala. *Mapa digital*. Guatemala.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA. (2009b). Mapa de riesgo a eventos inducidos (amenazas) por el cambio climático. *Mapa digital*. Guatemala.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA. (2013). Mapa de ecosistemas de Guatemala (escala 1:250,000). *Mapa digital*. Guatemala.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas - FCAA, Instituto de Incidencia Ambiental - IIA. (2006). *Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala: Documento Técnico del Perfil Ambiental de Guatemala*. Ciudad de Guatemala.

Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad - IARNA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, Gálvez, J., & Andrews, K. (2015). *Perfil del agro y la ruralidad de Guatemala 2014: situación actual y tendencias*. Ciudad de Guatemala: Cara Parens.

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social - IGSS. (2017). *Boletín de afiliación 2016*. Guatemala: Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Instituto Nacional de Bosques - INAB. (s.f.). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala.* Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.

Instituto Nacional de Estadística - INE. (2014). *Caracterización de la República de Guatemala.* Guatemala: Gobierno de Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística - INE. (2015). *República de Guatemala: encuesta nacional de condiciones de vida 2014.* Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC. (2017a). *Contáctenos.* Recuperado el 28 de agosto de 2017, de Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC: <http://icc.org.gt/es/contactenos/>

Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático - ICC. (2017b). *Programas.* Recuperado el 26 de agosto de 2017, de Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (ICC): <http://icc.org.gt/es/programas/>

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC. (2017c). *Informe de labores 2016.* Guatemala: Serviprensa. Recuperado el 02 de octubre de 2017, de <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2017/06/Inter-ICC-Informe-Laboral-2016-BR.pdf>

Jiménez, F. (2007). *Caracterización de cuencas hidrográficas.* Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE.

Juncosa, R. (2013). *Tema: Hidrograma asociado a una precipitación.* Argentina: Red Tecnológica MID.

- Koutsoyiannis, D. (2013). Hydrology and change. *Hydrological Science Journal*, 58(6), 1177-1197.
- Liere, M. (2012). *Estado del arte en información hidrometeorológica de las cuencas Coyolate, Acomé y Achiguate, en la Vertiente del Pacífico, Guatemala, C.A.* Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA. (2000). *Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos de la República de Guatemala a escala 1:250,000 -Memoria Técnica-*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA. (2001). *Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala a escala 1:250,000 -Memoria Técnica-*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA. (2010). Mapas nacionales (escala 1:250,000). *Base de datos de mapas digitales*. Guatemala.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA. (s.f.). *Fichas técnicas de cuencas*. Viceministerio de desarrollo rural, Departamento de cuencas hidrográficas. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA.
- Murillo, J. M. (2009). Turbidez y sólidos en suspensión de las aguas de escorrentía susceptibles de ser utilizadas en la recarga artificial del acuífero granular profundo subyacente a la ciudad de San Luis de Potosí (México). *Boletín Geológico y Minero*, 120(2), 169-184.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2015). *Guatemala*. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de AQUASTAT: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/gtm/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/gtm/indexesp.stm)
- Padilla, E. (2014). *Calidad del agua y zonificación territorial para el uso adecuado de la tierra en las microcuencas influyentes en la Laguna el Hoyo, Aldea Terrones, Monjas, Jalapa*. Tesis de licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Jutiapa.
- Peñate, J. (2011). *Análisis jurídico sobre la legalidad, estructura y funcionalidad de las organizaciones civiles en el municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Pérez, C. (2009). Estructura geológica del valle de la Ciudad de Guatemala interpretada mediante un modelo de cuenca por distensión. *Revista Geológica de América Central*(41), 71-78.
- Pérez, G., Gándara, G., Rosito, J., Maas, R., & Gálvez, J. (2016). Ecosistemas de Guatemala, una aproximación basada en el sistema de clasificación de Holdridge. *Revista Eutopía*(1), 25-68.
- Rico, F., & Rico, H. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y políticas públicas? *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 5(2), 213-231.
- 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*. Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Shuttleworth, J. (2012). *Terrestrial hydrometeorology*. Oxford, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.

Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo - UPGGR. (2009). *Mapa de Cuencas Hidrográficas a Escala 1:50,000, República de Guatemala: Método de Pfafstetter (Primera aproximación)*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - MAGA.

United States Department of Agriculture - USDA. (1961). *Land-capability classification*. Washington, D.C.: Soil conservation service.

Urzua, J. (2008). *Determinación de la capacidad de uso, áreas homogéneas y conflictos de uso de la tierra, para formular una propuesta de lineamientos generales que orienten el manejo de los suelos del municipio de Concepción Las Minas, departamento de Chiquimula*. Tesis de licenciatura, Centro Universitario de Oriente - CUNORI, Chiquimula.

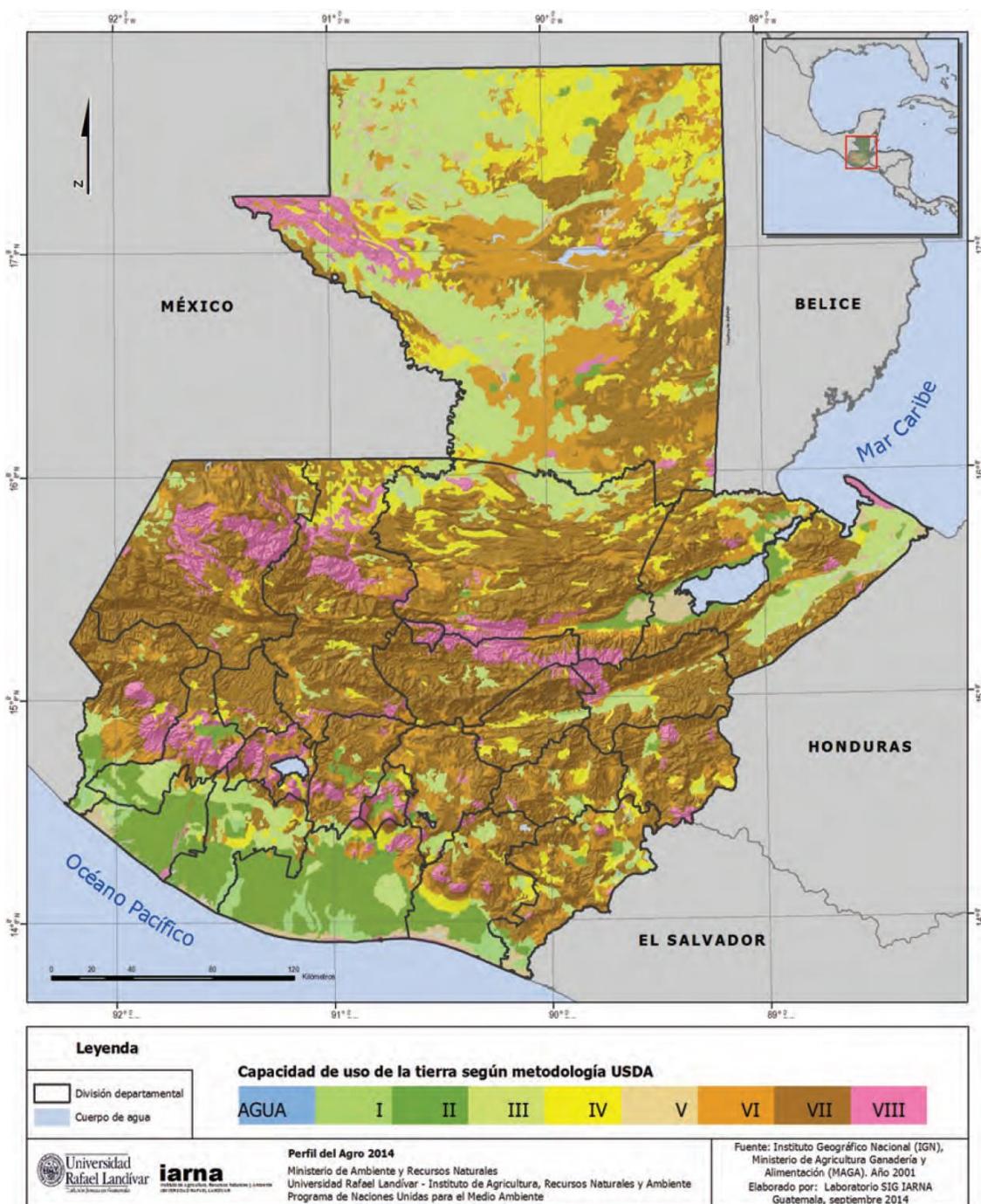
Vela, M. (2008). *Impacto ambiental provocado por la contaminación de los ríos que cruzan el casco urbano de las cuatro cabeceras municipales del departamento de Santa Rosa ubicadas en la región sur del departamento de Santa Rosa*. Guatemala: Dirección General de Investigación - Universidad de San Carlos de Guatemala.

Velásquez, S. (2010). *Zonificación para el ordenamiento territorial de la cuenca del río Turrialba*. Turrialba, Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.

Vergara, J., Malagón, F., Cordero, J., & Buforn, A. (s.f.). *Transporte del paciente crítico*. Málaga, España: Hospital Clínico Universitario de Málaga.

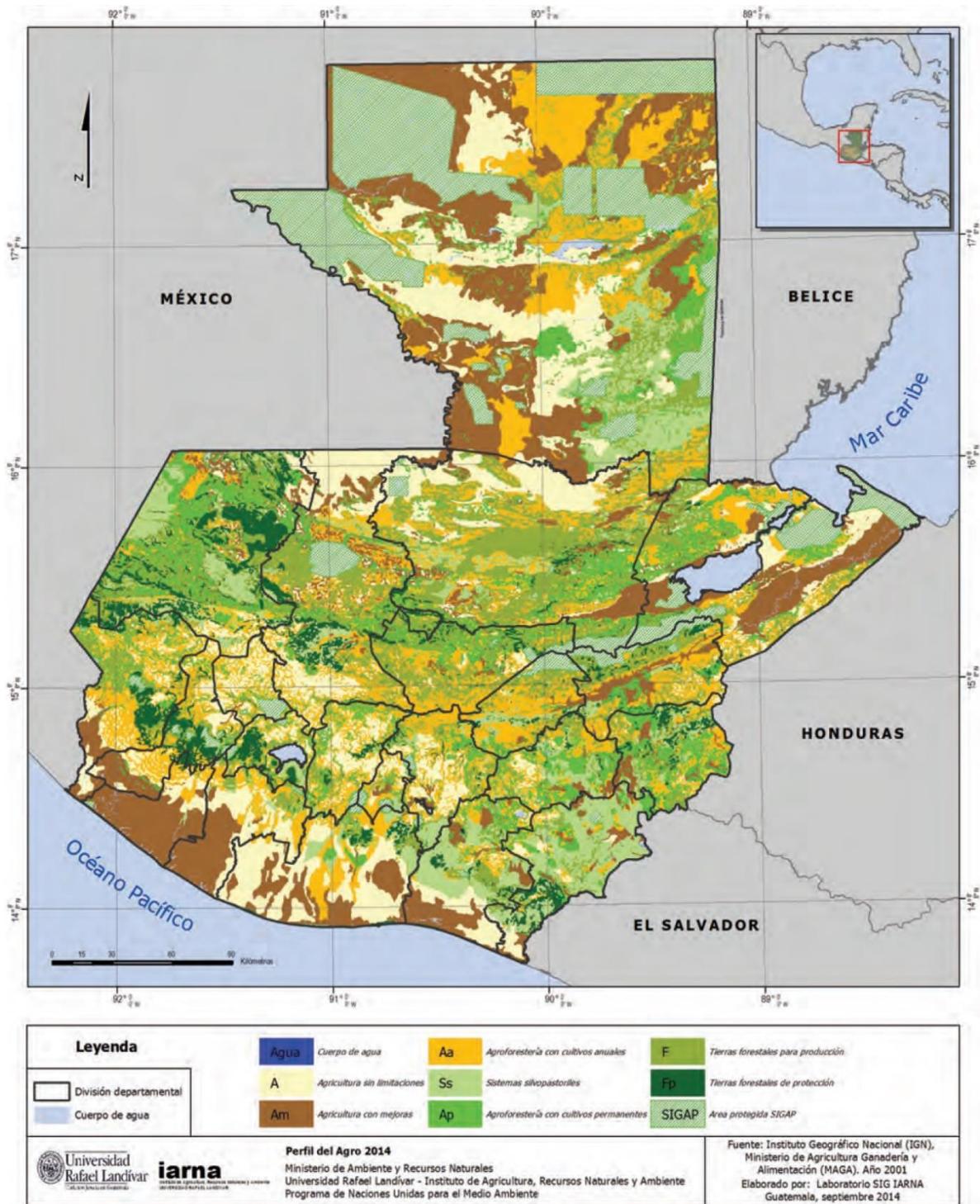
## 10. ANEXOS

Anexo A.  
Mapa de capacidad de uso de la tierra según la metodología USDA



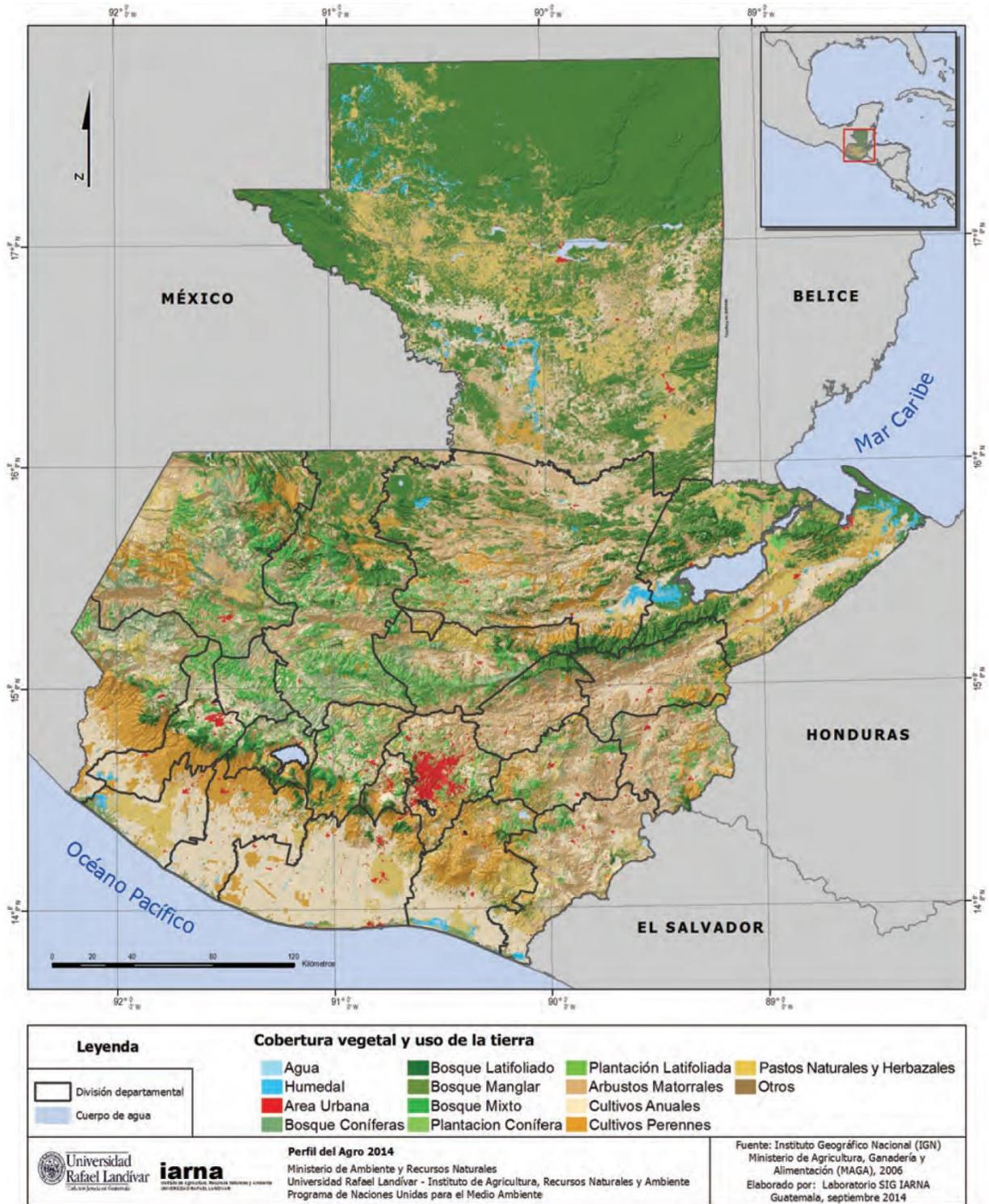
Fuente: (IARNA, et al., 2015).

Anexo B.  
 Mapa de capacidad de uso de la tierra según metodología INAB



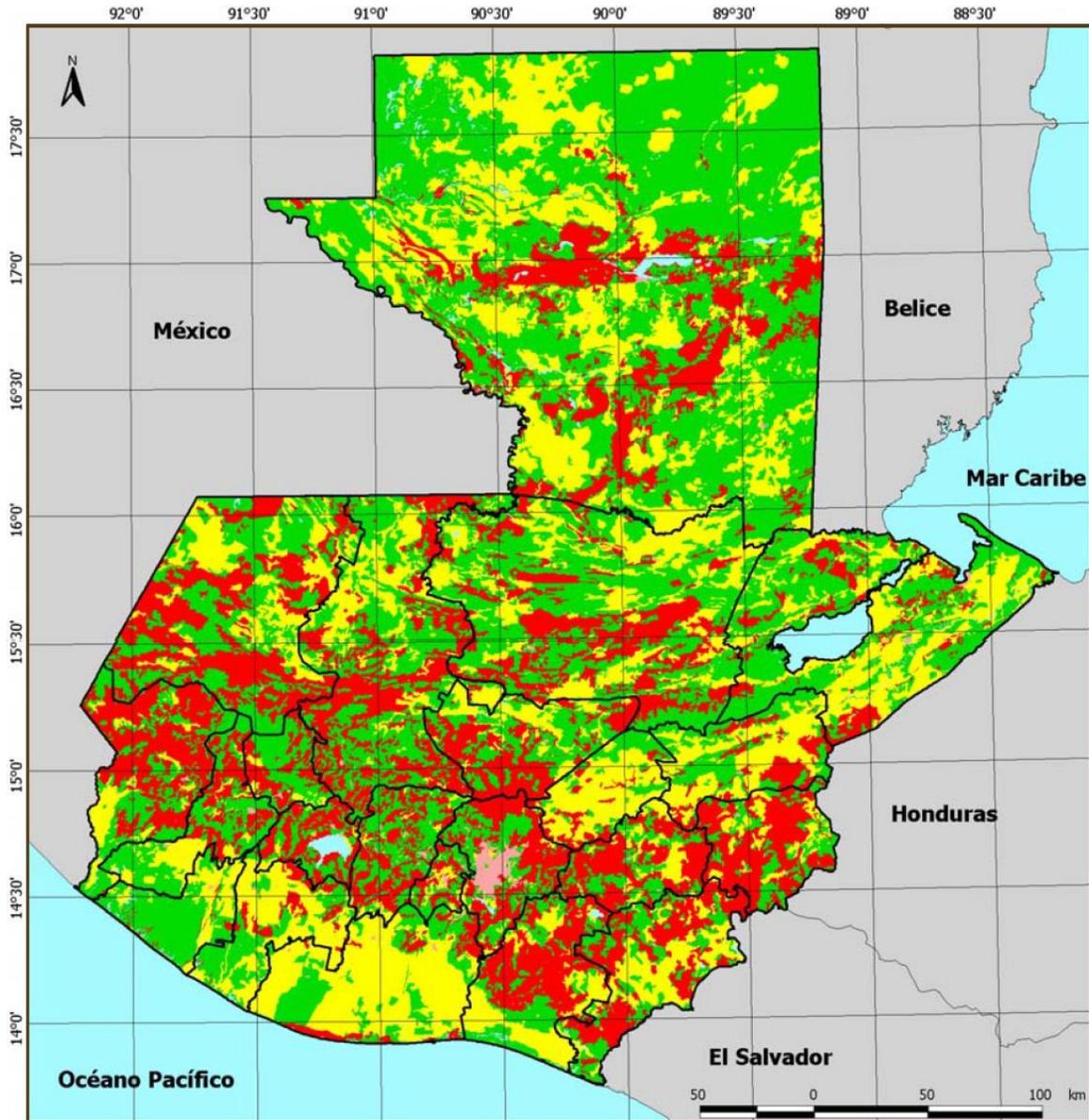
Fuente: (IARNA, et al., 2015).

Anexo C.  
 Mapa de uso de la tierra en Guatemala



Fuente: (IARNA, et al., 2015).

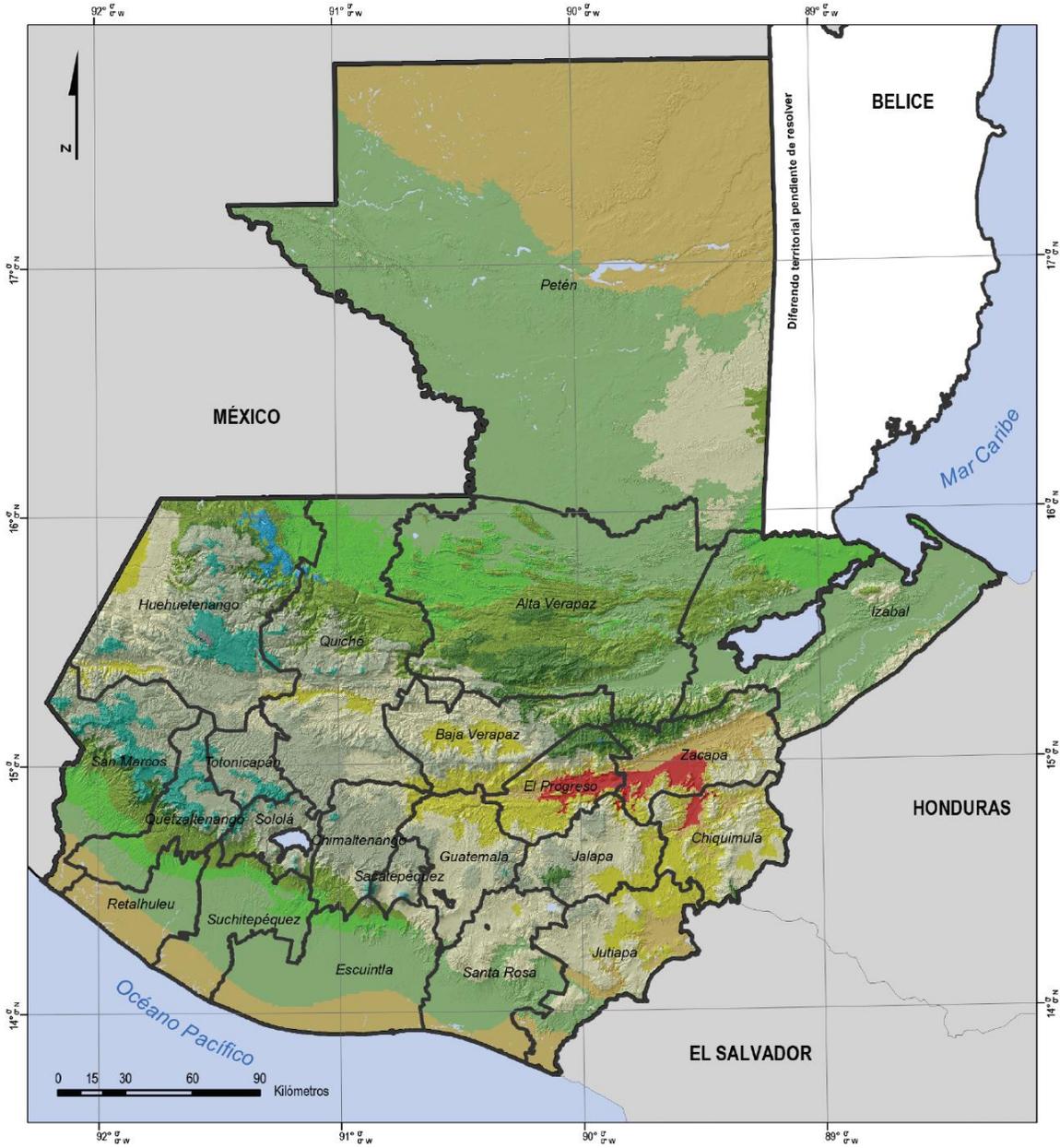
Anexo D.  
 Mapa de intensidad de uso de la tierra en Guatemala



<p><b>Leyenda</b></p> <p><b>Intensidad de uso de la tierra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Sobre utilizado</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Sub utilizado</li> <li><span style="color: green;">■</span> Uso correcto</li> <li><span style="color: pink;">■</span> Zonas pobladas</li> </ul>	<p><b>Signos convencionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Cuerpos de agua</li> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> División departamental</li> </ul> <p>Proyección:                  Coordenadas geográficas Esferoide de Clarke 1866</p> <p>Fuentes:                  Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, MAGA, 2001.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">                   Universidad Rafael Landívar  <small>Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas</small> </div> <div style="text-align: center;">                   FCAA  <small>Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas</small> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">                   Instituto de Incidencia Ambiental  <small>Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, IARNA-UGR</small> </div>
---	--	---

Fuente: (IARNA, FCAA, & IIA, 2006).

Anexo E.  
 Mapa de zonas de vida en Guatemala



<p><b>Universidad Rafael Landívar (URL)</b>                  Vicerrectoría de Investigación y Proyección                  Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad</p>		<p>Mapa de ecosistemas de Guatemala.                  Basado en el sistema de clasificación de Holdridge.</p>																
<p>Proyección del mapa digital: GTM, DATUM WGS 84.                  Proyección del mapa impreso: Coordenadas geográficas, Esferoide de Clarke 1866.</p>		<p><b>Legenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuerpo de agua</li> <li>Límite departamental</li> </ul>	<table border="0"> <tr> <td>■ bh-MBT</td> <td>■ bmh-MBT</td> <td>■ bmh-T</td> <td>■ bp-PMT</td> <td>■ bp-SAT</td> </tr> <tr> <td>■ bh-PMT</td> <td>■ bmh-MT</td> <td>■ bms-T</td> <td>■ bs-PMT</td> <td></td> </tr> <tr> <td>■ bh-T</td> <td>■ bmh-PMT</td> <td>■ bp-MT</td> <td>■ bs-T</td> <td></td> </tr> </table>	■ bh-MBT	■ bmh-MBT	■ bmh-T	■ bp-PMT	■ bp-SAT	■ bh-PMT	■ bmh-MT	■ bms-T	■ bs-PMT		■ bh-T	■ bmh-PMT	■ bp-MT	■ bs-T	
■ bh-MBT	■ bmh-MBT	■ bmh-T	■ bp-PMT	■ bp-SAT														
■ bh-PMT	■ bmh-MT	■ bms-T	■ bs-PMT															
■ bh-T	■ bmh-PMT	■ bp-MT	■ bs-T															
<p>Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad</p>		<p>Fuente: Elaboración propia IGN, 2001. Hijmans et al, 2005, Iarna/URL, 2012.                  Elaborado por: Laboratorio SIG IARNA Guatemala, abril de 2016</p>																

Fuente: (Pérez, et al., 2016).

Anexo F.  
Mapas de la cuenca hidrográfica del río Los Esclavos

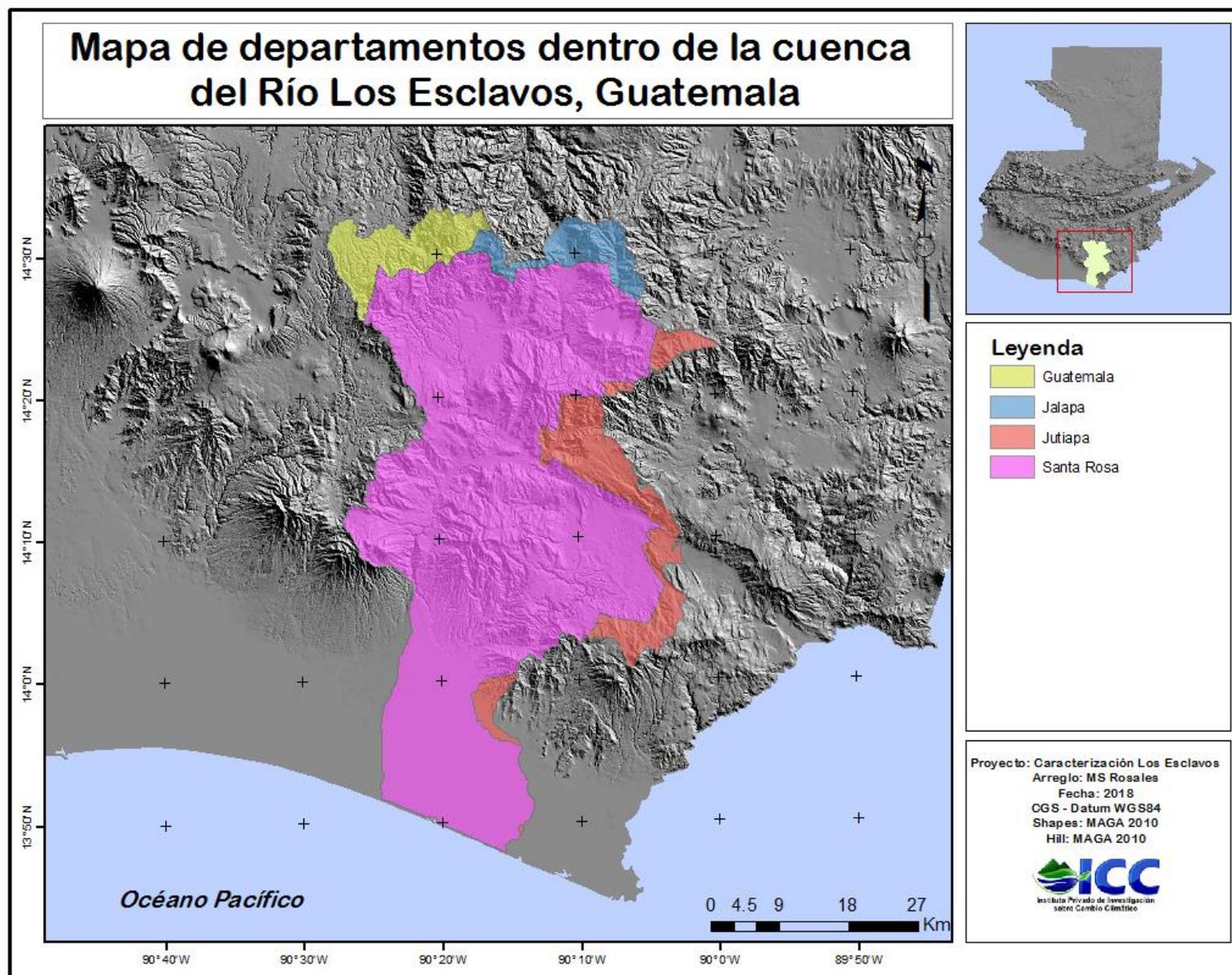


Figura 16.  
Mapa de división político-administrativa a nivel de departamento de la cuenca del río Los Esclavos

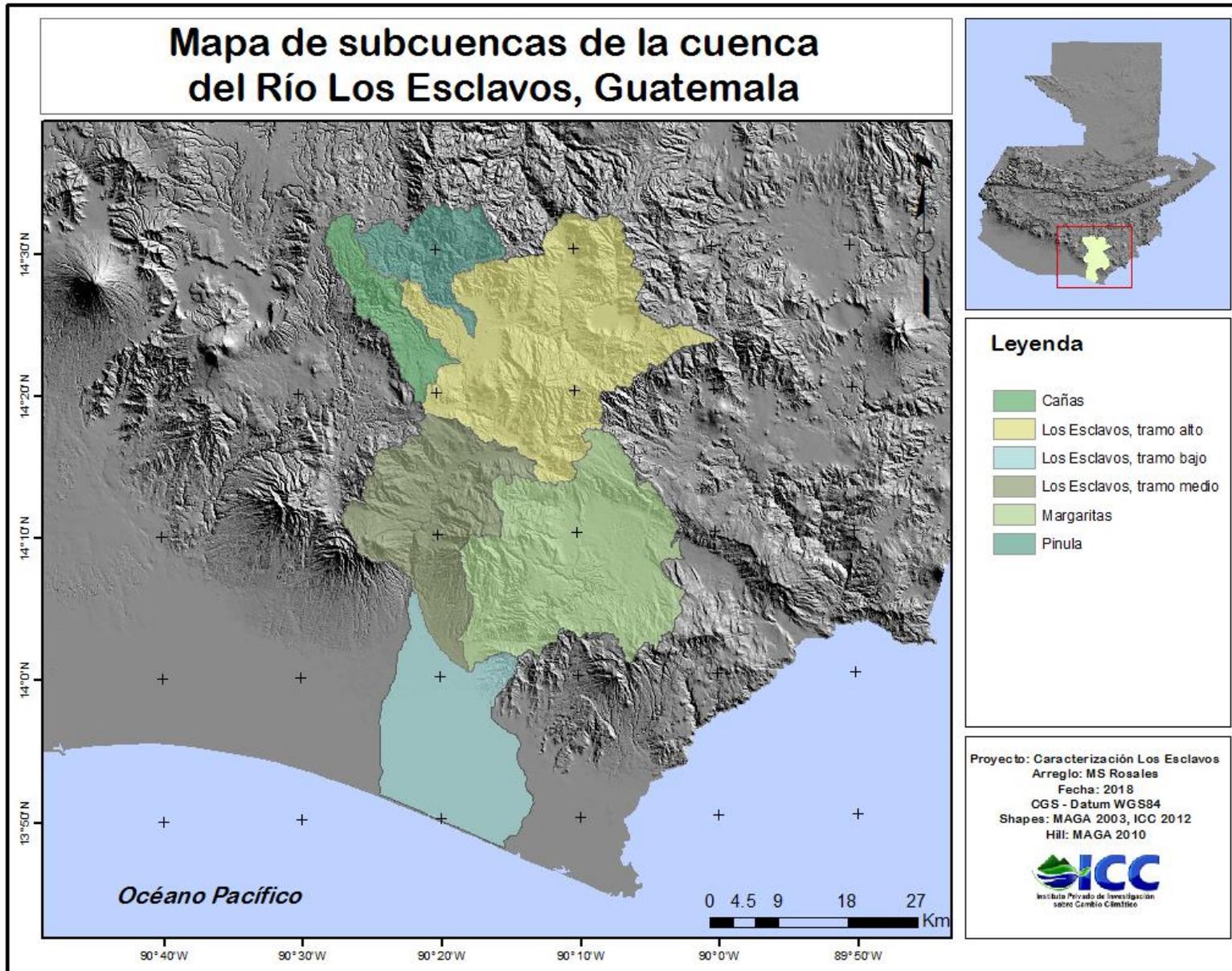


Figura 17.  
 Mapa de subcuencas principales determinadas por ICC de la cuenca del río Los Esclavos

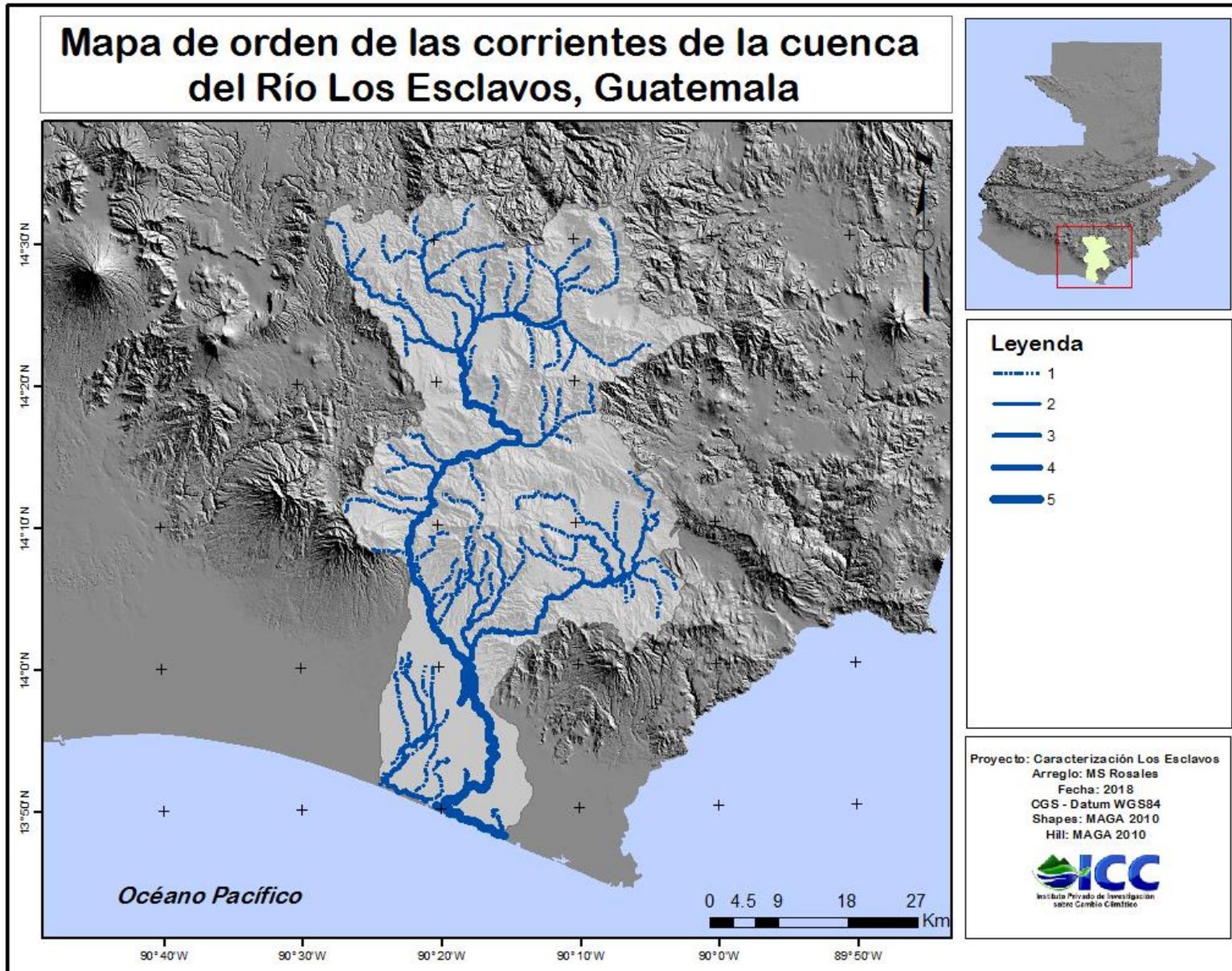


Figura 18.  
 Mapa de orden de corrientes de la cuenca del río Los Esclavos

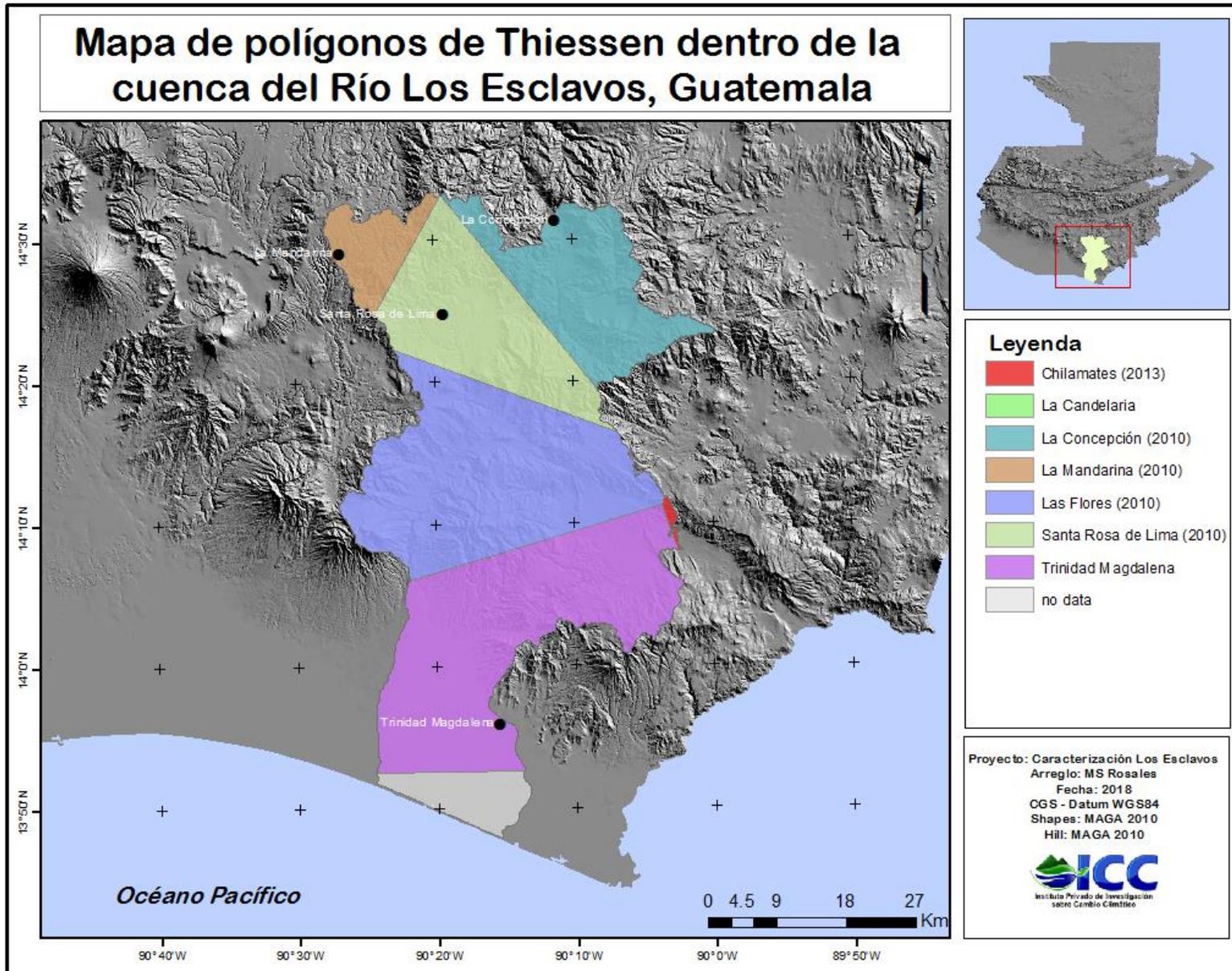


Figura 19.  
 Mapa de polígonos de Thiessen de la cuenca del río Los Esclavos

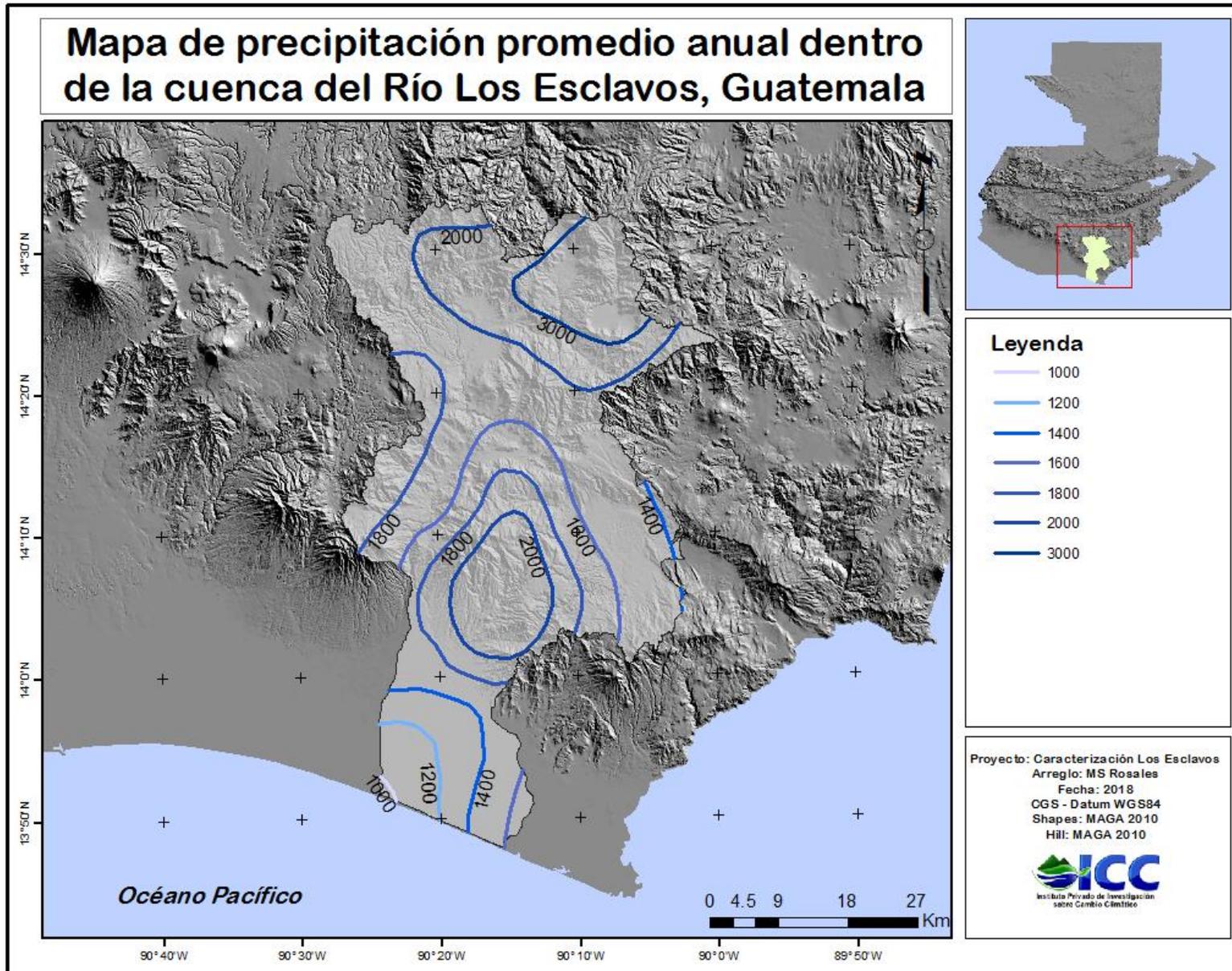


Figura 20.  
 Mapa de precipitación promedio anual dentro de la cuenca del río Los Esclavos

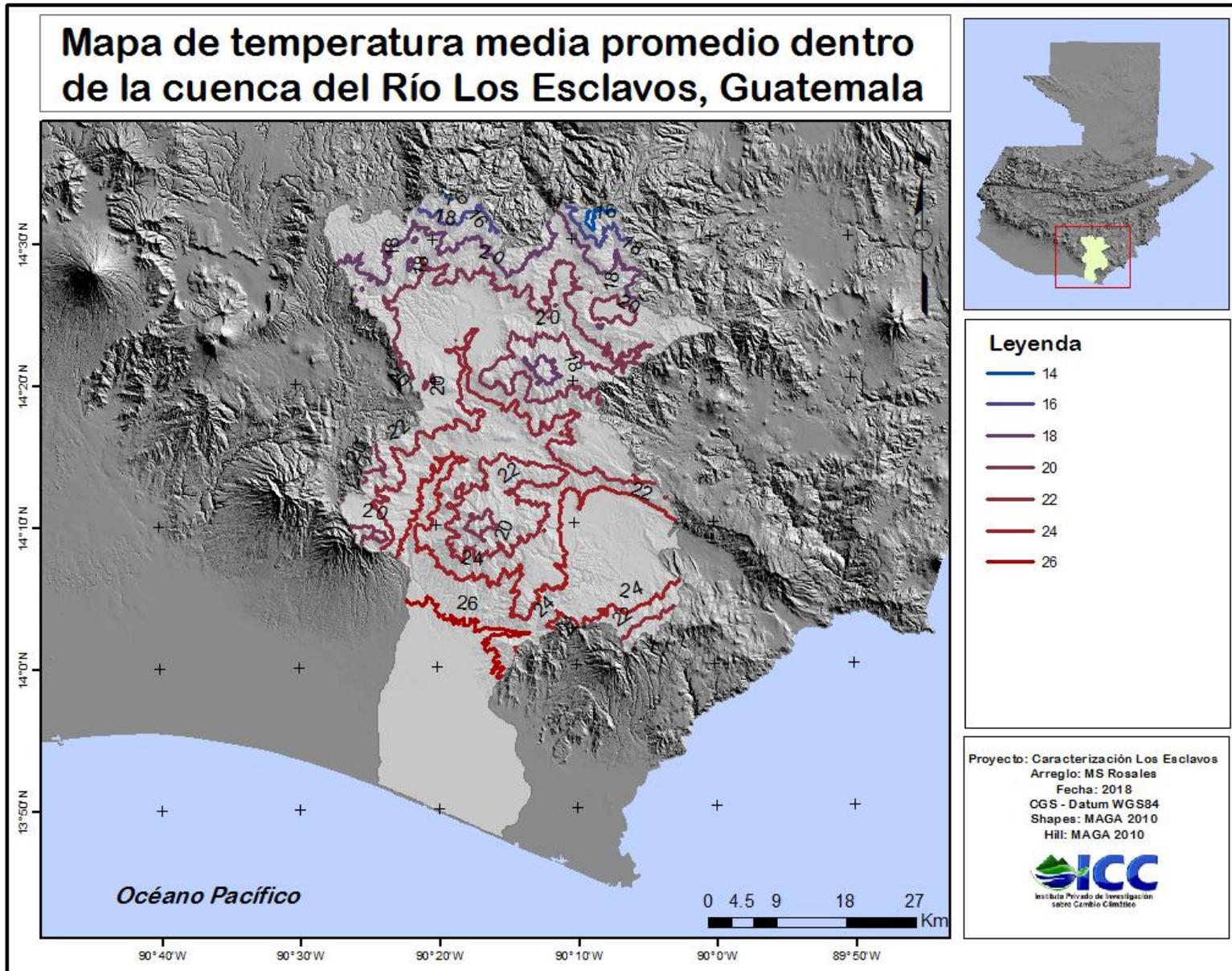


Figura 21.  
 Mapa de temperatura media promedio en grados centígrados dentro de la cuenca del río Los Esclavos

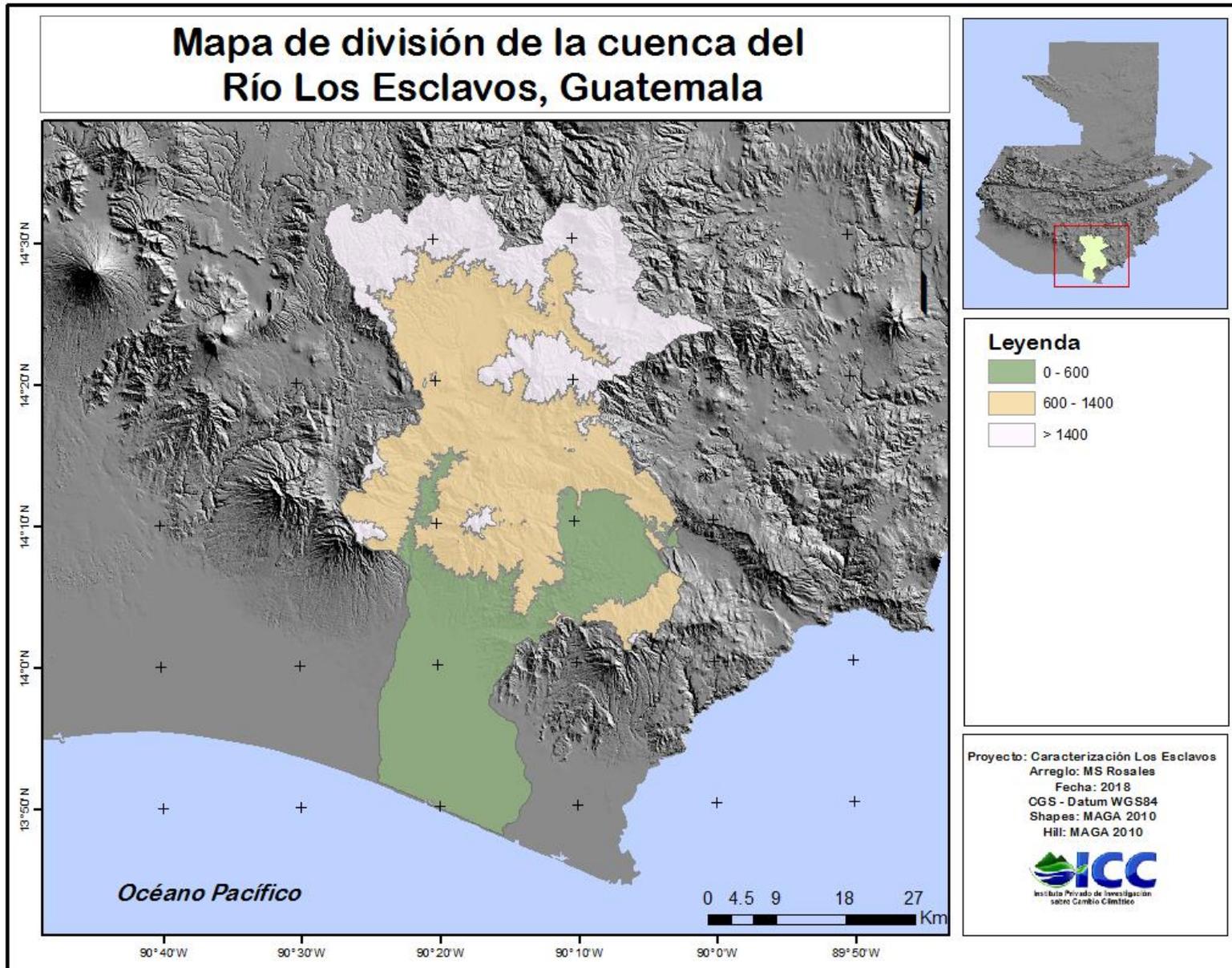


Figura 22.  
 Mapa de división de la cuenca del río Los Esclavos

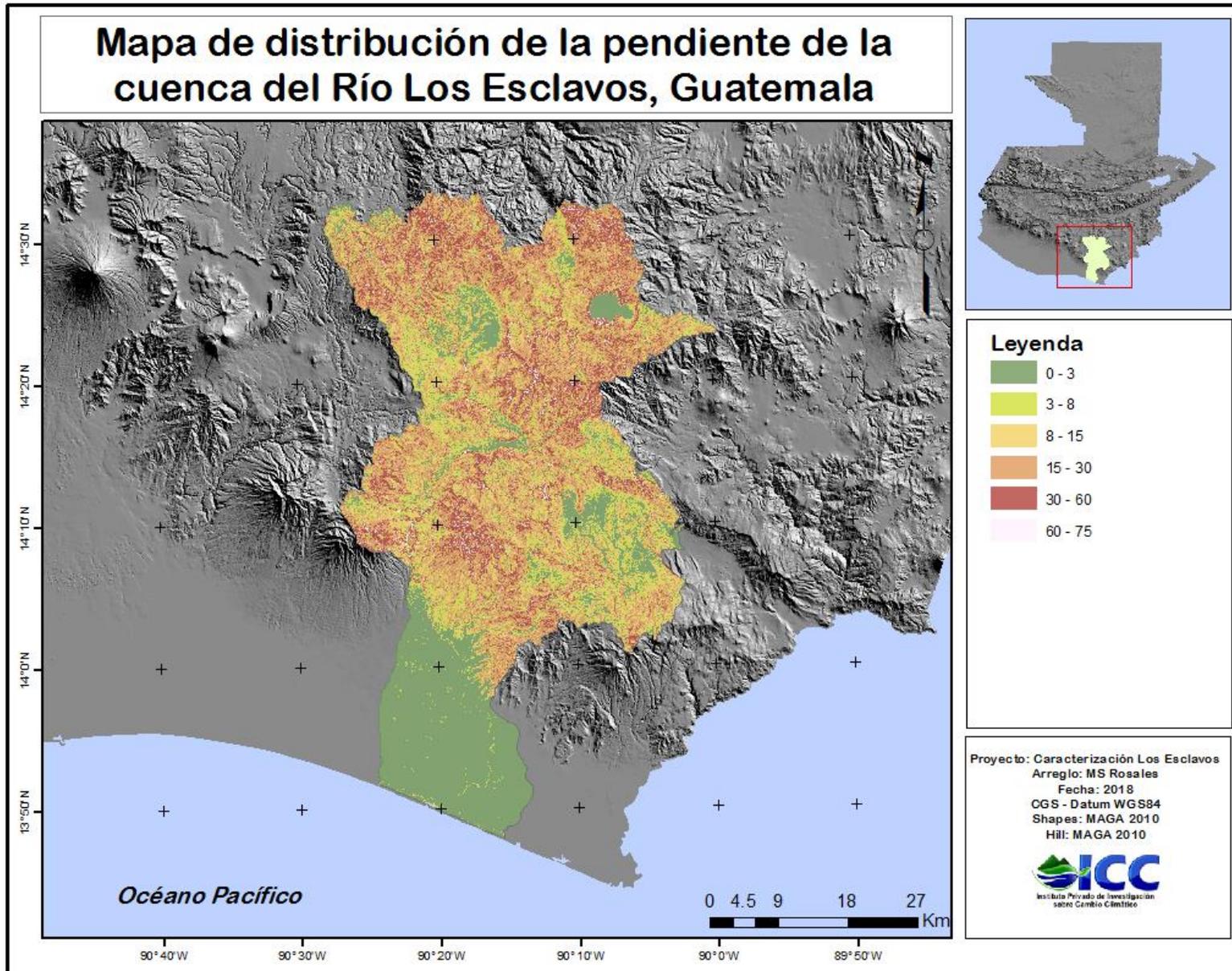


Figura 23.  
 Mapa de distribución de la pendiente en porcentaje de la cuenca del río Los Esclavos

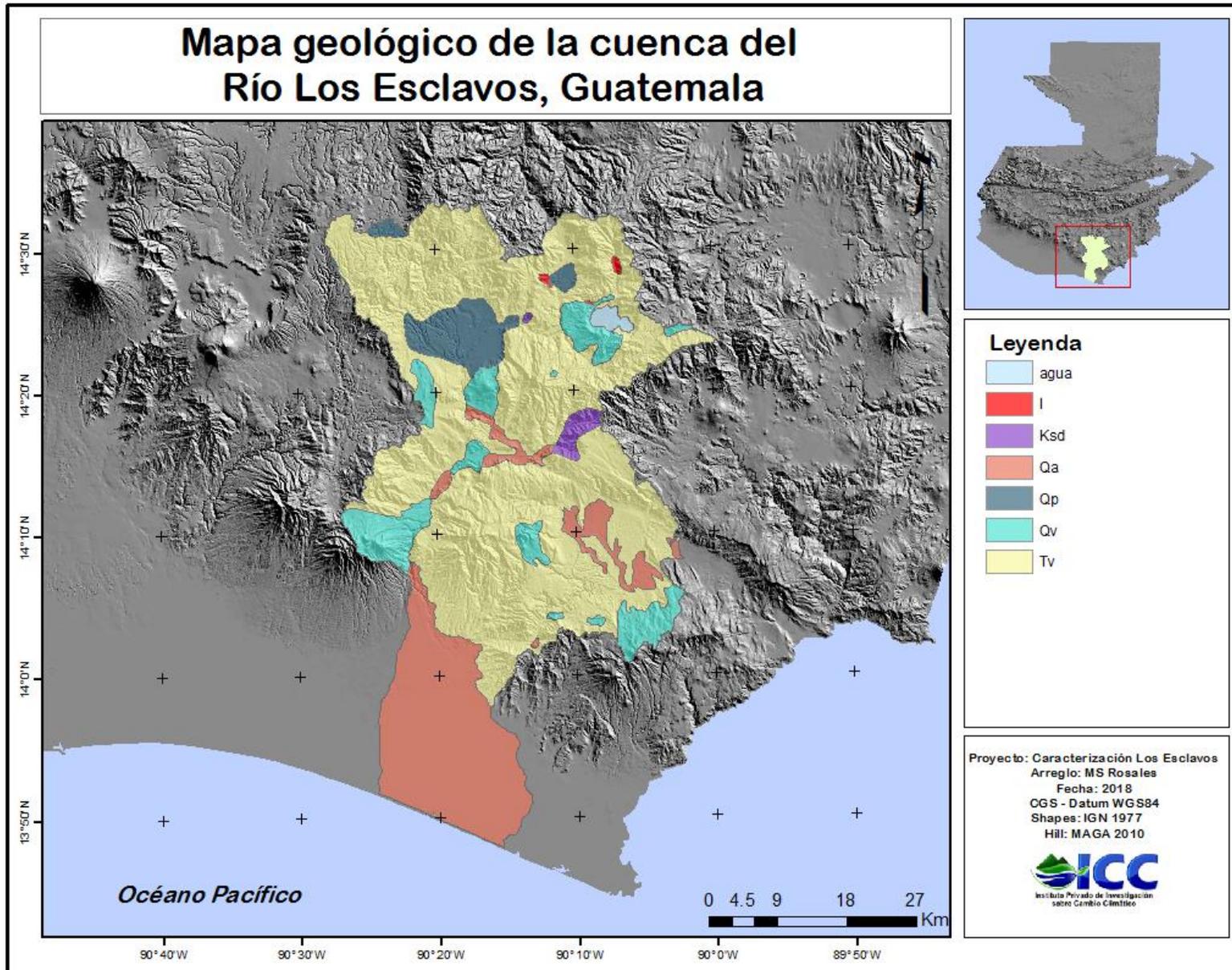


Figura 24.  
 Mapa geológico de la cuenca del río Los Esclavos

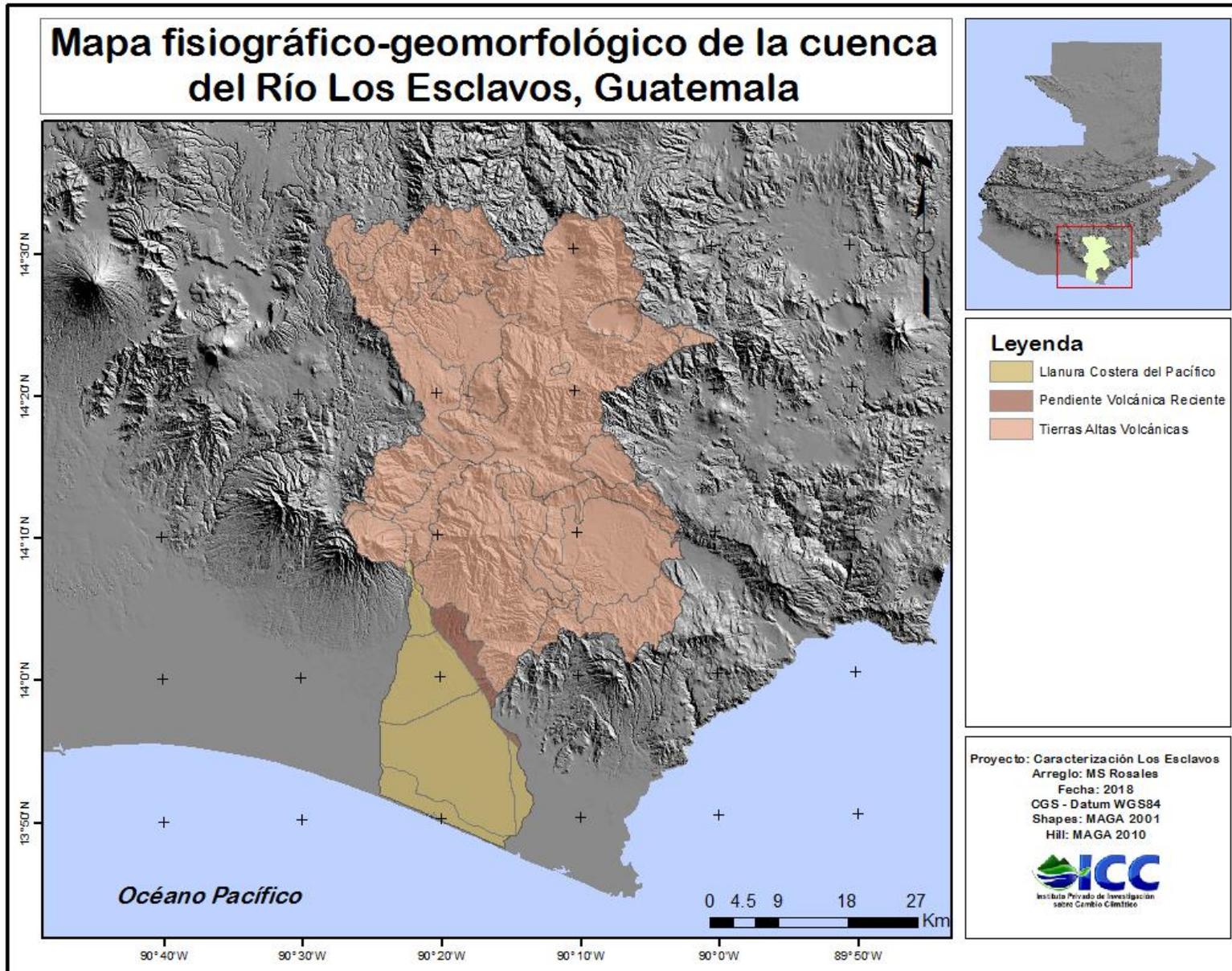


Figura 25.  
 Mapa fisiográfico – geomorfológico de la cuenca del río Los Esclavos

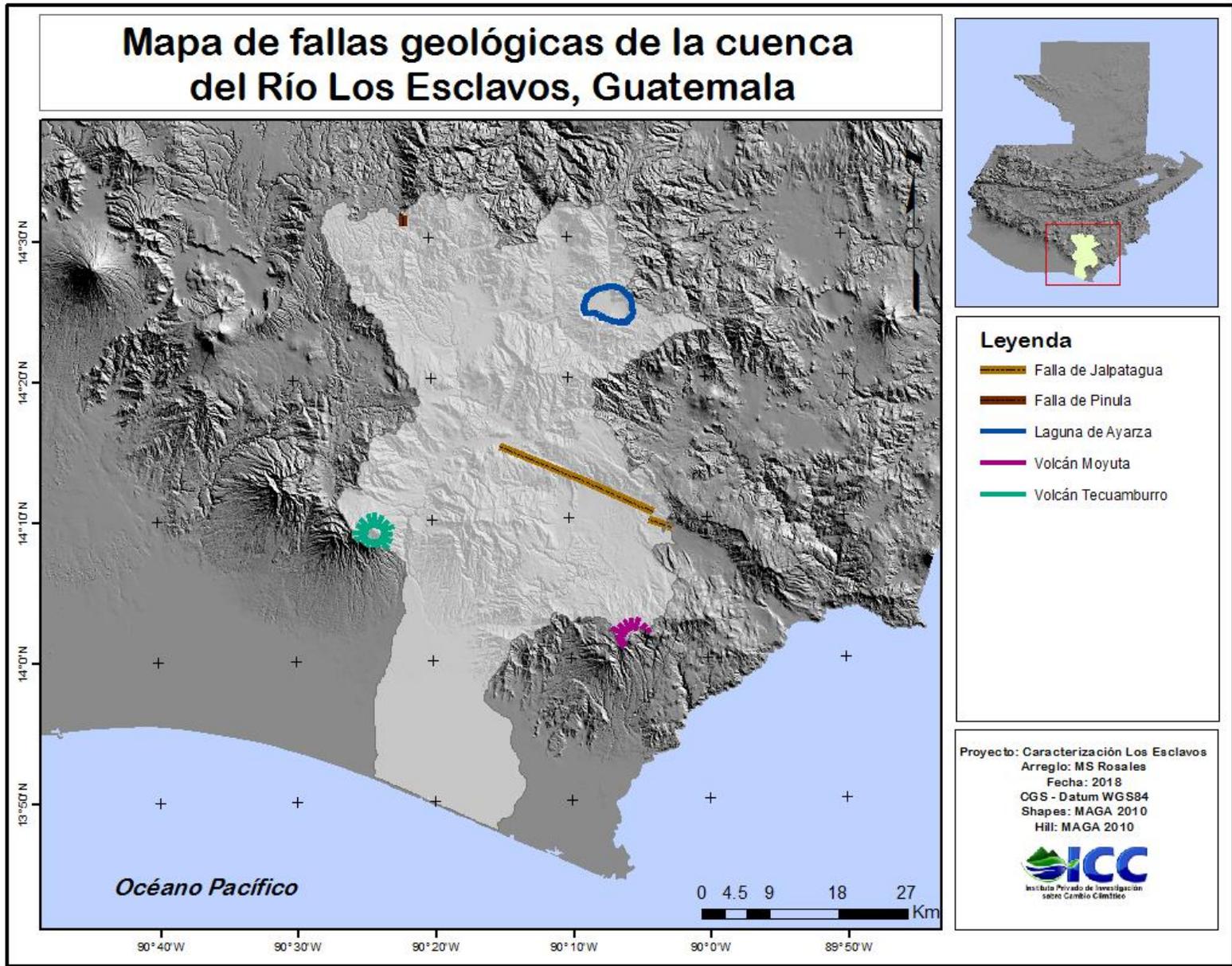


Figura 26.  
 Mapa de fallas geológicas de la cuenca del río Los Esclavos

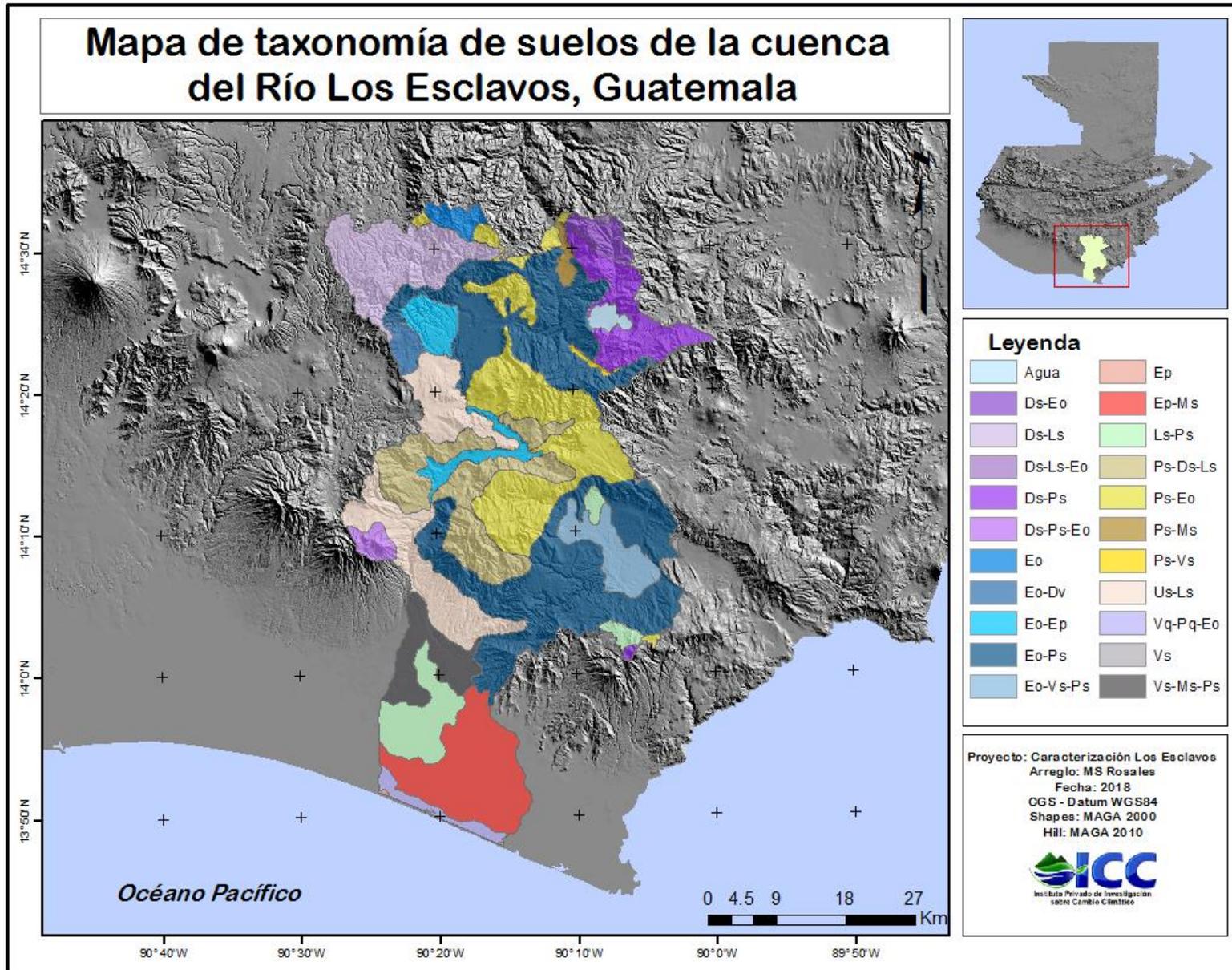


Figura 27.  
 Mapa de taxonomía de suelos de la cuenca del río Los Esclavos

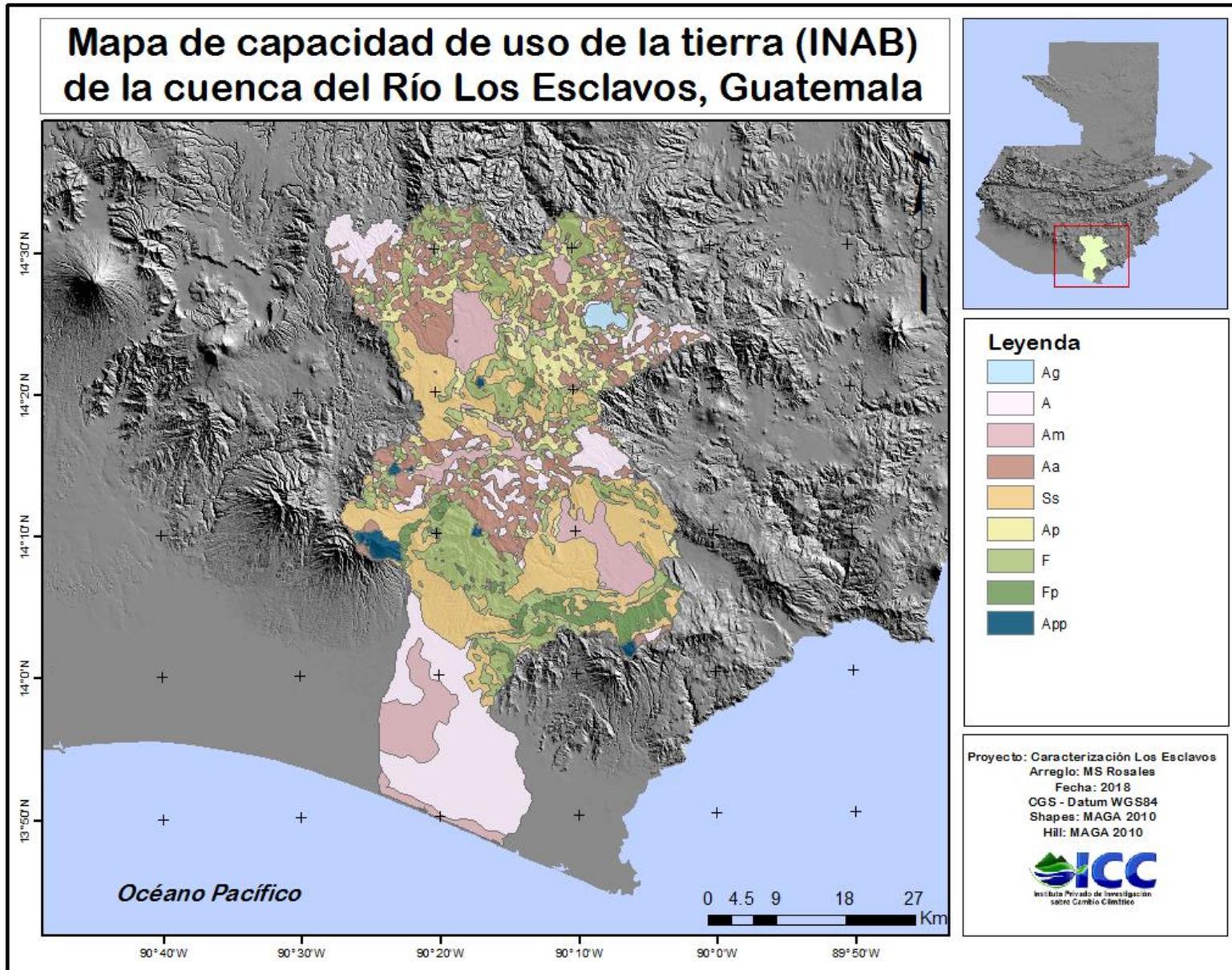


Figura 28.  
 Mapa de capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología INAB de la cuenca del río Los Esclavos

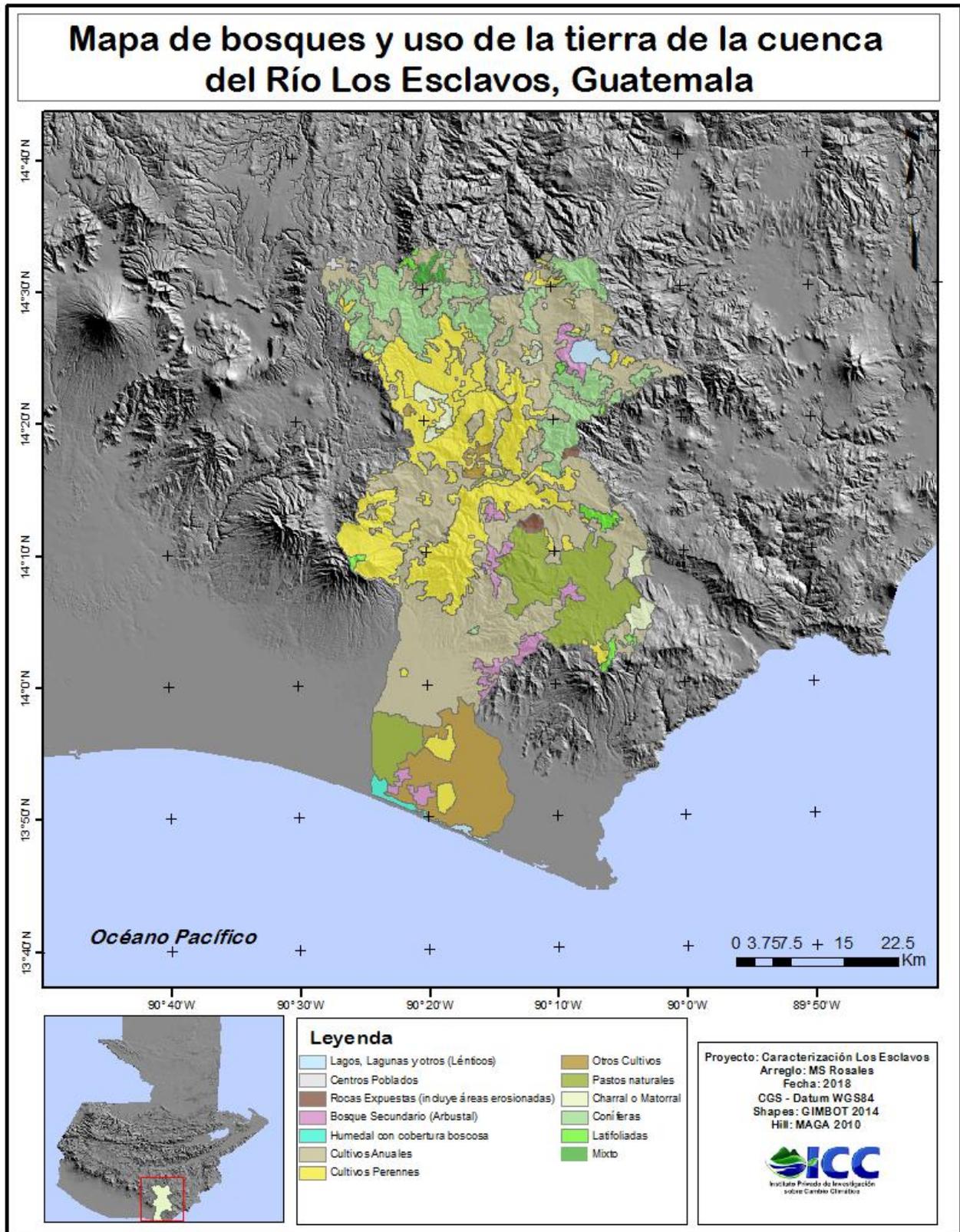


Figura 29.  
 Mapa de bosques y uso de la tierra en la cuenca del río Los Esclavos

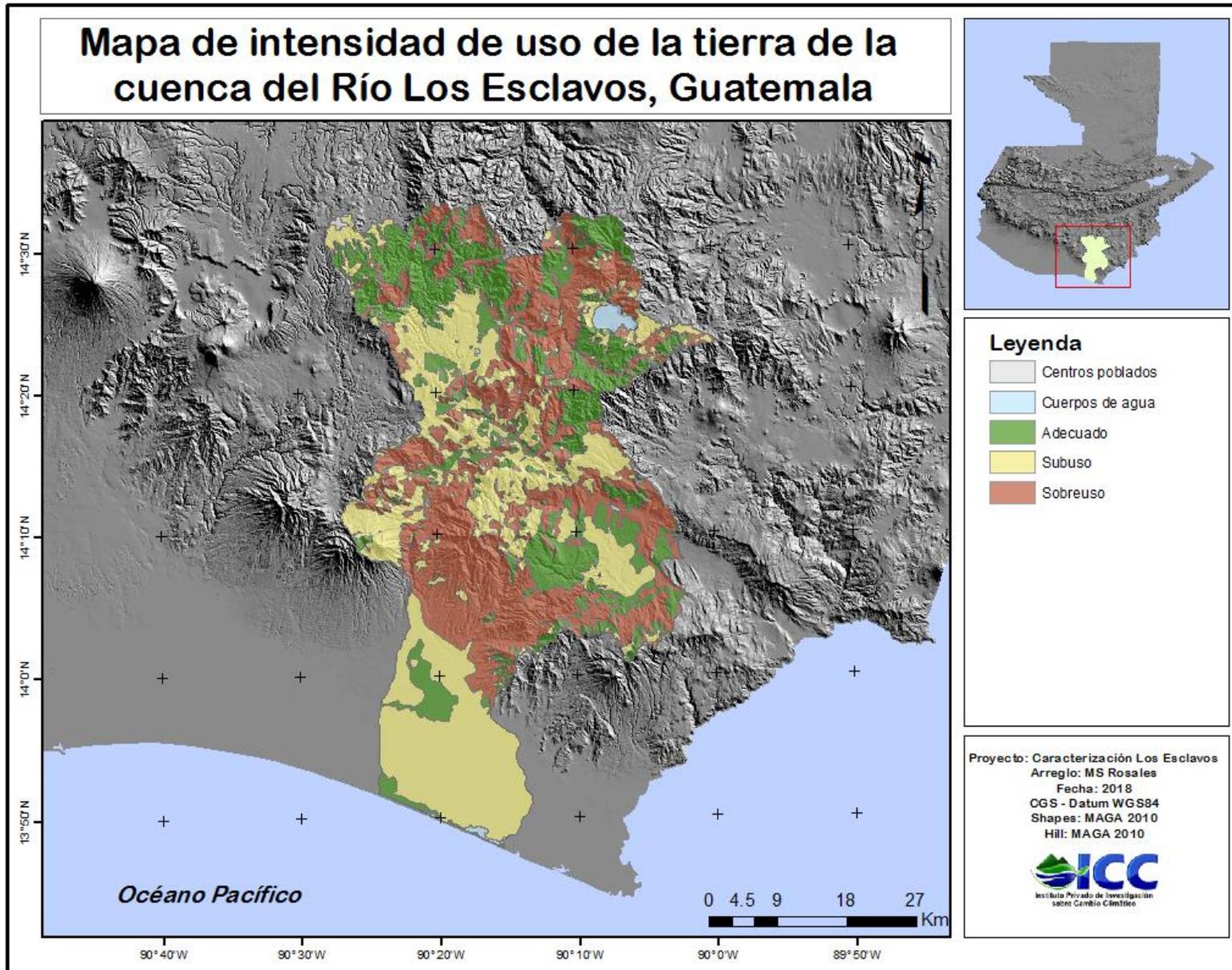


Figura 30.  
 Mapa de intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Los Esclavos

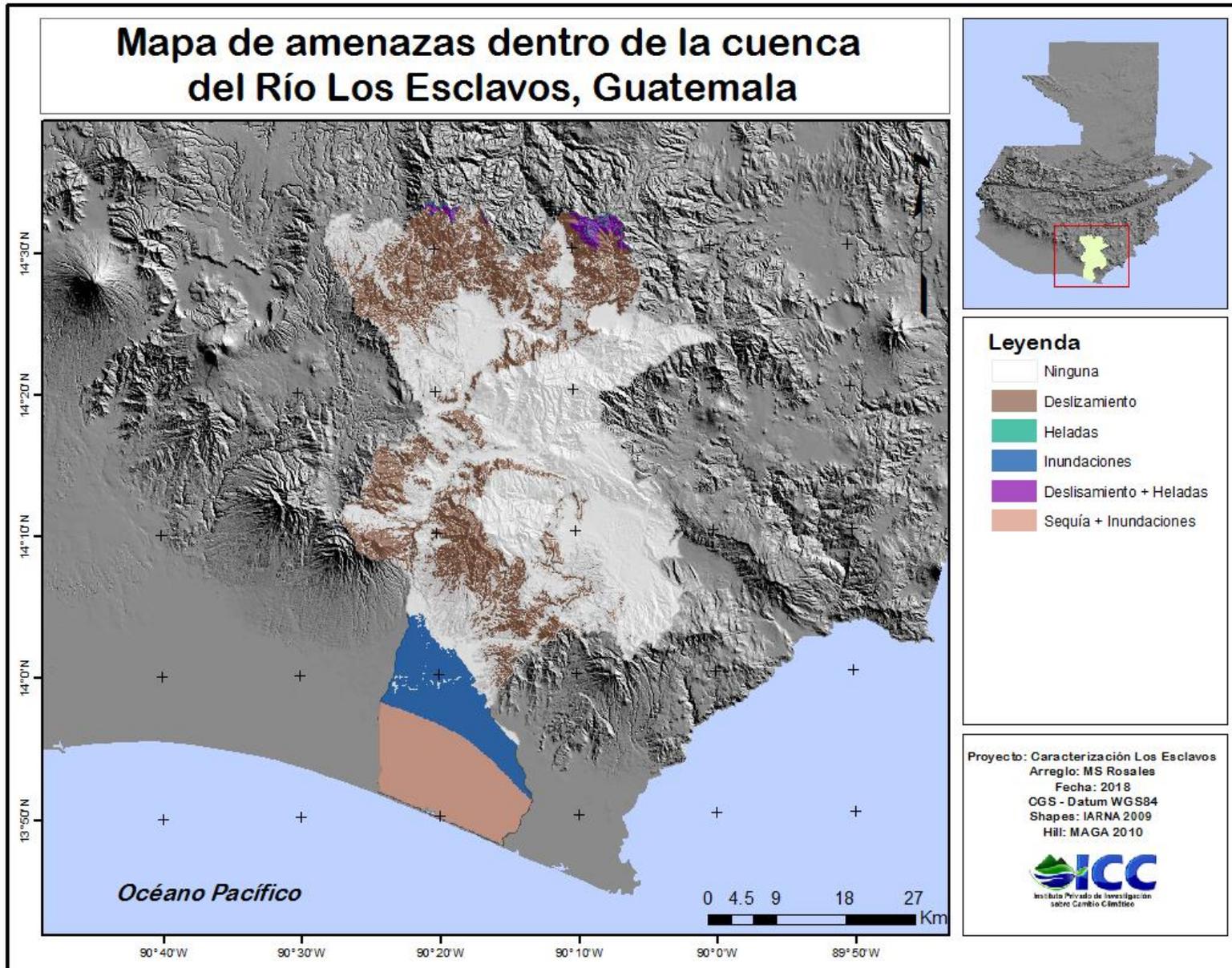


Figura 31.  
 Mapa de amenazas dentro de la cuenca del río Los Esclavos

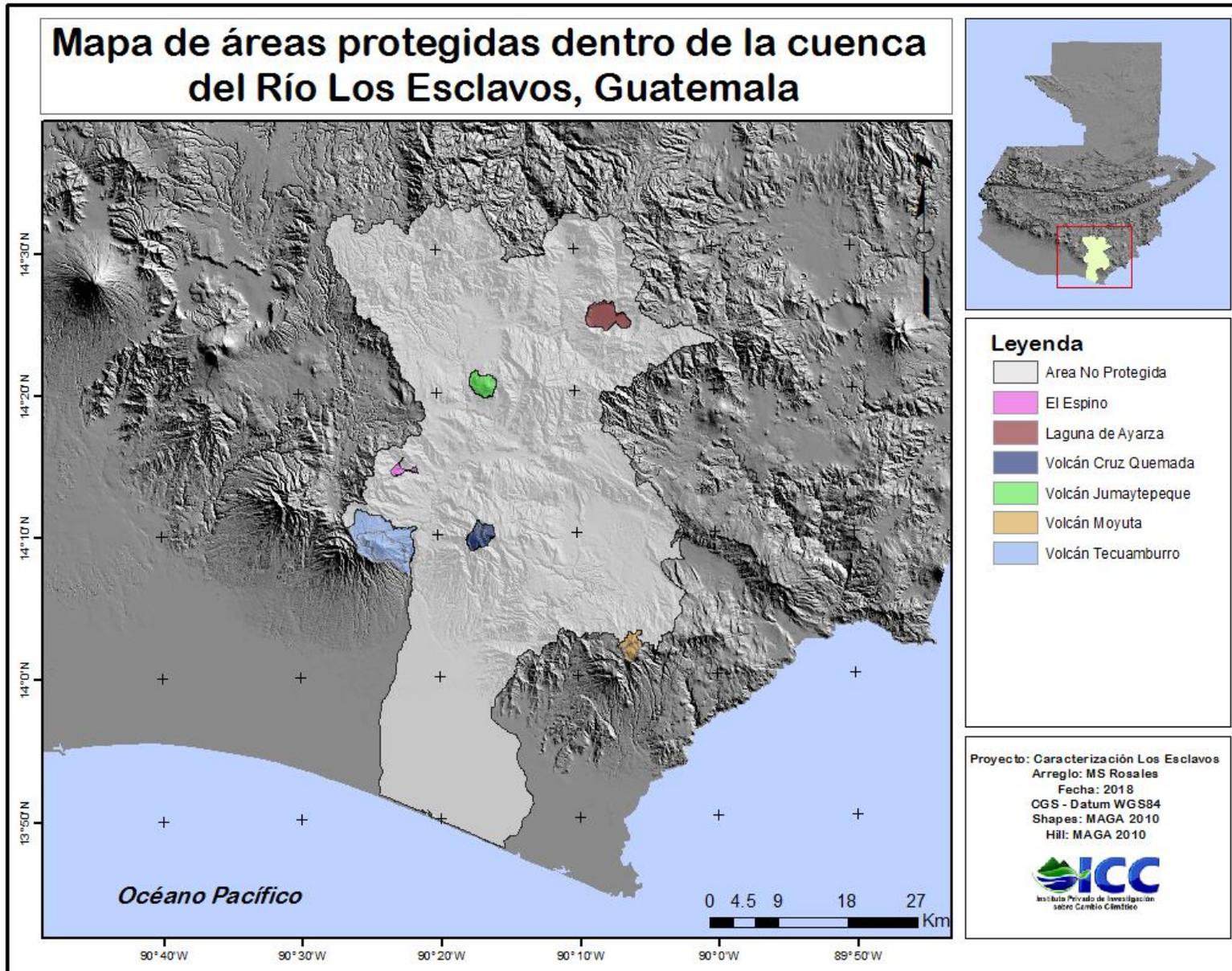


Figura 32.  
 Mapa de áreas protegidas dentro de la cuenca del río Los Esclavos

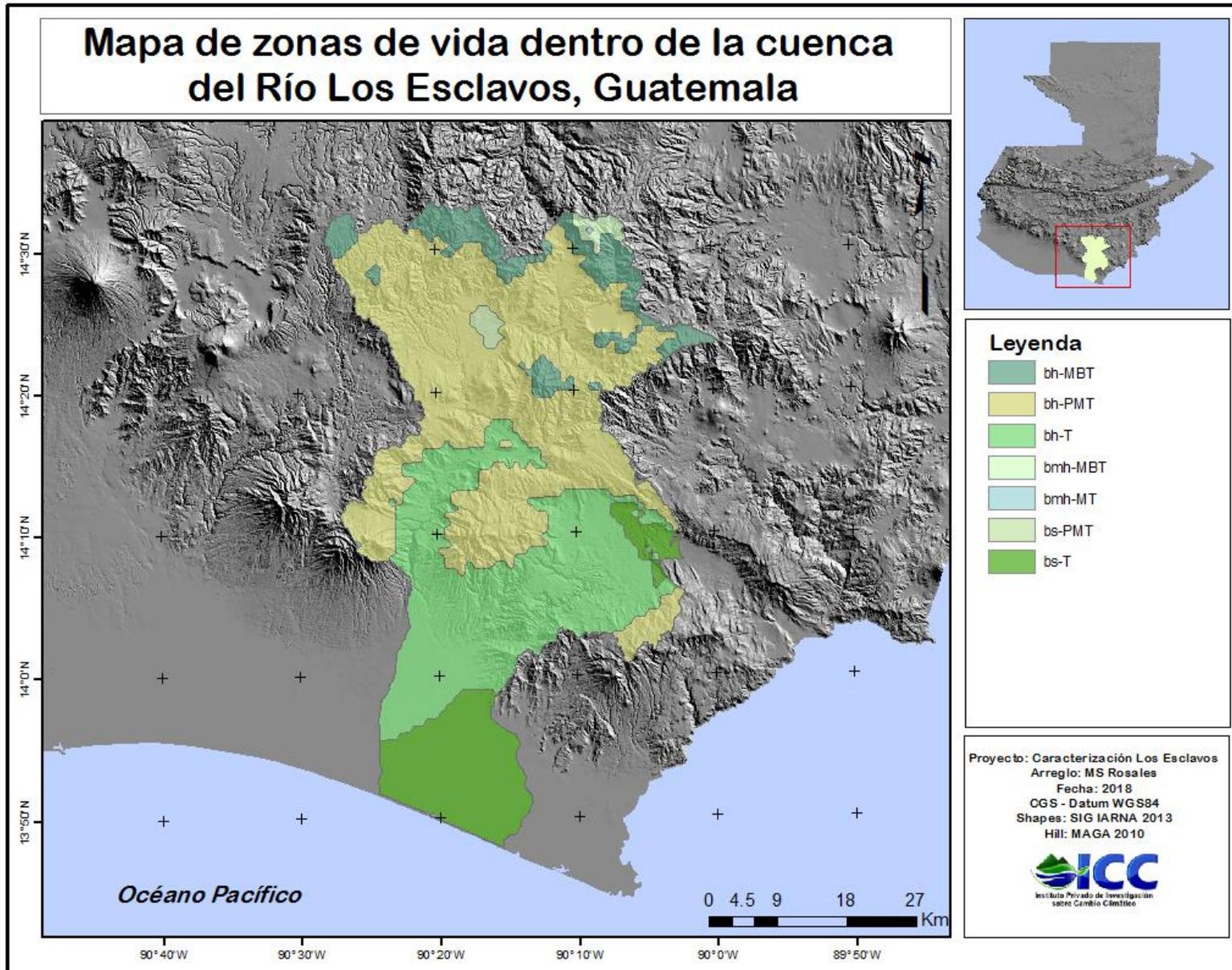


Figura 33.  
 Mapa de zonas de vida dentro de la cuenca del río Los Esclavos

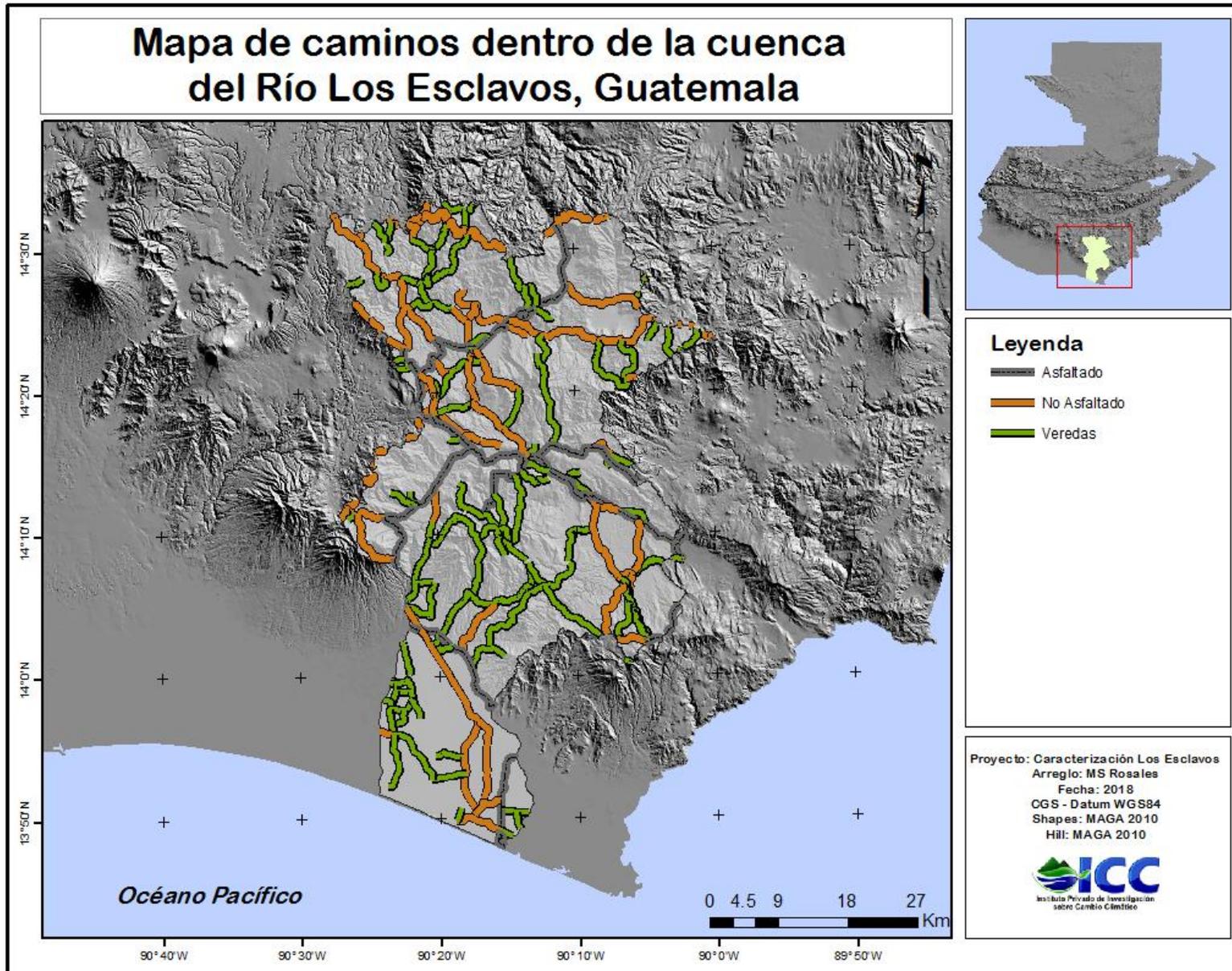


Figura 34.  
 Mapa de caminos dentro de la cuenca del río Los Esclavos

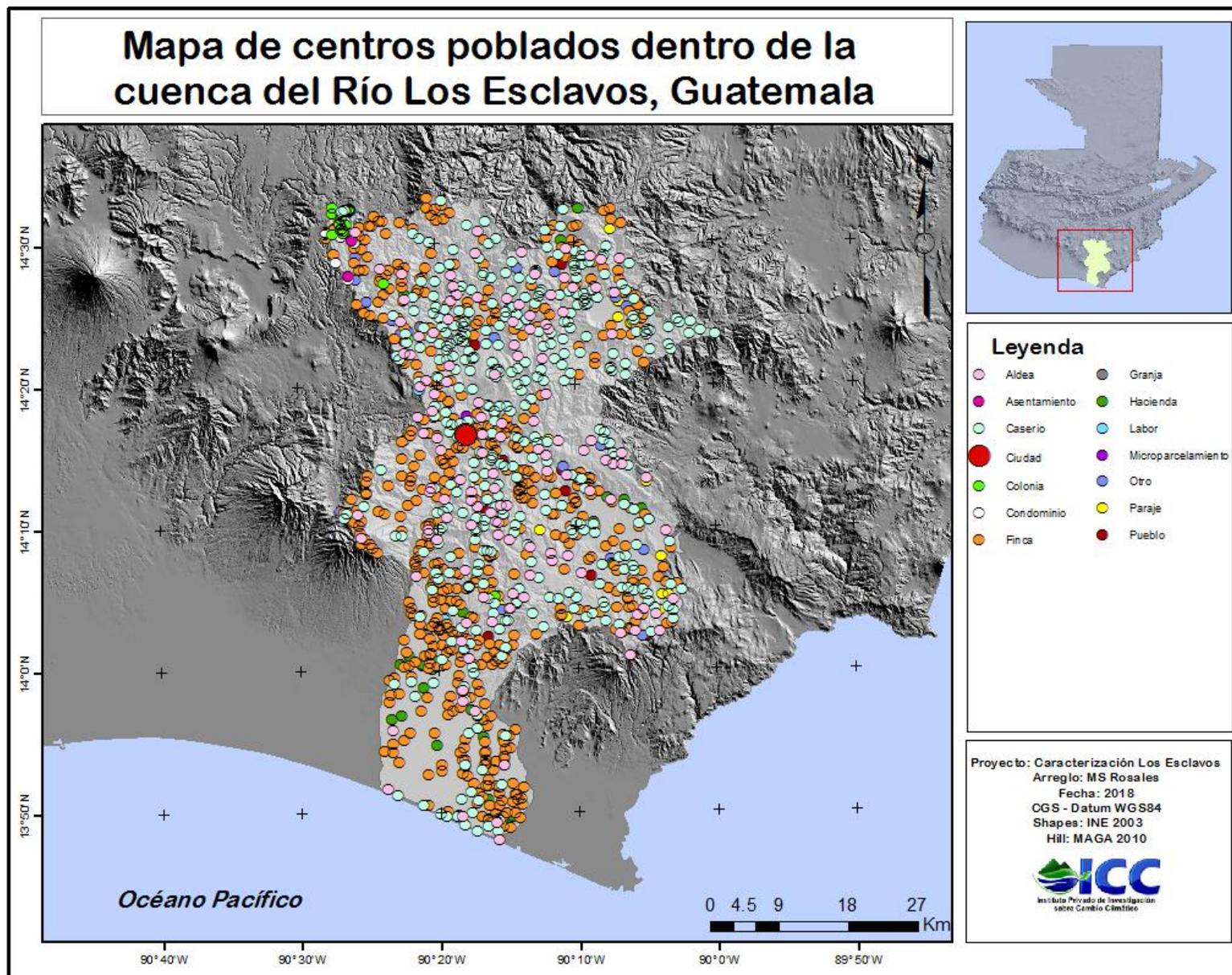


Figura 35.  
 Mapa de centros poblados dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002

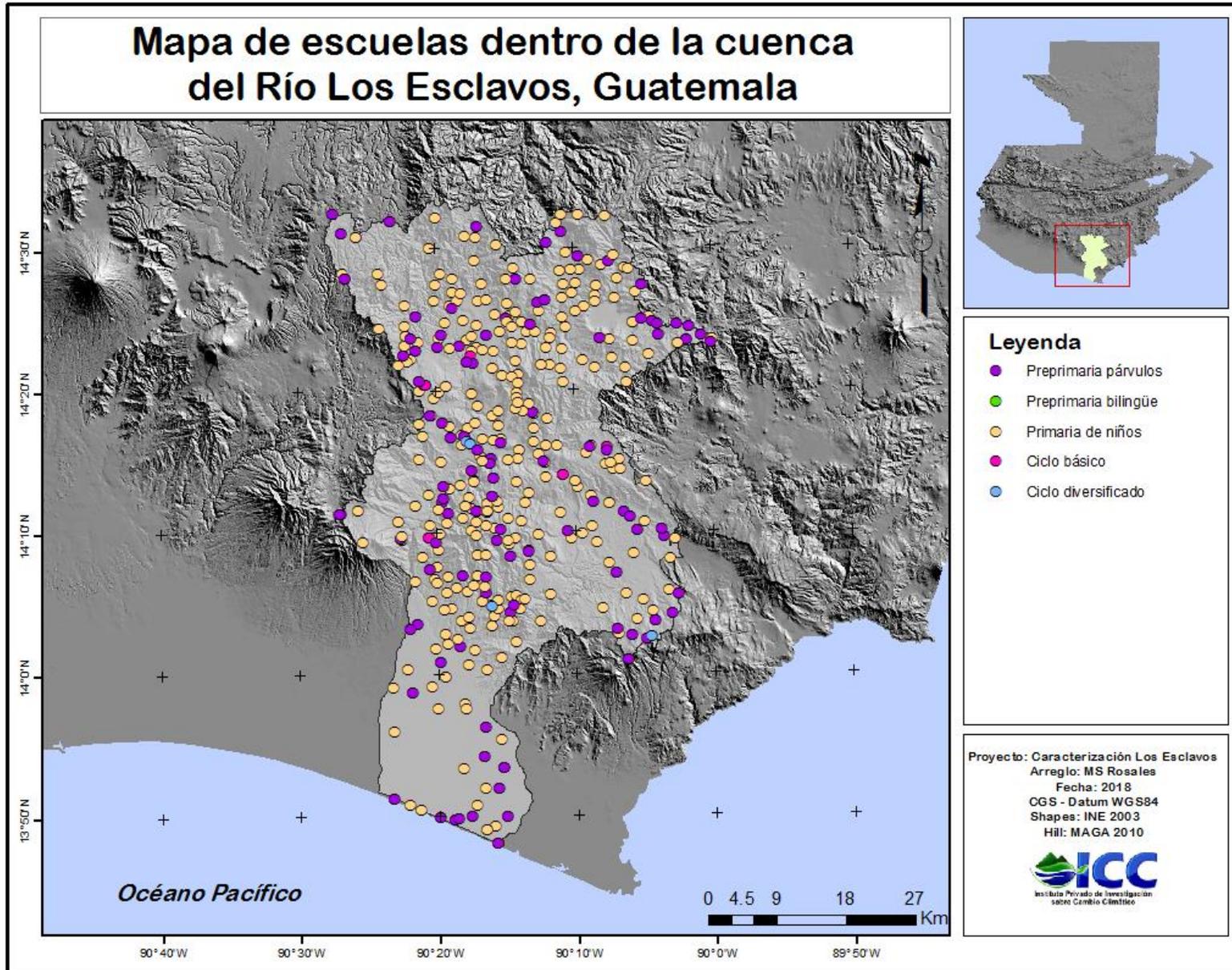


Figura 36.  
 Mapa de escuelas dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002

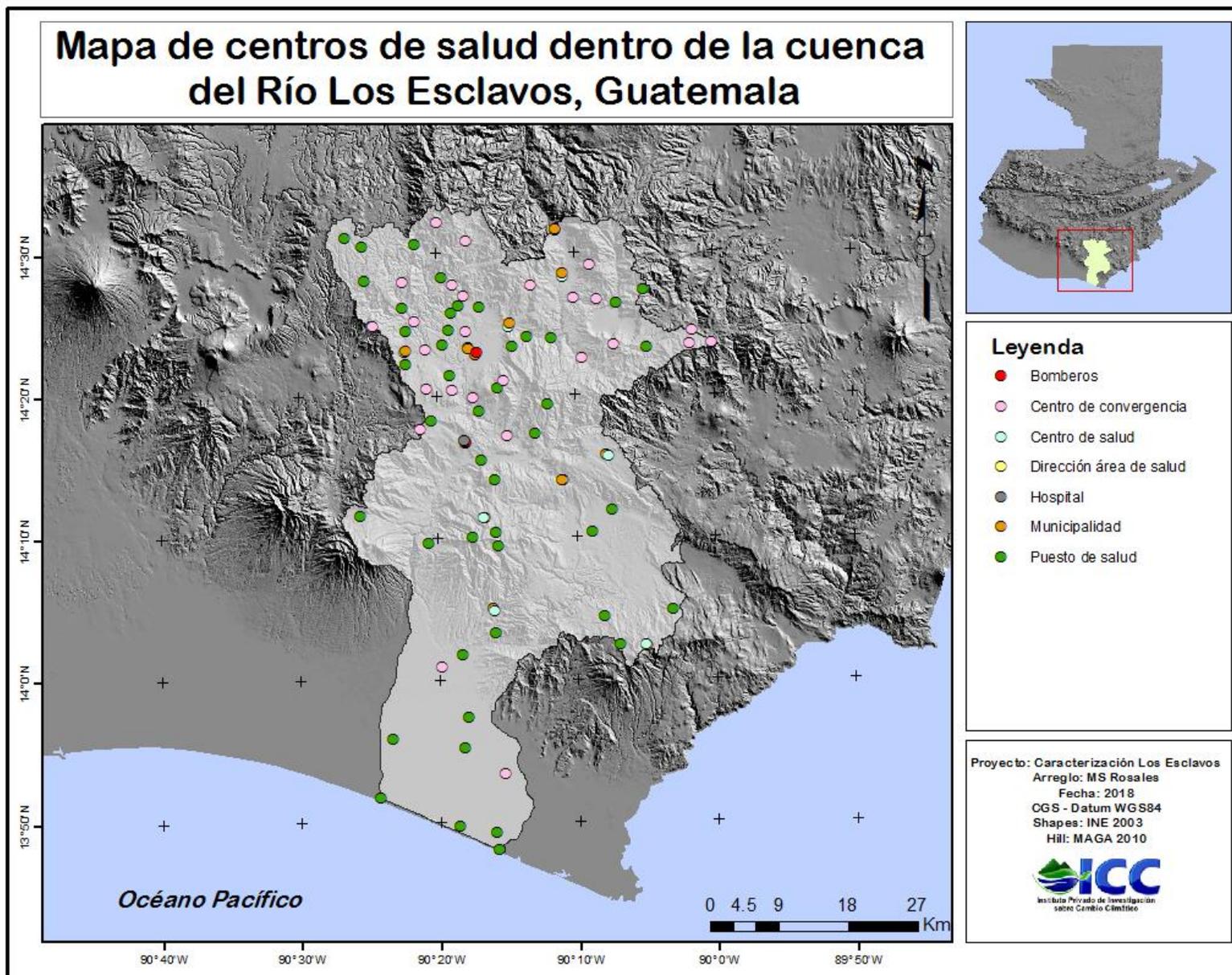


Figura 37.  
 Mapa de centros de salud dentro de la cuenca del río Los Esclavos para el año 2002

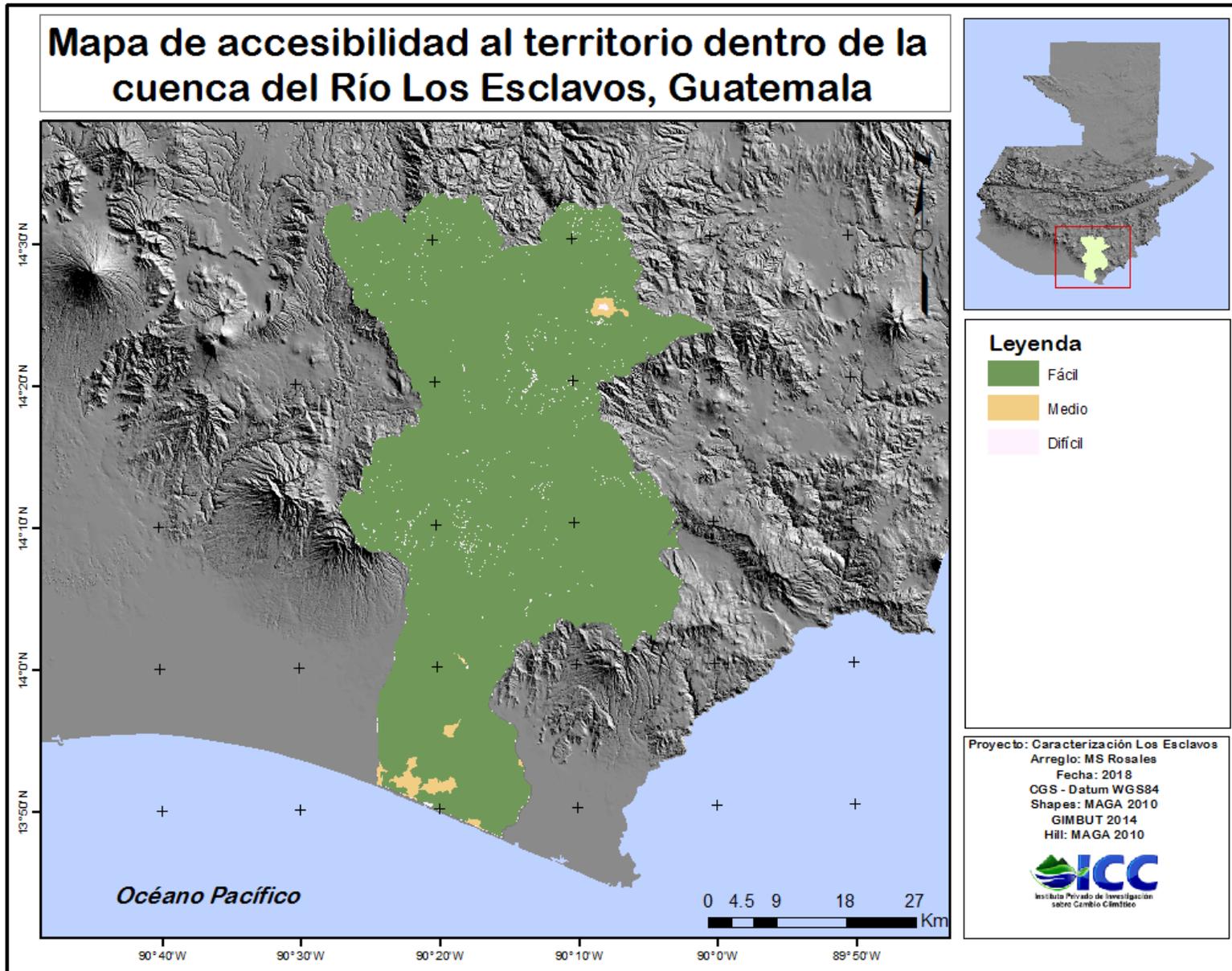


Figura 38.  
 Mapa de acceso al territorio dentro de la cuenca del río Los Esclavos

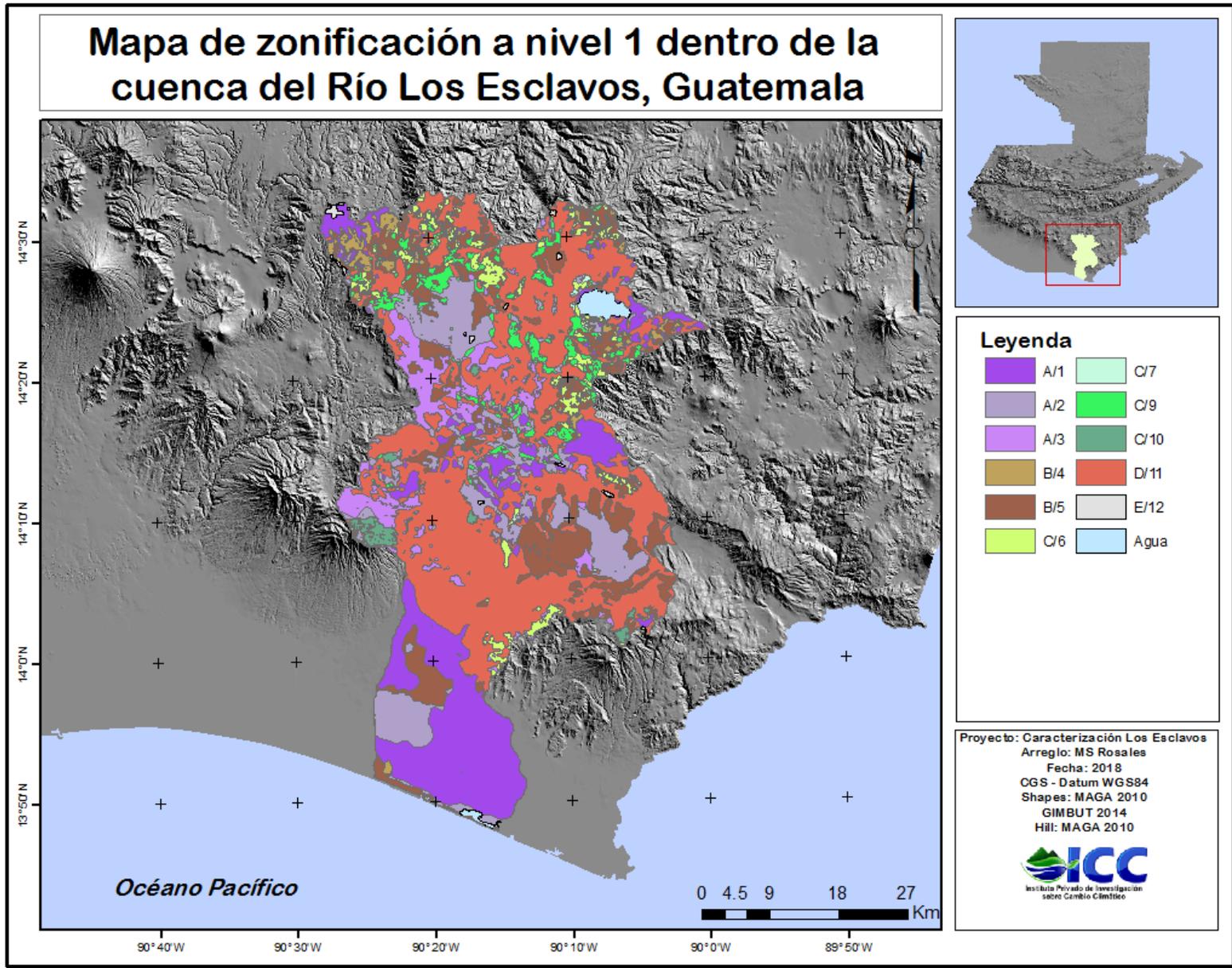


Figura 39.  
 Mapa de zonificación a nivel uno dentro de la cuenca del río Los Esclavos

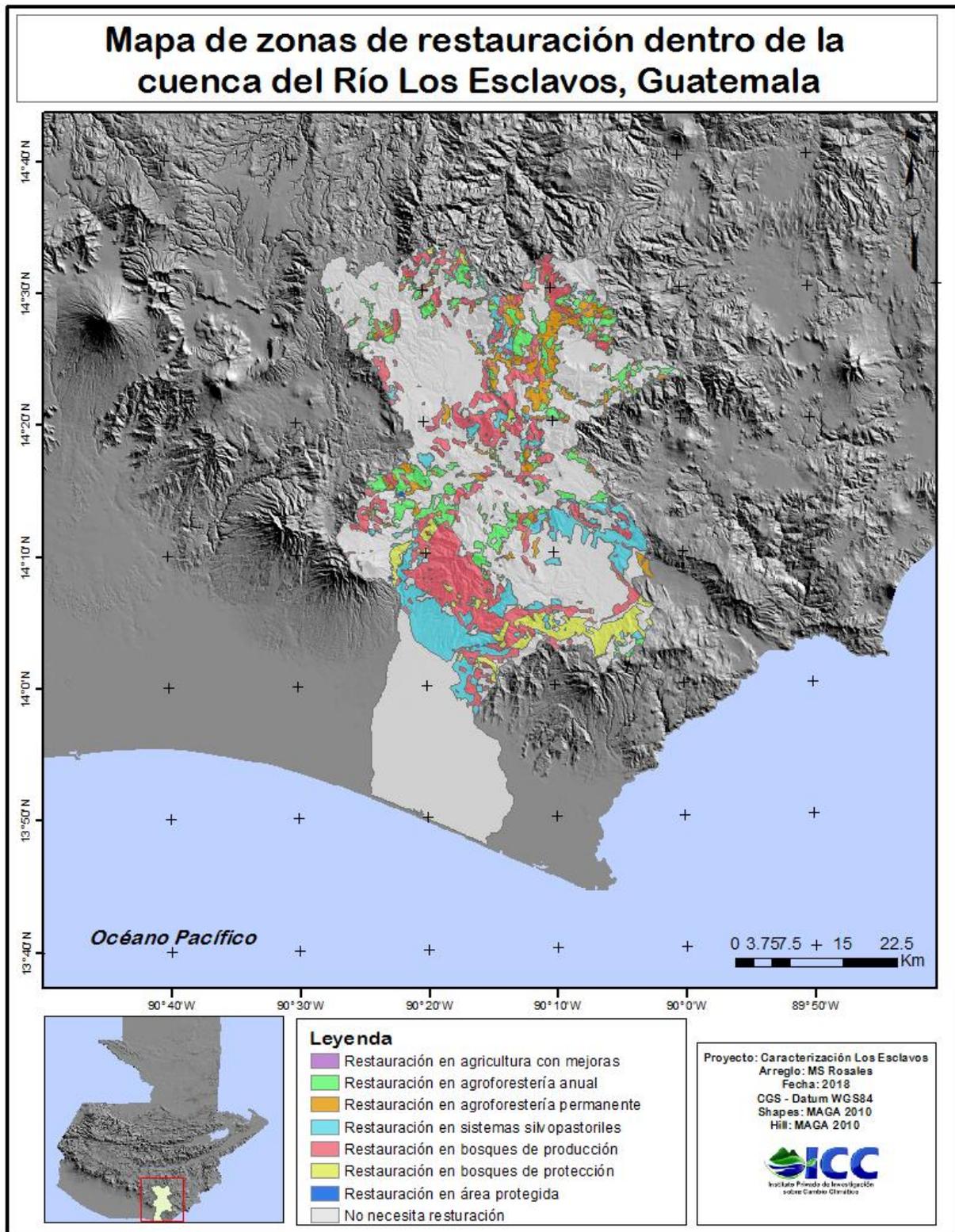


Figura 40.  
 Mapa de zonas de restauración dentro de la cuenca del río Los Esclavos

Anexo G.

Detalle del nivel al que se presenta la información en la caracterización

<b>Categoría</b>	<b>Característica</b>	<b>Nivel de información disponible</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>Morfométrica</b>	Ubicación y división político-administrativa	Cuenca	(Anleu, 2006; Gil, 2012; MAGA, 2010)
	Factor de forma	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Coefficiente de gravelius	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Curva hipsométrica	Cuenca	Elaboración propia
	Coefficiente de masividad	Cuenca	Elaboración propia
	Coefficiente orográfico	Cuenca	Elaboración propia
<b>Hidrológica</b>	Red y densidad de drenaje	Cuenca	(Gil, 2012)
	Perfil longitudinal del cauce	Cuenca	Elaboración propia
	Caudales	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
	Precipitación	Cuenca	Elaboración propia & (MAGA, 2010)
<b>Biofísica</b>	Temperatura	Cuenca	Elaboración propia & (MAGA, 2010)
	Topografía	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Pendiente	Cuenca	Elaboración propia
	Geología	Cuenca	(Castillo, 2013; Herrera, 2005; MAGA, 2010)
	Geomorfología	Cuenca	(MAGA, 2001 2010)
	Fallas	Cuenca	(Castro, 2006; MAGA, 2010; Pérez, 2009)
	Taxonomía de suelos	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Capacidad de uso de la tierra	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Cobertura vegetal	Cuenca	(GIMBUT, 2014; MAGA, 2010)
	Conflictos de uso de la tierra	Cuenca	Elaboración propia

	Amenazas naturales	Cuenca	(IARNA, 2009b)
	Áreas protegidas	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Zonas de vida	Cuenca	(IARNA, 2013)
	Contaminación del agua	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
<b>Económica</b>	Empleo	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
	Actividades económicas	Cuenca	(Robledo, 2003; Vela, 2008)
	Principales fuentes de ingresos	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
	Tenencia de tierras	Áreas cercanas al embalse de la hidroeléctrica	(Robledo, 2003)
	Vivienda	Departamentos	(INE, 2014)
	Uso del agua	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
	Infraestructura	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Pobreza	Departamentos	(INE, 2015)
<b>Institucional</b>	Servicios institucionales	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Organización local	Cuenca	(MAGA, s.f.)
	Gobernabilidad y marco legal	Cuenca	(Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Nueva Santa Rosa, et al, 2010; Díaz, 2017)
	Actores clave	Cuenca	(Díaz, 2016; MAGA, 2010; Peñate, 2011)
	Institucionalidad pública	Cuenca	(Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Nueva Santa Rosa, et al, 2010)
	Seguridad social	No posee información exacta	(IGSS, 2017)

<b>Social</b>	Población	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Emigración e inmigración	Parte alta de la cuenca	(Escalante, 2011)
	Educación	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Salud	Cuenca	(MAGA, 2010)
	Acceso al agua	Parte alta de la cuenca	(MAGA, 2010)
	Seguridad alimentaria	Departamentos	(INE, 2014)

---

Anexo H.

Perfil altitudinal de temperatura de la cuenca del río Los Esclavos

Para calcular el perfil altitudinal de temperatura de la cuenca del río Los Esclavos se utilizaron los datos de 32 estaciones meteorológicas (Tabla 34) ubicadas dentro de la costa sur y manejadas por el ICC o Anacafé.

Tabla 34.

*Estaciones climatológicas utilizadas para la elaboración del perfil altitudinal de temperatura de la cuenca del río Los Esclavos*

<b>Nombre</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>
Álamo	-92.13775	14.62819	30	27.53	1944
Amazonas	-90.774593	14.066847	21	26.78	1549
Bonanza	-91.187235	14.078341	29	26.84	1439
Bouganvilia	-90.933352	14.117690	54	27.08	1389
Cengicaña	-91.055468	14.330962	297	25.87	4039
Chiquirines	-92.04222	14.55944	30	26.65	1883
Cocales	-91.1962	14.38285	215	26.27	4404
Concepción	-90.78717	14.33748	482	25.64	3427
Costa Brava	-90.920738	14.237773	151	26.74	2890
El Bálsamo	-91.003744	14.281468	280	25.71	3213
El Platanar	-90.93783	14.55967	1572	19.42	1473
Irlanda	-91.426867	14.145889	22	26.74	1505
La Candelaria	-90.55938	13.91232	5	27.67	1514
La Giralda	-90.93075	13.98029	20	27.47	1324
Lorena	-91.419603	14.520233	333	21.95	3428
Naranjales	-91.476996	14.365688	96	23.00	1953
Petén Oficina	-91.411898	14.260987	46	26.66	1671
Providencia	-91.84567	14.36579	40	26.70	1182
Puyumate	-91.259910	14.261557	77	26.27	2058
San Antonio el Valle	-91.200961	13.995364	10	27.12	1379
San Nicolás	-91.603642	14.184544	20	27.37	1171
San Rafael	-90.634491	14.023491	9	27.25	1669
Tehuantepec	-91.103443	14.168625	67	25.81	1665
Trinidad Magdalena	-90.258190	13.932070	19	26.75	2072
Trinidad San Diego	-90.844006	14.153762	71	27.44	1421
Tululá	-91.586101	14.506967	254	22.28	2587
Xoluta	-91.861372	14.477242	52	27.33	1422
La Concepción	-90.18679	14.5217	1584	18.39	1226

La Mandarina	-90.44667	14.48467	1672	17.82	1575
Las Flores	-90.36272	14.30102	1181	21.05	1402
Chilamates	-89.74954	14.11056	1573	22.81	850
Santa Rosa de Lima	-90.32172	14.41212	1041	21.37	1357

De estas, se obtuvo la temperatura determinante a una altura ficticia, que en este caso se determina a través de la ecuación de la recta de la línea de tendencia resultado de graficar la temperatura promedio anual captada por cada una de las estaciones y la altura a la que se encuentra cada uno (Figura 41).

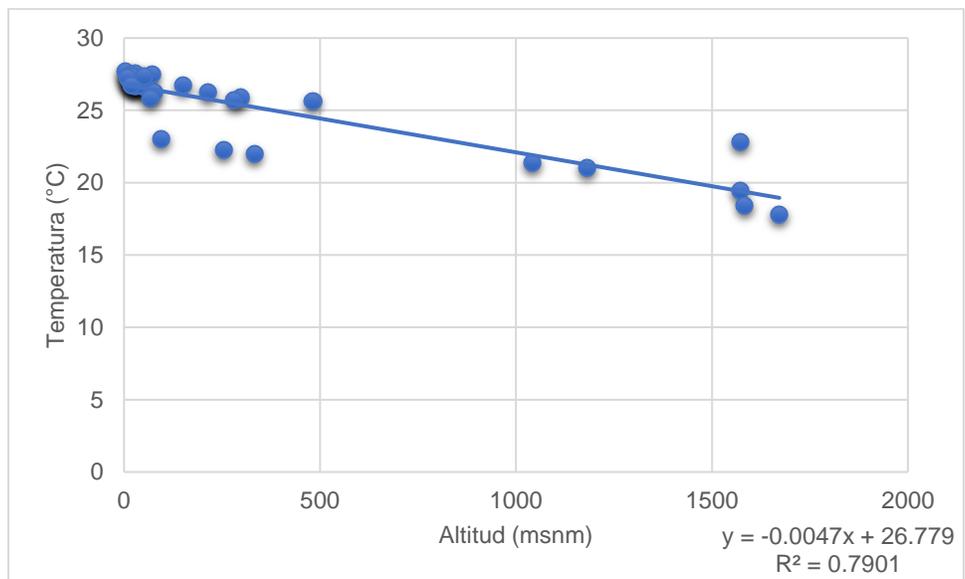


Figura 41.  
*Temperatura según la altura detectada por las estaciones meteorológicas*

Anexo I.  
Clasificación de intensidad de uso de la tierra

Para determinar la intensidad de uso de la tierra (Tabla 35) de la cuenca del Río Los Esclavos se realizó un traslape del Mapa de bosques y uso actual de la tierra de la cuenca, y el Mapa de capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología INAB de la cuenca.

Tabla 35.  
*Clasificación de intensidad de uso de la tierra de acuerdo con las categorías de uso de la tierra y de capacidad de uso de la tierra (INAB)*

<b>Uso actual</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Intensidad</b>
<b><i>Bosque secundario (Arbustal)</i></b>	A	Subuso
	Am	Subuso
	Aa	Subuso
	SS	Subuso
	Ap	Subuso
	F	Adecuado
	Fp	Sobreuso
<b><i>Coníferas</i></b>	A	Adecuado
	Am	Adecuado
	Aa	Adecuado
	SS	Adecuado
	Ap	Adecuado
	F	Adecuado
	Fp	Adecuado
<b><i>Cultivos anuales</i></b>	A	Subuso
	Am	Adecuado
	Aa	Sobreuso
	SS	Sobreuso
	Ap	Sobreuso
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso
<b><i>Cultivos perennes</i></b>	A	Subuso
	Am	Subuso
	Aa	Subuso
	SS	Subuso
	Ap	Adecuado
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso

	A	Subuso
	Am	Subuso
	Aa	Subuso
<b>Pastos naturales</b>	SS	Adecuado
	Ap	Sobreuso
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso
	A	Subuso
	Am	Subuso
	Aa	Subuso
<b>Charral o matorral</b>	SS	Adecuado
	Ap	Sobreuso
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso
	A	Adecuado
	Am	Sobreuso
	Aa	Sobreuso
<b>Rocas expuestas</b>	SS	Sobreuso
	Ap	Sobreuso
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso
	A	Adecuado
	Am	Adecuado
	Aa	Adecuado
<b>Humedal con cobertura boscosa</b>	SS	Adecuado
	Ap	Adecuado
	F	Adecuado
	Fp	Adecuado
	A	Adecuado
	Am	Adecuado
	Aa	Adecuado
<b>Latifoliadas</b>	SS	Adecuado
	Ap	Adecuado
	F	Adecuado
	Fp	Adecuado
	A	Adecuado
	Am	Adecuado
	Aa	Adecuado
<b>Bosque mixto</b>	SS	Adecuado
	Ap	Adecuado
	F	Adecuado
	Fp	Adecuado

	A	Subuso
	Am	Subuso
	Aa	Subuso
<b>Otros cultivos (pastos)</b>	SS	Adecuado
	Ap	Sobreuso
	F	Sobreuso
	Fp	Sobreuso
	A	Centros poblados
	Am	Centros poblados
	Aa	Centros poblados
<b>Centros poblados</b>	SS	Centros poblados
	Ap	Centros poblados
	F	Centros poblados
	Fp	Centros poblados
	A	Cuerpos de agua
	Am	Cuerpos de agua
	Aa	Cuerpos de agua
<b>Lagos, Lagunas y otros (Lénticos)</b>	SS	Cuerpos de agua
	Ap	Cuerpos de agua
	F	Cuerpos de agua
	Fp	Cuerpos de agua

---

## Anexo J.

Accesibilidad a los principales poblados de la cuenca a través de la metodología propuesta por Velásquez (2010)

De acuerdo con Velásquez (2010), la accesibilidad se refiere a la facilidad del movimiento dentro del territorio, por lo que es una función muy importante en cuanto al tema de ordenamiento territorial al integrar la viabilidad y las limitaciones existentes. Esta puede verse influenciada por distintas restricciones del territorio, como los son: la pendiente, la cobertura, cuerpos de agua, entre otros.

Para determinar esta variable, se utilizó la herramienta “CSM\_Arc93\_01012010” desarrollada para ArcGis, la cual es un modelo que toma en cuenta las siguientes capas:

- Centros poblados
- Caminos
- Ríos
- Cuerpos de agua
- Uso del suelo
- Modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés)

El modelo da como resultado la velocidad de viaje final y el tiempo necesario para llegar a cada punto del territorio a partir del poblado más cercano, siguiendo la lógica evidenciada en la Figura 42. A partir del tiempo calculado, se determina la accesibilidad del territorio a través de los parámetros propuestos por Velásquez (2010) (Tabla 36).

Tabla 36.

*Intervalos de tiempo para definir el acceso de un territorio*

<b>Tiempo</b>	<b>Clasificación</b>
0 - 20 minutos	Fácil
20 - 60 minutos	Medio
Más de 60 minutos	Difícil

Fuente: Velásquez (2010).

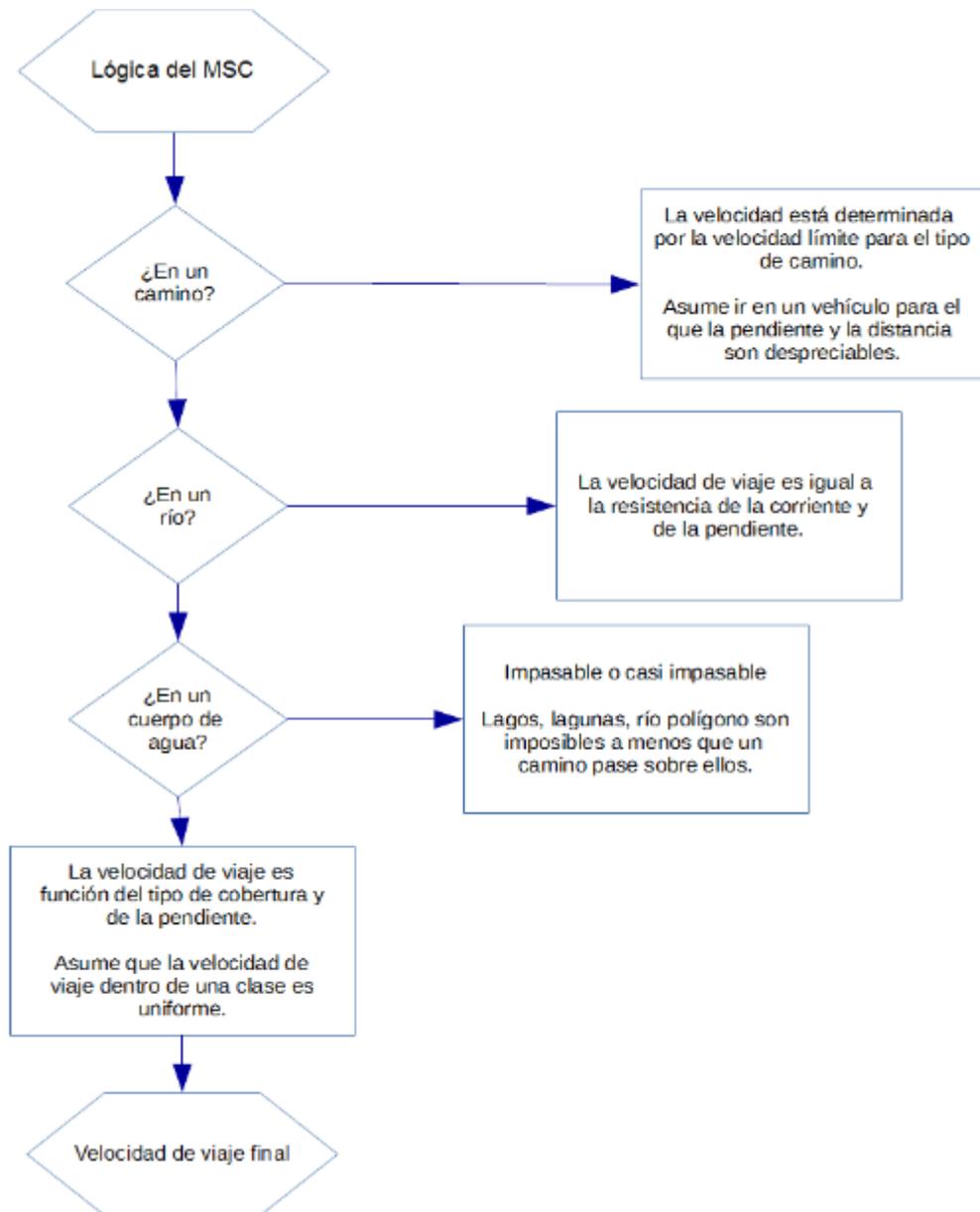


Figura 42.  
 Lógica del modelo "CSM\_Arc93\_01012010" para la determinación del acceso del territorio de una cuenca (Velásquez, 2010)

## Anexo K.

### Zonificación territorial a través de metodología propuesta por CATIE (2008)

De acuerdo con CATIE (2008), como primer paso para la elaboración de un plan de ordenamiento territorial se debe realizar un mapeo de las amenazas y vulnerabilidades, complementados por el estudio del uso actual. El mapeo del uso actual de la tierra sirve de base para la valoración de los conflictos de uso actual con relación a la capacidad de uso de la tierra, lo que permite identificar las zonas críticas y determinar opciones de manejo.

A partir de los conflictos de uso identificados, el uso actual de la tierra y la accesibilidad que se tiene al territorio, se genera un mapa de zonificación territorial de nivel uno. Dentro de este, se identifican cinco categorías de zonificación divididas en un total de 12 subcategorías. En base a esta primera zonificación, junto a los parámetros de recarga hídrica, protección hídrica, área protegida y zona de amenaza, se puede generar una zonificación territorial de nivel dos. Esta última zonificación está compuesta por nueve categorías y un total de 24 subcategorías (CATIE, 2008).

Para la propuesta de zonificación territorial de la cuenca del río Los Esclavos, se generó una propuesta de zonificación de nivel uno, ya que esta solamente servirá como base para el diseño y desarrollo de un futuro plan de ordenamiento territorial. Además de ello, no se cuenta con un mapa de zonas de protección hídrica ni de un mapa actualizado de áreas protegidas, los cuales son necesarios para la generación de la zonificación territorial a nivel dos.

En el caso de esta cuenca, se identificaron cinco categorías de zonificación, y solamente 11 subcategorías, puesto que no se cuenta con territorio correspondiente a la categoría de manejo “C/8 Desarrollo potencial para la producción forestal”. En la Tabla 37 se muestran los criterios utilizados para la zonificación de la cuenca del río Los Esclavos.

Tabla 37.

Zonificación territorial de acuerdo con la intensidad de uso de la tierra, uso actual de la tierra, capacidad de uso de la tierra (INAB) y acceso al territorio

Uso actual	Capacidad	Intensidad	Acceso	
			Fácil/medio	Difícil
<b>Bosque secundario (Arbustal)</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Subuso	A/2	D/11
	Aa	Subuso	A/2	D/11
	SS	Subuso	A/3	D/11
	Ap	Subuso	C/7	D/11
	F	Adecuado	C/6	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Coníferas</b>	A	Adecuado	C/10	D/11
	Am	Adecuado	C/10	D/11
	Aa	Adecuado	C/10	D/11
	SS	Adecuado	C/10	D/11
	Ap	Adecuado	C/10	D/11
	F	Adecuado	C/10	D/11
	Fp	Adecuado	C/10	D/11
<b>Cultivos anuales</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Adecuado	B/5	D/11
	Aa	Sobreuso	D/11	D/11
	SS	Sobreuso	D/11	D/11
	Ap	Sobreuso	D/11	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Cultivos perennes</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Subuso	A/2	D/11
	Aa	Subuso	A/2	D/11
	SS	Subuso	A/3	D/11
	Ap	Adecuado	C/9	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Pastos naturales</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Subuso	A/2	D/11
	Aa	Subuso	A/2	D/11
	SS	Adecuado	B/5	D/11
	Ap	Sobreuso	D/11	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Charral o matorral</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Subuso	A/2	D/11

	Aa	Subuso	A/2	D/11
	SS	Adecuado	B/5	D/11
	Ap	Sobreuso	D/11	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Rocas expuestas</b>	A	Adecuado	B/4	D/11
	Am	Sobreuso	D/11	D/11
	Aa	Sobreuso	D/11	D/11
	SS	Sobreuso	D/11	D/11
	Ap	Sobreuso	D/11	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Humedal con cobertura boscosa</b>	A	Adecuado	C/10	D/11
	Am	Adecuado	C/10	D/11
	Aa	Adecuado	C/10	D/11
	SS	Adecuado	C/10	D/11
	Ap	Adecuado	C/10	D/11
	F	Adecuado	C/10	D/11
	Fp	Adecuado	C/10	D/11
<b>Latifoliadas</b>	A	Adecuado	C/10	D/11
	Am	Adecuado	C/10	D/11
	Aa	Adecuado	C/10	D/11
	SS	Adecuado	C/10	D/11
	Ap	Adecuado	C/10	D/11
	F	Adecuado	C/10	D/11
	Fp	Adecuado	C/10	D/11
<b>Bosque mixto</b>	A	Adecuado	C/10	D/11
	Am	Adecuado	C/10	D/11
	Aa	Adecuado	C/10	D/11
	SS	Adecuado	C/10	D/11
	Ap	Adecuado	C/10	D/11
	F	Adecuado	C/10	D/11
	Fp	Adecuado	C/10	D/11
<b>Otros cultivos (pastos)</b>	A	Subuso	A/1	D/11
	Am	Subuso	A/2	D/11
	Aa	Subuso	A/2	D/11
	SS	Adecuado	B/5	D/11
	Ap	Sobreuso	D/11	D/11
	F	Sobreuso	D/11	D/11
	Fp	Sobreuso	D/11	D/11
<b>Centros poblados</b>	A	Centros poblados	E/12	D/11
	Am	Centros poblados	E/12	D/11

	Aa	Centros poblados	E/12	D/11
	SS	Centros poblados	E/12	D/11
	Ap	Centros poblados	E/12	D/11
	F	Centros poblados	E/12	D/11
	Fp	Centros poblados	E/12	D/11
<b>Lagos, Lagunas y otros (Lénticos)</b>	A	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	Am	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	Aa	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	SS	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	Ap	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	F	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11
	Fp	Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	D/11

Anexo L.  
Fotografías de la cuenca del río Los Esclavos



Figura 43.  
*Plantación de café y banano dentro de la cuenca del río Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)*

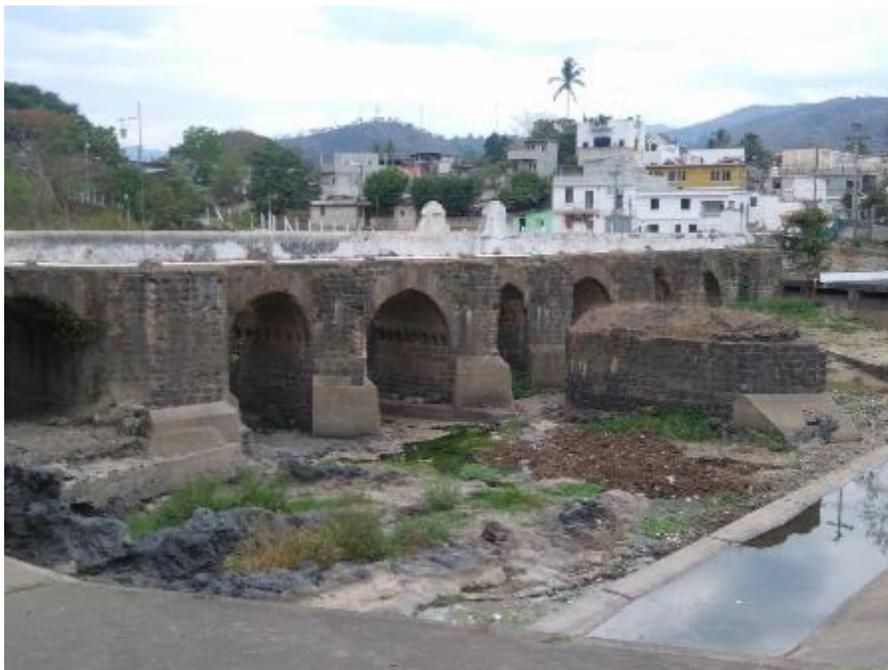


Figura 44.  
*Puente del río Los Esclavos en época seca (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)*



Figura 45.  
*Eichhornia* spp. dentro del río Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)



Figura 46.  
*Río Los Esclavos en época seca* (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)



Figura 47.  
*Ganadería dentro de la cuenca del río Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018).*



Figura 48.  
*Basurero clandestino junto a la carretera dentro de la cuenca del río Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)*



Figura 49.  
*Hidroeléctrica Los Esclavos, ubicada dentro de la aldea Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018).*



Figura 50.  
*Sistema agroforestal con café dentro de la cuenca del río Los Esclavos (Fuente: Mónica Rosales 15 abril 2018)*

### **Apoyo a REDFIA: sistematización de información relacionada al medio ambiente**

Como actividad paralela a la caracterización, se apoyó con el diseño y la creación de una base de datos para iniciar la sistematización de las investigaciones realizadas a nivel nacional relacionadas al medio ambiente, el cual fue un apoyo dirigido a la Red Nacional de Formación e Investigación Nacional (REDFIA), de la que ICC forma parte. El diseño de la base de datos (Figura 51) se realizó en función del módulo del recurso hídrico, utilizando la herramienta de software MySQL Workbench 6.3 CE.

El llenado de datos se realizó de forma manual, incluyendo únicamente la información presente en internet, de la que en cada tabla se ingresaron:

- area: 47 registros
- cuencas: 38 registros
- facultades\_institutos: 100 registros
- investigaciones: 24 registros
- municipios: 340 registros
- proyecto\_programa: 200 registros
- subcuencas: 10 registros
- tipo\_instituto: 19 registros
- area\_investigacion: 42 registros
- departamentos: 22 registros
- instituciones: 47 registros
- microcuena: 65 registros
- proyecto\_area: 403 registros
- status: 3 registros
- tipo\_documento: 9 registros
- vertientes: 3 registros

Los nombres de las tablas y los campos se escribieron en minúsculas y sin tildes por cuestión del lenguaje de programación de la herramienta de software.

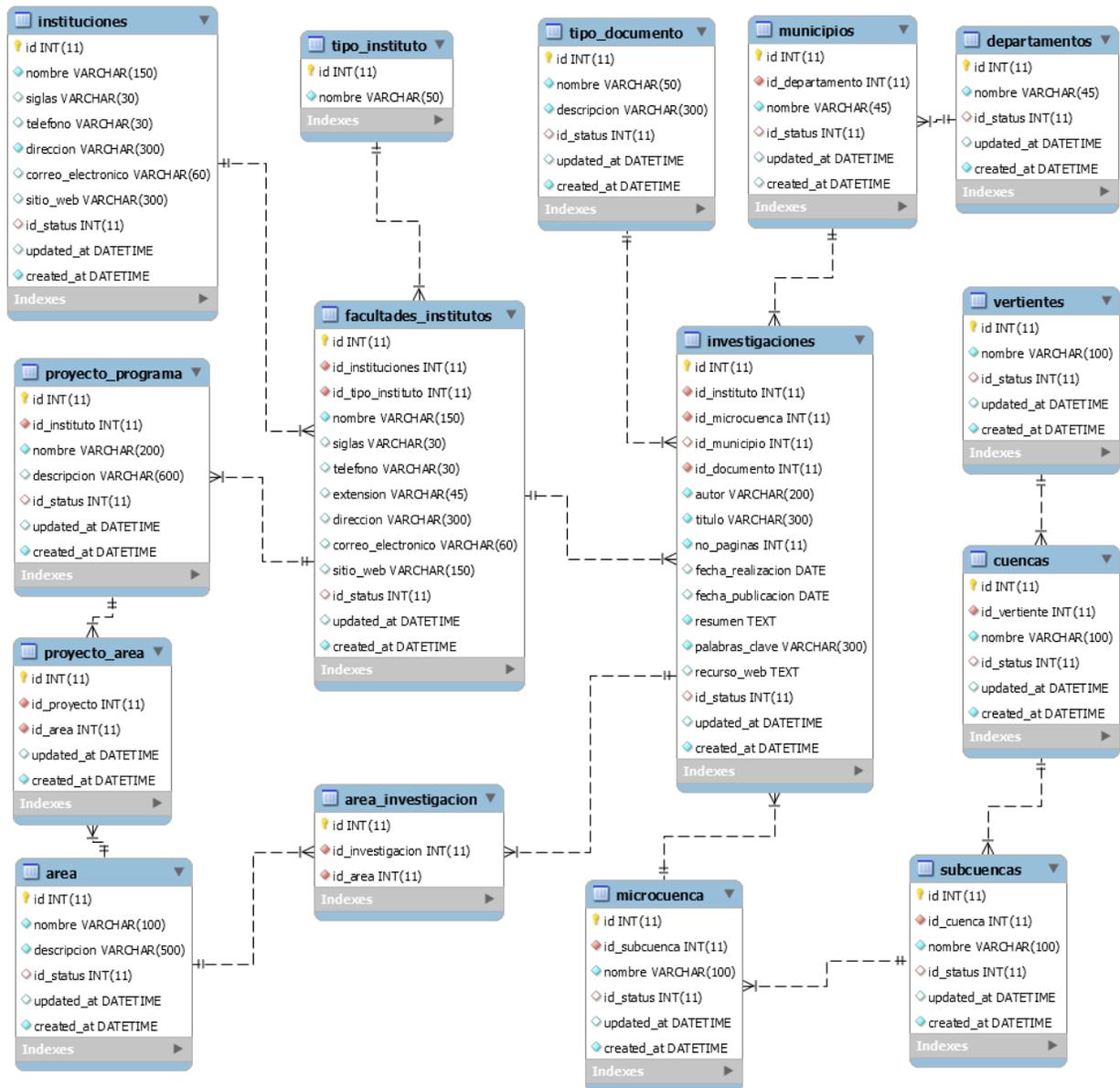


Figura 51.  
 Diseño de la base de datos en función del módulo del recurso hídrico, excluyendo la tabla “status”

## **Análisis de información meteorológica**

Como apoyo al Programa de Investigación en Clima e Hidrología, se analizaron un total de cinco bases de datos de estaciones meteorológicas en busca de vacíos de información, así como errores en la medición. Esto se realizó a través de un análisis gráfico inicialmente, tras el cual se identificaron los vacíos dentro de la base de datos. Además de ello, se realizó una prueba de Fisher para comprobar si había relación entre los datos del primer y segundo año (2016 a 2017).

Se trabajaron 71 gráficas en total, presentadas en el formato de la Tabla 38, las cuales respondían a los parámetros de:

- Temperatura promedio
- Temperatura máxima
- Punto de rocío
- Correr del viento
- Sensación térmica
- Índice THW
- Presión
- Precipitación acumulada
- Energía solar
- Grados día de enfriamiento
- Temperatura promedio interna
- Temperatura máxima interna
- Punto de rocío interno
- Densidad del aire interna
- Muestra de viento
- Temperatura mínima
- Humedad externa
- Velocidad del viento
- Velocidad máxima del viento
- Índice de calor
- Índice THSW
- Precipitación
- Radiación solar
- Radiación solar máxima
- Grados día de calefacción
- Temperatura mínima interna
- Humedad interna
- Índice de calor interno
- Evapotranspiración

Tabla 38.

Formato de presentación de vacíos e irregularidades de medición de estaciones meteorológicas

°C Temp_Out	
Gráfica	Observaciones
	<p>*Se encuentra un vacío de datos entre el 01 de enero de 2016 al 19 de abril de 2016.</p> <p>*Se detecta un vacío de datos entre el 03 y el 16 de junio de 2016.</p> <p>*Se detecta un vacío de datos entre el 29 de junio de 2016 y el 05 de julio de 2016.</p> <p>*Se detecta un vacío de datos entre el 09 y el 22 de agosto de 2016.</p> <p>*Se encuentra un vacío de datos entre el 05 y el 20 de septiembre de 2016.</p> <p>*Se encuentra un vacío de datos entre el 11 al 19 de junio de 2017.</p> <p>*Se encuentra un vacío de datos entre el 17 al 26 de septiembre de 2017.</p> <p>* Se observa un comportamiento inusualmente alto del 23 al 25 de agosto de 2017 y el 26 de julio de 2017.</p> <p>*Se observa un comportamiento inusualmente bajo del 17 al 22/10 y del 21 al 23/11 de 2016; del 19 al 25/01, del 15 al 28/02, y del 22 al 23/04 de 2017.</p> <p style="text-align: right;"><b>F:</b> 1.80E-04</p>