

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, a golden crown at the top, and a figure on horseback. The shield is flanked by two golden lions. The shield is set against a light blue background with a golden sun. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS INTER CÆTERAS SUB BIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA RÍO  
ACOMÉ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INSTITUTO PRIVADO DE  
INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -ICC-, SANTA LUCÍA  
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

ALLAN WILFREDO CARAVANTES ALVARADO

GUATEMALA, OCTUBRE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA RÍO  
ACOMÉ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INSTITUTO PRIVADO DE  
INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -ICC-, SANTA LUCÍA  
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ALLAN WILFREDO CARAVANTES ALVARADO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. Sc. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	M. E. H. Rut Raquel Curruchich Cúmez
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, octubre de 2015

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros,

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación **“CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA RÍO ACOMÉ, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -ICC-, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Allan Wilfredo Caravantes Alvarado

## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS:** Por ser lo más importante en mi vida y siempre llenarme de bendiciones, si el no sería nada.
- A MIS PADRES:** Willy y Zonia por ser unos padres maravillosos, que siempre me llenaron de amor y me educaron con valores para ser un hombre de bien.
- A MI AMOR LINDO:** Melissa Morales, por ser mi inspiración, la mujer que amo con la quiero compartir mi vida, gracias por amarme tanto y siempre estar a mi lado en todo momento.
- A MIS HERMANAS:** Mónica y Zonia, las quiero mucho espero que les pueda servir de ejemplo y que se sientan orgullosas de mi así como yo me siento orgulloso de ustedes.
- A MI FAMILIA:** Abuelos, tíos, primos y demás familia, gracias por sus muestras de cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A DIOS: Por darme vida y permitirme llegar a este logro tan importante.
- A MIS PADRES: Por apoyarme en todo, sin ustedes no hubiera podido lograr esto, estoy eternamente agradecido con ustedes los amo.
- A MI AMOR LINDO: Gracias por apoyarme en este proceso y darme ánimos en todo momento, eres única mi cielito soy tan feliz de tenerte te amo mucho.
- A LA FAUSAC: Por los años de enseñanza, me siento orgulloso de pertenecer a esta gran casa de estudios.
- A MIS ASESORES: Dr. Marvin Salguero y Dr. Tomas Padilla, gracias por guiarme en este proceso y el tiempo que se tomaron para colaborarme con la realización de este documento.
- Al ICC: Especialmente al Ing. Luis Reyes y al equipo del programa de Manejo Integrado de Cuencas, gracias por permitirme terminar mi formación académica, dándome la oportunidad de realizar mi EPS.

A MIS AMIGOS:

Jorge Elías, Fredy Cruz, Christian Nájera, Carlos Reynosa, Erick Reyes, Julio Lemus, Alejandro Pérez y Víctor Valenzuela gracias por su amistad y todos los buenos momentos vividos en esta etapa de mi vida, espero que pronto puedan culminar esto que empezamos juntos años atrás.





## ÍNDICE

PÁGINA

<b>1. CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL APOYO DEL ICC EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES A TRAVES DEL PROGRAMA MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO.</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>3</b>
1.2.1 Institución	3
1.2.2 Ubicación	3
1.2.3 Visión	3
1.2.4 Misión	3
1.2.5 Líneas de trabajo	3
1.2.6 Organigrama	3
1.2.7 Manejo Integrado de cuencas	4
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivo específicos	5
<b>1.4 METODOLOGÍA</b>	<b>6</b>
1.4.1 Obtención y sistematización de información de las actividades	6
1.4.2 Análisis de actividades de acuerdo al criterio de clasificación	6
<b>1.5 RESULTADOS</b>	<b>9</b>
1.5.1 Descripción de las actividades del programa MIC	9
1.5.1.1 Actividades año 2011	9
1.5.1.2 Actividades año 2012	9
1.5.1.3 Actividades año 2013	10
1.5.2 Análisis de proyectos	14
1.5.2.1 Proyectos y acciones del programa MIC por recurso natural	16
1.5.3 Evaluación de aspectos ambientales y sociales producción de plantas	17

1.5.4 Actividades que se realizaron durante el EPS .....	18
<b>1.6 CONCLUSIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>1.8 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>21</b>
<b>2. CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA RÍO ACOMÉ DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA. ....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 PRESENTACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.3.1 MARCO CONCEPTUAL .....	25
2. 3.1.1 El Ciclo hidrológico .....	25
2.3.1.2 Cuenca hidrográfica.....	25
2.3.1.3 Cuenca exorreica.....	26
2.3.1.4 Tipos de corrientes .....	26
2.3.1.5 Orden de corrientes .....	26
2.3.1.6 Conceptualización de sistema en los recursos hídricos.....	26
2.3.1.7 Distribución de los cursos del agua .....	27
2.3.1.8 Agua superficial .....	27
2.3.1.9 Disponibilidad de cantidad de agua .....	27
2.3.1.10 Esgurrimiento .....	28
2.3.1.11 Escorrentía superficial .....	28
2.3.1.12 Método de sección - velocidad.....	28
2.3.1.13 Manejo integral del agua.....	29
2.3.1.14 Situación de los recursos hídricos en Guatemala.....	29
2.3.1.15 Trasvase .....	30
2.3.1.16 Sistemas de información geográfica.....	30

2.3.1.17 Funcionamiento Sistemas de información geográfica.....	31
2.3.2 MARCO REFERENCIAL.....	31
2.3.2.1 Ubicación geográfica .....	31
2.3.2.2 Hidrografía y relieve .....	31
2.3.2.3 Zonas de vida .....	32
2.3.2.4 Fisiografía .....	32
2.3.2.4.1 Llanuras aluviales de la Costa del Pacífico .....	32
2.3.2.3 Geología .....	33
3.2.3.1 Unidad geológica Aluviones Cuaternarios .....	33
2.3.2.4 Suelos.....	33
2.3.2.5 Actividades productivas y uso de la tierra.....	34
2.3.2.6 Usos del agua.....	35
<b>2.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>37</b>
2.4.1 General .....	38
2.4.2 Específicos.....	38
<b>2.5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>39</b>
2.5.1 Actualización de la red hídrica .....	39
2.5.2 Identificación de los factores que inciden en el flujo superficial .....	40
2.5.3 Cuantificación del caudal hídrico de la cuenca .....	41
2.5.4 Digitalización y Análisis de la información obtenida.....	42
2.5.5 Elaboración de propuestas de manejo del recurso hídrico .....	43
2.5.6 Elaboración del documento final .....	43
<b>2.6. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
2.6.1 Actualización de la red hídrica .....	44
2.6.2 Factores que inciden y/o modifican el flujo superficial .....	47
2.6.2.1 Unidades hidrológicas.....	47
2.6.2.2 Conexión de la cuenca del río Acomé con cuencas vecinas .....	47
2.6.2.3 Trasvases .....	48
2.6.2.4 Cuerpos de agua artificiales .....	48

	PÁGINA
2.6.3 Cuantificación del caudal hídrico de la cuenca .....	54
2.6.3.1 Clima.....	54
2.6.3.1.1 Temperatura .....	56
2.6.3.1.2 Evapotranspiración .....	59
2.6.3.1.3 Precipitación .....	62
2.6.3.1.4 Climadiagrama .....	65
2.6.3.2 Caudales.....	67
2.6.3.3 Aforos diferenciales .....	75
2.6.3.4 Curva de duración de caudales característicos .....	76
2.6.3.5 Balance hidrológico.....	80
2.6.3.6 Uso de agua superficial para la caña de azúcar .....	81
2.6.4 Propuestas de manejo del recurso hídrico .....	82
2.6.4.1 Árbol de problemas.....	82
2.6.4.2 Propuestas de manejo .....	84
<b>2.7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>2.8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>2.9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>
<b>3. CAPITULO III. INFORME DE SERVICIOS PRESTADOS AL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.....</b>	<b>90</b>
<b>3.1 SERVICIO 1: APOYO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MANGLE.....</b>	<b>91</b>
3.1.1 PRESENTACIÓN.....	91
3.1.2 OBJETIVOS.....	92
3.1.2.1 General.....	92
3.1.2.2 Específicos .....	92

	PÁGINA
3.1.3 METODOLOGIA .....	93
3.1.3.1 Trabajo en campo .....	93
3.1.3.2 Sistematización de la información.....	93
3.1.4 RESULTADOS.....	94
3.1.5 CONCLUSIONES .....	98
3.1.6 RECOMENDACIONES .....	98
<b>3.2 SERVICIO 2: EVALUACIÓN DE ÁREAS RESTAURADAS EN CORREDORES BIOLÓGICOS EN 2012 Y 2013.....</b>	<b>99</b>
3.2.1 PRESENTACIÓN.....	99
3.2.2 OBJETIVOS.....	100
3.2.2.1 General .....	100
3.2.2.2 Específicos.....	100
3.2.3 METODOLOGIA .....	101
3.2.3.1 Unidad de muestreo.....	101
3.2.3.2 Obtención de datos .....	102
3.2.3.3 Validación de campo.....	106
3.2.4 RESULTADOS.....	107
3.2.4.1 Primera evaluación en Campo.....	107
3.2.4.1.1 Características del área.....	109
3.2.4.2 Segunda evaluación en campo.....	109
3.2.4.2.1 Características del área.....	114
3.2.4.3 Tercera evaluación en campo.....	114
3.2.4.3.1 Características del área.....	114
3.2.4.4 Cuarta evaluación en campo .....	114
3.2.4.4.1 Características del área.....	117
3.2.5 CONCLUSIONES .....	118
3.2.6 RECOMENDACIONES .....	119
<b>3.3 SERVICIO 3: ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EN LOS CAUCES DE LA CUENCA DEL RÍO ACOMÉ.....</b>	<b>120</b>
3.3.1 PRESENTACIÓN.....	120

	PÁGINA
3.3.2 OBJETIVOS.....	121
3.3.2.1 General.....	121
3.3.2.2 Específicos .....	121
3.3.3 METODOLOGÍA .....	122
3.3.3.1 Toma de muestra.....	122
3.3.3.2 Procesamiento de muestras .....	122
3.3.3.4 Análisis de velocidad y tamaño de partículas .....	122
3.3.4 RESULTADOS.....	124
3.3.4.1 Carga de sedimentos.....	124
3.3.4.2 Velocidad del flujo y tamaño de partículas.....	127
3.3.5 CONCLUSIONES .....	130
3.3.6 RECOMENDACIONES .....	130
<b>3.4 Bibliografía.....</b>	<b>131</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de evaluación.....	7
Cuadro 2. Proyectos y acciones desarrolladas y generadas.....	11
Cuadro 3. Valorización en porcentaje de actividades y proyectos a cargo de MIC ...	14
Cuadro 4. Número de proyectos y acciones por recurso natural.....	16
Cuadro 5. Evaluación de indicadores de la actividad producción de plantas .....	18
Cuadro 6. Usos del agua en los principales ríos de la cuenca del río Acomé .....	35
Cuadro 7. Tipo de corrientes superficiales de la cuenca del río Acomé .....	44
Cuadro 8. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Acomé .....	45
Cuadro 9. Ubicación de puntos de trasvases a la cuenca del río Acomé.....	48
Cuadro 10. Estaciones meteorológicas localizadas en la cuenca del río Acomé .....	54
Cuadro 11. Temperatura media en la cuenca del río Acomé .....	56
Cuadro 12. Áreas de distribución de temperatura media en la cuenca .....	57
Cuadro 13. Evapotranspiración mensual en la cuenca del río Acomé .....	59
Cuadro 14. Áreas de distribución de evapotranspiración en la cuenca .....	60

Cuadro 15. Precipitación mensual por estación en la cuenca del río Acomé.....	62
Cuadro 16. Áreas de distribución de precipitación media en la cuenca .....	63
Cuadro 17. Análisis de precipitación y evapotranspiración mensual de la cuenca.....	65
Cuadro 18. Datos de caudales mensuales del río Acomé.....	71
Cuadro 19. Datos de caudales mensuales de los cauces tributarios .....	73
Cuadro 20. Datos de caudales mensuales del río Colojate y tributario .....	73
Cuadro 21. Caudales del trasvase del río Coyolate .....	75
Cuadro 22. Resumen de aforos diferenciales en el río Acomé .....	76
Cuadro 23. Caudales característicos del río Acomé .....	76
Cuadro 24. Caudales característicos del río Colojate .....	78
Cuadro 25. Resumen del balance hidrológico mensual de la cuenca .....	80
Cuadro 26. Resumen del balance hidrológico anual de la cuenca.....	80
Cuadro 27. Ubicación de las 4 PPMF .....	94
Cuadro 28. Resumen de datos dasométricos de la parcelas permanentes .....	95
Cuadro 29. Boleta de evaluación de restauraciones de bosque de ribera .....	104
Cuadro 30. Resultados, árboles/Ha y altura promedio primera evaluación.....	107
Cuadro 31. Datos del estado físico de las especies primera evaluación.....	108
Cuadro 32. Datos del estado fitosanitario de las especies primera evaluación.....	109
Cuadro 33. Resultados, árboles/Ha y altura promedio segunda evaluación .....	110
Cuadro 34. Datos del estado físico de las especies segunda evaluación .....	112
Cuadro 35. Datos del estado fitosanitario de las especies segunda evaluación .....	113
Cuadro 36 .Resultados, árboles/Ha y altura promedio cuarta evaluación.....	115
Cuadro 37. Datos del estado físico de las especies cuarta evaluación.....	116
Cuadro 38 .Datos del estado fitosanitario de las especies segunda evaluación .....	117
Cuadro 39. Datos de carga de sedimentos del cauce principal de la cuenca .....	124
Cuadro 40. Datos de carga de sedimentos de cauces tributarios de la cuenca.....	125
Cuadro 41. Datos de carga de sedimentos del río Colojate y tributario .....	126
Cuadro 42. Datos de tamaño de partículas según las velocidades.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Estructura organizacional. (ICC, 2011) .....	4
Figura 2. Gráfica de número proyectos y acciones por recurso natural .....	17
Figura 3. Mapa base de la cuenca del río Acomé .....	36
Figura 4. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal .....	37
Figura 5. Corrientes principales de la cuenca del río Acomé. ....	45
Figura 6. Mapa de red hídrica superficial de la cuenca del río Acomé .....	46
Figura 7. Mapa de unidades hidrológicas naturales de la cuenca del río Acomé.....	50
Figura 8. Mapa de conexión de corrientes y unidad de Abanico Aluvial .....	51
Figura 9. Mapa de cuerpos de agua artificiales en la cuenca del río Acomé .....	52
Figura 10. Mapa de niveles freáticos en la cuenca del río Acomé .....	53
Figura 11. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas .....	55
Figura 12. Mapa de temperatura media anual en la cuenca del río Acomé .....	58
Figura 13. Mapa de evapotranspiración media anual en la cuenca del río Acomé ...	61
Figura 14. Mapa de precipitación media anual en la cuenca del río Acomé .....	64
Figura 15. Gráfica de climadiagrama en la cuenca del río Acomé .....	66
Figura 16. Monitoreo de caudales en los puntos Chontel y Colojate.....	67
Figura 17. Puntos de aforo en la cuenca del río Acomé.....	68
Figura 18. Gráfica de caudales del río Acomé .....	72
Figura 19. Gráfica de caudales del río Colojate y tributario.....	74
Figura 20. Curva de duración de caudales en el río Acomé.....	77
Figura 21. Curva de duración de caudales en el río Colojate.....	79
Figura 22. Árbol de problemas del recurso hídrico de la cuenca del río Acomé .....	83
Figura 23. Toma de DAP de los árboles en la PPMF .....	95
Figura 24. Mapa de ubicación de las PPMF .....	96
Figura 25. Toma de datos dasométricos de los árboles de la PPMF .....	97
Figura 26. Medición de sub-parcela de regeneración natural .....	97
Figura 27. Forma y dimensiones de la parcela.....	101
Figura 28. Gráfica de árboles/Ha de la primera evaluación .....	107
Figura 29. Gráfica de alturas promedio de la primera evaluación .....	108



	PÁGINA
Figura 30. Gráfica de árboles/Ha de la segunda evaluación.....	111
Figura 31. Gráfica de alturas promedio de la segunda evaluación.....	111
Figura 32. Gráfica de diámetro promedio de la segunda evaluación .....	112
Figura 33. Gráfica de árboles/Ha de la cuarta evaluación.....	115
Figura 34. Gráfica de alturas promedio de la cuarta evaluación .....	116
Figura 35. Cono de Imhoff.....	123
Figura 36. Procesamiento de muestras de sedimento .....	123
Figura 37. Gráfica de sedimentos mensuales en el cauce principal.....	125
Figura 38. Gráfica de sedimentos mensuales de cauces tributarios de la cuenca ..	126
Figura 39. Gráfica de sedimentos mensuales del río Colojate y tributario .....	127
Figura 40. Diagrama de Hjulstrom (PHI-LAC, 2010). .....	128

## RESUMEN

El presente documento, es parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía, el cual fue realizado en el periodo de febrero a noviembre de 2014; en el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-, ubicado en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A.

En el capítulo I se presenta el diagnóstico del apoyo del ICC en la conservación y restauración de los recursos naturales a través del programa Manejo Integrado de Cuencas en la vertiente del Pacífico. Se describieron las actividades que se han realizado en el programa, posteriormente se analizó la información a través de herramientas de evaluación y se definieron las actividades que se realizaron durante el EPS.

En el capítulo II se presenta la investigación de la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca del río Acomé, Escuintla, Guatemala, se elaboró un mapa de red hídrica superficial actual, se identificaron los factores que inciden y/o modifican el flujo superficial natural de las corrientes hídricas de la cuenca, además se cuantificó el caudal hídrico realizando aforos mensuales, para posteriormente elaborar propuestas de manejo del recurso hídrico.

Los resultados mostraron que la cuenca aumenta su drenaje debido a las corrientes artificiales, se determinó que los factores que inciden o modifican el flujo superficial natural de las corrientes hídricas son: el incremento de caudales a través de trasvases, la retención y desvíos de corrientes, la dinámica de la unidad hidrológica superficial independiente, el uso de embalses y norias o pozas. El río Acomé presenta un caudal promedio de 25.74 m<sup>3</sup>/s siendo equivalente a una escorrentía anual 1172 mm presentando los menores caudales en el mes de abril y los mayores en los meses de junio y octubre. En la cuenca existe un desorden en el uso del agua superficial, por lo que es necesario el manejo integral de los recursos hídricos, promoviendo el manejo y desarrollo coordinado del agua entre los diferentes actores.

Finalmente en el Capítulo III se presentan los servicios realizados, siendo estos los siguientes: apoyo en el establecimiento de parcelas permanentes de mangle en el departamento de Suchitepéquez; evaluación de áreas restauradas en corredores biológicos en 2012 y 2013 en las principales cuencas de la vertiente del pacífico; finalmente se realizó una estimación de la carga de sedimentos transportados en los cauces de la cuenca del río Acomé.



**1. CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL APOYO DEL ICC EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES A TRAVES DEL PROGRAMA MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático es la institución fundada por el sector azucarero de Guatemala, para contribuir en acciones que desarrollen procesos adecuados de mitigación y adaptación al cambio climático en las comunidades, procesos productivos e infraestructura en la región (ICC, 2011). El instituto tiene como objetivo principal, ser una institución privada, líder en investigación y promoción de proyectos, para la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en las comunidades, los procesos productivos y la infraestructura de la región de influencia de sus miembros.

La Visión del instituto es ser una institución privada líder en investigación y promoción de proyectos, para la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en las comunidades, los procesos productivos y la infraestructura de la región de influencia de sus miembros. Su misión es: Crear y promover acciones y procesos que faciliten la mitigación y la adaptación al cambio climático en la región, con base en lineamientos técnico-científicos.

El ICC a través del programa Manejo Integrado de Cuencas persigue impulsar e implementar acciones para mantener la integridad de los recursos naturales en las cuencas tomando en cuenta su contexto social.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía, se realizó un diagnóstico del apoyo del ICC en la conservación y restauración de los recursos naturales a través del programa Manejo Integrado de Cuencas en la vertiente del pacífico.

## **1.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **1.2.1 Institución**

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático – ICC, es una entidad no lucrativa, apolítica y no religiosa dedicada a utilizar la ciencia para orientar acciones que ayuden a enfrentar el cambio climático a nivel local.

### **1.2.2 Ubicación**

Edificio 2 Cengicaña, Finca Camantulul, km 92.5 carretera a Mazatenango, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, GUATEMALA C.A.

### **1.2.3 Visión**

Ser una institución privada líder en investigación y desarrollo de proyectos para la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en las comunidades, los procesos productivos y la infraestructura de la región

### **1.2.4 Misión**

Crear y promover acciones y procesos que faciliten la mitigación y la adaptación al cambio climático en la región con base en lineamientos técnico-científicos.

### **1.2.5 Líneas de trabajo**

1. Generación y análisis de información meteorológica.
2. Investigación y gestión de riesgo de inundaciones.
3. Inventario de gases de efecto invernadero AIA.
4. Adaptación en sistemas productivos.
5. Conservación, manejo y restauración de ecosistemas (bosques y suelos).
6. Manejo integral del agua.
7. Desarrollo de capacidades.
8. Divulgación del ICC.

### **1.2.6 Organigrama**

El equipo del ICC está conformado por un director, cuatro coordinadores de programas, personal técnico, personal administrativo y personal de campo.



Figura 1. Estructura organizacional. (ICC, 2011)

### 1.2.7 Manejo Integrado de cuencas

Este programa persigue impulsar e implementar acciones para mantenerla integridad de los recursos naturales en las cuencas tomando en cuenta su contexto social.

En función de lo anterior se han definido las áreas principales de trabajo:

- ✓ 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.
- ✓ Contribuir en la protección de suelos.



## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar el diagnóstico del apoyo del ICC en la conservación y restauración de los recursos naturales a través del programa Manejo Integrado de Cuencas en la vertiente del pacífico.

### **1.3.2 Objetivo específicos**

- Describir las actividades que se han realizado en el programa de Manejo Integrado de Cuencas.
- Analizar la información a través de herramientas de evaluación.
- Definir las actividades que se realizarán durante el ejercicio profesional supervisado.

## **1.4 METODOLOGÍA**

### **1.4.1 Obtención y sistematización de información de las actividades que se han realizadas en el Programa: “Manejo Integrado de Cuencas”.**

- Se Recopiló información a través de POAS, informes de proyectos, boletines informativos, Informes anuales y otras fuentes de información de las actividades de los años 2011, 2012 y 2013.
- Posteriormente se organizó la información obtenida para describir las actividades realizadas por el programa manejo integrado de cuencas.
- Se eligió un criterio de clasificación para agrupar las actividades desarrolladas por el programa de manejo integrado de cuencas.

### **1.4.2 Análisis de actividades de acuerdo al criterio de clasificación.**

- Se realizó una visita de reconocimiento en las áreas donde se implementó la actividad.
- Se elaboró una matriz de evaluación (cuadro 1) para la actividad a evaluar.
- Se realizó una entrevista guiada al equipo del programa de manejo integrado de cuenca para evaluar la actividad.

Cuadro 1. Matriz de evaluación

<b>FORMATO DE MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE INDICADORES</b>								
Fecha:		No.		Proyecto o actividad:				
<b>ASPECTOS A CALIFICAR</b>		<b>CALIFICACIÓN</b>					<b>PROMEDIOS</b>	<b>OPINIÓN</b>
III. Impacto Ambiental		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	1 = Muy Malo 2 = Malo 3 = Regular 4 = Bueno 5 = Muy Bueno	
1. ¿Se toman en cuenta los efectos que tiene para el medio ambiente?								
2. ¿Se están tomando las medidas para la protección del medio ambiente?								
3. ¿Se está evitando alterar los ecosistemas naturales?								
4. ¿Qué impacto tiene en los recursos naturales locales?								
Sub total								
IV. Aspectos socioculturales		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	1 = Muy Malo 2 = Malo 3 = Regular 4 = Bueno 5 = Muy Bueno	
1. ¿Se ha logrado el involucramiento de las personas que participaron?								
2. ¿Se respetan las costumbres y tradiciones positivas de las comunidades?								

3. ¿Se ha logrado la participación de la mujer?							
4. ¿Existe armonía de trabajo entre las personas que participaron?							

## **1.5 RESULTADOS**

### **1.5.1 Descripción de las actividades del programa manejo Integrado de Cuenca (MIC).**

A continuación se presenta un resumen de las actividades realizadas del ICC a través del programa manejo integrado de cuenca en los años 2011, 2012 y 2013. En el Cuadro 1 se presentan los 60 proyectos realizados por el programa manejo integrado de cuenca en los 2011, 2012 y 2013.

#### **1.5.1.1 Actividades año 2011**

-Incidir en la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos fue el mejor resultado para el programa de manejo de cuencas ya que se cumplió con el 94% de las actividades.

-No se realizó ninguna actividad en cuanto al recurso suelo el resultado esperado era establecer estrategias e implementar acciones de protección y recuperación de suelos.

-Se reforesto en las partes bajas de las cuencas (priorizando la zona cañera) con 46,500 plantas.

-Se apoyó en la prevención y control de incendios forestales en la región.

-Se identificó áreas para la instalación de viveros.

#### **1.5.1.2 Actividades año 2012**

-Se reforestaron más 200,000 de las cuales 107,000 eran especies forestales nativas, de las cuales se estima un 60% de prendimiento inicial.

-Se seleccionaron comunidades con cooperación de personal técnico de la región IX del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y se capacitaron en el tema.

- Las variables de selección de comunidades seguridad, fácil acceso y disponibilidad de agua.
- Se les solicitaron a las comunidades un listado de personas interesadas en la incorporación de plantas forestales en sus áreas y la extensión de tierra para realizar la siembra de las mismas.

- Se realizó la compra y entrega de insumos y semillas.
- Con los datos recopilados se les proporciono herramientas e insumos necesarios para la producción de dicha cantidad de plantas.

Se establecieron los semilleros donde se realizó el llenado de bolsa trasplante entre otras actividades. Se realizaron capacitaciones de manejos de viveros a las personas responsables que fueron nombradas por la comunidad y pobladores en general y se facilitó seguimiento técnico con visitas de campo durante las principales actividades.

-Se realizó el lanzamiento del proyecto “Cogestión del Manejo Sustentable y Conservación del Volcán de Acatenango y Parque Regional Municipal Volcán de Acatenango”.

### **1.5.1.3 Actividades año 2013**

-Se incrementó a 34 viveros forestales.

-Se contribuyó a la reducción de gases efecto invernadero produciendo 356,000 plantas en viveros de la vertiente del pacifico.

-Se reforestaron 25.82 ha en corredores biológicos para aportar a la disminución del impacto de eventos climáticos sobre comunidades, sistemas de producción e infraestructura.

-Se establecieron parcelas de escurrimiento bajo diferentes tipos de coberturas que cuentan con prácticas de conservación para validar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Modificada –MUSLE-.

-Se caracterizó la red de distribución de agua de la cabecera municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

-Se inició el Proyecto de Conservación del Ecosistema Manglar en la costa del Pacífico de Guatemala financiado y ejecutado en coordinación con el Ingenio Magdalena como primera actividad se tuvo una reforestación de mangle en la aldea Tahuexco, departamento de Suchitepéquez.

Cuadro 2. Proyectos y acciones desarrolladas y generadas a través del programa Manejo Integrado de Cuencas (MIC) en los años 2011, 2012 y 2013

<b>Número</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Coordinado con</b>
1	Vivero forestal comunitario y reforestación en aldea El Conacaste, Iztapa, Escuintla	INAB Región IX
2	Vivero forestal comunitario y reforestación ECA Todos Santos Cuchumatan, Guanagazapa, Escuintla	INAB Región IX
3	Vivero forestal comunitario y reforestación ECA La Bendición, Guanagazapa, Escuintla	INAB Región IX
4	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad Nuevo Coyolate Sur, Patulul, Suchitepéquez	INAB Región IX
5	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad La Cumbre, Patulul, Suchitepéquez	INAB Región IX
6	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad San Marcos Niza, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
7	Vivero forestal comunitario y reforestación en aldea Tahuexco, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
8	Vivero forestal comunitario y reforestación en aldea El Triunfo, Santo Domingo, Suchitepéquez	INAB Región IX
9	Vivero forestal comunitario y reforestación en aldea Conoguitas, La Nueva Concepción, Escuintla	ASOBORDAS
10	Vivero forestal Mazatenango, Suchitepéquez	Asociación Amigos del río Ixtacapa-INAB Región IX
11	Reforestaciones en Comunidad Nuevo Coyolate Sur, Patulul, Suchitepéquez	Comunidad Nuevo Coyolate Sur, Patulul, Suchitepéquez
12	Producción de plantas forestales	Ingenio Magdalena
13	Plantaciones con especies energéticas en Trocha 2 y 4, La Nueva Concepción, Escuintla	ASOBORDAS
14	Apoyo a reforestación con fines de conservación Ingenio Palo Gordo	Ingenio Palo Gordo
15	Apoyo a reforestación con fines de conservación Ingenio el Pilar	Ingenio El Pilar
16	Apoyo a reforestación con fines de conservación Ingenio Pantaleón	Ingenio Pantaleón
17	Apoyo a reforestación con fines de conservación Ingenio Magdalena	Ingenio Magdalena
18	Apoyo a reforestación con fines de conservación Ingenio Madre Tierra	ASOBORDAS e Ingenio Madre Tierra
19	Apoyo en gestión del agua a nivel urbano	Municipalidad Santa Lucía Cotz.

20	Apoyo a la gestión del proyecto "Cogestión del manejo sustentable y conservación del Volcán de Acatenango y Parque Regional Municipal Volcán de Acatenango"	Oficina Técnica Nacional de CATIE
21	Fortalecimiento a la Asociación Amigos del río Ixtacapa	Asociación Amigos del río Ixtacapa
22	Vivero Forestal y Arboretum CENGICAÑA	CENGICAÑA
23	Ejecución del proyecto "Cogestión del manejo sustentable y conservación del Volcán de Acatenango y Parque Regional Municipal Volcán de Acatenango"	CATIE-OTN, municipalidad de Acatenango
24	Apoyo y participación en evento HIDROINDUSTRIA	AGEXPORT
25	Proyecto pequeñas donaciones	FCA /Tikonel
26	Proyecto vivero forestal Parramos, Chimaltenango	CEDIG
27	Fortalecimiento a cuadrillas de guardabosques de Nahualá, Sololá	INAB, Asociación Amigos del río Ixtacapa
28	Proyecto Conservación del Ecosistema Manglar Tahuexco, Suchitepéquez	INAB, COCODES
29	Proyecto Conservación del Ecosistema Manglar Sipacate, Escuintla	Ingenio Magdalena, CONAP, municipalidad de la Gomera
30	Proyecto Conservación del Ecosistema Manglar Monterrico - Hawaii, Santa Rosa	CONAP, CECON
31	Proyecto Conservación del Ecosistema Manglar Tahuexco, Suchitepéquez	Ingenio Palo Gordo
32	Proyecto Conservación del Ecosistema Manglar Manchón Guamuchal, Retalhuleu-San Marcos	INAB, ESTEFOR
33	Estudio de la erosión hídrica finca Los Sujuyes	Ingenio Pantaleón, FAUSAC
34	Evaluación de 5 tratamientos germinativos para <i>Conocarpus erectus</i>	FAUSAC
35	Caracterización del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla	Universidad Rafael Landívar y municipalidad de Santa Lucía Cotz.
36	Reforestación con estudiantes de Nueva Concepción, Escuintla	Ingenio Madre Tierra, COCODE Tecojate
37	Apoyo a municipalidad Siquinalá en reforestación	Municipalidad Siquinalá
38	Apoyo a municipalidad Masagua reforestación	Municipalidad Masagua
39	Apoyo a municipalidad Chiquimulilla en viveros y reforestación	Municipalidad Chiquimulilla
40	Vivero forestal comunitario y reforestación en caserío Cuyutlan	INAB Región IX



41	Vivero forestal comunitario y reforestación en caserío Mángales	INAB Región IX
42	Vivero forestal comunitario y reforestación en caserío Las Areas Villa Tahuexco, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
43	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad El Paraíso, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
44	Vivero forestal comunitario y reforestación en caserío San José La Flecha, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
45	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad Montecarlo, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
46	Vivero forestal comunitario y reforestación en caserío Japón, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
47	Vivero forestal comunitario y reforestación en aldea El Guajilote, Mazatenango, Suchitepéquez	INAB Región IX
48	Vivero forestal comunitario y reforestación en Samayac, Suchitepéquez	INAB Región IX, MAGA, municipalidad Samayac
49	Vivero forestal comunitario y reforestación en San Pedro Cutzan, Chicacao, Suchitepéquez	INAB Región IX
50	Vivero forestal comunitario y reforestación en San Rafael Bujilla, San Miguel Panam, Suchitepéquez	INAB Región IX
51	Vivero forestal comunitario y reforestación en Mangal	INAB Región IX
52	Vivero forestal comunitario y reforestación con Asociación de Campesinos Nueva Concepción del Alba del Viejo Quetzal	INAB Región IX
53	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad Lirios de Coronado	INAB Región IX
54	Vivero forestal comunitario y reforestación en Tilapa, Ocos, San Marcos	INAB Región IX
55	Vivero forestal comunitario y reforestación en San Pablo, San Marcos	INAB Región IX
56	Vivero forestal comunitario y reforestación en El Chico, Retalhuleu, Retalhuleu	INAB Región IX
57	Vivero forestal comunitario y reforestación en La Barrita, Retalhuleu, Retalhuleu	INAB Región IX
58	Vivero forestal comunitario y reforestación con municipalidad El Nuevo Palmar	INAB Región IX
59	Vivero forestal comunitario y reforestación en comunidad El Ahumado, Chiquimulilla, Santa Rosa	INAB Región IX
60	Proyecto "Fortalecimiento de las acciones de conservación realizadas por la comunidad indígena de Palín, Escuintla, en la finca el Chilar"	CIP/INAB/UTZ´CHE

Fuente: ICC 2013

### 1.5.2 Análisis de proyectos

En el Cuadro 3 se presentan los objetivos, las actividades y el número de proyectos realizados. Las actividades a cargo de MIC se concentran en el cumplimiento del objetivo 2: contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero del ICC, mientras que se tiene un menor número de proyectos para el cumplimiento del objetivo 3: facilitar la adaptación de las comunidades, sistemas de producción e infraestructura al clima futuro a pesar de que el programa tiene a su cargo un 29.50% del cumplimiento del objetivo. El 73.33% proyectos ejecutados se enfocan en el cumplimiento del objetivo 2 siendo la actividad de producción de plantas una de las actividades que mayor peso tiene en el objetivo 2 y a su vez es la actividad con mayor número de proyectos ejecutados con un 58.33% del total de proyectos ejecutados en los últimos 3 años. El objetivo 1: Aportar a la disminución del impacto de eventos climáticos sobre comunidades, sistemas de producción e infraestructura, el 18.34% de los proyectos se enfocan en las actividades de este objetivo, cabe mencionar que es el objetivo que menor porcentaje tiene a su cargo el programa de MIC.

Cuadro 3. Valorización en porcentaje de actividades y proyectos a cargo del Manejo Integrado de Cuencas (MIC)

Objetivo	Porcentaje del objetivo a cargo de MIC	Actividades	Porcentaje de la actividad	No. Proyectos	Porcentaje de proyectos
1. Aportar a la disminución del impacto de eventos climáticos sobre comunidades, sistemas de producción e infraestructura.	16%	1. Implementación de corredores biológicos	28.57%	4	6.67%
		2. Restauración /reforestar áreas de mangle	28.57%	5	8.33%
		3. Promoción de estructuras y/o prácticas de conservación de suelos con viabilidad económica	21.43%	1	1.67%

		4. Evaluación técnica y económica de prácticas y/o estructuras de conservación de suelo	21.43%	1	1.67%
2. Contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero.	46%	1. Plantaciones energéticas para disminuir presión a ecosistemas estratégicos.	18.18%	1	1.67%
		2. Apoyo a plantaciones energéticas y compromisos de reforestación de los ingenios	12.12%	1	1.67%
		3. Seguimiento a la propuesta de mecanismo de conservación en la subcuenca del Río Ixtacapa	9.09%	1	1.67%
		4. Apoyo a mecanismos de conservación de bosques en la vertiente del Pacífico (según prioridad)	12.12%	2	3.33%
		5. Producción de plantas	18.18%	35	58.33%
		6. Recuperación de áreas de vocación forestal en tierras altas.	18.18%	2	3.33%
		7. Apoyo en la prevención y control de incendios forestal.	12.12%	2	3.33%
3. Facilitar la adaptación de las comunidades, sistemas de producción e infraestructura al clima futuro	29.50%	1. Apoyo a grupos organizados y gobiernos locales en la elaboración y ejecución de planes de manejo de cuencas, subcuencas o microcuencas estratégicas (Cristóbal, Ixtacapa, Reu).	42.42%	1	1.67%

		2. Descripción de usos y usuarios del agua en la subcuenca del río Cristóbal	18.18%	1	1.67%
		3. Acompañamiento en el manejo integrado del agua (municipalidad de Santa Lucía Cotz y en el Comité de Manejo del Agua).	9.09%	1	1.67%
		4. Promoción del almacenamiento de agua	21.21%	1	1.67%
		5. Monitoreo de agua	9.09%	1	1.67%

#### 1.5.2.1 Proyectos y acciones del programa MIC por recurso natural

En el cuadro 4 se presenta el número de proyectos ejecutados por el programa MIC para el apoyo en la conservación y restauración de los recursos naturales. En la figura 2 se puede observar que el 88% de proyectos contribuyen en la conservación y restauración de los recursos forestales, el 9% con el recurso hídrico (agua) y un 2% con el recurso suelo.

Cabe mencionar que la conservación y restauración del recurso forestal contribuye con los demás recursos, ya que presentan beneficios como: aumento de la recarga hídrica, disminución de la erosión y el deterioro de los suelos, entre otros.

Cuadro 4. Número de proyectos y acciones por recurso natural

Recurso	No. Proyectos y acciones
Forestal	53
Agua	5
Suelo	2
Total	60

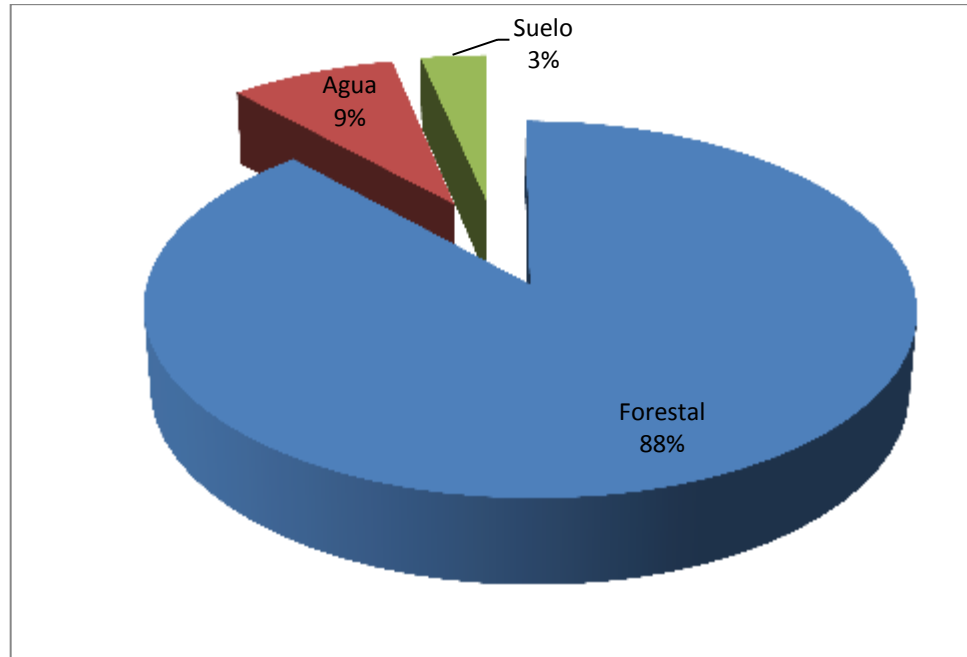


Figura 2. Gráfica de número proyectos y acciones por recurso natural

### 1.5.3 Evaluación de los aspectos ambientales y sociales la actividad producción de plantas

En el cuadro 5 se presentan la calificación promedio de los indicadores ambientales sociales y económicos de la actividad producción de plantas para reforestaciones que es la actividad que más peso tiene en cuanto a los objetivos para el programa MIC. Estas evaluaciones se realizaron a través de entrevistas guiadas al equipo del programa MIC y visitas a las áreas donde se ha realizado esta actividad.

El indicador ambiental presenta una clasificación muy buena, esto debido a que a través del establecimiento de los viveros forestales se promueve recuperar áreas boscosas, se están propiciando la reforestación con especies nativas y exóticas con fines energéticos, de protección y sistemas agroforestales. Con implementación de los viveros y las reforestaciones con fines energéticos, se está restando presión a ecosistemas importantes como es el caso del ecosistema manglar, además las reforestaciones con especies nativas y la implementación de sistemas agroforestales contribuyen a mejorar los medios de vida a nivel local.

En el indicador social también se tiene una clasificación muy buena debido a que las personas que participan en la actividad se están empoderando del mismo, esto está contribuyendo al éxito de la actividad, además se e está respetando las costumbres y tradiciones de las comunidades lo cual hace que exista armonía entre las personas que trabajan en la actividad. En la actividad se cuenta con la participación de la mujer, tanto en viveros forestales (producción de plantas) como en las reforestaciones.

Cuadro 5. Evaluación de indicadores de la actividad producción de plantas

<b>No.</b>	<b>Aspecto a calificar</b>	<b>Promedio</b>
1	Impacto Ambiental	Muy bueno
2	Aspectos socioculturales	Muy bueno

#### **1.5.4 Actividades que se realizaron durante el ejercicio profesional supervisado**

Al realizar el diagnóstico se determinó que se realizaría la investigación de la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca del río Acomé en el departamento de Escuintla, Guatemala, esta investigación contribuyo a fortalecer la línea de trabajo Manejo integral del agua a través del programa MIC, además la cuenca Acomé es una de las cuencas prioritarias de la vertiente del Pacífico donde el uso de agua se intensifica debido a las actividades agrícolas e industriales.

Para contribuir a fortalecer las actividades de los objetivos a cargo del programa MIC se realizaron los siguientes servicios: apoyo en el establecimiento de parcelas permanentes de mangle, estimación de carga de sedimentos en las corrientes principales de la cuenca del río Acomé y Evaluación de áreas restauradas de corredores biológicos restaurados en el 2012 y 2013.

## 1.6 CONCLUSIONES

1. El ICC a través del programa de Manejo Integrado de Cuenca apoya en la conservación y restauración de los recursos naturales realizando acciones como: la recopilación y generación de información básica de las cuencas, la producción de plantas y reforestaciones, manejo y protección de bosques, apoyo en el manejo integrado agua y contribución en la protección de suelos.
2. El 88% de las actividades del programa de Manejo Integrado de Cuencas se enfoca en el recurso forestal, Esto es debido a que el 73.33% proyectos ejecutados se enfocan en el cumplimiento del objetivo de contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero siendo la actividad de producción de plantas para reforestaciones una de las actividades que mayor peso.
3. El diagnóstico nos indica que es necesario fortalecer el apoyo en el manejo integrado del agua por lo que se determinó realizar la investigación de la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca del río Acomé en el departamento de Escuintla, Guatemala y para contribuir con el cumplimiento de los objetivos a cargo del programa realizar los servicios de apoyo en el establecimiento de parcelas permanentes de mangle, estimación de carga de sedimentos en las corrientes principales de la cuenca del río Acomé y Evaluación de áreas restauradas de corredores biológicos restaurados en el 2012 y 2013.

## 1.7 RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones hidrológicas que contribuyan con el manejo integrado del agua en las principales cuencas de la vertiente del Pacífico.
2. Formular planes de manejo integrado de cuencas hidrográficas en las principales cuencas de la vertiente del Pacífico.
3. Fortalecer los estudios de conservación de suelos a través de implementaciones de nuevas metodologías de estimación de erosión del suelo.
4. Realizar estudios de carga de sedimentos en los cauces principales de las cuencas de interés de la vertiente del Pacífico.
5. Continuar con la producción de plantas y las reforestaciones con fines energéticos y de conservación, con esto se está logrando la recuperación y aumento de áreas boscosas.
6. Realizar estudios de recarga hídrica en las partes altas de las principales cuencas de la vertientes del Pacífico.
7. Realizar estudios hidrogeológicos para determinar los estados de los acuíferos.
8. Seguir con la restauración y conservación de los corredores biológicos, debido a que estos contribuyen a la regulación hidrológica y protegen los suelos.



## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, GT). 2012. Informe de labores 2011. Guatemala. 44 p.
2. \_\_\_\_\_. 2013. Informe de labores 2012. Guatemala. 65 p.
3. \_\_\_\_\_. 2014. Informe de labores 2013. Guatemala. 65 p.
4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2008. Cambio climático 2007: informe de síntesis. Suecia, Ginebra. 201 p.
5. Liere Quevedo, MA. 2012. Trabajo de graduación: estado de arte en información hidrometeorológica de las cuencas Coyolate, Acomé y Achiguate, en la vertiente del Pacífico, Guatemala, C.A. Tesis Inga. Agra. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.

**2. CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA CUENCA RÍO ACOMÉ DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**CHARACTERIZACION OF THE SURFACE HIDROLOGY OF THE RIVER BASIN ACOME ESCUINTLA DEPARTAMENT, GUATEMALA, C.A.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

En la actualidad el agua es un recurso con una alta presión de uso a causa de diferentes actividades. En la cuenca del río Acomé que pertenece a la vertiente del Océano Pacífico y se encuentra ubicada en el sur de Guatemala en jurisdicción del departamento de Escuintla, las actividades agrícolas e industriales ocasionan alta presión de uso. Según Salguero (2002), en la distribución del uso de la tierra, predomina la caña de azúcar con un 80% del área de la cuenca, seguida de agricultura limpia anual con un 9.64%. Debido a esta situación es necesario realizar la gestión del uso del agua por medio de un plan de manejo, para elaborarlo es necesario actualizar la información de hidrología superficial ya que son datos que se mantienen con cambios constantes.

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático es una institución de investigación y desarrollo de proyectos para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Actualmente su área de intervención son las cuencas de la vertiente del Pacífico, una de sus líneas de trabajo es el manejo integral del agua a través del programa de manejo integrado de cuencas, por lo cual es necesario obtener información actual sobre la hidrología superficial de la cuenca del río Acomé, con el objeto de implementar en el futuro acciones.

Por lo anterior y como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Agronomía, se desarrolló la investigación sobre la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca del río Acomé departamento de Escuintla, Guatemala.

La investigación fue realizada en los meses de abril a diciembre de 2014, obteniendo información actual de la red hídrica, factores que inciden en el flujo superficial de las corrientes hídricas, cuantificación del caudal hídrico y propuestas de uso, aspectos que serán de utilidad para implementar proyectos futuros en la gestión del recurso hídrico.

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la cuenca del río Acomé se tiene una presión en el uso del agua a causa de las diferentes actividades agrícolas e industriales que utilizan dicho recurso. Esto se evidencia en la necesidad de incrementar el caudal superficial a partir de trasvases de las cuencas vecinas, según (Salguero, 2002) el caudal que se recibía de los trasvases ascendía a 1750 L/s en el año que se realizó el estudio.

Sin embargo dicha información no se encuentra actualizada siendo el último registro en el año 2002. Esto se debe a la falta de estaciones hidrométricas en la cuenca. Según (Salguero, 2002) y (IGN, 1974) Hasta finales de la década de los 80 existía una estación hidrométrica en el río Acomé justo en la altura del municipio de la Gomera, Escuintla. Desde entonces no existe ninguna estación hidrométrica en funcionamiento.

Según las fuentes de información oficial consultadas, la más reciente en cuanto a caudales corresponde al año 2002 (Salguero, 2002) y la red hídrica corresponde al año 2010 con base a las ortofotos 2006 (MAGA, 2010).

Desde los últimos levantamientos de información hasta la fecha, la cuenca del río Acomé Se dieron cambios considerables, asociados a modificaciones a la red natural de drenaje (nuevos desvíos de los cauces de ríos y trasvases de cuencas vecinas), o bien modificaciones propias de la dinámica natural del río asociadas a eventos extremos (Stan en 2005, Agatha en 2010 y la tormenta 12E en 2011). Por esta razón es probable que se haya producido una variación de la red hídrica natural y cantidad de agua superficial.

Considerando lo anterior, no existe un registro continuo de datos que permitan la gestión del uso del agua. Esta situación es una fuente de conflictos entre diferentes actores que utilizan el recurso sin un plan de manejo acorde al estado actual del agua superficial.

En la presente investigación se caracterizó el estado actual del recurso hídrico superficial con el fin de generar información que ayude a la comprensión del sistema hidrológico, y constituye una herramienta de planificación para proyectos futuros en la gestión del recurso hídrico superficial en la cuenca.

## **2.3. MARCO TEÓRICO**

### **2.3.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2. 3.1.1 El Ciclo hidrológico**

El concepto de ciclo hidrológico es un punto útil, desde el cual comienza el estudio de la hidrología. Este ciclo se visualiza iniciándose con la evaporación del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de diversas maneras. La mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, en las cercanías del lugar donde cae, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o a través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro de agua subterránea (Linsley, 1988).

Según Avalos Cambranes (2008), los recursos hídricos tienen como referencia al ciclo hidrológico, el cual consiste en un proceso continuo de circulación de agua sobre nuestro planeta. Proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación y escorrentía superficial o subterránea.

#### **2.3.1.2 Cuenca hidrográfica**

Cuenca hidrográfica se define como un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve local. Los límites de la cuenca se definen naturalmente y corresponden a las partes más elevadas del área que encierra un río. La cuenca como sistema está conformada por componentes biofísicos (suelo, agua), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (aspectos socioeconómicos, institucionales y culturales), los cuales están interrelacionados y en constante equilibrio entre sí, de tal manera que al romperse dicho

equilibrio en cualquiera de sus componentes, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Hernández, 2001).

#### **2.3.1.3 Cuenca exorreica**

Es una cuenca cuyo punto de salida está en los límites de la cuenca, cuyas aguas llegan al mar (Herrera, 2013).

#### **2.3.1.4 Tipos de corrientes**

De acuerdo a (Herrera, 2013) con base a la escorrentía superficial, las corrientes se pueden dividir en:

- Permanente: Es aquella que siempre lleva agua o tiene un caudal en cualquier época del año.
- Intermitente: Es aquella clase de corriente que lleva agua en alguna época del año, como en verano o invierno.
- Efímera: Es aquella que solo lleva agua cuando hay precipitación, corriente típica de zanjones y surcos.

#### **2.3.1.5 Orden de corrientes**

Es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, y el número de orden va con relación al número de bifurcaciones de una corriente (Herrera, 2013).

#### **2.3.1.6 Conceptualización de sistema en los recursos hídricos**

La unidad básica para el desarrollo de los recursos naturales es la cuenca hidrográfica como ecosistema o región geográfica. Los recursos hidráulicos definidos como aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas que intervienen en la dinámica de la cuenca interactúan con otros elementos del ecosistema, como la vegetación natural, el suelo y principalmente el ser humano.

El sistema natural de una cuenca es muy sensible a las alteraciones provocadas por el hombre. Los efectos negativos de las formas actuales de producción y de consumo influyen en la disposición de los habitantes urbanos y rurales con respecto a las realidades

de su hábitat, olvidándose del origen de sus alimentos, del agua y otros recursos (Reyes, 1999).

### **2.3.1.7 Distribución de los cursos del agua**

El patrón y arreglo de los cursos de corrientes naturales determinan la eficiencia del sistema de drenaje. Para otros factores constantes, el tiempo requerido por el agua para fluir una distancia dada es directamente proporcional a la longitud (Reyes, 1999).

### **2.3.1.8 Agua superficial**

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Así cuando el agua cae del cielo (o se precipita, por ejemplo en forma de lluvia) la que no se infiltra, escurre en la dirección de la pendiente (hacia abajo) hasta que llega a los ríos y lagos.

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad y siempre por gravedad discurre de las partes altas hacia las bajas. Posee un caudal determinado y finalmente desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en este último caso se le denomina afluente. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación. Cuando el río es corto y estrecho recibe el nombre de riachuelo o arroyo (IARNA, 2006).

### **2.3.1.9 Disponibilidad de cantidad de agua**

La disponibilidad del agua se refiere básicamente si los escurrimientos de agua son los mismos o cual e su variación en el tiempo y si su cantidad es suficiente para satisfacer los requisitos o demandas de los diversos proyectos existentes y por realizar dentro de la cuenca.

El monitoreo de las disponibilidades de agua o escurrimiento se lleva a cabo mediante la aplicación de distintos métodos de aforo según como las circunstancias lo demanden. Puede mencionarse que para pequeños nacimientos o corrientes de agua, se puede emplear el método del recipiente de un volumen conocido, y el cual consiste en medir el tiempo requerido para llenar dicho volumen cuando se toma toda el agua de dicha fuente o corriente (INAB, 2003).

#### **2.3.1.10 Escurrimiento**

Se entiende por escurrimiento, al flujo superficial (sobre el suelo), subsuperficial (dentro del suelo) y al flujo subterráneo (en los estratos de roca) provenientes de la precipitación pluvial, los cuales generalmente son captados por los cauces de los ríos. La medición del escurrimiento de un río, es el dato básico empleado en la mayoría de los casos en que se van a planear o proyectar obras hidráulicas en el cauce de alguna cuenca. Por lo tanto, es conveniente tener esta información disponible y en la cantidad adecuada, además de confiable.

El caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado; y al conjunto de operaciones que conducen a la valorización del gasto, se le denomina aforo (Herrera, 2013).

#### **2.3.1.11 Escorrentía superficial**

Es el exceso de la precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie de la tierra o el volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal o dando lugar a la formación de barrancos, arroyos y ríos (Herrera, 2013).

#### **2.3.1.12 Método de sección - velocidad**

En este método se determinan separadamente la sección transversal (área) del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica (Herrera, 2013).



De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media} = \text{m}^3/\text{s}$$

#### **2.3.1.13 Manejo integral del agua**

En cuanto al recurso hídrico, una de las conclusiones más importantes a las que se ha llegado mundialmente es que su gestión tiene dimensiones que van más allá de lo estrictamente técnico y de ingeniería, y se plantea como una necesidad su enfoque holístico y multidisciplinario. Así, ha surgido el concepto de Manejo Integral de los Recursos Hídricos –MIRH- y la abogacía por establecer a la cuenca hidrográfica como unidad de gestión (GWP, 2000).

Según la GWP (2000), el manejo integral de los recursos hídricos, es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de una manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Este manejo integral se orienta a respetar el ciclo hidrológico en su totalidad, así como la estrecha interacción entre aguas subterráneas y aguas superficiales, entre calidad y cantidad del agua. En esencia, dicho enfoque es la confirmación de la enorme complejidad que reviste el manejo del recurso, condicionada no sólo por sus características intrínsecas sino también por el carácter universal de su uso.

#### **2.3.1.14 Situación de los recursos hídricos en Guatemala**

En Guatemala en los últimos 30 años se ha incrementado el deterioro de los recursos naturales. Esto es producto entre otras cosas de la pobreza generalizada, de la falta de educación ambiental institucionalizada y la adopción de modelos de producción y de consumo ajenos a las características socioculturales de nuestra sociedad y de nuestro entorno natural. Esto ha impactado en detrimento del recurso hídrico, del recurso suelo, de la diversidad biológica y ha incidido significativamente en el aumento de la contaminación de áreas urbanas y rurales. La mayor parte de las aguas superficiales presentan contaminación física, química y biológica.

La situación real de la disponibilidad del agua en cuanto a calidad, cantidad y distribución geográfica, será la que permita satisfacer las demandas actuales y futuras. Actualmente, en muchas regiones del país existe una fuerte deficiencia de agua en función de la demanda y se dan los casos en los cuales el riego de hortalizas para consumo humano se hace con aguas servidas.

La precipitación media anual es de 2,000 mm. La cual genera un caudal medio anual de 3,207 m<sup>3</sup>/s, de los cuales el 22% drena hacia el Océano Pacífico, el 31% hacia el Océano Atlántico y el 47% hacia el Golfo de México. El 55% del territorio Nacional está formado por cuencas compartidas con las Repúblicas de El Salvador, Honduras y México.

El aprovechamiento del recurso hídrico en Guatemala ha sido muy escaso y variado; unido a esto la información que se maneja en los diferentes subsectores es mínima y en la actualidad el conocimiento del recurso es limitado, ya que la mayoría de las estaciones que conformaban la red hidrometeorológica no están siendo operadas. Este fenómeno se empezó a manifestar a principios de la década de los años 80 (CONAMA, 1996).

#### **2.3.1.15 Traspase**

Son obras hidráulicas la cuales se realizan con el fin de aumentar la disponibilidad de agua desde una cuenca vecina.

#### **2.3.1.16 Sistemas de información geográfica**

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Geotecnología, 2010).

### **2.3.1.17 Funcionamiento Sistemas de información geográfica**

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Geotecnología, 2010).

## **2.3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.2.1 Ubicación geográfica**

La cuenca baja del río Acomé, está situada en jurisdicción del departamento de Escuintla. Pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, está delimitada por las coordenadas geográficas 13°54'00'' y 14°22'00'' de latitud Norte; 91°57'00 y 91°13'00'' de longitud Oeste, la altitud se encuentra entre los 0 – 625 msnm aproximadamente. El área total de la cuenca es de 821.26 km<sup>2</sup>. Se encuentra entre las cuencas de los ríos Achiguate y Coyolate (Salguero, 2002).

### **2.3.2.2 Hidrografía y relieve**

La cuenca del río Acomé está ubicada en la vertiente del Océano Pacífico y el cauce principal es el río del mismo nombre, aunque cabe mencionar que paralelo a este se ubica el río Coyolate, que tiene longitud similar al Acomé, pero con menos cauces tributarios y que se une al Acomé en la parte baja de la cuenca. La desembocadura del sistema de cauces de agua superficial de esta cuenca es en su gran mayoría, el Canal de Chiquimulilla, el cual colecta toda la escorrentía para luego desembocar en el Océano Pacífico (Salguero, 2002).

Los cauces superficiales de esta cuenca, se caracterizan por desplazarse en pendientes fuertes desde su nacimiento, lo cual determina que en época lluviosa tomen régimen torrencial, y a la vez transporten gran cantidad de sedimentos, principalmente materiales volcánicos recientes.

A una altura de 300 msnm aproximadamente, existe un cambio de pendiente donde esta pasa fuerte a moderada, en todo este trayecto se ha producido erosión del cauce principal, con arrastre de materiales de origen volcánico de gran tamaño. A partir de la altura de 100 msnm la pendiente sufre un cambio y pasa de moderada a leve y desde este punto hasta su desembocadura del río arrastra materiales de menor tamaño y el hecho del río es preferentemente arenoso. Además del relieve del área, el cual es plano en la parte baja, con pendiente de 0 – 1% y la parte alta es moderadamente inclinada, con pendientes 3 – 7% (Salguero, 2002).

### **2.3.2.3 Zonas de vida**

En la cuenca del río Acomé se encuentran 3 zonas de vida según la clasificación de Holdridge, las zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala son: Bosque seco subtropical (bs-S), Bosque húmedo subtropical (cálido) (bh-st(c)), Bosque muy húmedo subtropical (cálido) (bmh-st (c)) (Salguero, 2002).

### **2.3.2.4 Fisiografía**

La cuenca del río Acomé se encuentra en la región fisiográfica llanuras aluviales de la Costa del Pacífico.

#### **2.3.2.4.1 Llanuras aluviales de la Costa del Pacífico**

Están constituidas exclusivamente por depósitos aluviales cuaternarios, que se extienden a lo largo de toda la costa del Pacífico de Guatemala, por una longitud de unos 260 km y con un ancho de entre 10 y 60 km hasta una elevación máxima alrededor de 300 msnm en la parte más ancha. Esta región tiene un clima que la clasifica como zona calidad seca, con bosque seco subtropical en la parte Sur, donde hay precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm y temperaturas medias entre 19 y 26 grados centígrados, y zona cálida húmeda, con bosque húmedo subtropical cálido en la parte norte, donde hay

precipitaciones anuales entre 1200 y 2000 mm y una temperatura de 27 grados centígrados promedio anual.

Las precipitaciones están distribuidas en un período de tiempo de aproximadamente seis meses, de mayo hasta noviembre (MAGA, DIGESA Y DIRYA, 1991).

### **2.3.2.3 Geología**

La cuenca del río Acomé constituida por la unidad geológica aluviones cuaternarios (Qa).

#### **3.2.3.1 Unidad geológica Aluviones Cuaternarios**

Esta unidad está constituida por los depósitos aluviales cuaternarios (marcados Qa en el mapa geológico) que están bastante representados en todo el país. Los depósitos más importantes se encuentran en las llanuras del pacífico donde cubren prácticamente toda la región extendiéndose sobre una superficie de unos 7500 km<sup>2</sup> aproximadamente, formando una serie de abanicos interconectados entre ellos con terrazas de varias órdenes. Litológicamente los depósitos aluviales están formados por materiales de varios tamaños como gravas, arenas y arcillas, procedentes de la erosión de los depósitos volcánicos cuaternarios y terciarios del Altiplano. Los espesores son generalmente muy elevados, siendo reportados pozos que han llegado hasta 200 metros de profundidad (departamento de Escuintla) sin haber encontrado la base (MAGA, DIGESA Y DIRYA, 1991).

Los depósitos aluviales cuaternarios constituyen casi siempre un acuífero con porosidad primaria, de muy buena productividad, con valores generalmente elevados de transmisibilidad y almacenamiento, la calidad de las aguas subterráneas contenida en los depósitos aluviales es generalmente buena, sea para fines potables como para riego (MAGA, DIGESA Y DIRYA, 1991).

#### **2.3.2.4 Suelos**

El material sobre el cual se han desarrollado los suelos de la zona cañera de Guatemala, está constituido principalmente por cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, aportados por las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante la Cuaternaria. Estos materiales de cenizas han sido transportados por el viento o removidos por las aguas de escorrentía y luego transportados por los ríos que descienden de la montaña, formando depósitos recientes o antiguos, gruesos o delgados, según como

haya sido la dinámica eólica o aluvial durante el depósito y la relación con las emisiones volcánicas de los piroclásticos (MAGA, DIGESA Y DIRYA, 1991).

Los suelos de la región según (Simmons, 1959) pertenecen a los suelos del litoral del Pacífico, los cuales son suelos arenosos bien drenados de origen volcánico de la clasificación Mollisoles y Andisoles.

Los suelos de orden Mollisoles están asociados con los suelos Andisoles y se distinguen por su buen drenaje, por su textura franca a más gruesa y por sus subsuelos café; el suelo superficial, a una profundidad aproximada de 35 cm, es franco de café oscuro a café muy oscuro; el contenido de materia orgánica es alrededor del 5 al 10%; la estructura es granular fina poco desarrollada y la reacción es neutra, pH alrededor de 7.0 (MAGA, DIGESA Y DIRYA, 1991).

### **2.3.2.5 Actividades productivas y uso de la tierra**

La agricultura representa la actividad más importante del área de estudio. Las características genéticas y de fertilidad de los suelos, aunadas a las condiciones de clima, favorecen de gran manera el desarrollo de esta actividad.

Los cultivos más destacados son: la caña de azúcar, el banano y la palma de aceite o africana, como cultivos agroindustriales y de exportación, entre los cultivos tradicionales se encuentra el maíz, frijol y los cultivos frutales. Todos estos constituyen la base de la economía de esta región del país.

La ganadería es otra actividad de importancia en sus modalidades de engorde, leche y doble propósito, las cuales se desarrollan bajo un tipo de explotación bastante diverso existiendo explotaciones intensivas, extensivas y semi-extensivas, encontrándose áreas de pastos en los que se encuentran pastos de los géneros *Paspalum*, *Hyparrhenia*, *Panicum*, *Brachiria*. Las zonas ganaderas se encuentran especialmente en los lugares cercanos a la costa, a altitudes de 0 hasta 30 msnm en su mayoría.

Una parte del área de la cuenca, situada en la parte baja, es ocupada por el mangle, ubicada en la zona de influencia del canal de Chiquimulilla y en esta se desarrollan actividades de pesca.

La agroindustria azucarera es la principal y más importante de esta área y de la Costa Sur de Guatemala, la cual ha tenido un crecimiento permanente en los últimos años. Dentro de la cuenca se encuentra el Ingenio Magdalena, mientras que en las áreas vecinas están los Ingenios Pantaleón y La Unión. Además de esta industria destaca la de los aceites y grasas, obtención de sal marina y la pesca.

En la distribución del uso de la tierra, predomina la caña de azúcar con un 80% del área de la cuenca, seguida de agricultura limpia anual con un 9.64% y de pastos cultivados con un 7.65% las otras actividades alcanzan a ocupar menos del 3% de la cuenca (Salguero, 2002).

### 2.3.2.6 Usos del agua

Cuadro 6. Usos del agua en los principales ríos de la cuenca del río Acomé

Río	Uso
Acomé	Riego, agroindustria, doméstico y ganadería.
Agüero	Riego
Colojate	Riego, agroindustria, doméstico y ganadería.

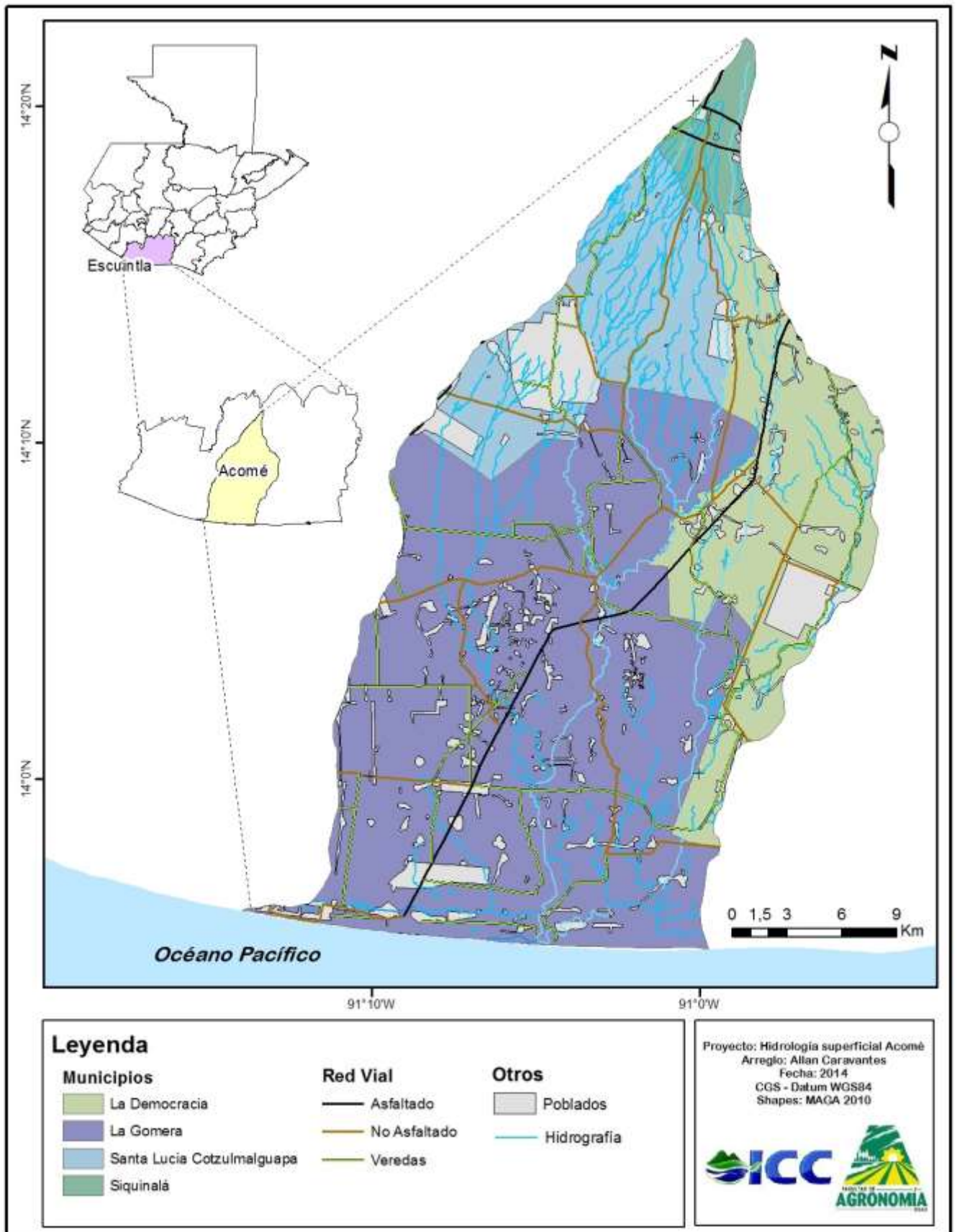


Figura 3. Mapa base de la cuenca del río Acomé



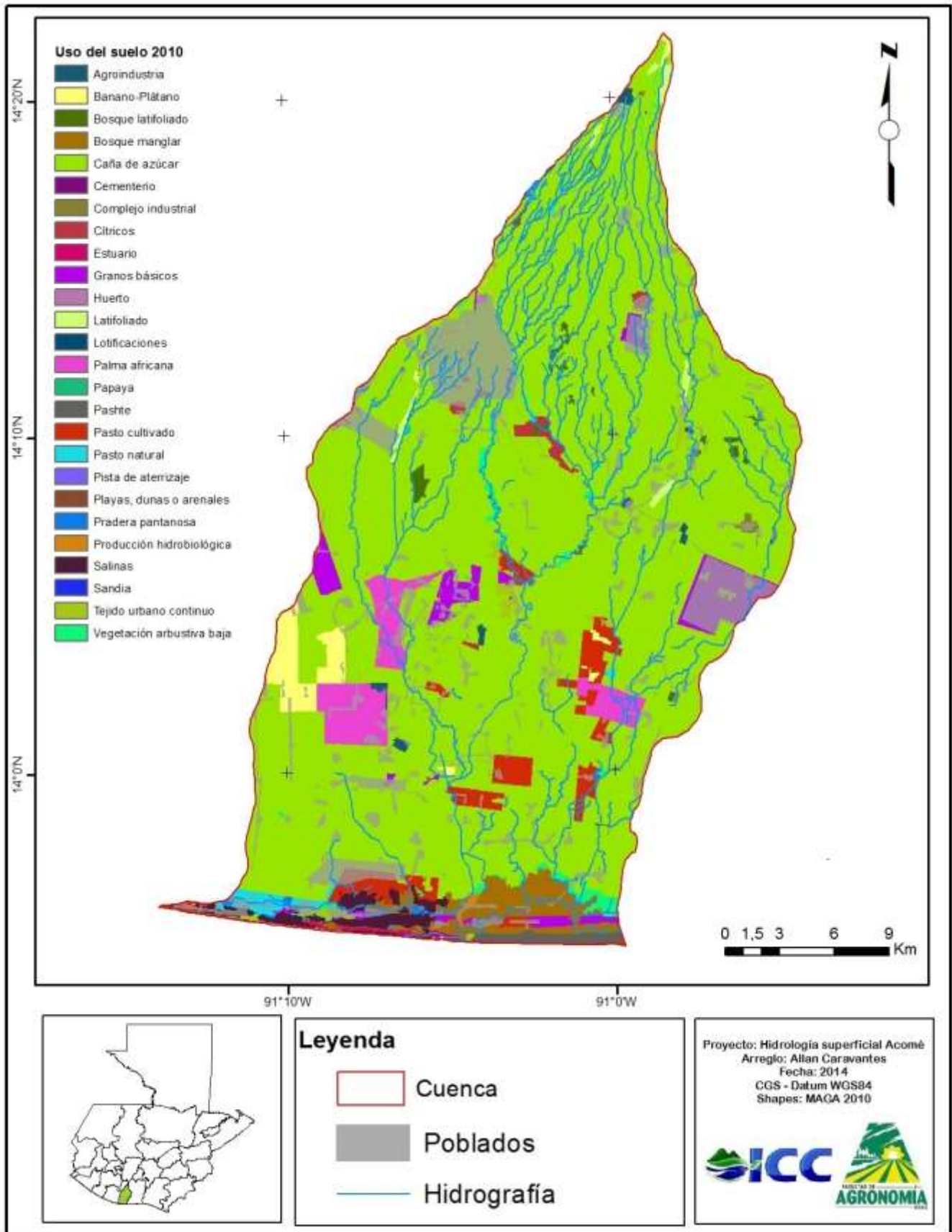


Figura 4. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal

## **2.4. OBJETIVOS**

### **2.4.1 General**

Caracterizar la hidrología superficial de la cuenca río Acomé, Escuintla, Guatemala.

### **2.4.2 Específicos**

- Actualizar la red hídrica existente en la cuenca elaborando un mapa de red hídrica en base a información actual.
- Identificar los factores que inciden y/o modifican el flujo superficial natural de las corrientes hídricas de la cuenca.
- Cuantificar el caudal hídrico de la cuenca y sus variaciones estacionales.
- Elaborar propuestas de manejo del recurso hídrico superficial en la cuenca.

## 2.5. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos de la presente investigación, se realizó lo siguiente:

### 2.5.1 Actualización de la red hídrica

- Se utilizaron imágenes LandSat 8, ortofotos y Google Earth para analizar la red hídrica y se realizó una comparación con otros mapas ya generados.
- Posteriormente se elaboró un mapa actualizado utilizando plataforma SIG.
- Se realizó un levantamiento de información en campo para validar el mapa generado.
  - Utilizando equipo de GPS para la ubicación de la corrientes.
- Se determinó a través de la plataforma SIG el tipo, número y longitud (kilómetros) de corrientes.
- Se determinaron los siguientes parámetros morfométricos:

Área de la cuenca ( $A_k$ ): el cálculo del área en kilómetros cuadrados de la cuenca se realizó mediante la utilización de la plataforma SIG.

Perímetro de la cuenca: La longitud en kilómetros del perímetro de la cuenca se realizó mediante la plataforma SIG.

Relación de forma ( $R_f$ ):

$$R_f = \frac{A_k}{L_c^2} \text{ donde:}$$

$A_k$  = área de la cuenca en estudio.

$L_c$  = longitud del cauce principal.

Densidad de drenaje (D):

$$D = \frac{La}{Ak} = Km / Km^2 \text{ Donde:}$$

La= longitud acumulada de las corrientes

Ak= Área de la cuenca.

Frecuencia o densidad de corrientes (Fc):

$$Fc = \frac{Ntc}{Ak} \text{ Donde:}$$

NTC = Número total de corrientes.

Ak= Área de la cuenca.

Pendiente del canal o cauce principal (Sc):

$$Sc = \frac{D * L}{Ak} \text{ Donde:}$$

$\Delta H$  = diferencia de nivel entre la curva más alta y la baja que toca el cauce principal.

dH = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

### **2.5.2 Identificación de los factores (desvío de cauces de los ríos, trasvases de cuencas vecinas, modificaciones del cauce debidas a la dinámica natural, Influencia antropogénica, entre otras) que inciden en el flujo superficial de las corrientes principales de la cuenca**

- Se recopiló la información existente sobre el tema de estudio.
- Posteriormente a través de la plataforma SIG se elaboraron los mapas de unidades hidrológicas de la cuenca del río Acomé basándose solamente en las corrientes

naturales de la cuenca, además se elaboró un mapa de la conexión de corrientes que existe entre las cuencas Acomé, Coyolate y Achiguate.

- Se realizó un mapeo digital de cuerpos de agua artificiales a través de imágenes satelitales del año 2013 (Google Earth)
- Se realizó levantamiento de información en campo sobre el uso, drenajes, trasvases y cuerpos de agua artificiales (norias o pozas, reservorios, aguadas, entre otros).

### **2.5.3 Cuantificación del caudal hídrico de la cuenca y sus variaciones estacionales**

- Se recopiló y organizó la información de los promedios mensuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración, lo cual se obtuvo por medio de registros de INSIVUMEH y de la red de estaciones meteorológicas de ASAZGUA. Posteriormente se elaboraron los siguientes mapas en una plataforma SIG:
  - Temperatura media (Mapa de isotermas)
  - Precipitación (Mapa de isoyetas)
  - Evapotranspiración (mapa de isopleas)
- Se realizó un monitoreo mensual de aforos para determinar los caudales de las corrientes principales.
  - Los puntos de aforo se establecieron de acuerdo a criterios de interés como: trasvases de entrada y salida, derivaciones del cauce principal, antecedentes de puntos críticos, uso de la tierra, corrientes principales, entre otros.
  - Los aforos se hicieron en época de estiaje y lluviosa, iniciaron en el mes de abril y finalizaron en el mes de diciembre.
  - Se utilizó el método de sección-velocidad, la velocidad se midió con un molinete. Se midieron las profundidades y anchos, para obtener el área de la sección transversal.

- Los datos obtenidos se representaron por medio de hidrógramas y se analizó la relación entre puntos consecutivos. Esto permitió identificar los factores que influyen en las variaciones de caudales.
- Se realizaron aforos diferenciales en la parte alta, media y baja de la cuenca para estimar pérdidas por infiltración o aporte de agua del acuífero.
- El aforo diferencial consistió en aforar un punto y aforar 500 m aguas abajo otro punto para determinar si el río en ese punto perdía o ganaba agua, cabe mencionar que en este procedimiento es necesario descartar extracción de ningún tipo.
- Se realizó la curva de caudales a través de estadística determinando el número de clases con  $N = 1 + 3.3 * \text{LOG } N$ , también se calculó el rango con el dato mayor menos el menor, esto sirvió para obtener el intervalo de clases que es igual al rango dividido el número de clases. Se fijó un límite inferior y superior para cada intervalo y se determinó la frecuencia para cada clase. Posteriormente se elaboró la curva utilizando el límite inferior y el porcentaje de frecuencia acumulada.

#### **2.5.4 Digitalización y Análisis de la información obtenida**

- Sistematización de la información obtenida.
- Para la interpretación y procesamiento de los resultados obtenidos se elaboraron mapas, gráficos, tablas o cuadros
- Se analizaron los datos en conjunto para establecer relaciones entre las diferentes variables: se evaluó la relación espacial de los datos obtenidos y además se elaboró un análisis temporal de los datos de aforos realizados.

- Se evaluó la relación de las variables meteorológicas, uso de la tierra y uso del agua que afectan a cada uno de los parámetros medidos (red hídrica y caudal) y su comportamiento a lo largo del tiempo.

#### **2.5.5 Elaboración de propuestas de manejo del recurso hídrico**

- Se ordenó la información obtenida y procesada de cada uno de los diferentes objetivos.
- Se analizaron los resultados en conjunto a fin de emitir propuestas de manejo.
- Se elaboró un árbol de problemas con el análisis de los resultados para posteriormente redactar las propuestas de manejo del recurso hídrico.

#### **2.5.6 Elaboración del documento final**

- Edición y correcciones del informe final.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones finales.

## 2.6. RESULTADOS

### 2.6.1 Actualización de la red hídrica

Se realizó un mapa de la red hídrica de la cuenca del río Acomé utilizando de base el archivo de sistemas de información geográfica (shapefile) de la hidrografía de Guatemala a escala 1:50,000 realizado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) en el año 2010, posteriormente se actualizó utilizando imágenes satelitales del año 2013 (Google Earth y Landsat 8). El mapa se validó a través de visitas de campo. En la figura 6 se presenta el mapa de red hídrica de la cuenca del río Acomé.

De acuerdo a la información generada a través del mapa en la cuenca del río Acomé existen 904 corrientes perennes, 375 corrientes intermitentes, 1319 zanjas o acequias perennes y 258 zanjas y acequias intermitentes. En el cuadro 7 se presenta el tipo de corrientes superficiales en la cuenca.

Cuadro 7. Tipo de corrientes superficiales de la cuenca del río Acomé

Descripción	Numero de corrientes	Longitud en Kilómetros
Corrientes perennes	904	983.02
Corrientes intermitentes	375	276.97
Zanjas o acequias perennes	1319	822.72
Zanjas o acequias intermitentes	258	137.62
Total de corrientes	2856	2220.33

Los datos del cuadro 7, muestran que las corrientes perennes presentan una longitud de 983.02 kilómetros y las intermitentes de 276.97 kilómetros entre las dos suman 1259.99 kilómetros de longitud lo que representa un 56.75% del drenaje total superficial. La cuenca aumenta su drenaje superficial un 43.25% (960.34 kilómetros) debido a la construcción de canales o acequias (perennes e intermitentes) que se utilizan para fines de riego y evacuar la escorrentía para evitar daños a cultivos.

La determinación de los parámetros morfométricos de la cuenca del río Acomé se describen a continuación en el cuadro 8.



Cuadro 8. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Acomé

Parámetros	Resultado
Área de la Cuenca	892.82 km <sup>2</sup>
Perímetro	145.21 km
Longitud de cauce principal	66.42 km
Factor de forma (Rf)	0.20
Longitud Acumulada de cauces	2,220.33 km
Densidad de drenaje	2.49 km/km <sup>2</sup>
Densidad de drenaje (natural)	1.41 km/km <sup>2</sup>
Densidad de drenaje (artificial)	1.08 km/km <sup>2</sup>
Pendiente del cauce principal	0.86%
Frecuencia de corrientes	3.20 cor/km <sup>2</sup>

La cuenca tiene un área de 892.82 km<sup>2</sup>, que corresponde a un 0.82% de la superficie del territorio de Guatemala, con un factor de forma de 0.2, siendo angosta en la parte alta y ensanchada en la parte media y baja, una densidad de drenaje de 2.49 km/km<sup>2</sup>, siendo una densidad de drenaje moderada esto se debe al relieve del área, el cual es plano en la parte baja, con pendiente de 0 – 1% y la parte alta es moderadamente inclinada, con pendientes 3 –7%. Estas condiciones hacen que la cuenca sea susceptible a una erosión moderada (10 a 50 Ton/Ha/año). La frecuencia de corrientes es de 3.20 corrientes/km<sup>2</sup> nos indica que la cuenca tiene una alta respuesta hidrológica.



Figura 5. Corrientes principales de la cuenca del río Acomé. A) río Acomé B) río Colojate

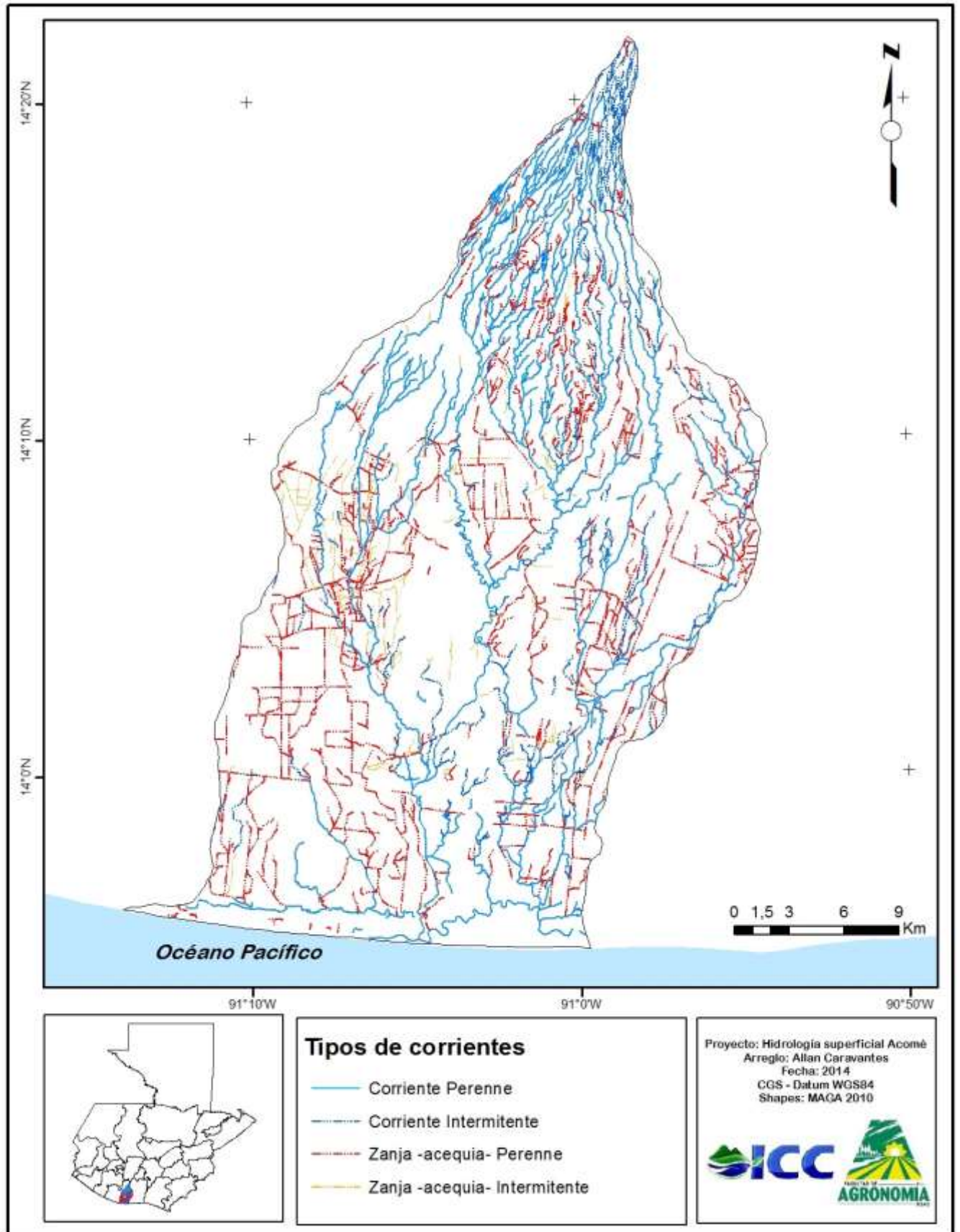


Figura 6. Mapa de red hídrica superficial de la cuenca del río Acomé

## **2.6.2 Factores que inciden y/o modifican el flujo superficial natural de las corrientes de la cuenca**

Los factores que inciden o modifican el flujo superficial de la cuenca del río Acomé son las unidades hidrológicas independientes como es el caso de la unidad Colojate, conexión de corrientes con cuencas vecinas, desvíos y retención de corrientes principales, trasvases y cuerpos de agua artificiales.

### **2.6.2.1 Unidades hidrológicas**

En la cuenca del río Acomé se identifican 5 unidades hidrológicas naturales que fueron identificadas según el nombre del cauce principal de cada unidad, la unidad Acomé que drena un área de 206.94 km<sup>2</sup>, la unidad Agüero de 81.83 km<sup>2</sup>, la unidad Colojate de 256.68 km<sup>2</sup>, la unidad Seco de 134.38 km<sup>2</sup> y la unidad Sipacate de 212.99 km<sup>2</sup>, cabe mencionar que las unidades Agüero, Seco y Sipacate drenan a la corriente principal de la unidad Acomé que es el río Acomé, cauce principal de la cuenca, mientras que la unidad Colojate que representa el 28.75% del área total de la cuenca drena directamente al canal de Chiquimulilla, no se une al cauce principal de la cuenca como las demás unidades, lo que indica que la dinámica es diferente. En la figura 7 se presenta el mapa de unidades hidrológicas naturales identificadas en la cuenca Acomé. Cabe mencionar que el río Colojate no se une de forma superficial con el río Acomé pero si lo hace de forma subterránea, esto se observa en la red de flujo preliminar del mapa de niveles freáticos Figura 10, el cual fue elaborado con la información de pozos de Salguero 2002 y la información de norias o pozas de esta investigación.

### **2.6.2.2 Conexión de la cuenca del río Acomé con cuencas vecinas**

La cuenca del río Acomé está influenciada por las cuencas de los ríos Achiguate y Coyolate, debido a que comparten el gran paisaje abanico aluvial de los ríos Coyolate, Acomé y Achiguate (figura 8). Esta unidad fisiográfica se enmarca en las poblaciones de Siquinalá, La Democracia, La Gomera y Obero hasta llegar a la costa del Océano Pacífico. Esta unidad tiene una topografía plana con microrelieve de antiguos canales fluviales o por la erosión posterior de materiales de varios tamaños como gravas, arenas y arcillas procedente de los depósitos volcánicos cuaternarios y terciarios del Altiplano (MAGA, 2001).

El relieve suave facilita la implementación de trasvases entre cuencas que se realizan con el fin de incrementar la disponibilidad de agua superficial, desvíos de ríos y además existen áreas, fincas y extensiones de cultivos que crean conexiones de canales o acequias con fines de riego o drenaje en estas cuencas.

### 2.6.2.3 Trasvases

En el cuadro 9 se presentan las coordenadas GTM de ubicación de los trasvases, en total fueron 8, siendo estos 5 del lado del Achiguate y 3 del Coyolate.

Cuadro 9. Ubicación de puntos de trasvases a la cuenca del río Acomé

No.	Trasvases	Coordenadas GTM		Reconocimiento de Campo
		X	Y	
1	Coyolate 1	447760	1586605	Si
2	Coyolate 2	445107	1583875	Si
3	Coyolate 3	430179	1567416	Si
4	Achiguate 1	449763	1577525	Si
5	Achiguate 2	455478	1565248	Si
6	Achiguate 3	453385	1552954	Si
7	Achiguate 4	452235	1554899	Si
8	Achiguate 5	447512	1546802	Si

Los 8 trasvases fueron reconocidos en campo, estos se realizan con el fin incrementar los caudales disponibles en los cauces naturales o canales de la cuenca del río Acomé, los cuales son utilizados para uso agrícola y la agroindustria.

### 2.6.2.4 Cuerpos de agua artificiales

En la figura 9 se presenta la distribución de los 225 cuerpos de agua entre norias o pozas y embalses, mapeados con información satelital disponible en línea (Google Earth, 2013). Se muestreó en campo el 15% de la cantidad total de las pozas o norias, se determinó que sus dimensiones oscilan entre 20 m a 30 m ancho por 100 a 110 m de largo y profundidades mayores a 5 m, se utilizan para tener agua disponible para riego procedente del acuífero somero.

En la parte media de la cuenca se localiza un área que fue reconocida en campo debido a que en el shapefile de hidrografía MAGA (2010) no presentaba corrientes ni canales, esto se debe a que es un área de cultivo donde el agua para riego se extrae de cuerpos de agua artificiales y la capacidad de infiltración del suelo tiende a ser alta por lo cual no es necesario tener drenajes.

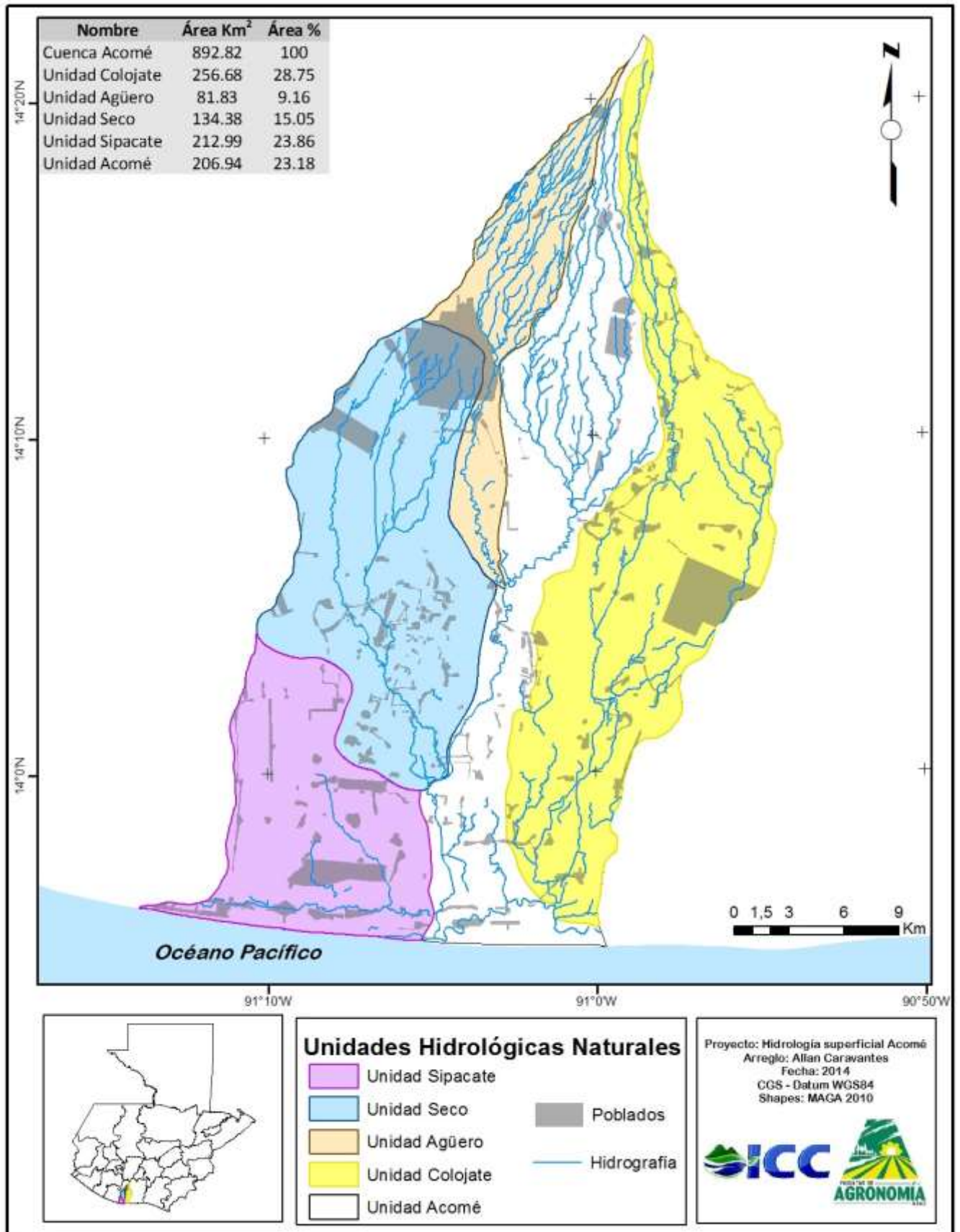


Figura 7. Mapa de unidades hidrológicas naturales de la cuenca del río Acomé

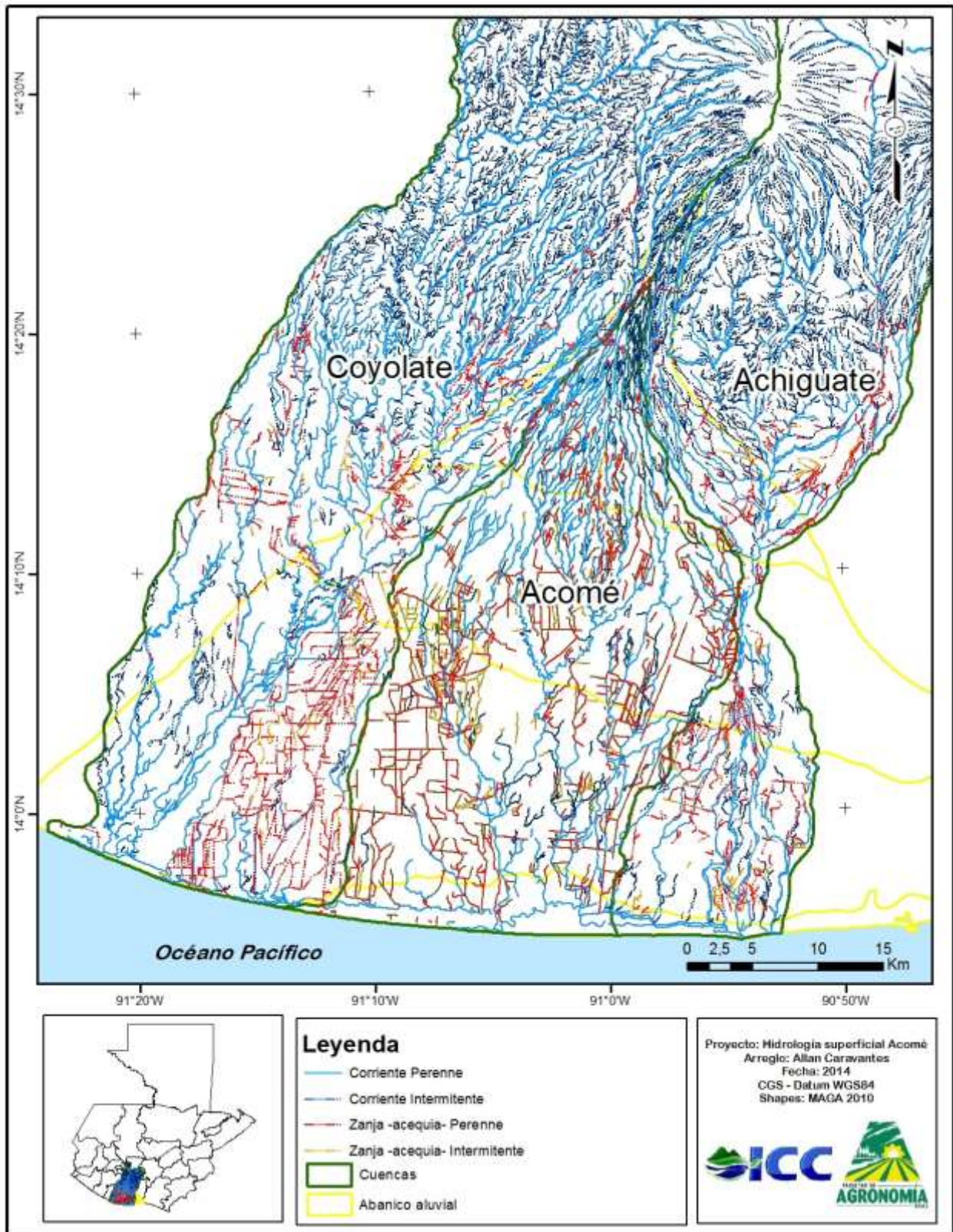


Figura 8. Mapa de conexión de corrientes y unidad de Abanico Aluvial cuencas de los ríos: Acomé, Achiguate y Coyolate

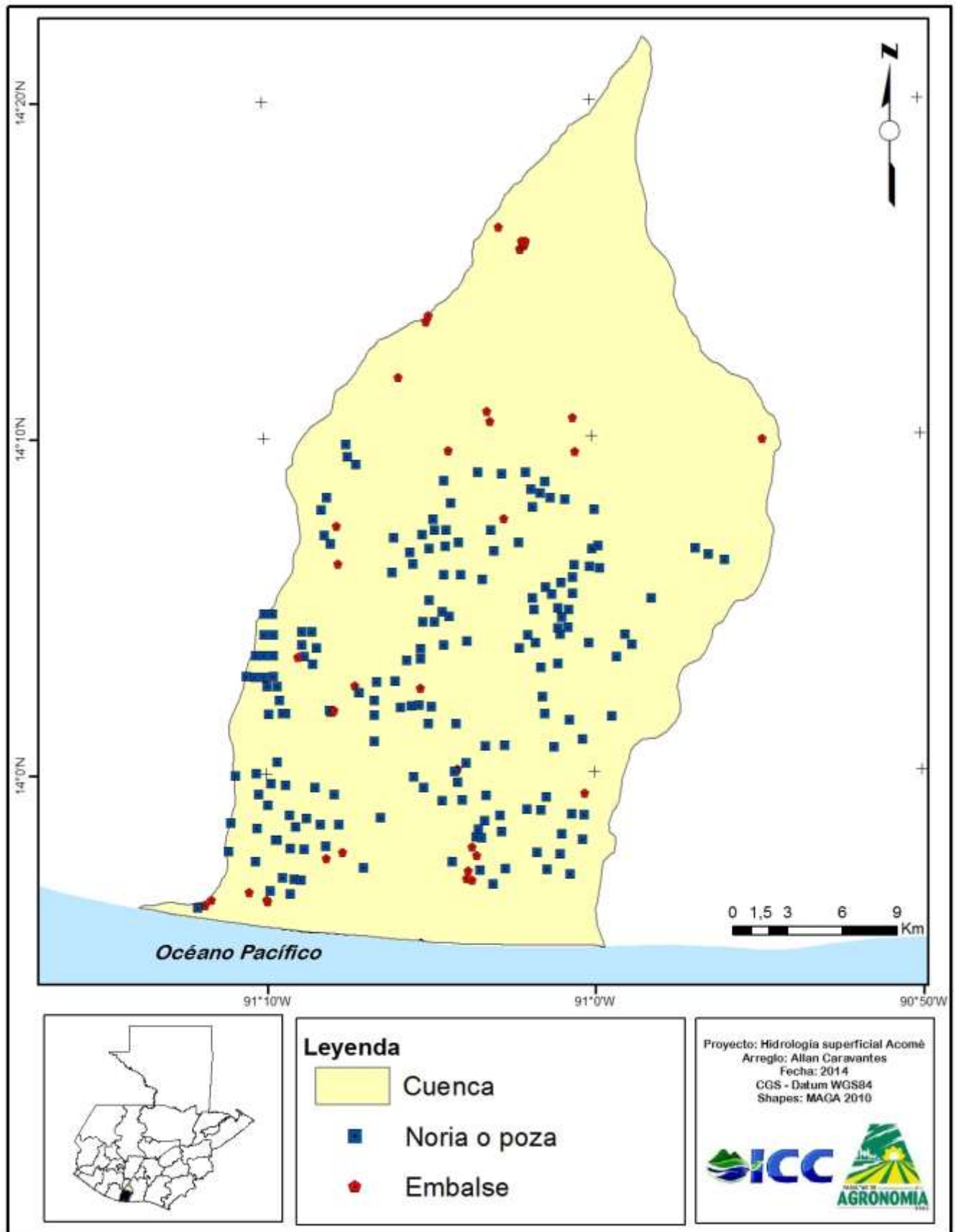


Figura 9. Mapa de cuerpos de agua artificiales en la cuenca del río Acomé



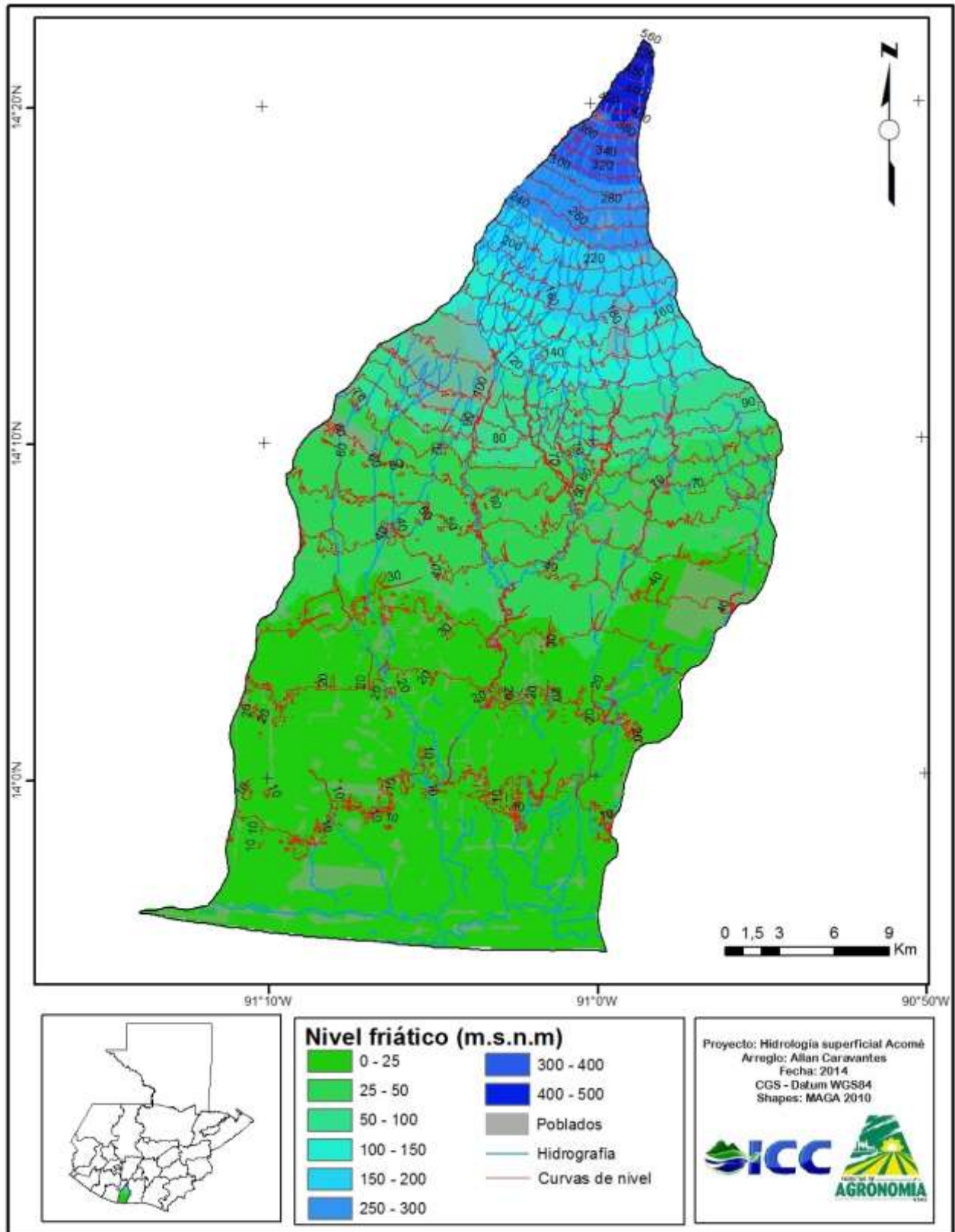


Figura 10. Mapa de niveles freáticos en la cuenca del río Acomé

### 2.6.3 Cuantificación del caudal hídrico de la cuenca y sus variaciones estacionales

Utilizando el método sección-velocidad se obtuvieron datos mensuales de caudal de cauces principales y tributarios de la cuenca del río Acomé y se analizaron en conjunto con datos climáticos para posteriormente realizar un balance hidrológico.

#### 2.6.3.1 Clima

Las características climáticas de la región contemplan una temperatura media anual del 27 a 28 grados centígrados, con una precipitación promedio de 2000 a 4000 mm anuales (Salguero, 2002).

Para la determinación de los datos climáticos se utilizó los promedios mensuales de los registros históricos de un período de 7 años (2008-2014) de las estaciones meteorológicas, estas fueron 9 en total, de las cuales 8 son administradas por el ICC y 1 por el INSIVUMEH (cuadro 10). En la figura 11 se presenta la ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Acomé.

Cuadro 10. Estaciones meteorológicas localizadas en la cuenca del río Acomé

<b>NOMBRE</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>	<b>ADMINISTRACIÓN</b>
Bonanza	-91.18723	14.07834	29	ICC
Bouganvilia	-90.93335	14.11769	144	ICC
Cengicaña	-91.05547	14.33096	300	ICC
El Balsamo	-91.00374	14.28147	280	ICC
San Antonio El Valle	-91.20096	13.99536	10	ICC
Tehuantepec	-91.10344	14.16862	60	ICC
Trinidad	-90.84401	14.15376	68	ICC
Costa Brava	-90.92074	14.23777	144	ICC
Puerto de San José	-90.83444	13.93611	7	INSIVUMEH

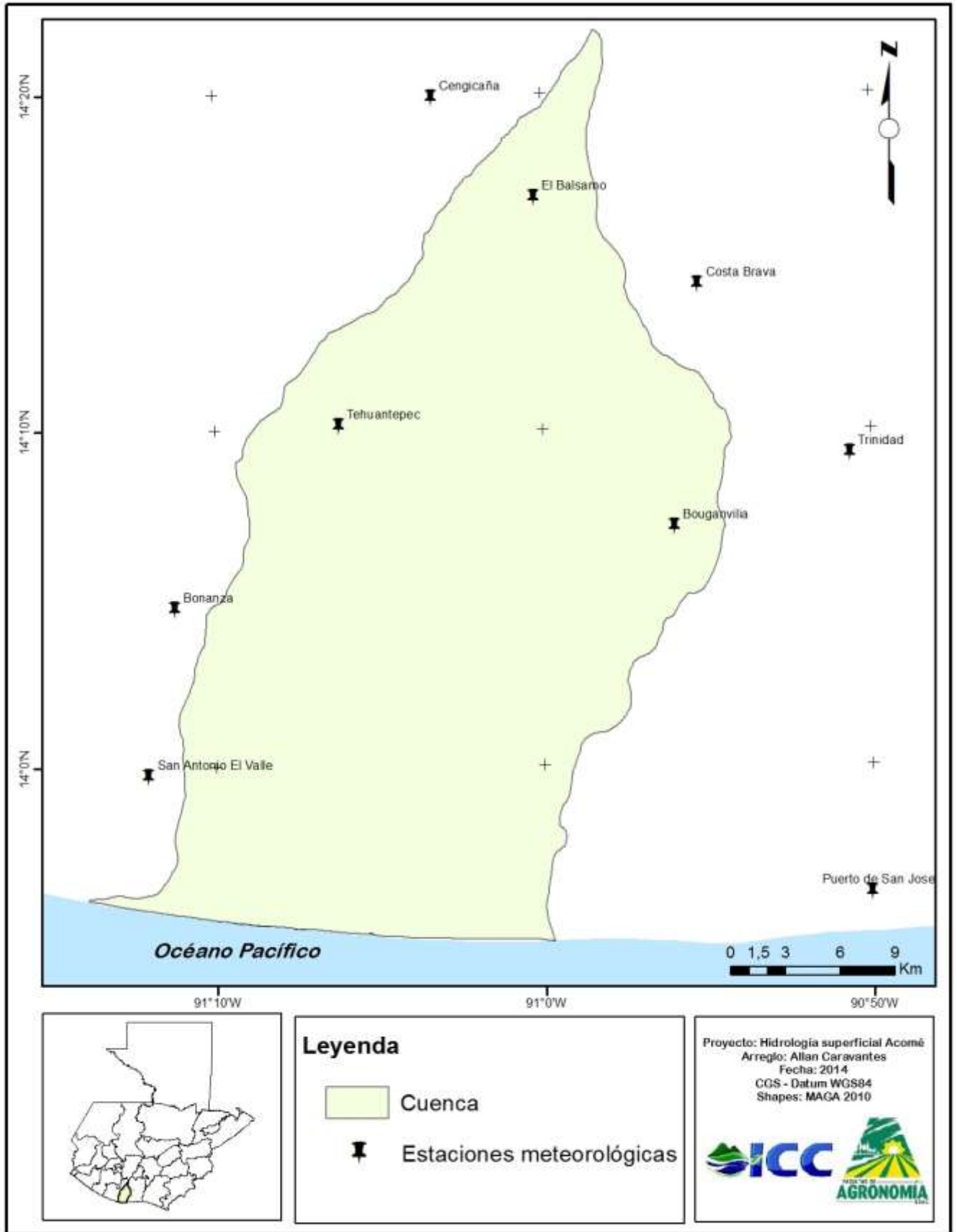


Figura 11. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas

### 2.6.3.1.1 Temperatura

En el cuadro 11 se presentan los promedios mensuales de temperatura media por estación, siendo abril el mes más alto con 27.7 °C y los meses de diciembre y enero los más bajos con 25.7 °C.

Cuadro 11. Temperatura media en la cuenca del río Acomé

Mes	Bonanza T °C	Bouganvilia T °C	Cengicaña T °C	El Balsamo T °C	Costa Brava T °C	San Antonio el Valle T °C	Tehuantepeq T °C	Trinidad T °C	Puerto de san José T °C	Promedio T °C
Enero	25.8	25.8	25.3	25.1	25.6	25.8	25.9	25.7	26.1	25.7
Febrero	26.5	26.4	25.9	25.6	26.3	26.4	26.7	26.4	26.8	26.3
Marzo	27.0	27.2	26.6	26.3	26.8	27.3	27.3	27.1	27.8	27.0
Abril	27.9	28.1	26.9	26.7	27.2	28.1	28.2	27.7	28.8	27.7
Mayo	27.9	28.0	26.5	26.3	26.7	28.1	28.2	27.5	28.8	27.6
Junio	26.9	27.4	25.8	25.7	26.2	27.4	27.5	26.8	28.1	26.9
Julio	27.1	27.5	25.9	25.8	26.4	27.5	27.6	26.9	27.9	27.0
Agosto	27.1	27.1	25.6	25.6	26.0	27.4	27.4	26.7	28.1	26.8
Septiembre	26.8	26.8	25.3	25.3	25.7	27.2	27.1	26.5	27.5	26.5
Octubre	26.5	25.9	25.3	25.1	25.6	26.9	26.8	26.4	27.2	26.2
Noviembre	26.4	25.6	25.4	25.2	25.9	26.5	26.7	26.3	26.9	26.1
Diciembre	25.9	25.4	25.3	25.0	25.7	25.9	26.1	25.6	26.4	25.7

Fuente: ICC, INSIVUMEH

En el cuadro 12 se presenta la distribución por área de la temperatura dentro de la cuenca río Acomé, las temperaturas oscilan entre 25.6 a 27.1 °C, el 36.15% de la cuenca cuenta con una temperatura promedio de 26.85 °C.

Las mayores temperaturas se presentan en la parte media y baja de la cuenca del río Acomé como se puede observar en el mapa de distribución de temperatura media (Figura 12), la temperatura media anual de la cuenca es de 26.7 °C, la cual se obtuvo con el promedio ponderado de los rangos de temperatura por área.

Cuadro 12. Áreas de distribución de temperatura media en la cuenca del río Acomé

No.	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje	Rango T (°C)	T (°C) promedio	Km <sup>2</sup> * T (°C)	T (°C) cuenca
1	41.76	4.68	25.6 - 25.8	25.7	1073.232	26.7
2	36.33	4.07	25.8 - 26.1	25.95	942.7635	
3	37.25	4.17	26.1 - 26.3	26.2	975.84782	
4	46.97	5.26	26.3 - 26.5	26.4	1240.008	
5	64.62	7.24	26.5 - 26.6	26.55	1715.661	
6	214.15	23.99	26.6 - 26.8	26.7	5717.805	
7	322.71	36.15	26.8 - 26.9	26.85	8664.7635	
8	129.03	14.45	26.9 - 27.1	27	3483.81	
Total	892.82	100			23813.89082	

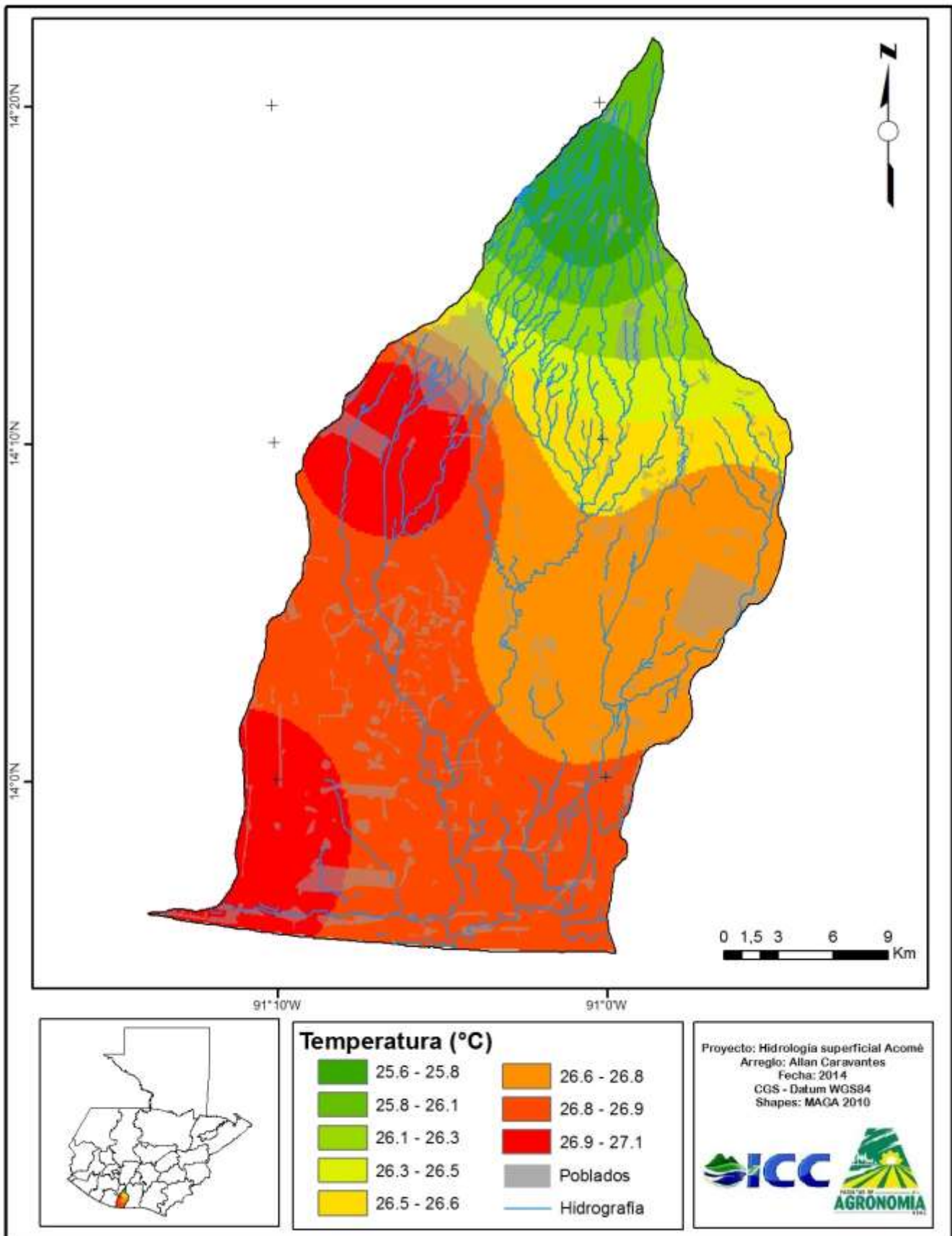


Figura 12. Mapa de temperatura media anual en la cuenca del río Acomé

### 2.6.3.1.2 Evapotranspiración

En el cuadro 13 se presenta los valores mensuales estimados de evapotranspiración potencial según el método de Hargreaves el cual utiliza datos de temperatura y radiación extraterrestre. El mes de mayo presenta la evapotranspiración más alta con 181.6 mm y diciembre el más bajo con 120.3 mm.

Cuadro 13. Evapotranspiración mensual en la cuenca del río Acomé

Mes	Bonanza (mm)	Bouganvilia (mm)	Cengicaña (mm)	El Balsamo (mm)	Costa Brava (mm)	San Antonio el valle (mm)	Tehuantepeq (mm)	Trinidad (mm)	Puerto de san José (mm)	Promedio (mm)
Enero	125.3	125.3	124.0	123.3	124.5	125.3	125.6	125.0	126.1	124.9
Febrero	128.4	128.3	126.9	126.0	127.4	128.3	129.0	128.1	129.3	128.0
Marzo	161.0	161.9	159.5	158.3	160.2	162.1	162.2	161.5	164.0	161.2
Abril	171.4	172.5	168.0	167.0	169.7	172.5	172.8	170.8	175.0	171.1
Mayo	182.6	183.4	177.1	176.6	179.9	183.8	183.9	181.0	186.4	181.6
Junio	172.9	174.5	168.5	168.3	171.0	174.8	175.0	172.4	177.4	172.7
Julio	178.8	180.0	173.7	173.5	176.5	180.4	180.6	178.0	181.8	178.1
Agosto	175.4	175.5	169.6	169.6	172.5	176.8	176.6	173.8	179.2	174.3
Septiembre	159.1	159.2	153.8	153.7	156.5	160.3	160.1	158.1	161.5	158.0
Octubre	149.5	147.4	145.3	144.7	146.7	150.7	150.3	148.9	151.7	148.4
Noviembre	127.7	125.2	124.7	124.0	125.4	127.9	128.4	127.3	129.1	126.6
Diciembre	120.9	119.5	119.3	118.5	119.6	121.1	121.5	120.2	122.3	120.3

Fuente: ICC, INSIVUMEH

En el cuadro 14 se presenta la distribución por área de la evapotranspiración en la cuenca. La evapotranspiración media anual estimada para toda la cuenca es de 1847.3 mm. Las distribuciones de las áreas se pueden observar en el mapa de evapotranspiración (figura 13). El 36.28% del área total de la cuenca presenta una evapotranspiración media anual de 1854.5 mm, son áreas donde las temperaturas son mayores a 26.7 °C.

Cuadro 14. Áreas de distribución de evapotranspiración en la cuenca del río Acomé

No.	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje	Rango ETP (mm)	ETP (mm) promedio	Km <sup>2</sup> * ETP(mm)	ETP (mm) cuenca
1	41.76	4.68	1803 - 1812	1807.5	75481.2	1847.3
2	36.33	4.07	1812 - 1821	1816.5	65993.445	
3	37.25	4.17	1821 - 1830	1825.5	67992.75555	
4	46.97	5.26	1830 - 1839	1834.5	86166.465	
5	64.62	7.24	1839 - 1846	1842.5	119062.35	
6	212.94	23.85	1846 - 1852	1849	393726.06	
7	323.92	36.28	1852 - 1857	1854.5	600709.64	
8	129.03	14.45	1857 - 1865	1861	240124.83	
Total	892.82	100			1649256.746	



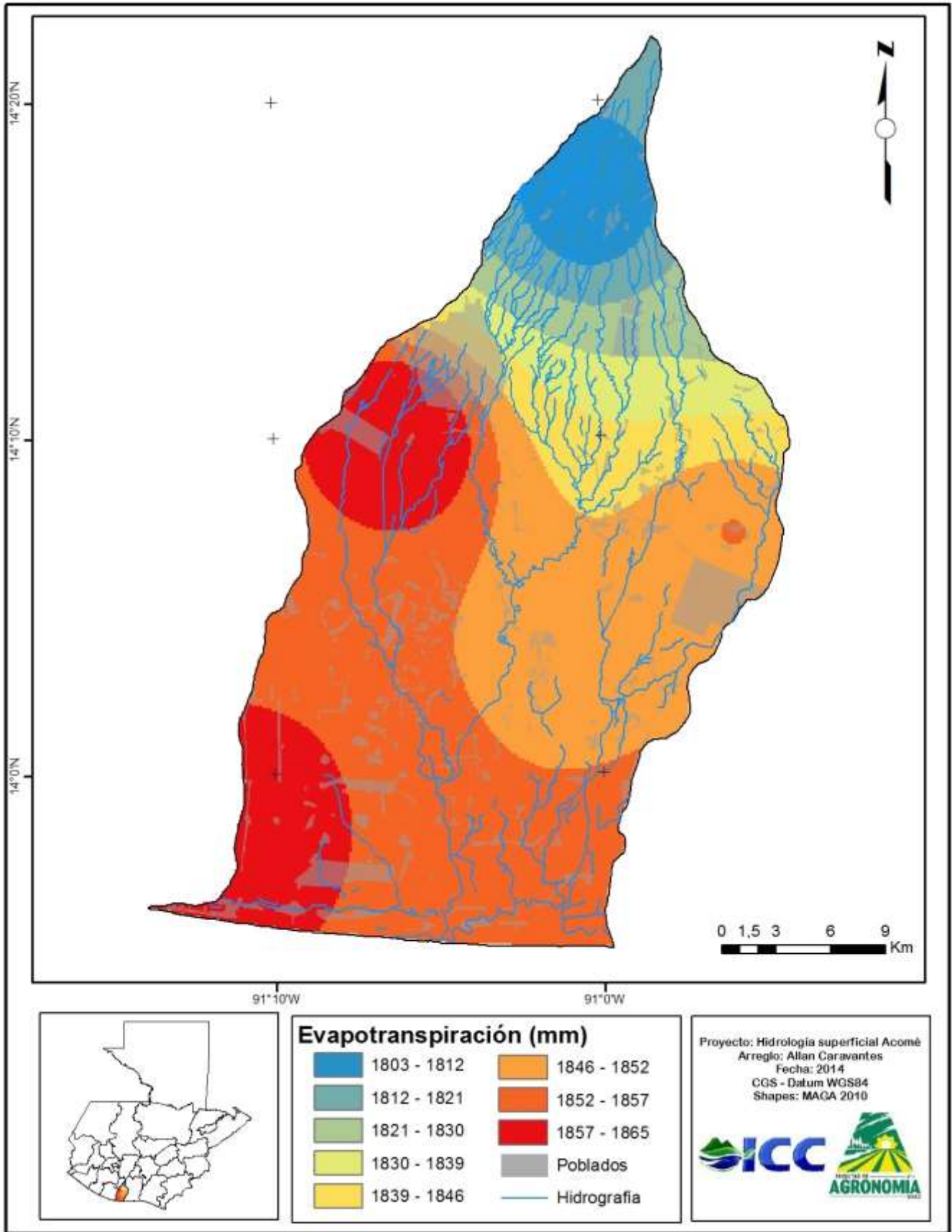


Figura 13. Mapa de evapotranspiración media anual en la cuenca del río Acomé

### 2.6.3.1.3 Precipitación

En el cuadro 15 se presentan los promedios mensuales de precipitación por estación meteorológica, el mes de septiembre presenta la precipitación más alta con 354.4 mm de lluvia y enero la más baja con 7.3 mm. La estación que presenta mayores precipitaciones registra es la de Cengicaña la cual se encuentra ubicada a una altura de 300 msnm y la estación que menores precipitaciones registra es San Antonio el Valle que se encuentra a una altura de 10 msnm.

Cuadro 15. Precipitación mensual por estación en la cuenca del río Acomé

Mes	Bonanza (mm)	Bouganvilla (mm)	Cengicaña (mm)	El Balsamo (mm)	Costa Brava (mm)	San Antonio el valle (mm)	Tehuantepeq (mm)	Trinidad (mm)	Puerto de san José (mm)	Promedio (mm)
Enero	2.4	3.5	21.1	9.0	16.9	8.0	1.6	2.3	0.9	7.3
Febrero	6.4	6.1	34.5	15.6	23.9	8.2	8.0	18.0	7.4	14.2
Marzo	4.3	17.9	55.3	25.8	59.7	4.6	17.6	22.1	9.7	24.1
Abril	28.6	41.8	178.4	82.9	169.5	21.7	51.2	63.3	40.2	75.3
Mayo	180.3	206.9	588.4	325.2	493.5	161.0	205.4	205.6	190.0	284.0
Junio	269.8	225.0	636.7	377.2	473.1	225.8	297.8	240.7	318.2	340.5
Julio	225.0	170.3	598.1	331.1	442.4	161.2	266.6	216.8	258.8	296.7
Agosto	202.6	292.9	560.0	351.8	489.6	215.6	216.3	525.0	259.0	345.9
Septiembre	259.2	234.3	604.1	365.9	488.1	264.7	347.6	322.7	303.0	354.4
Octubre	209.6	186.8	565.7	320.7	504.4	272.9	249.3	250.4	253.2	312.5
Noviembre	58.6	52.8	180.6	97.3	171.9	34.4	63.9	78.6	103.0	93.5
Diciembre	8.4	10.2	27.0	15.2	23.1	4.7	18.4	11.6	7.4	14.0

Fuente: ICC, INSIVUMEH

En el cuadro 16 se presenta la distribución de los rangos y los promedios de precipitación media por área, se determinó que la precipitación media anual de la cuenca es de 2011.07 mm de lluvia. La distribución de la precipitación se puede observar en el mapa de precipitación de la cuenca del río Acomé (figura 14), en la parte alta de la cuenca es donde se presenta mayor precipitación debido a que se unen los vientos fríos de la bocacosta con los vientos cálidos del Pacífico lo que genera la alta precipitación. El 13.43% de la cuenca presenta precipitaciones menores a 1700 mm y un 7.54% mayores a 3000 mm de lluvia (parte alta).

La cuenca del río Acomé presenta una gran variabilidad en cuanto a precipitación se refiere, con climas seco cercanos a la costa y muy húmedos en las partes altas como Siquinalá y Santa Lucia Cotzumalguapa (parte alta), donde se da una gran precipitación de tipo orográfica (Salguero, 2002).

Cuadro 16. Áreas de distribución de precipitación media en la cuenca del río Acomé

No.	Área (Km2)	Porcentaje	Rango PP (mm)	PP (mm) promedio	Km2 * PP	PP (mm) cuenca
1	119.92	13.43	1356.25 - 1643.43	1499.84	179860.8	2011.07
2	172.71	19.34	1643.43 - 1832.07	1737.75	300126.8	
3	150.79	16.89	1832.07 - 1991.26	1911.67	288260.7	
4	194.23	21.75	1191.26 - 2173.02	1682.14	326722.1	
5	95.24	10.67	2173.02 - 2445.23	2309.13	219921.5	
6	47.02	5.27	2445.23 - 2788.76	2617	123051.3	
7	45.55	5.1	2788.76 - 3134.78	2961.77	134908.6	
8	67.36	7.54	3134.78 - 3476.65	3305.72	222673.3	
Total	892.82	100			1795525	

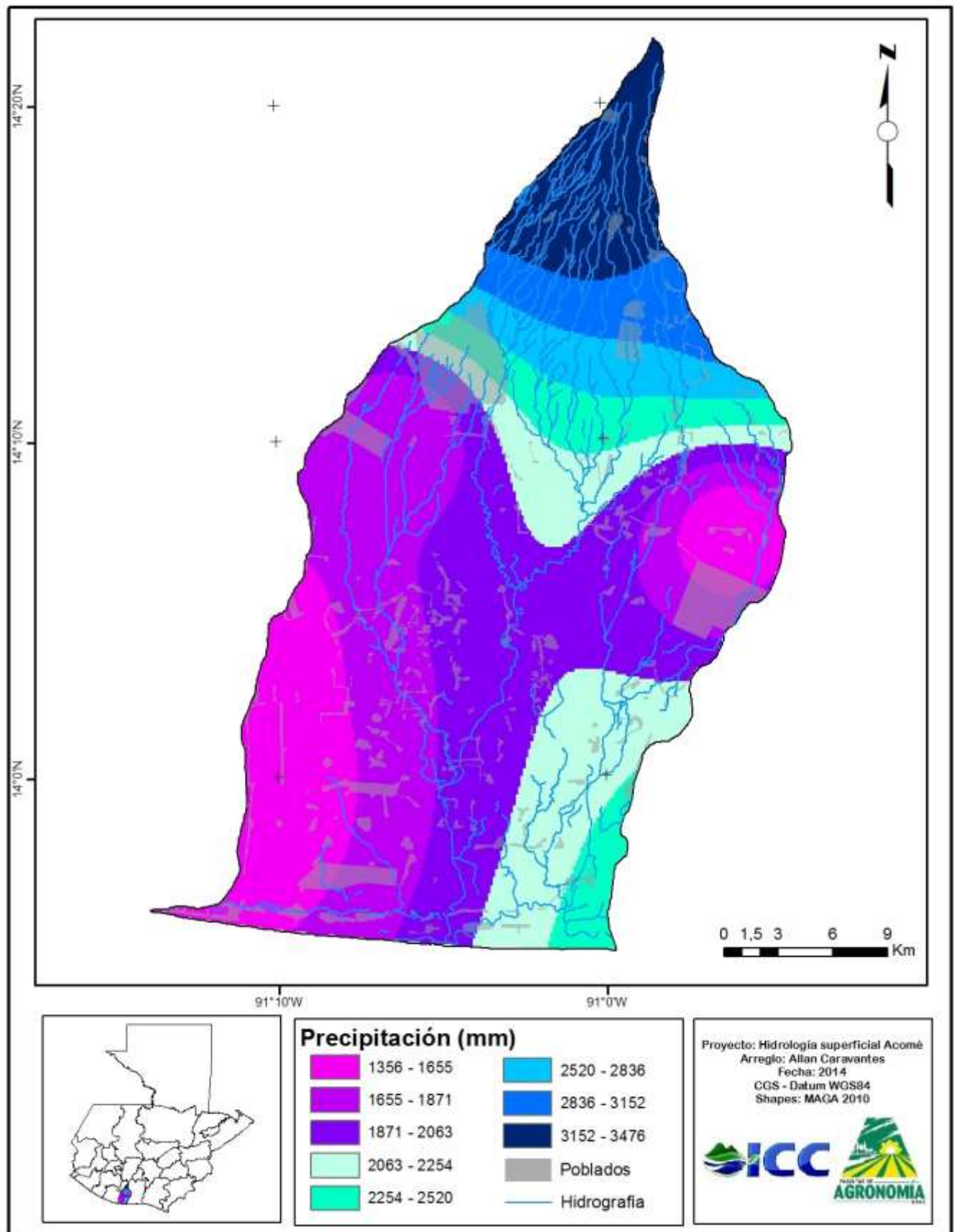


Figura 14. Mapa de precipitación media anual en la cuenca del río Acomé

En el cuadro 17 se presentan los datos mensuales de precipitación y evapotranspiración que indican los meses críticos donde la evapotranspiración es mayor a la precipitación. Los meses donde la evapotranspiración es mayor a la precipitación son noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, siendo marzo el mes donde mayor pérdida por evapotranspiración se tiene con 137.1 mm equivalente a 122.4 millones de m<sup>3</sup>. En la cuenca anualmente queda para escorrentía y recarga una lámina de agua de 317.1 mm equivalente a 283.1 millones de m<sup>3</sup> siendo septiembre el mes que mayor exceso tiene con 196.34 mm equivalente a 175.3 millones m<sup>3</sup>. De acuerdo a las condiciones climáticas en la cuenca del río Acomé el 85% de la precipitación se pierde por medio de la evapotranspiración.

Cuadro 17. Análisis de precipitación y evapotranspiración mensual de la cuenca del río Acomé

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	Diferencia (mm)
Enero	7.3	124.9	-117.6
Febrero	14.2	128.0	-113.7
Marzo	24.1	161.2	-137.1
Abril	75.3	171.1	-95.8
Mayo	284.0	181.6	102.4
Junio	340.5	172.7	167.7
Julio	296.7	178.1	118.6
Agosto	345.9	174.3	171.5
Septiembre	354.4	158.0	196.3
Octubre	312.5	148.4	164.2
Noviembre	93.5	126.6	-33.2
Diciembre	14.0	120.3	-106.3
Anual	2162.4	1845.3	317.1

#### 2.6.3.1.4 Climadiagrama

Con los datos de las estaciones meteorológicas se elaboró un climadiagrama (figura 15) en el cual se puede observar que los meses con menos precipitación son noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, por lo tanto se consideran meses secos debido a que la evapotranspiración es mayor o igual a la precipitación lo cual generan una situación de déficit hídrico. El mes con mayor precipitación es septiembre con 354.4 mm, el mes de mayo tiene la evapotranspiración más alta con 181.6 mm y abril presenta la temperatura

media más alta con 27.7 °C. Según el coeficiente de correlación existe una relación del 88% entre la evapotranspiración y la temperatura.

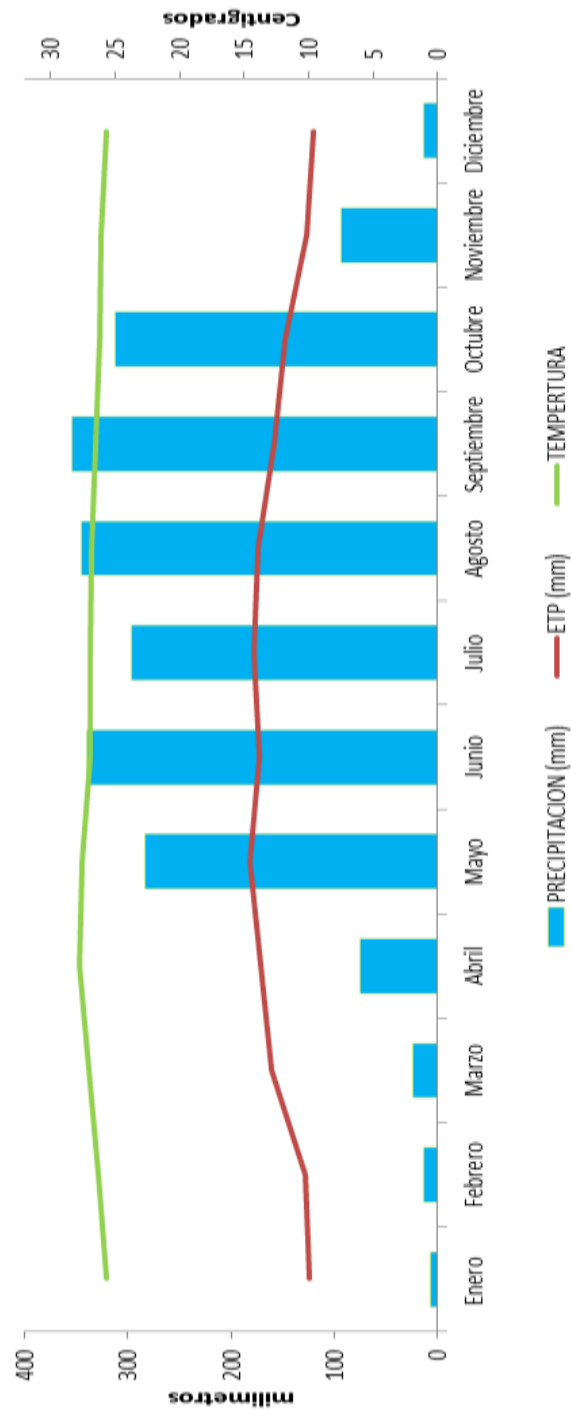


Figura 15. Gráfica de climadiagrama en la cuenca del río Acomé, período 2008-2014

### 2.6.3.2 Caudales

Se realizó un monitoreo mensual de aforos en la cuenca del río Acomé, se monitorearon 9 meses iniciando en el mes de abril y finalizando en el mes de diciembre, se analizaron 14 puntos de aforo los cuales se pueden observar en el mapa de puntos de aforo (figura 17) las condiciones para determinar los puntos de aforo fueron el área de drenaje y la accesibilidad. En el mes de abril fueron monitoreados solo 11 puntos, debido a que no se tenían considerados los dos puntos de la parte alta de la cuenca y se tuvo problemas al monitorear el punto de la desembocadura cerca del canal de Chiquimulilla porque este punto se encuentra influenciado por el comportamiento de la marea. Los puntos de la parte alta de la cuenca fueron considerados a partir del mes de junio, con el fin de poder observar la dinámica de caudales en la parte alta de la cuenca.



Figura 16. Monitoreo de caudales en los puntos Chontel y Colojate (bajo), año 2014

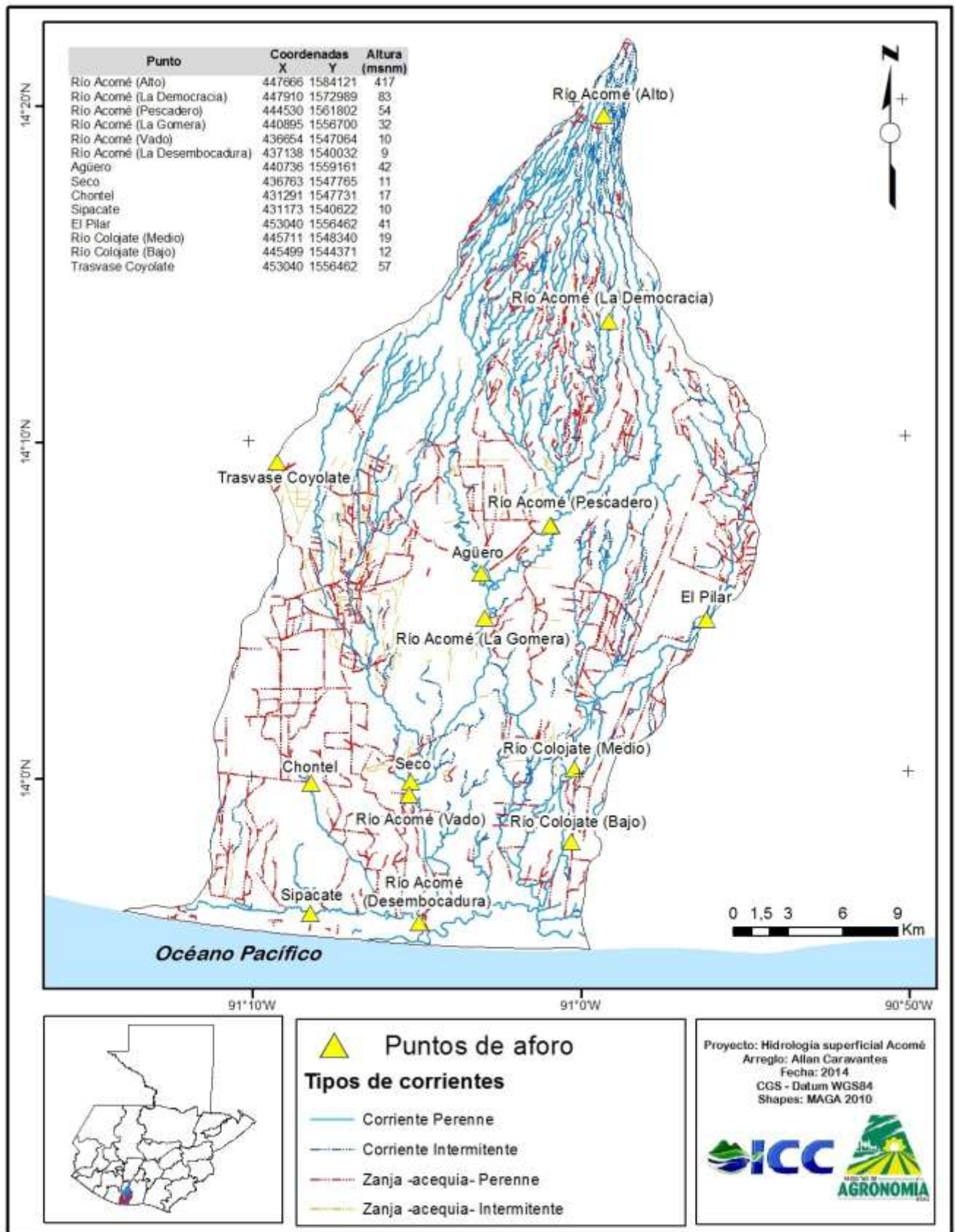


Figura 17. Puntos de aforo en la cuenca del río Acomé



En el cuadro 18 se presentan los datos de los caudales determinados en el cauce principal de la cuenca del río Acomé, en los aforos realizados en el mes de abril en el cauce principal de la cuenca se observó, que el volumen de agua no desemboca al mar, además la dinámica de la cantidad de agua dentro de la cuenca no se mantiene constante. La cuenca del río Acomé tiene un gran porcentaje de superficie productiva, lo que provoca que la demanda de agua para riego en época seca o estiaje sea alta, lo cual puede inferir en el déficit del recurso hídrico superficial.

En el mes de mayo se tiene un incremento de los caudales, esto se debe al inicio de la época de lluvia, los meses de septiembre y octubre presentan los valores más altos de caudales, en el mes de julio tiende a disminuir a causa de la canícula que afecto al territorio, la prolongación de la canícula se refleja en el mes de agosto donde disminuyeron considerablemente los caudales. En el mes de noviembre disminuyen considerablemente los caudales debido al inicio de la época seca, en diciembre continua la disminución de caudales esto debido al uso intensivo del agua evidenciado en los desvíos y retención del cauce.

La mayoría de los meses de monitoreo excepto abril y diciembre que son los más críticos en cuanto a la falta del recurso hídrico superficial, presenta una dinámica similar, ya que los caudales van aumentando desde la parte alta hasta la parte baja. Esta situación hizo necesario el uso de riego, lo que provoco desvíos en el cauce. En la gráfica de caudales del cauce principal (figura 18) se pueden observar las fluctuaciones de los meses monitoreados.

En el cuadro 19 se presenta los datos de caudal de los ríos tributarios al río Acomé, en época seca (abril) el río Seco y el río Sipacate no llevaban agua ( $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Esto podría deberse al uso intensivo del agua superficial y la cantidad de meses sin lluvia, en el mes de mayo con el inicio de las lluvias aumentaron los caudales, excepto en el punto Chontel donde disminuye, debido a que es el área donde menores precipitaciones se registran en la cuenca y Sipacate donde el caudal se mantuvo en  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  también se debe a la poca precipitación en el área y a la dificultad de que el agua fluya, ya que por ser un área muy plana el agua se queda estancada. Al igual que en el cauce principal en junio y octubre es

donde mayores caudales se presentan y también se puede observar cómo afecta la canícula en la disminución de los caudales en los meses de julio y agosto.

En el mes de noviembre disminuyen los caudales debido al final de la época de lluvia y al inicio de la época seca o de estiaje, en diciembre los caudales continuaron disminuyendo en los puntos Agüero y Chontel mientras que en los puntos de los ríos Seco y Sipacate el caudal es de 0 m<sup>3</sup>/s, el río Seco fue desviado totalmente para uso de riego, mientras que en el río Sipacate el agua está estancada debido a que es un área con relieve plano por lo que necesita la escorrentía provocada por la precipitación para tener flujo. El río Agüero es el mayor tributario del cauce principal con un caudal unitario de 53.20 L/s/Km<sup>2</sup>, a pesar de ser el área de los tributarios que menos drena, lo que indicaría que el área es una zona de surgencia natural donde el acuífero aporta agua al río.

El río Colojate drena 28.75% de la cuenca del río Acomé. No se une al cauce principal de la cuenca lo que hace que su dinámica difiera de la del río Acomé, por esta razón se decidió analizar por separado los datos de caudal de esta unidad (cuadro 20).

Se monitoreó como tributario el río El Pilar ya que este en época seca aumenta su caudal debido a los trasvases de la cuenca del río Achiguate. Esto se evidencia a través del caudal de abril que fue el mes con mayor caudal con 2.19 m<sup>3</sup>/s, además la dinámica es muy variable en los meses de invierno. El punto Colojate (Medio) presenta su caudal más bajo en abril (época seca), el caudal aumenta en el mes de mayo con inicio de la época de lluvia, en el mes de julio y agosto se tiene una disminución en el caudal debido a la canícula, en el mes de septiembre se restablece la época de lluvia y con esto se registra el mayor caudal en el punto Colojate (Medio). El punto Colojate (Bajo) presenta menores caudales al Colojate (medio) debido a que el cauce sufre una modificación artificial donde se divide en dos, por lo tanto no se monitorio una corriente debido a la falta de accesibilidad. En el mes de noviembre los caudales disminuyeron debido a la finalización de la época de lluvia e inicio de la época seca o de estiaje, en el último monitoreo en el mes de diciembre los caudales disminuyen y la dinámica continua igual a los meses pasados donde el punto medio presenta mayor caudal que le punto bajo en el río Colojate, el tributario El Pilar también disminuyo punto donde aumentan la disponibilidad de agua a través de trasvases. En la gráfica de los caudales del río Colojate (figura 19) se pueden

observar las fluctuaciones mensuales, donde se puede determinar que los caudales son muy irregulares.

Cuadro 18. Datos de caudales mensuales del río Acomé

Mes	Acomé (Alto)		Acomé (La Democracia)		Acomé (Pescadero)		Acomé (La Gomera)		Acomé (Vado)		Desembocadura	
	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s
Abril	--	--	--	--	0.08	80	0.40	400	0.01	10	--	--
Mayo	--	--	--	--	3.61	3610	7.70	7700	10.62	10620	12.31	12310
Junio	0.61	610	2.07	207	7.82	7820	11.25	11250	22.31	22310	11.13	11130
Julio	0.11	110	0.62	62	3.76	3760	11.76	11760	13.5	13500	19.63	19630
Agosto	0.19	190	0.51	51	2.56	2560	4.93	4930	7.81	7810	16.63	16630
Septiembre	0.21	210	0.62	62	6.15	6150	18.20	18200	21.32	21320	36.03	36030
Octubre	0.52	520	2.67	2670	14.20	14200	30.60	30600	74.70	74700	77.13	77130
Noviembre	0.12	120	0.47	470	4.31	4310	7.05	7050	11.09	11090	15.30	15300
Diciembre	0.35	350	0.25	250	1.77	1770	2.10	2100	2.21	2210	3.60	3600
Promedio	0.30	265	1.03	183.6 7	4.92	3757	10.44	7923	18.17	11108	23.97	16375
Q unitario L/s/Km <sup>2</sup>												25.74
Escorrentía mm/año												1172.01

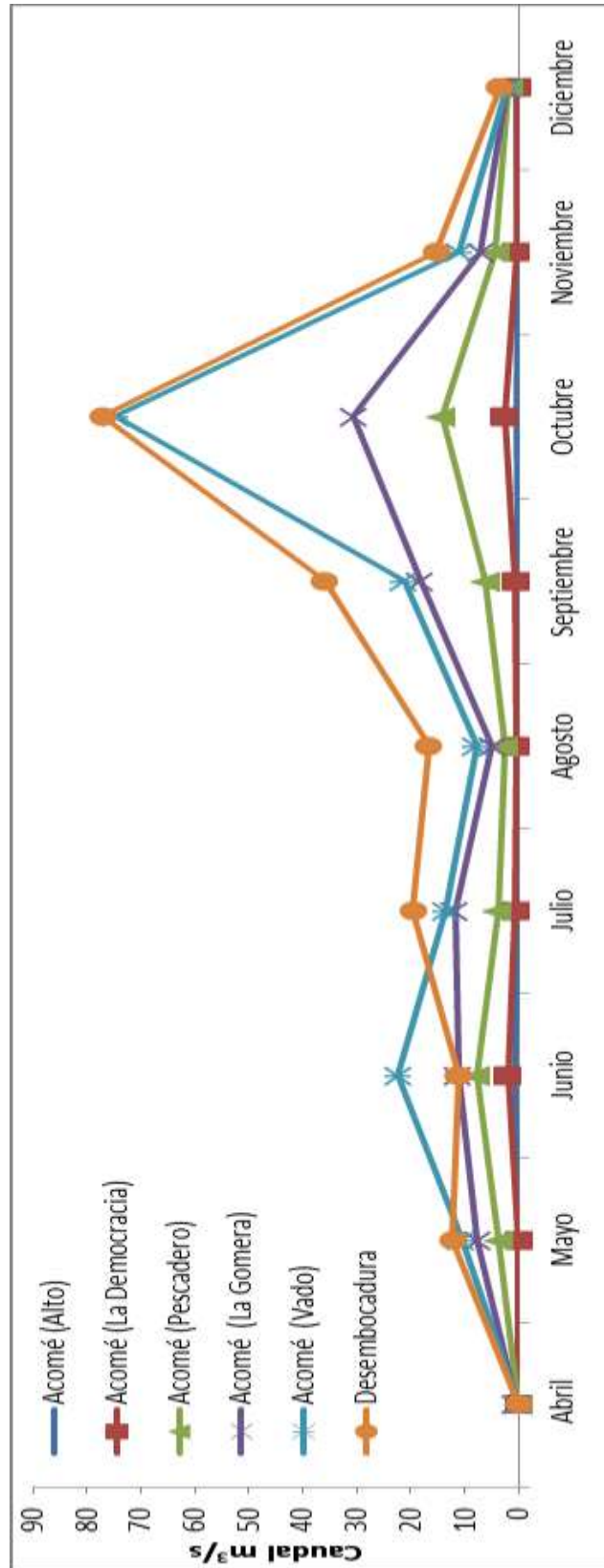


Figura 18. Gráfica de caudales del río Acomé

Cuadro 19. Datos de caudales mensuales de los cauces tributarios del río Acomé

Mes	Agüero		Seco		Sipacate		Chontel (Tributario Sipacate)	
	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s
Abril	0.43	430	0	0	0	0	0.04	40
Mayo	4	4000	1.17	1170	0	0	0.01	10
Junio	5.96	5960	4.56	4560	0.23	230	0.45	450
Julio	3.71	3710	3.62	3620	0.04	40	0.26	260
Agosto	2.72	2720	1.95	1950	0.63	630	0.36	360
Septiembre	4.94	4940	6.4	6400	0.89	890	0.46	460
Octubre	15.81	15810	16.63	16630	0.35	350	0.65	650
Noviembre	1.17	1170	3.53	3530	0.26	260	0.54	540
Diciembre	0.49	490	0	0	0	0	0.39	390
Promedio	4.36	4358	4.21	4206	0.27	266	0.35	351
Q unitario L/s/Km <sup>2</sup>		53.20		31.30		1.25		

Cuadro 20. Datos de caudales mensuales del río Colojate y tributario

Mes	El Pilar		Colojate (Medio)		Colojate (Bajo)	
	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s
Abril	2.19	2190	0.09	90	0.53	530
Mayo	1.27	1270	1.44	1440	1.74	1740
Junio	1.31	1310	5.75	5750	2.69	2690
Julio	0.1	100	2.4	2400	1.15	1150
Agosto	0.6	600	4.13	4130	3.93	3930
Septiembre	1.47	1470	5.82	5820	4.42	4420
Octubre	1.69	1690	10.71	10710	10.74	10740
Noviembre	0.14	140	5.78	5780	1.14	1140
Diciembre	0.11	110	0.78	780	0.50	500
Promedio	0.99	986	4.10	4100	2.98	2982
Q unitario L/s/Km <sup>2</sup>					11.62	
Escorrentía mm					361.38	

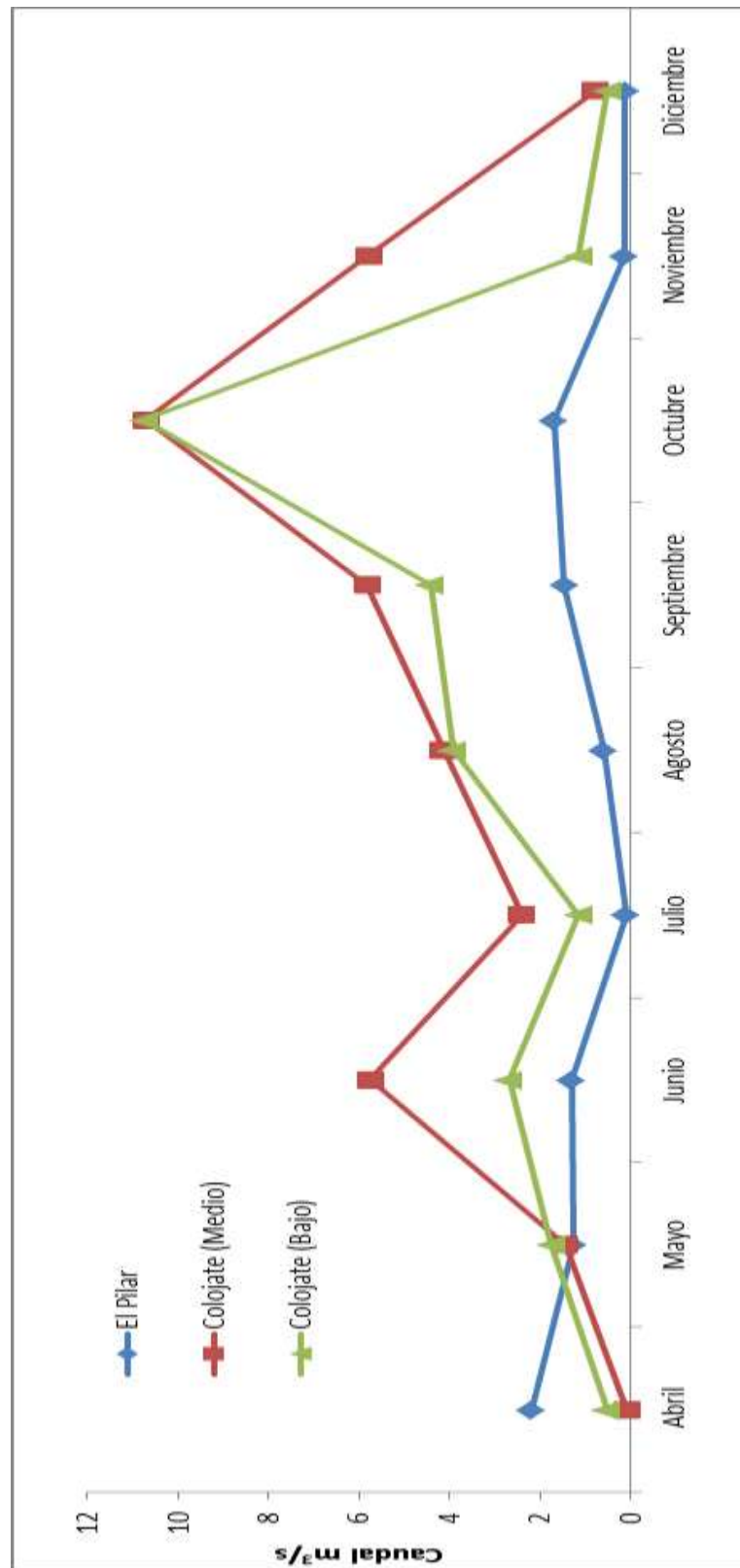


Figura 19. Gráfica de caudales del río Colojate y tributario

De los 8 trasvases ubicados dentro de la cuenca del río Acomé solo se monitoreo el trasvase del río Coyolate (cuadro 21), el cual se utiliza para tener agua superficial disponible para riego, se determinó que solo se trasvasa agua en la época seca y en escases de precipitación en la época de lluvia, ya que también fue utilizado en el mes de Julio. El caudal promedio de este trasvase cuando la toma está abierta para uso agrícola es de 1.84 m<sup>3</sup>/s equivalente a 1836.67 L/s.

Cuadro 21. Caudales del trasvase del río Coyolate

Mes	Trasvase Coyolate	
	m <sup>3</sup> /s	L/s
Abril	2.48	2480
Mayo	0	0
Junio	0	0
Julio	1.85	1850
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	1.18	1180
Promedio	1.84	1836

Debe considerarse que el monitoreo de caudales fue realizado mensualmente, por lo que la exactitud de los datos pueden variar dependiendo del momento de la toma de datos, ya que los caudales están influenciados por las condiciones meteorológicas (temperatura, precipitación, entre otros).

### 2.6.3.3 Aforos diferenciales

En el cuadro 22 se presentan los datos de los aforos diferenciales realizados en el cauce principal de la cuenca del río Acomé con la finalidad de determinar las pérdidas por infiltración del caudal del río. Los aforos se realizaron en la parte alta, media y baja respectivamente. En la parte alta el río es influente es decir que el río le da agua al acuífero esto se debe según (Salguero, 2002) a que el lecho del río está constituido por material de grava y rocas de tamaño mediano a grande. En la parte media y baja el río es

afluente es decir que el río recibe agua del acuífero debido a la disminución de altura sobre el nivel del mar lo que hace que el nivel freático esté más cerca de la superficie.

Cuadro 22. Resumen de aforos diferenciales en el río Acomé

Lugar	Caudal (m <sup>3</sup> /s)		Balance	Clasificación
	Punto 1	Punto 2		
Parte Alta (Acomé Alto)	0.58	0.48	-0.10 (pierde)	Río Influyente
Parte Media (Acomé La Gomera)	3.1	3.64	0.54 (gana)	Río Efluente
Parte Baja (Acomé Vado)	3.14	3.46	0.32 (gana)	Río Efluente

#### 2.6.3.4 Curva de duración de caudales característicos

En el cuadro 23 presentan los resultados de los caudales característicos del río Acomé: el caudal máximo es de 41 m<sup>3</sup>/s el cual es igualado o excedido 2.74% del tiempo en todo el año, aproximadamente 10 días/año. El caudal medio es de 8.17 m<sup>3</sup>/s y es excedido o igualado el 50% o 182 días/años. El caudal de estiaje es de 0.40 m<sup>3</sup>/s el cual es igualado o excedido 97.30% del tiempo correspondiente a 355 días/año. En la figura 20 podemos observar la curva de duración de caudales para el año 2014.

Cuadro 23. Caudales característicos del río Acomé

Caudal Característico	Porcentaje de tiempo	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (L/s)
Máximo	2.74	41	41000
Medio	50	8.17	8170
Estiaje	97.3	0.40	400
1 mes	8.34	21.60	21600
3 meses	25	14.40	14400
9 meses	75	4	4000



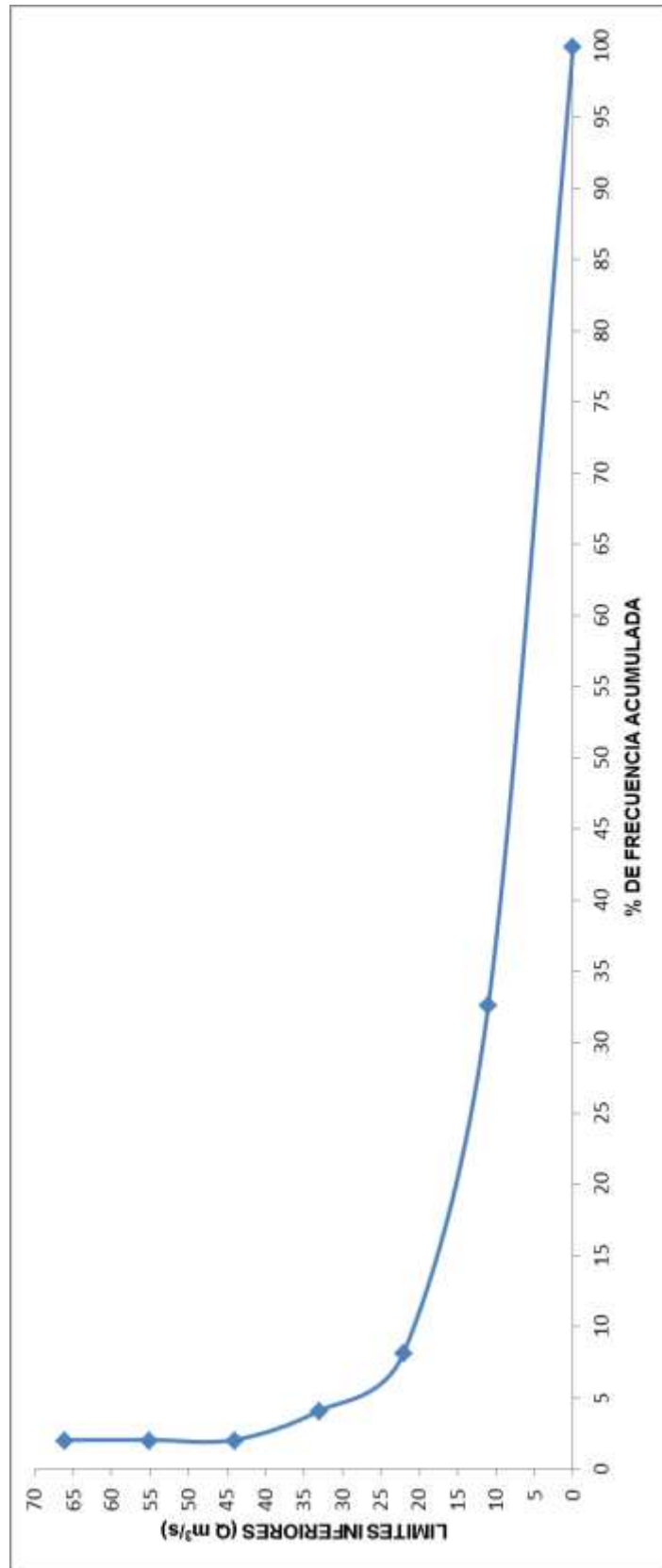


Figura 20. Curva de duración de caudales en el río Acomé

El cuadro 24 presenta los resultados de los caudales característicos del río Colojate: el caudal máximo es de 12.60 m<sup>3</sup>/s el cual es igualado o excedido 2.74% del tiempo en todo el año, aproximadamente 10 días/año. El caudal medio es de 1.80 m<sup>3</sup>/s y es excedido o igualado el 50% o 182 días/años. El caudal de estiaje es de 0.10 m<sup>3</sup>/s el cual es igualado o excedido 97.30% del tiempo correspondiente a 355 días/año. En la figura 21 podemos observar la curva de duración de caudales para el año 2014.

Cuadro 24. Caudales característicos del río Colojate

<b>Caudal Característico</b>	<b>Porcentaje de tiempo</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
Máximo	2.74	12.60	12600
Medio	50	1.80	1800
Estiaje	97.3	0.10	100
1 mes	8.34	7.60	7600
3 meses	25	2.70	2700
9 meses	75	0.90	900

El río Acomé presenta mayores caudales característicos que el río Colojate esto es debido posiblemente al área de drenaje ya que el río Acomé presenta una mayor área de drenaje que el río Colojate. El caudal máximo del río Acomé es un 69% mayor que el caudal del río Colojate. El caudal de estiaje del río Colojate es 75% menor que el caudal estiaje del río Acomé el caudal medio del río Acomé aumenta un 96% en comparación con el caudal de estiaje mientras que el caudal medio del río Colojate presenta un comportamiento similar al río Acomé ya que aumenta un 94% en comparación con el caudal de estiaje. Cabe mencionar que este procedimiento de caudales característicos se hizo con los datos obtenidos en el monitoreo de caudales realizados de abril a diciembre del año 2014, por lo cual son caudales característicos mensuales que pueden llegar a variar considerablemente con los caudales característicos para un período de más años con una mayor cantidad de datos.

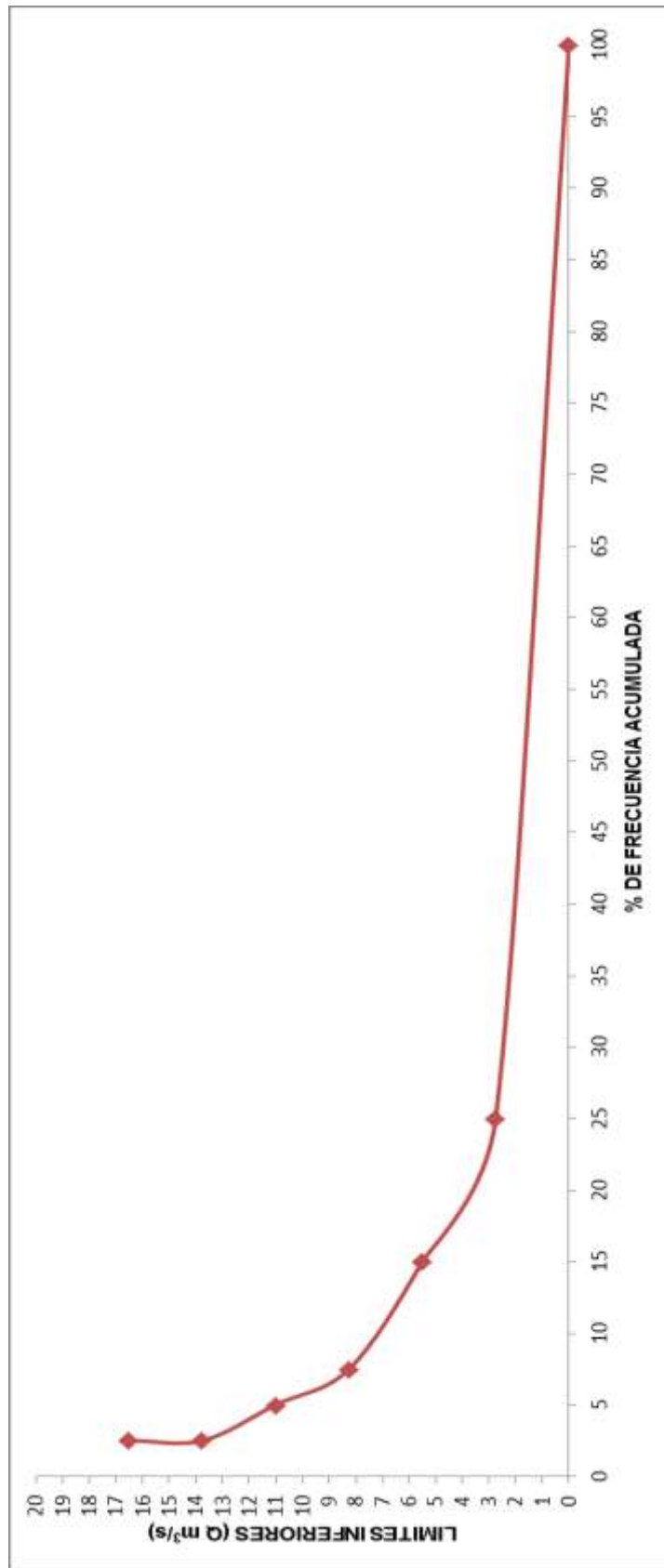


Figura 21. Curva de duración de caudales en el río Coloiate

### 2.6.3.5 Balance hidrológico

El cuadro 25 presenta los datos del balance hidrológico de los meses monitoreados en la cuenca del río Acomé, los meses que presentan déficit de almacenamiento son, abril, octubre, noviembre y diciembre, los cuales en su mayoría son considerados meses secos donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación. Los meses que tienen almacenamiento o posible recarga hídrica son mayo, junio, julio, agosto y septiembre, meses donde la precipitación es mayor a la evapotranspiración.

En el cuadro 26 se presentan los datos del balance hidrológico anual. Existe un déficit de 1369.62 mm, lo que indica que la demanda (salidas) son mayores que la oferta (entradas) del sistema de la cuenca (Salguero, 2002).

El balance hidrológico anual nos muestra que esta es una cuenca deficitaria en forma general y que aun el aprovechando todos los recursos hídricos disponibles no se logra cubrir la necesidades de la cuenca por concepto de evapotranspiración (Salguero, 2002). En la cuenca del río Acomé el 85% de la precipitación se pierde por evapotranspiración.

Cuadro 25. Resumen del balance hidrológico mensual de la cuenca del río Acomé

Mes	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (mm)	Escorrentía (mm)	Almacenamiento (mm)
Abril	75.3	171.1	5.4	-101.2
Mayo	284	181.6	67.3	35.1
Junio	340.5	172.7	117.2	50.6
Julio	296.7	178.1	90.8	27.8
Agosto	345.9	174.3	106.8	64.8
Septiembre	354.4	158	190.1	6.3
Octubre	312.5	148.4	419.8	-255.7
Noviembre	93.5	126.6	73.3	-106.4
Diciembre	14	120.3	19.6	-125.9

Cuadro 26. Resumen del balance hidrológico anual de la cuenca del río Acomé

Entrada	Salidas	Almacenamiento
Precipitación = 2011.07 mm	Evapotranspiración = 1847.3 mm	-1369.62 mm
	Escorrentía = 1533.39 mm	

### **2.6.3.6 Uso de agua superficial para la caña de azúcar**

Según CENGICAÑA 2012, se utiliza un mega-litro (1000 L) de agua por 1.40 hectáreas, además indica que 57.2% del agua utilizada es de los ríos. El último dato que se tiene en cuanto al uso de la tierra en la cuenca del río Acomé el 82.60% es caña de azúcar lo que es equivalente a 71425.6 Ha, relacionando los datos anteriores en la cuenca del río Acomé se utilizan anualmente 51 millones de m<sup>3</sup> de agua para riego de caña de azúcar, de los cuales 29.2 millones de m<sup>3</sup> es agua superficial (ríos), según el análisis de caudales el recurso hídrico superficial de la cuenca del río Acomé no es suficiente para cubrir el riego en época seca por eso se ve la necesidad de realizar trasvases para aumentar la disponibilidad de agua.

#### **2.6.4 Propuestas de manejo del recurso hídrico**

Para realizar las propuestas de manejo del recurso hídrico se elaboró un árbol de problemas usando de base los resultados obtenidos y lo observado en las visitas de campo, después de determinar y analizar las causas y los efectos se procedió a generar las propuestas.

##### **2.6.4.1 Árbol de problemas**

Se realizó un árbol de problemas figura 22 de acuerdo a lo observado en campo y los resultados de la investigación, la causa principal que ocasiona problemas en cuanto al recurso hídrico en la cuenca del río Acomé es la alta extensión agrícola con cultivos con altos requerimiento de riego lo que conlleva a una alta demanda de riego, además la eficiencia de los sistemas de riego muchas veces es baja lo que provoca un uso intensivo del recurso hídrico lo que genera que existan desvíos y retención de cauces.

Debido a la insuficiente disponibilidad del recurso hídrico superficial es necesario extraer agua de los acuíferos a través de norias o pozas lo que genera una disminución de los niveles de agua en los acuíferos.

La cuenca del río Acomé es deficitaria de recurso hídrico superficial lo que genera la necesidad de aumentar la disponibilidad de agua por medio de conexiones y trasvases con las cuencas vecinas de los ríos Achiguate y Coyolate, otro factor que ocasiona problemas en la cuenca es la escasa aplicación de leyes y reglamentos sobre el uso del recurso hídrico lo cual genera conflicto con el manejo ya que se genera una competencia de uso y una desorganización entre los diferentes actores.

En la cuenca es necesaria la generación de un plan de manejo integrado del agua involucrando a todos los actores que necesitan y utilizan el agua para los diferentes tipos de usos, debido a que actualmente el manejo es deficiente lo que puede generar problemas mayores en el futuro.

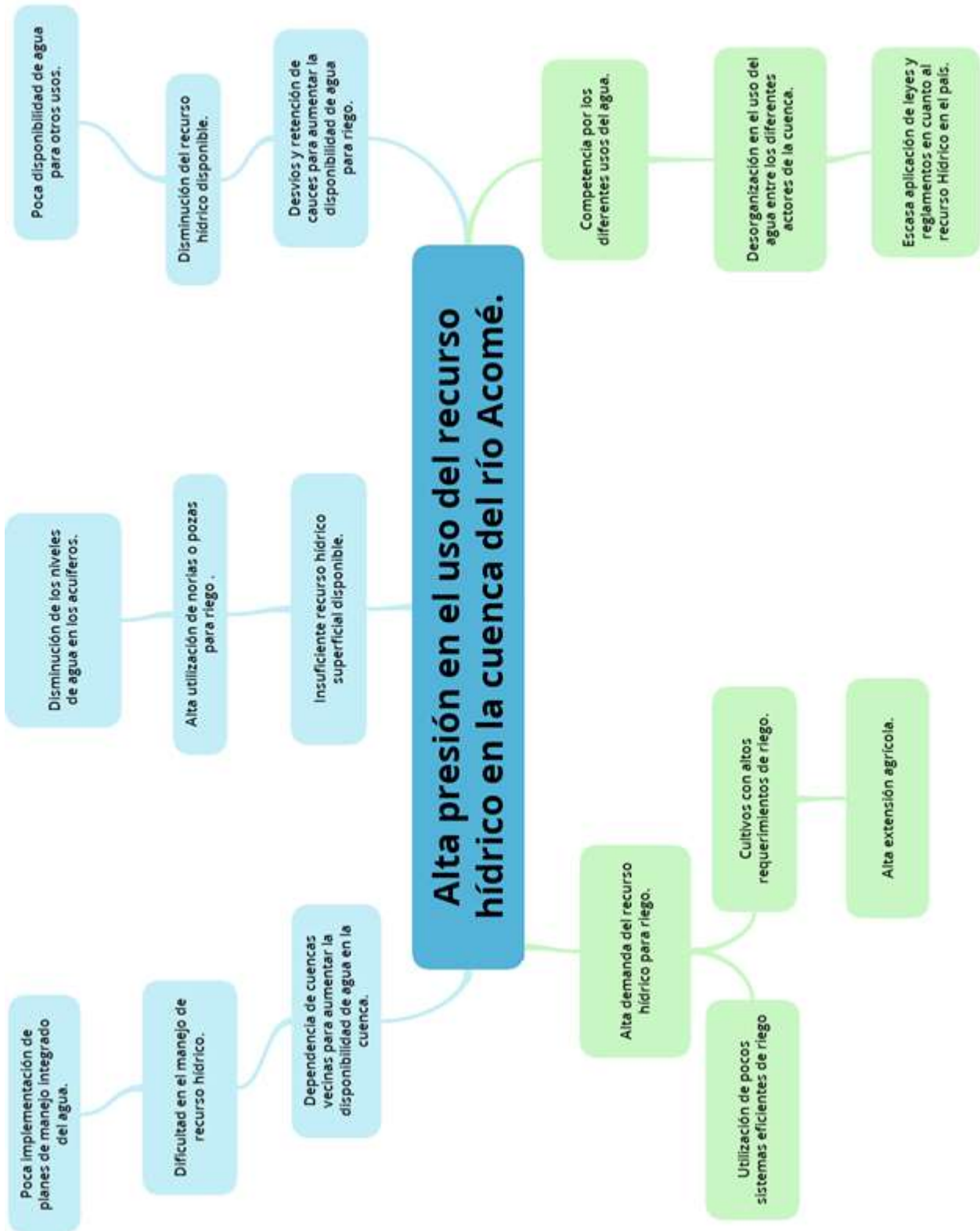


Figura 22. Árbol de problemas del recurso hídrico de la cuenca del río Acomé

#### **2.6.4.2 Propuestas de manejo**

De acuerdo a los problemas determinados al realizar esta investigación se proponen lo siguiente:

1. Según lo observado y lo analizado en esta investigación es evidente la influencia que tienen las cuencas del río Achiguate y río Coyolate en la cuenca del río Acomé, por lo tanto es necesario relacionar estas tres cuencas como una unidad hidrológica, esto permitirá tener un mejor manejo del recurso hídrico superficial y posiblemente subterráneo.
2. En la cuenca del río Acomé se puede observar la falta de organización en cuanto al uso del recurso hídrico, existen muchos desvíos de cauces, tapadas en los cauces principales en época seca o canículas prologadas que impiden que los ríos lleguen a desembocar. Por lo escrito anteriormente la cuenca necesita el manejo integral de los recursos hídricos, promoviendo el manejo y desarrollo coordinado del agua entre los diferentes actores que están presentes en la cuenca (agroindustria, municipalidades, comunitarios, entre otros), para que pueda haber una equidad en cuanto al uso del recurso hídrico.
3. En la cuenca Acomé es necesario determinar zonas de recarga hídrica ya que es una cuenca deficitaria, lo que provoca que se utilice con intensidad el agua subterránea. Al determinar estas zonas de recarga hídrica se le debe de dar manejo a través de reforestaciones, conservación y protección de los recursos forestales que ayudaran a mantener la recarga hídrica. Además se debe continuar con la restauración de los corredores biológicos que ayudan a disminuir la carga de sedimentos en los cauces, evitan el arrastre de sustancias o materiales que afectan la calidad del agua y contribuyen a disminuir inundaciones.
4. Se debe promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia en las comunidades para que puedan abastecerse de agua y puedan realizar sus actividades domésticas en épocas críticas.



5. Es importante realizar un estudio hidrogeológico en la cuenca del río Acomé, para determinar si hay conexión hidrogeológica con las cuencas adyacentes (Achiguate, Coyolate) que puedan alimentar el acuífero presente en la cuenca.

## 2.7. CONCLUSIONES

1. Se elaboró un mapa de red hídrica superficial actual en el cual se cuantificaron 2856 corrientes hidrológicas de las cuales 1279 son corrientes naturales y 1577 corrientes artificiales, a través del mapa se determinó que la cuenca aumenta un 43.25% su drenaje superficial debido a las corrientes artificiales.
2. Se identificaron los factores que inciden o modifican el flujo superficial natural de las corrientes hidrológicas de la cuenca del río Acomé, siendo estos los siguientes: la implementación de corrientes artificiales para riego y drenaje, desvíos y retención de corrientes, incremento de caudales a través de trasvases, unidades hidrológicas superficiales independientes y el uso de norias o pozas y reservorios.
3. En la cuenca del río Acomé se cuantificó un caudal promedio de 25.74 m<sup>3</sup>/s siendo equivalente a una escorrentía anual 1172.01 mm presentando los mayores caudales en el mes de octubre (época lluviosa) y los menores en el mes de abril (época seca), según el balance hidrológico anual la cuenca es deficitaria debido a que las salidas (escorrentía y evapotranspiración) son mayores a las entradas (precipitación) del sistema de la cuenca.
4. Se elaboraron propuestas de manejo del recurso hídrico superficial, para promover el desarrollo coordinado del agua entre los diferentes actores de la cuenca, con el fin de que exista una equidad y organización en el uso, lo cual permitirá la conservación del recurso.

## 2.8. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el monitoreo mensual de caudales, para contar con datos para estimar la disponibilidad de agua superficial en los diferentes tributarios (ríos) de la cuenca.
2. Monitorear los caudales de los 8 trasvases de la cuenca del río Acomé para determinar cuánto es el aporte a la cuenca.
3. Realizar investigaciones similares en cuencas prioritarias de la vertiente del Pacífico.
4. Realizar estudios de áreas potenciales de recarga hídrica en la cuenca del río Acomé y cuenca vecinas.
5. En la cuenca del río Acomé se debe realizar un plan de manejo integrado del agua debido a la falta de organización del uso del recurso hídrico superficial entre los diferentes actores.
6. Realizar estudios hidrogeológicos en las cuencas adyacentes, para determinar si hay conexión de las redes hídricas subterráneas, que favorezcan al acuífero de la cuenca del río Acomé.

## 2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Avalos, O. 2008. Determinación de las áreas de recarga hídrica natural de la subcuenca del río Belejeyá del municipio de Granados, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 137 p.
2. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2012. El cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. 512 p.
3. CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente, GT). 1996. Situación actual de los recursos hídricos en Guatemala. Guatemala. 40 p.
4. Geotecnología.com. 2010. Soluciones integrales de geoprocesamiento (en línea). Costa Rica. Consultado 23 mar 2014. Disponible en [www.geotecnologias.com](http://www.geotecnologias.com)
5. Gil, E. 2008. Diagnóstico de los recursos naturales y caracterización del recurso hídrico superficial de la subcuenca río Hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 106 p.
6. GWP (Asociación Mundial para el Agua, SW). 2000. Integrated water resources management. Suecia. 8 p.
7. Hernández, O. 2001. Valoración económica del recurso hídrico en la subcuenca Jones, sierra de Las Minas, Guatemala. Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 130 p.
8. Herrera, I. 2013a. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
9. \_\_\_\_\_. 2013b. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Red CARA. v. 1, 265 p.
10. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, GT). 2006. Calidad del agua (en línea). Guatemala. Consultado 22 mar 2014. Disponible en <http://www.infoiarna.org.gt/index.php/temas-complementarios/guateagua/acerca-del-agua/calidad-del-agua>
11. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2003. Proyecto de investigación forestal: metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural; manual capacitación técnica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 106 p.
12. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Mapa fisiográfico – geomorfológico de la república de Guatemala, a escala 1:250,000 – memoria técnica-. Guatemala. 103 p.
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT); DIRYA (Dirección Técnica de Riego y

- Avenamiento, GT). 1991. Hidrogeología, disponibilidad de agua subterránea: plan maestro de riego y drenaje, documento 2. Guatemala. 76 p.
14. Morales, C. 2010. Caracterización de acuíferos para irrigación agrícola en la cuenca baja del río Acomé, La Gomera, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 69 p.
  15. Liere, M. 2012. Trabajo de graduación: estado de arte en información hidrometeorológica de las cuencas Coyolate, Acomé, Achiguate, en la vertiente del Pacífico, Guatemala, C.A. Tesis Inga. Agr. Guatemala, USAC. 51 p.
  16. Linsley, R. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
  17. Reyes, G. 1999. Estudio preliminar de los niveles de contaminación del agua de los ríos Salamá y San Jerónimo en el departamento de Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 90 p.
  18. Salguero, M. 2002. Estudio hidrogeológico con fines de riego de la cuenca del río Acomé, Escuintla, Guatemala. Tesis MSc., USAC. 224 p.
  19. Santos, E. 1997. Simulación hidrológica para la calibración de parámetros de escorrentía, en la cuenca del río La Virgen, San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 98 p.
  20. Simmons, C; Tárano, J; Pinto, J. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.

**3. CAPITULO III. INFORME DE SERVICIOS PRESTADOS AL PROGRAMA DE  
MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN  
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA,  
GUATEMALA, C.A.**

## **3.1 SERVICIO 1: APOYO EN EL ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MANGLE EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

### **3.1.1 PRESENTACIÓN**

El ecosistema manglar, con sus pocas especies arborescentes, es uno de los ecosistemas altamente productivos primarios del planeta. Ello varía ya que depende de los diferentes tipos de manglar, resultado de los gradientes topográficos y de las variaciones de la hidrodinámica (Pool, 1975 y Twilley, 1986), así como de las perturbaciones naturales y humanas. Forman la primera barrera en las costas litorales contra eventos relacionados con las mareas, tormentas y huracanes.

Para Guatemala, se reportan cuatro especies de mangle en el Atlas Mundial de los Manglares (Spalding, 2011) que conforman en su mayoría el ecosistema manglar de los litorales Pacífico y Atlántico, siendo estas: *Avicennia germinans* (mangle negro), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo).

En el marco del proyecto denominado “Enriquecimiento y Monitoreo del Bosque Manglar, en Suchitepéquez” el Ingenio Palo Gordo con el acompañamiento técnico del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático –ICC-, han establecido 4 parcelas permanentes de medición forestal en el ecosistema manglar de comunidades del litoral de Suchitepéquez.

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático en su calidad de ejecutor técnico desarrolló la actividad en estrecha coordinación con el Instituto Nacional de Bosques, implementando la propuesta metodológica denominada “Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) en Bosque Natural del Ecosistema Manglar”.

### **3.1.2 OBJETIVOS**

#### **3.1.2.1 General**

- Apoyar en el seguimiento y evaluación de los bosques de mangle y acciones de enriquecimiento en coordinación con instituciones de gobierno y las comunidades, en el litoral de Suchitepéquez.

#### **3.1.2.2 Específicos**

- Establecer 4 parcelas permanentes de medición forestal.
- Generar información de medición forestal base para la evaluación del comportamiento del bosque manglar.



### **3.1.3 METODOLOGIA**

Para el desarrollo de la actividad se utilizó la propuesta “Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) en Bosque Natural del Ecosistema Manglar” elaborado por el ICC-INAB. Se realizaron 4 parcelas de 500 m<sup>2</sup> de área, con una forma rectangular y de dimensiones de 20 metros de ancho por 25 metros de largo. La orientación se establece de sur a norte. El norte utilizado corresponde a un norte arbitrario. Las parcelas cuentan con una sub-parcela ubicada en una de las esquinas de la parcela. Esta se establece con el objetivo de realizar las observaciones y mediciones correspondientes a la regeneración. Su forma es cuadrada (5X5 metros) y totaliza un área de 25 m<sup>2</sup>.

#### **3.1.3.1 Trabajo en campo**

- Se realizó una visita a las áreas para identificar áreas potenciales para establecer las parcelas permanentes de medición forestal en el ecosistema manglar.
- Se coordinó con el delegado de Mangle de INAB IX para establecer las 4 parcelas permanentes de muestreo forestal.
- Se establecieron, en coordinación con el INAB, las 4 parcelas permanentes de medición forestal.

#### **3.1.3.2 Sistematización de la información**

- En esta fase se desarrolló el trabajo de gabinete, principalmente para tabular y analizar la información recabada de las parcelas permanentes de muestreo forestal.

### 3.1.4 RESULTADOS

En el Cuadro 27 se presentan la ubicación de las parcelas y las especies encontradas en cada parcela en la Figura 1 se presenta el mapa de ubicación de la parcelas.

Cuadro 27. Ubicación de las 4 parcelas permanentes de medición forestal de mangle

Descripción	Tamaño (m <sup>2</sup> )	Especies	Comunidad y/o Aldea	Municipio	Departamento	Coordenadas GTM	
						X	Y
Parcela 1	500	Mangle rojo y mangle blanco	Churirin	Mazatenango	Suchitepéquez	374663	1563141
Parcela 2	500	Mangle botoncillo	Tahuexco	Mazatenango	Suchitepéquez	377789	1559991
Parcela 3	500	Mangle negro	Mangales	Mazatenango	Suchitepéquez	377293	1562123
Parcela 4	500	Mangle negro y mangle blanco	El Triunfo	Santo Domingo	Suchitepéquez	386008	1555107

En el cuadro 28 se presenta el resumen de la base de los datos dasométricos. En la parcela 1 fueron encontradas las especies de mangle rojo y negro con una densidad de 580 árboles/Ha, en la parcela se encontraron las especies de mangle botoncillo y chapemillo con una densidad de 2280 árboles/Ha, en la parcela 3 se encontró únicamente la especie de mangle negro con una densidad de 1260 árboles/Ha, en la parcela 4 se encontraron las especies de mangle negro y blanco con una densidad de 520 árboles/Ha.

Cuadro 28. Resumen de datos dasométricos de la parcelas permanentes

Descripción	Especies	INFORMACIÓN DASOMÉTRICA			
		Árboles / Ha.	Altura Promedio	Área Basal / Ha.	Volumen / Ha.
Parcela 1	Mangle rojo	220	20.45	7.05	119.43
	Mangle negro	360	17.06	22.14	359.4
Parcela 2	Mangle botoncillo	2220	8.19	14.18	313.65
	Chapemillo	60	6	0.18	7.16
Parcela 3	Mangle negro	1260	11.51	23.87	335.58
Parcela 4	Mangle negro	400	19.7	13.5	208.8
	Mangle blanco	120	22.17	7.84	119.72



Figura 23. Toma de DAP de los árboles en la PPMF

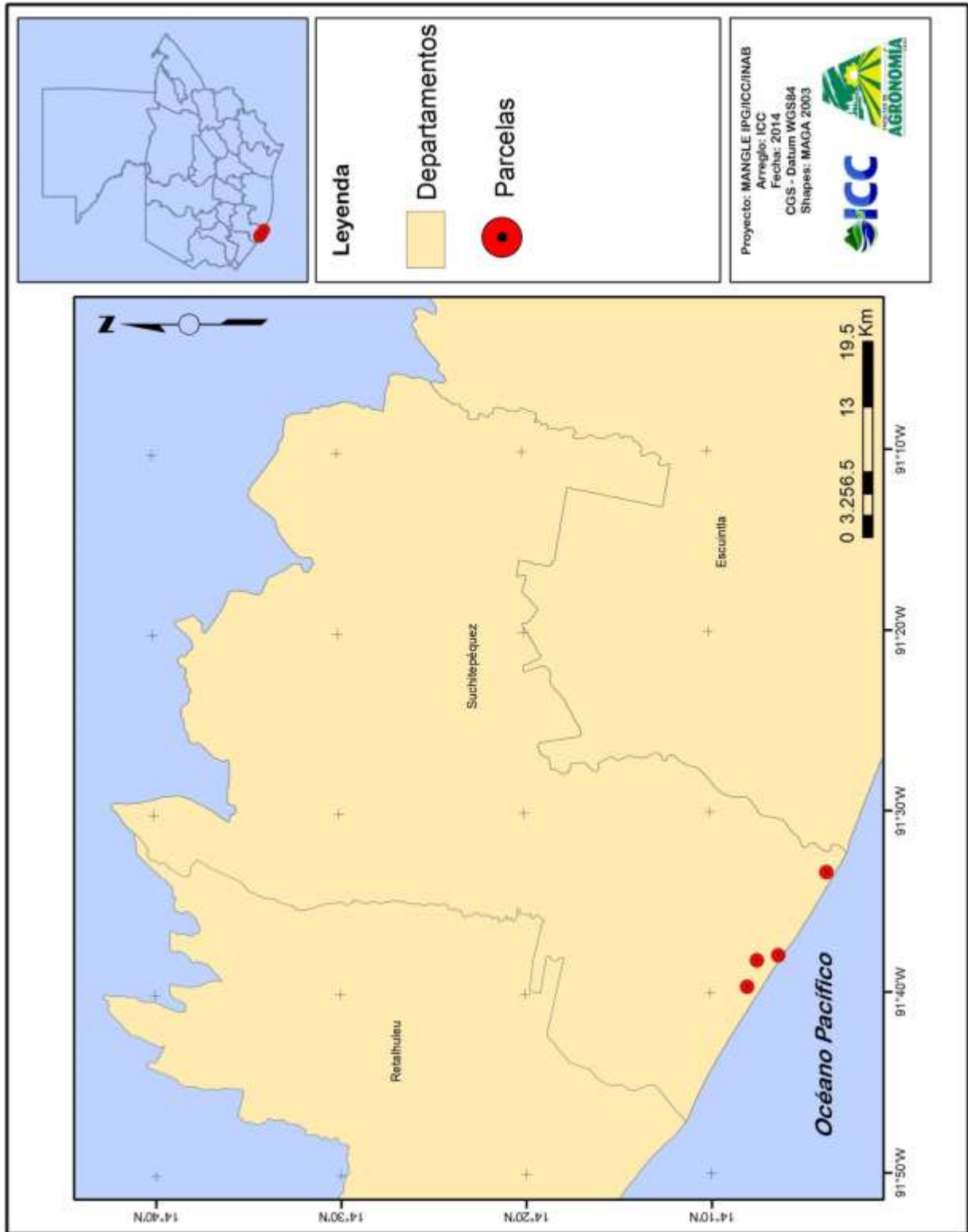


Figura 24. Mapa de ubicación de las PPMF



Figura 25. Toma de datos dasométricos de los árboles de la PPMF



Figura 26. Medición de sub-parcela de regeneración natural

### **3.1.5 CONCLUSIONES**

- Se han establecido 4 parcelas permanentes de medición forestal en bosque natural de mangle de 4 comunidades del litoral de Suchitepéquez.
- Se ha generado 1 base de datos por parcela permanente de medición forestal establecida, que será clave para la evaluación del comportamiento del ecosistema manglar.

### **3.1.6 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda medir anualmente las parcelas permanentes de medición forestal establecidas, con el fin de obtener datos para realizar comparaciones.
- Es importante considerar otros criterios que no están en la metodología para la medición las parcelas permanentes de medición forestal considerando que el ecosistema manglar es muy cambiante.

## **3.2 SERVICIO 2: EVALUACIÓN DE ÁREAS RESTAURADAS EN CORREDORES BIOLÓGICOS EN 2012 Y 2013 EN LAS PRINCIPALES CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO**

### **3.2.1 PRESENTACIÓN**

Los bosques de ribera o corredores biológicos son comunidades biológicamente diversas con un papel fundamental en la regulación hidrológica ya que una buena cobertura arbórea frena de forma sustancial la fuerza de las crecidas, retarda y reduce la escorrentía superficial, estabiliza los márgenes del río, evita la erosión y el arrastre de materiales, contribuye a disminuir inundaciones y actúa como filtro verde para las sustancias fertilizantes contaminantes.

El ICC a través de su programa manejo integrado de cuenca que tiene como una de sus líneas de trabajo incidir en el manejo y protección de bosques, en los años 2012 y 2013 han fomentado a través de reforestaciones la restauración de los bosques de riberas en las principales cuencas de la vertiente del Pacífico.

Para evaluar las restauraciones fue necesario generar una boleta que sirvió como herramienta para la obtención de datos como el desarrollo de las especies reforestadas, condiciones de sitio, entre otros y así poder determinar porcentaje de prendimiento e identificar que especies presentan un mejor desarrollo.

### **3.2.2 OBJETIVOS**

#### **3.2.2.1 General**

- Evaluar las áreas de ribera restauradas en los años 2012, 2013 de las cuencas de la vertiente del Pacífico.

#### **3.2.2.2 Específicos**

- Elaborar una herramienta de evaluación de las áreas restauradas.
- Determinar el porcentaje de prendimiento de las especies reforestadas.
- Identificar las especies que presentan un mayor desarrollo.



### 3.2.3 METODOLOGIA

Para la evaluación de bosques de ribera se realizó una boleta a través de las siguientes fases que permitió obtener información y analizarla tanto cuantitativa como cualitativamente.

#### 3.2.3.1 Unidad de muestreo

En este apartado se tomó el criterio de realizar parcelas rectangulares, debido a las condiciones del terreno, teniendo una parcela con dimensiones de 5 metros de ancho y 10 metros de largo, se realizaron 5 parcela por cada hectárea, teniendo una intensidad de muestreo del 2.5%, esto debido a la accesibilidad de recursos y tiempo. Dentro de estas parcelas se evaluó el porcentaje de prendimiento de las especies reforestadas. Conjuntamente se evaluó la existencia de regeneración natural.

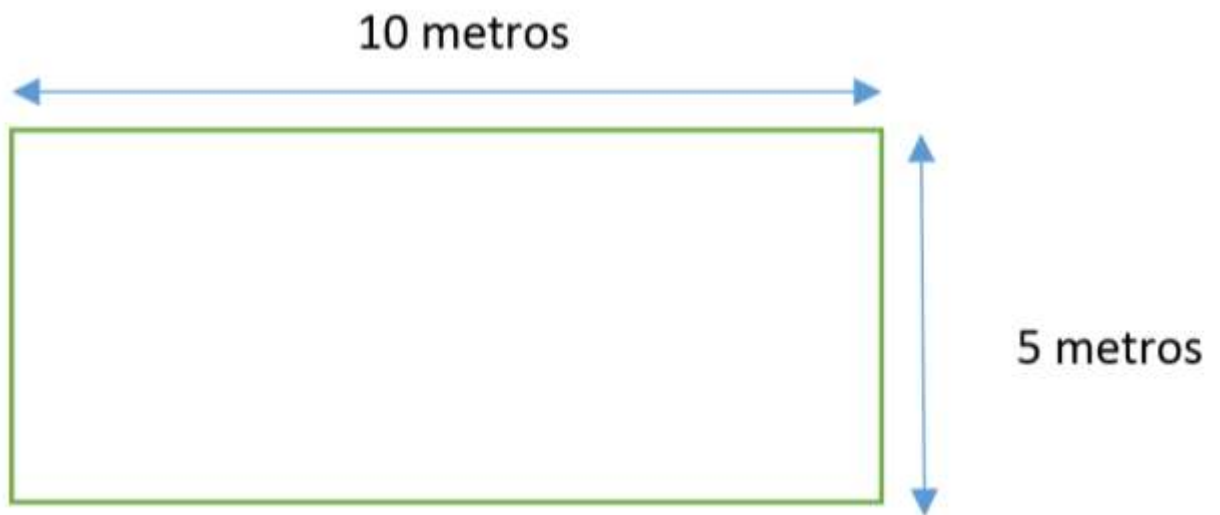


Figura 27. Forma y dimensiones de la parcela

### 3.2.3.2 Obtención de datos

Para obtener los datos cuantitativos y cualitativos de cada parcela se utilizó una boleta la cual se explica a continuación:

-Cuento de especies reforestadas presentes

Esta boleta fue llenada con el número de árboles por especie que se encuentren presentes en cada parcela y. Esto con el fin de conocer el porcentaje de prendimiento que se obtuvo para esa área por especie.

-Altura

Se midió la altura total de cada árbol utilizando un hipsómetro.

- Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Se midió el diámetro de cada árbol a una altura de 1.30 metros con una cinta diamétrica, esta medición se realizará únicamente a árboles que presenten alturas mayores de 2 metros.

-Estado fitosanitario del árbol.

Se evaluó el estado sanitario y físico de cada árbol tomando en cuenta las siguientes categorías:

Sanidad del árbol (a).

Categoría	valor
Sano	1
Enfermo	2
Plagado	3

## Estado físico (b)

Categoría	valor
Recto	1
Torcido	2
Despuntado	3
Otros	4

## -Evaluación de la regeneración natural

Se realizó el conteo de plántulas por especie en cada parcela, teniendo en cuenta que se contarán las plántulas con las siguientes características:

- Brinzal menor a 30 cm de altura
- Latizal de 30 cm a 1.50 m de altura

## -Evaluación de las características generales del área

## •Características del suelo

Textura: Se determinó a través de pruebas de tacto.

Pedregosidad: Se observó la cantidad y el tamaño de las rocas.

Drenaje: depende de la textura del suelo y la pendiente del sitio.

Pendiente (%): Se determinó a través de un hipsómetro.

Materia Orgánica: Se observó la presencia de materia orgánica en el sitio.



(a) Sano	1	Enfermo	2	Plagado	3	
(b) Recto	1	Torcido	2	Despuntado	3	Bifurcados 4
REGENERACION NATURAL	No. De plantas					
BRINZAL (menor a 30 cm de altura)						
LATIZAL (de 30 cm a 1.50 metros de altura)						
AUSENTE						
<b>CARACTERÍSTICAS DE SUELO</b>						
TEXTURA	ARCILLOSO					
	LIMOSO					
	ARENOSO					
	FRANCO ARENOSO					
	FRANCO LIMOSO					
	FRANCO ARCILLOSO					
PEDREGOSIDAD	ALTA					
	MEDIA					
	BAJA					
DRENAJE	BUENO					
	REGULAR					
	MALO					
PENDIENTE (%)						
MATERIA ORGANICA	ALTA					
	MODERADA					
	POCA					
<b>BENEFICIONES ECOLÓGICOS</b>						
FAUNA	PRESENTE					
	AUSENTE					
FLORA ASOCIADA	PRESENTE					
	AUSENTE					
<b>CATEGORIAS DE AMENAZAS</b>						
SUSCEPTIBLE A INUNDACIONES	ALTA					
	MEDIA					
	BAJA					
EROSIÓN	LAMINAR					
	SURCOS					
	CARCAVAS					
	NULA					

ALTERACIONES ANTROPOGÉNICAS	RIEGO
	MECANIZACION
	TALA
	CENTRO POBLADO
	AGRICOLAS
	GANADERAS

**Distancia entre rio y reforestación (m):**

**Diferencia de altura de nivel de rio (m):**

**Distanciamiento de establecimiento (m):**

**Otras observaciones:**

### 3.2.3.3 Validación de campo

Se realizó una visita a Santa Ana Mixtán, Nueva Concepción, Escuintla, para validar la boleta de evaluación de bosques de riberas, en esta área se reforestó a orillas del río Mascalate en el año 2013, se reforestaron 1.69 Ha con 3 diferentes especies forestales *Cybistax donnell-smithii* (Rose) *Seibert* (palo blanco), *Tabebuia rosea* (Bertol) (mastilisguate) y *Swietenia macrophylla* King (Caoba).

La segunda evaluación de bosques de ribera se realizó en la finca Reynosa, La Gomera, Escuintla, en esta finca se reforestaron 10 Ha en el año 2012 y cuenta con diferentes especies forestales.

La tercera evaluación se realizó en el municipio de La Gomera, Escuintla área reforestada en el año 2013 por el ingenio Magdalena, se reforestó una hectárea de la especie *Schizolobium parahybum* (plumillo).

La cuarta evaluación se realizó en el corredor biológico del río Acamé, área reforestada en el año 2013 por parte del ingenio Pantaleón, la reforestación tiene un área total de 4 hectáreas.

### 3.2.4 RESULTADOS

#### 3.2.4.1 Primera evaluación en Campo

En el Cuadro 30 se presenta los datos de árboles/Ha y altura promedio por especie de la primer área evaluada en Santa Ana Mixtan reforestada en el año 2013, el área presenta un porcentaje de prendimiento de 99% ya que con un distanciamiento de 3x3 se estima que fueron sembrados 1111 árboles/Ha, en la evaluación se realizaron 10 parcelas de 50 m<sup>2</sup> para tener una intensidad de muestreo del 2.5%, con los datos obtenidos en la medición de la parcelas se estimaron 1100 árboles/Ha, el 84% de los árboles son de la especie matilisguate al realizar, el 11% son palo blanco y el 5% son Caoba (Figura 28). La especie que mayor altura promedio tiene es matilisguate con 2.55 m y la de menor altura es palo blanco con 1.23 (Figura 29), para tener una altura promedio del área evaluada de 1.76 m.

Cuadro 30. Resumen de resultados, árboles/Ha y altura promedio primera evaluación

Especie	Árboles/ha	Altura Promedio (m)
Matilisguate	920	2.55
Palo Blanco	120	1.23
Caoba	60	1.48
TOTAL	1100	1.76

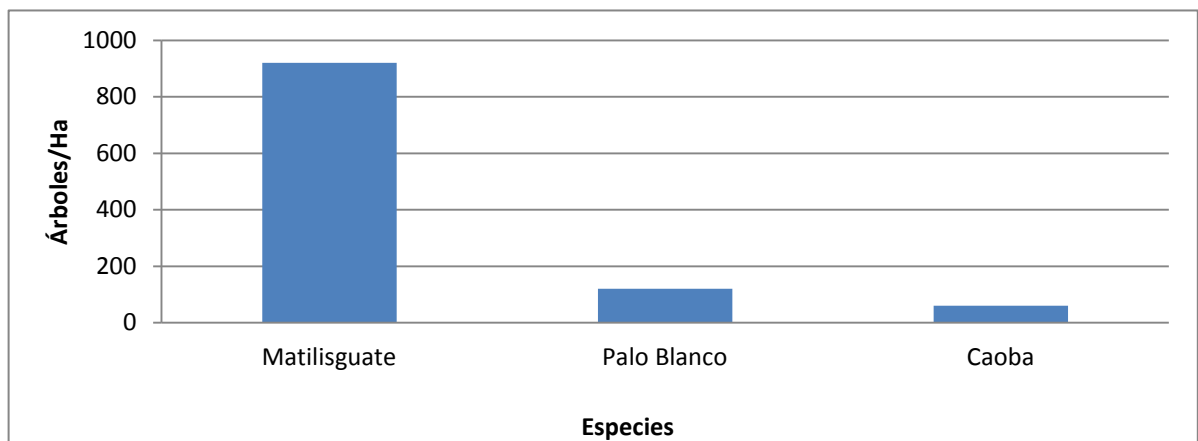


Figura 28. Gráfica de árboles/Ha de las diferentes especies reforestadas primera evaluación

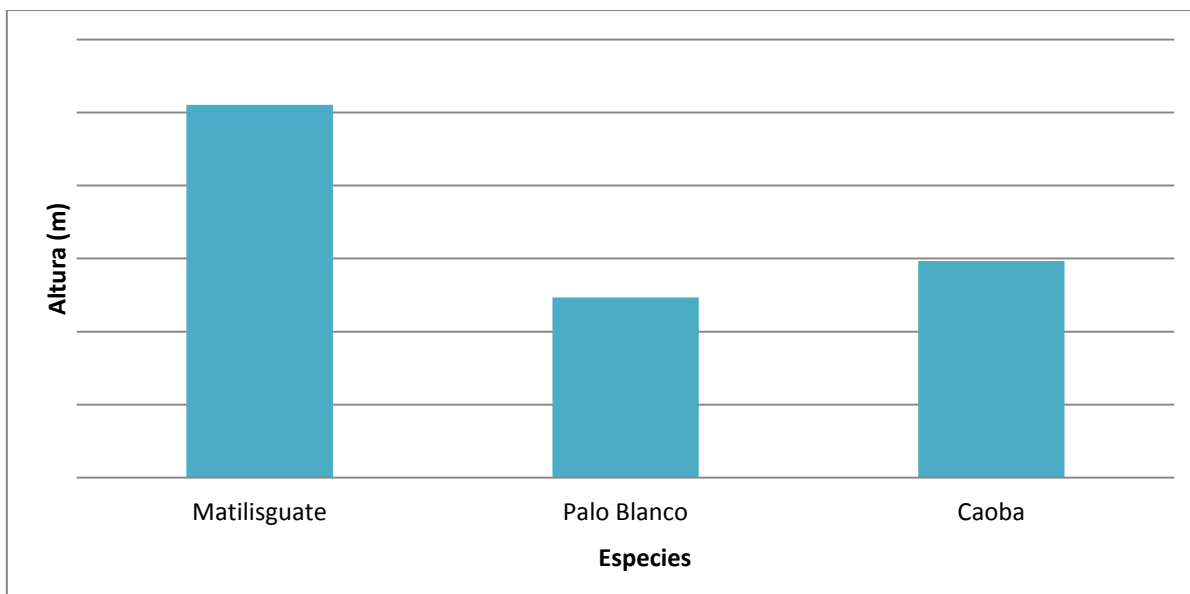


Figura 29. Gráfica de alturas promedio de las diferentes especies reforestada primera evaluación

En el Cuadro 31 se presentan los datos del estado físico de los árboles, la especie caoba el 100% de los árboles están rectos, la especie que presenta más árboles torcidos es palo blanco con 33%, la especie matiliguatate es la única especie que presenta arboles despuntado (5%) y bifurcados (4%). El 73% de los árboles del área en general son rectos, 20% torcidos, 3% despuntados y 4% bifurcados.

Cuadro 31. Datos en porcentaje del estado físico de las especies reforestadas primera evaluación

Especie	Estado físico de los árboles			
	Recto	Torcido	Despuntado	Bifurcado
Matiliguatate	78%	13%	5%	4%
Palo Blanco	67%	33%	0%	0%
Caoba	100%	0%	0%	0%
Estado en general	73%	20%	3%	4%

En el Cuadro 32 se presentan datos en porcentaje del estado fitosanitario de los árboles, la especie matiliguatate es la especie que presenta árboles más plagados con 59% y



enfermos con 15%, mientras que las especies de palo blanco y caoba el 100% están sanos. En el estado general del área el 38% de los árboles están sanos, el 13% enfermos y el 49% plagados.

Cabe mencionar que los datos son extraídos de un muestreo con una intensidad del 2.5% para después ser proyectados al área total, por lo tanto son estimaciones.

Cuadro 32. Datos en porcentaje del estado fitosanitario de las especies reforestadas primera evaluación

Especie	Estado fitosanitario de los árboles		
	Sano	Enfermo	Plagado
Matiliguete	26%	15%	59%
Palo Blanco	100%	0%	0%
Caoba	100%	0%	0%
Estado en general	38%	13%	49%

#### 3.2.4.1.1 Características del área

En el área predomina la textura de suelo franco arenoso y franco arcilloso, con pedregosidad nula, el drenaje es bueno en el 60% del área y regular en el 40%, la pendiente promedio del terreno es de 1%, hay alta presencia de materia orgánica. En cuanto en el aspecto ecológico hay flora y fauna asociada en toda el área. Las amenazas que se presentan en el terreno son inundaciones, y una mínima erosión laminar, entre las alteraciones antropogénicas se encuentran las actividades ganaderas realizadas en los alrededores del área, la reforestación se encuentra a 5m de distancia del río Mascalate, que es un río tributario del río Coyolate.

#### 3.2.4.2 Segunda evaluación en campo

La segunda evaluación se realizó en una reforestación en la finca Reynosa, La Gomera, Escuintla aquí se instalaron 10 parcelas, 5 de 200 m<sup>2</sup> y 5 de 250 m<sup>2</sup> para tener una intensidad de muestreo del 2.5%, se encontraron 14 especies forestales diferentes. En el Cuadro 33 se presentan el resumen de los resultados de árboles/Ha y altura promedio por

especie, la especie melina es la que mayor densidad presenta con 271 árboles/Ha, las especies que menos densidad poseen en el área es la caoba y el guachipilín con 4 árboles/Ha, se puede observar gráficamente en la Figura 30, la especie que mayor desarrollo tiene en el área en cuanto a la altura y diámetro es el plumillo con 12.12 m de altura y 14.16 cm de diámetro de fuste, otra especie que presenta un buen desarrollo es la melina con 9.18 m de altura y 12.89 cm de diámetro, la variación de alturas y diámetros se pueden observar en la Figura 31 y 32 sucesivamente. En el área se tiene un porcentaje de prendimiento de 81%, ya que se estima que fueron sembrados 833 árboles/Ha a un distanciamiento de 4\*3 m y en las parcelas se estimó que el área tiene una densidad de 680 árboles/Ha.

Cuadro 33. Resumen de resultados, árboles/Ha y altura promedio segunda evaluación

Especie	Árboles/ha	DAP Promedio (cm)	Altura Promedio (m)
Melina	271	12.89	9.18
Jaboncillo	22	3.98	3.67
Cushin	44	5.18	4.94
Caoba	4	4.00	4.00
Conacaste	49	5.12	3.50
Cenicero	9	6.90	4.25
Cedro	84	6.64	5.39
Palo blanco	9	2.75	4.00
Pumpo	53	7.63	4.54
Plumillo	76	14.16	12.12
Volador	18	7.33	6.38
Matilisguate	27	6.37	4.75
Madre cacao	9	3.65	3.25
Guachipilín	4	6.00	3.00
Total	680	6.61	9.18

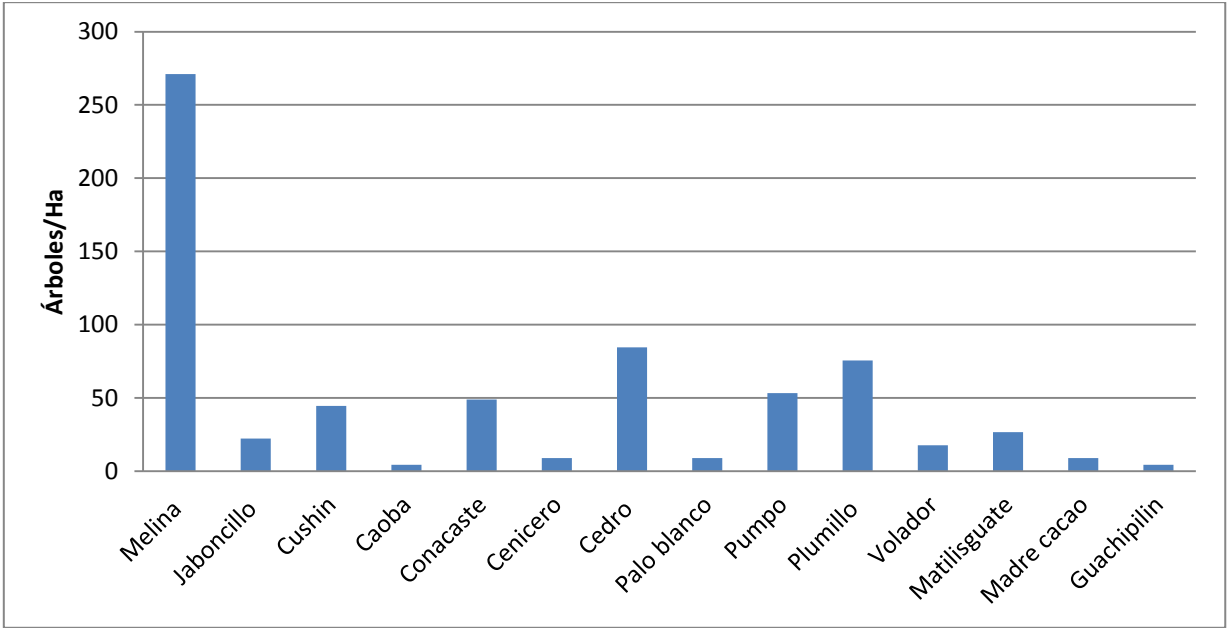


Figura 30. Gráfica de árboles/Ha de las diferentes especies reforestadas segunda evaluación

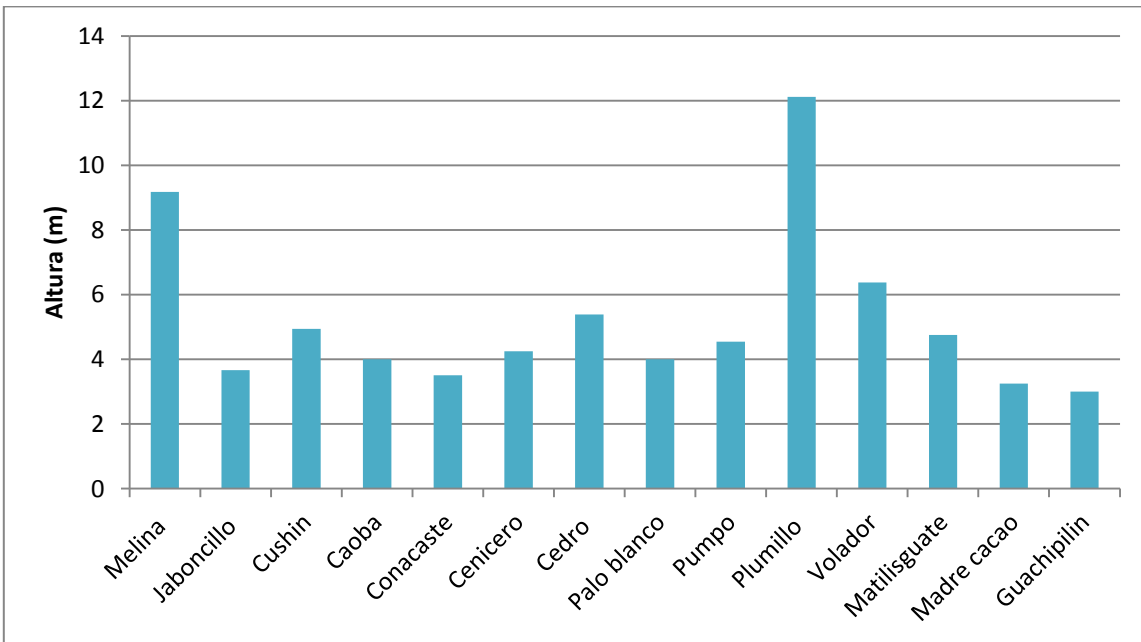


Figura 31. Gráfica de alturas promedio de las diferentes especies reforestada segunda evaluación

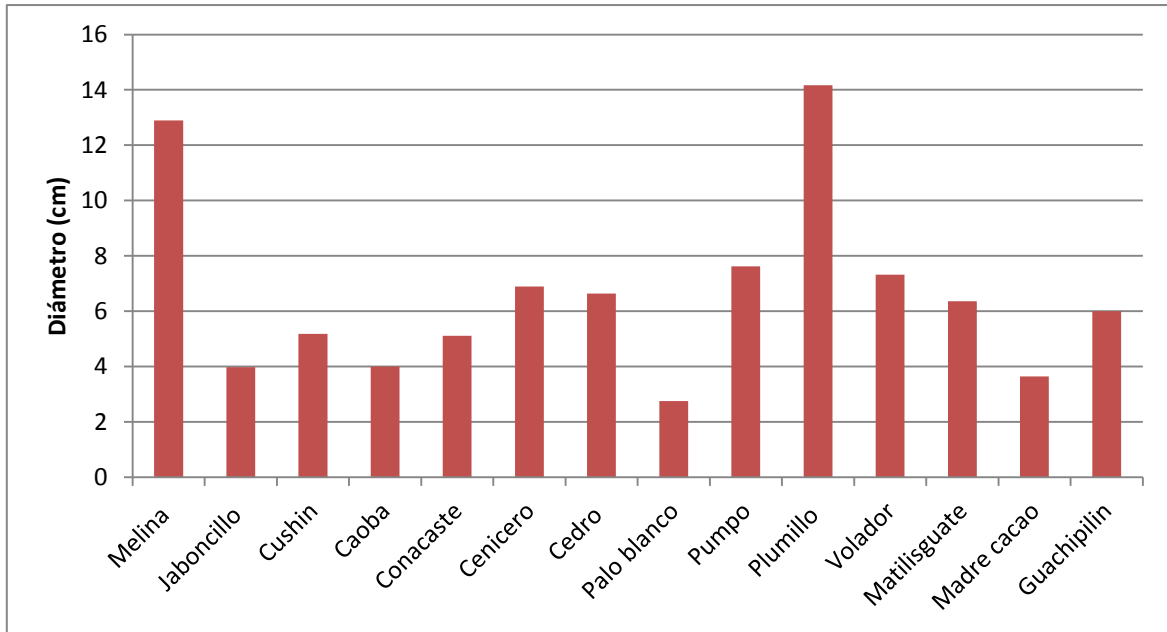


Figura 32. Gráfica de promedio de las diferentes especies reforestada segunda evaluación

En el Cuadro 34 se presentan los datos del estado físico de los árboles de la segunda evaluación, el 100% de los árboles de plumillo y caoba son rectos, seguidos por el pumpo con 92%, el 100% de árboles de madre cacaco y guachipilín son torcidos, el 50% de los árboles de la especie cenicero son bifurcados. El 43% de los árboles del área en general son rectos, 52% torcidos, 0% despuntado y 5% bifurcados.

Cuadro 34. Datos en porcentaje del estado físico de las especies reforestadas segunda evaluación

Especie	Estado físico de los árboles			
	Recto	Torcido	Despuntado	Bifurcación
Melina	64%	36%	0%	0%
Jaboncillo	20%	80%	0%	0%
Cushin	50%	50%	0%	0%
Caoba	100%	0%	0%	0%
Conacaste	9%	91%	0%	0%
Cenicero	0%	50%	0%	50%
Cedro	26%	53%	0%	21%
Palo blanco	50%	50%	0%	0%
Pumpo	92%	8%	0%	0%

Plumillo	100%	0%	0%	0%
Volador	75%	25%	0%	0%
Matilisguate	17%	83%	0%	0%
Madre cacao	0%	100%	0%	0%
Guachipilín	0%	100%	0%	0%
Total	43%	52%	0%	5%

En el Cuadro 35 se presentan datos en porcentaje del estado fitosanitario de los árboles, la especie matilisguate es la especie que presenta árboles más plagados con 83%, el 25% de los árboles de la especie volador están enfermos, mientras que las especies de melina, jaboncillo, caoba, conacaste, cenicero, cedro, palo blanco, plumillo y guachipilín el 100% están sanos. En el estado general del área el 84% de los árbol están sanos, el 2% enfermos y el 14% plagados.

Cuadro 35. Datos en porcentaje del estado fitosanitario de las especies reforestadas segunda evaluación

Especie	Estado fitosanitario de los arboles		
	Sano	Enfermo	Plagado
Melina	100%	0%	0%
Jaboncillo	100%	0%	0%
Cushin	50%	0%	50%
Caoba	100%	0%	0%
Conacaste	100%	0%	0%
Cenicero	100%	0%	0%
Palo blanco	100%	0%	0%
Pumpo	92%	0%	8%
Plumillo	100%	0%	0%
Volador	75%	25%	0%
Matilisguate	17%	0%	83%
Madre cacao	50%	0%	50%
Guachipilín	100%	0%	0%
Total	84%	2%	14%

#### **3.2.4.2.1 Características del área**

En la segunda área evaluada predomina la textura de suelo franco arenoso y franco arcilloso, con pedregosidad nula, el área cuenta con un buen drenaje, la pendiente promedio del terreno es de 2%, hay alta presencia de materia orgánica. En cuanto en el aspecto ecológico hay flora y fauna asociada en toda el área. No es un área susceptible a inundación y erosión, las amenazas que se presentan son antropogénicas debido a las actividades agrícolas en las cercanías del área. La reforestación del bosque ribereño se encuentra a una distancia de 35 m del río Acomé y su diferencia de altura respecto al río es de 7 m aproximadamente.

En las dos áreas evaluadas no se encontró presencia de regeneración natural, esto puede deberse a la edad de los árboles ya que tienen 1 y 2 años de haberse sembrado.

#### **3.2.4.3 Tercera evaluación en campo**

El área se estableció en el año 2013 con la especie plumillo con un distanciamiento de 2.3 m x 3 m obteniendo una densidad 1333 árboles/Ha, para la evaluación se establecieron 2 parcelas de 100 m<sup>2</sup> para tener una intensidad de muestreo del 2%, al realizar el muestreo se estimaron 1300 árboles/Ha, de acuerdo a la estimación de árboles se tiene un porcentaje de prendimiento del 97%, la altura promedio es de 5,5 m. El 100% de los árboles son rectos, en cuanto al estado fitosanitario el 85% de árboles son sano y el 15% enfermos.

##### **3.2.4.3.1 Características del área**

El área presenta una textura franco arenoso, sin pedregosidad, con un drenaje regular, tiene una pendiente del 3%, en cuanto a las amenazas la susceptibilidad a inundaciones es baja, la erosión es baja. Se tiene presencia flora y fauna, el área se encuentra a 6m de distancia del río y con una diferencia de altura de 1 m.

#### **3.2.4.4 Cuarta evaluación en campo**

Esta evaluación se realizó en una reforestación del año 2013 en el corredor biológico del río Acomé, el área total es de 4 Ha a un distanciamiento de 3 x 3 m obteniendo una densidad de 1111 árboles/Ha, para la evaluación se establecieron 5 parcelas de 250 m<sup>2</sup> para tener una intensidad de muestreo del 3.13%.

En el Cuadro 36 se presentan los datos de árboles por hectárea y la altura promedio por especie. Se estimaron 880 árboles/Ha para tener un porcentaje de prendimiento del 79.21%, la altura promedio del área es de 3.15 m siendo el plumillo el que mejor desarrollo tiene con una altura promedio de 6.6 m, en el área predomina la especie cenicero siendo el 50% del total de los árboles muestreados. En la Figura 33 se puede observar de forma gráfica el número de árboles/Ha por especie y en la Figura 34 se presentan las alturas promedios.

Cuadro 36 .Resumen de resultados, árboles/Ha y altura promedio cuarta evaluación

Especies	Árboles/Ha	Altura promedio (m)
Cenicero	440	2.5
Pata de mula	96	2.5
Cedro	80	1
Plumillo	264	6.6
Total	880	3.15

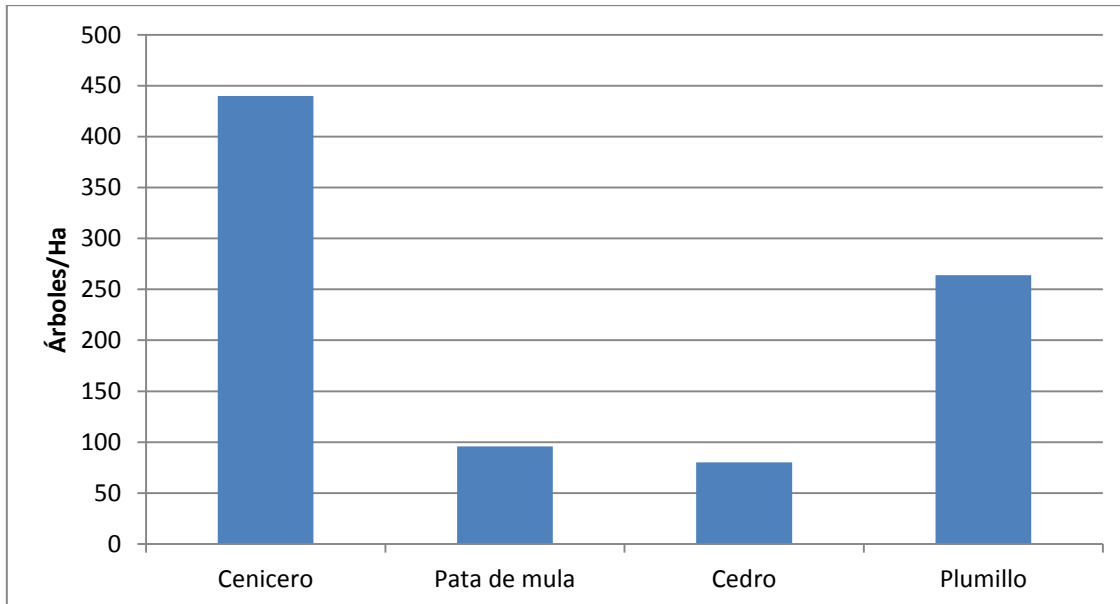


Figura 33. Gráfica de árboles/Ha de las diferentes especies reforestadas cuarta evaluación

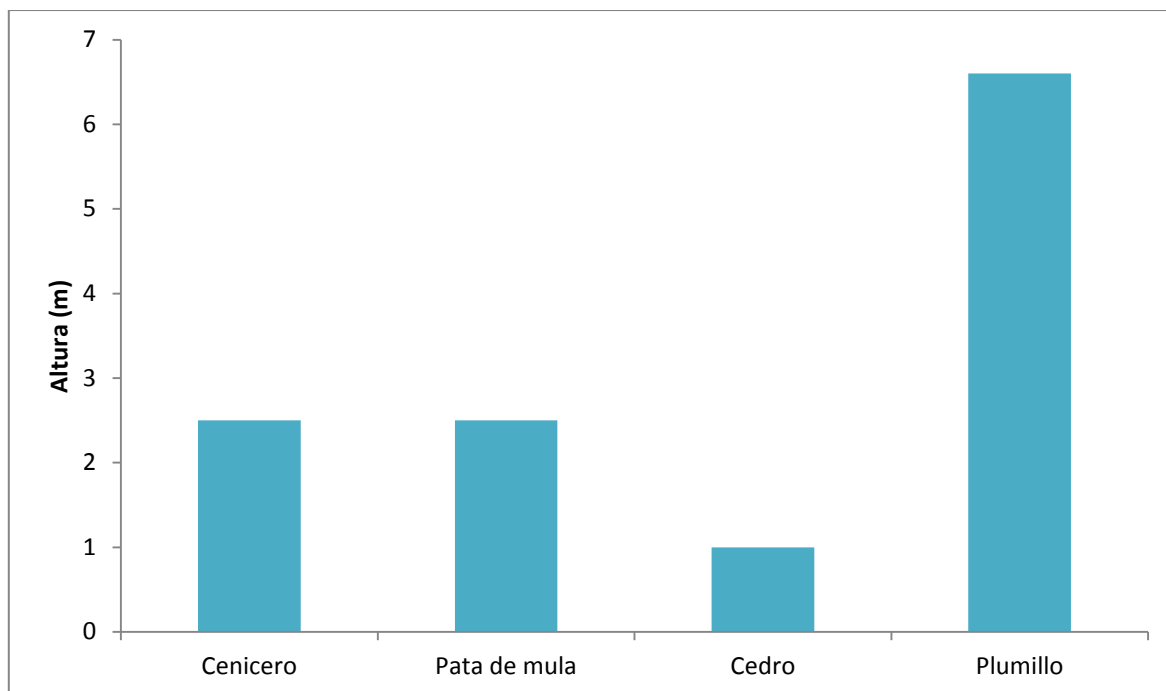


Figura 34. Gráfica de alturas promedio de las diferentes especies reforestada cuarta evaluación

En el Cuadro 37 se presentan los datos del estado físico de los árboles de la cuarta evaluación, el 85% de los árboles de cedro son rectos, seguidos por el plumillo con 82%, el 85 de árboles de ceniceros son bifurcados, seguidos por los árboles de pata mula con el 70%.

Cuadro 37. Datos en porcentaje del estado físico de las especies reforestadas cuarta evaluación

Especie	Estado físico de los árboles			
	Recto	Torcido	Despuntado	Bifurcación
Cenicero	15%	0%	0%	85%
Pata de mula	30%	0%	0%	70%
Cedro	85%	0%	0%	15%
Plumillo	82%	0%	0%	18%
Total	53%	0%	0%	47%



En el Cuadro 38 se presentan los datos obtenidos del estado fitosanitario de los árboles, el 60% de los árboles de cenicero están enfermos seguido por los árboles de pata de mula con un 50%, no se encontraron árboles plagados y en tanto al cedro y el plumillo, el 100% de los árboles están sanos.

Cuadro 38 .Datos en porcentaje del estado fitosanitario de las especies reforestadas segunda evaluación

Especie	Estado fitosanitario de los arboles		
	Sano	Enfermo	Plagado
Cenicero	40%	60%	0%
Pata de mula	50%	50%	0%
Cedro	100%	0%	0%
Plumillo	100%	0%	0%
Bosque en General	72.5%	27.5%	0%

#### 3.2.4.4.1 Características del área

En la cuarta área evaluada predomina la textura de suelo franco arcilloso, con pedregosidad media en un 20% del terreno y nula en el 80%, el área cuenta con un buen drenaje, la pendiente promedio del terreno es de 3%, hay alta presencia de materia orgánica. En cuanto en el aspecto ecológico hay flora y fauna asociada en toda el área. No es un área susceptible a inundación y presenta una mínima erosión laminar, las amenazas que se presentan son antropogénicas debido a las actividades agrícolas en las cercanías del área. La reforestación del bosque ribereño se encuentra a una distancia de 70 m del río Acomé y su diferencia de altura respecto al río es de 5 m aproximadamente.

### 3.2.5 CONCLUSIONES

- Se elaboró una boleta de evaluación que sirvió como herramienta para facilitar y ordenar la obtención de datos dasométricos y aspectos físicos, biológicos, amenazas, entre otros de áreas de corredores biológicos restaurados en los años 2012, 2013 en las cuencas prioritarias de la vertiente del Pacífico.
- Se determinó que las cuatro áreas evaluadas tienen condiciones similares en textura de suelo, pedregosidad, drenaje, pendiente, aspectos biológicos amenazas, entre otros. De acuerdo a las condiciones determinadas presentan un alto prendimiento de las especies reforestadas, la primera de las áreas con un año después de la siembra presenta un 99%, la segunda con dos años después un 81%, la tercera con un año después de la siembra presenta un 97% y la cuarta con un año después de la siembra presenta un 79% de prendimiento, cabe mencionar que la última área evaluada no se le dio el manejo adecuado en cuanto al mantenimiento. Las reforestaciones del año 2013 se tiene un porcentaje de prendimiento promedio del 92%, para las del año 2012 solo se evaluó un área donde el prendimiento fue del 81%.
- Las especies que mostraron mejor desarrollo en los corredores biológicos evaluados fueron; para el área del año 2013 fue el plumillo con una altura promedio de 6.6 m con un buen estado físico y fitosanitario, seguido por el mastilsguate con altura promedio de 2.55 m pero tienen susceptibilidad a plagas y para el área del año 2012 fue el plumillo con altura promedio de 12.12 m y diámetro de fuste de 14.16 cm con buen estado físico y fitosanitario, la melina es otra especie que mostró un buen desarrollo con altura promedio de 9.18 m y diámetro de 12.89 cm con buen estado fitosanitario.

### 3.2.6 RECOMENDACIONES

- Para la obtención de datos cualitativos y cuantitativos del desarrollo de las especies forestales de los corredores biológicos se recomienda seguir utilizando la boleta de “evaluación de restauraciones”.
- Se debe continuar con las modificaciones de la boleta para adaptarla a nuevas condiciones que observemos en el campo.
- Se recomienda continuar con la evaluación de los corredores biológicos para contar con mayor registro de datos y así poder realizar comparaciones de áreas.
- Determinar que especies tienen mejor desarrollo de acuerdo al sitio lo cual servirá de base para la implementación para nuevas restauraciones de corredores biológicos.

### **3.3 SERVICIO 3: ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EN LOS CAUCES DE LA CUENCA DEL RÍO ACOMÉ**

#### **3.3.1 PRESENTACIÓN**

La mayor parte del agua que llevan las corrientes durante una crecida se origina como escurrimiento y provienen de las laderas vecinas, además, el agua que se mueve sobre sus superficies produce erosión y dan origen a parte del material que es transportado en el cauce.

Conocer el comportamiento del material sólido producido o generado en la cuenca es de utilidad para proyectos de las obras hidráulicas o manejo de cuencas, además, es de importancia conocer cómo es el mecanismo del transporte de ese sedimento generado, a lo largo de los cauces de la red, con el fin de poder evaluar los procesos de erosión y/o sedimentación que pueden presentarse.

Por lo descrito anteriormente se realizó una toma de muestras de sedimentos en los cauces principales y tributarios en la cuenca del río Acomé, para estimar la carga de sedimentos y el comportamiento de los mismos en las diferentes épocas del año.

### **3.3.2 OBJETIVOS**

#### **3.3.2.1 General**

- Analizar muestras de agua para determinar la carga de sedimentos transportados en los cauces de la cuenca del río Acomé.

#### **3.3.2.2 Específicos**

- Estimar la cantidad de sedimentos transportados en los cauces principales y tributarios del río Acomé.
- Relacionar velocidad del flujo y tamaño de partículas.

### **3.3.3 METODOLOGÍA**

En la investigación de la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca río Acomé se realizaron aforos mensuales (abril-diciembre), cada vez que se realizaban los aforos se obtenía una muestra de carga de sedimentos de la siguiente forma:

#### **3.3.3.1 Toma de muestra**

- Se tomó una muestra de agua con una cubeta 4.6 litros, posteriormente se extrajo una submuestra en una botella de 2 litros para cada punto de aforo.

#### **3.3.3.2 Procesamiento de muestras**

- Las submuestras fueron llevada al laboratorio de suelo de Cengicaña y se determinó la cantidad de sólidos sedimentables en ml/L con el cono Imhoff por fines prácticos se definió que la densidad del suelo es de 1gr/cc para posteriormente pasar ml/L a gr/L.
- Posteriormente se hizo la relación de gr/L por el caudal en L/s para tener gramos/s posteriormente se proyectó a toneladas/mes.

#### **3.3.3.4 Análisis de velocidad y tamaño de partículas**

- Se analizó la relación de la velocidad con el tamaño de partículas transportadas con el diagrama de Hjulstrom.
- Se analizó la relación de la velocidad con el tamaño de partículas transportadas con el diagrama de Hjulstrom.



Figura 35. Cono de Imhoff



Figura 36. Procesamiento de muestras de sedimento

### 3.3.4 RESULTADOS

#### 3.3.4.1 Carga de sedimentos

En el Cuadro 39 se presenta las estimaciones de carga de sedimentos en toneladas/mes para el cauce principal de la cuenca del río Acomé, la cantidad de sedimentos va aumentando con el recorrido del flujo, además en la gráfica de sedimentos de la Figura 37 se puede observar el aumento de los sedimentos en los meses de lluvia, los meses con mayores precipitaciones fueron septiembre y octubre así mismo fueron los meses con mayor carga de sedimentos. Cabe mencionar que por la forma y el tiempo de tomar los datos de carga de sedimentos puede haber variaciones en las estimaciones, otro factor que hay que tomar en cuenta son las velocidades de los flujos ya que influyen en el tamaño y cantidad de sedimento que puede ser transportado.

La desembocadura es el último punto monitoreado en el cauce principal de la cuenca, aquí se presenta la mayor carga de sedimentos con un promedio mensual de 37442.3 toneladas/mes equivalente a una tasa de erosión de 0.68 toneladas/Ha, esta cantidad sería una erosión leve o baja de acuerdo a las categorías de erosiones de la FAO (1979).

Cuadro 39. Datos de carga de sedimentos del cauce principal de la cuenca del río Acomé

Mes	Acomé (Alto)	Acomé (La Democracia)	Acomé (Pescadero)	Acomé (La Gomera)	Acomé (Vado)	Desembocadura
	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes
Abril	--	--	25.90	6635.50	25.90	--
Mayo	--	--	8864.60	15318.70	32581.40	25531.20
Junio	0	259.20	3032.60	14593	40487	28849
Julio	199.60	0	974.60	9144.60	10497.60	33072.60
Agosto	147.70	26.40	66.40	1277.90	1012.20	6465.70
Septiembre	5.40	16.10	3188.20	37739.50	11052.29	46694.90
Octubre	67.40	692.10	5521	31726.10	58086.72	119952.60
Noviembre	1.20	4.70	43.10	70.50	110.90	1530
Promedio	70.20	166.40	2714.60	14563.20	19231.80	37442.30



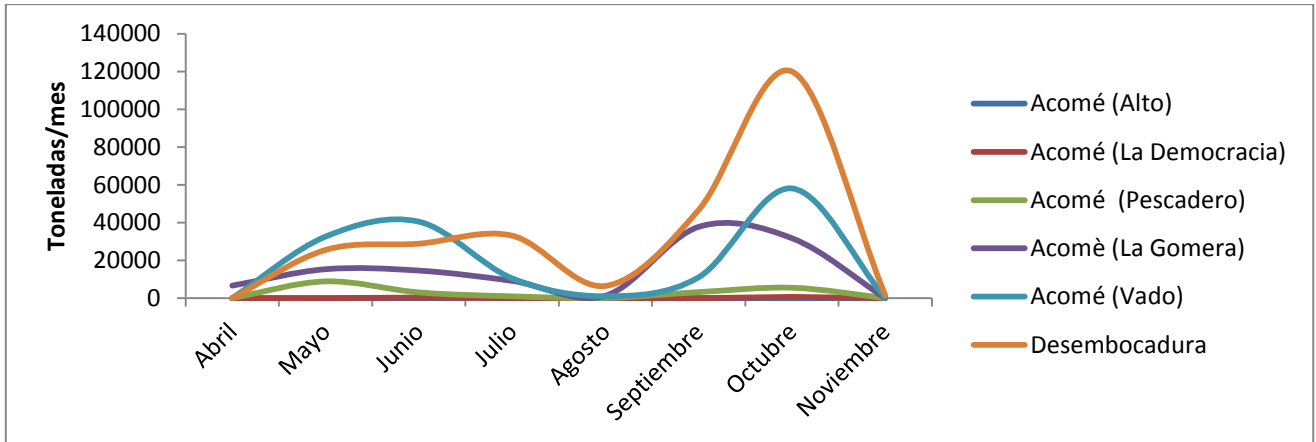


Figura 37. Gráfica de sedimentos mensuales en el cauce principal de la cuenca del río Acomé

En el Cuadro 40 se presentan los datos de la carga de sedimentos de los cauces tributarios al río Acomé, la unidad Agüero es la que mayor cantidad de sedimentos aporta al río Acomé con un promedio mensual de 4488.67 toneladas equivalente a 0.55 toneladas/Ha. En la gráfica de la Figura 38 se pueden observar las fluctuaciones de los meses monitoreados.

Cuadro 40. Datos de carga de sedimentos de cauces tributarios de la cuenca del río Acomé

Mes	Agüero	Seco	Sipacate	Chontel
	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes
Abril	881.3	0	0	570.2
Mayo	1218.2	77.8	0	233.3
Junio	5417.3	596.2	0	1399.7
Julio	2884.90	938.30	31.10	1192.30
Agosto	141.00	252.70	163.30	101.90
Septiembre	8963.14	3317.76	23.07	1145.66
Octubre	16391.81	6465.74	9.07	168.48
Noviembre	11.70	35.50	2.60	5.40
Promedio	4488.67	1460.50	28.64	602.12
Ton/Ha	0.55	0.11	0.001	0.06

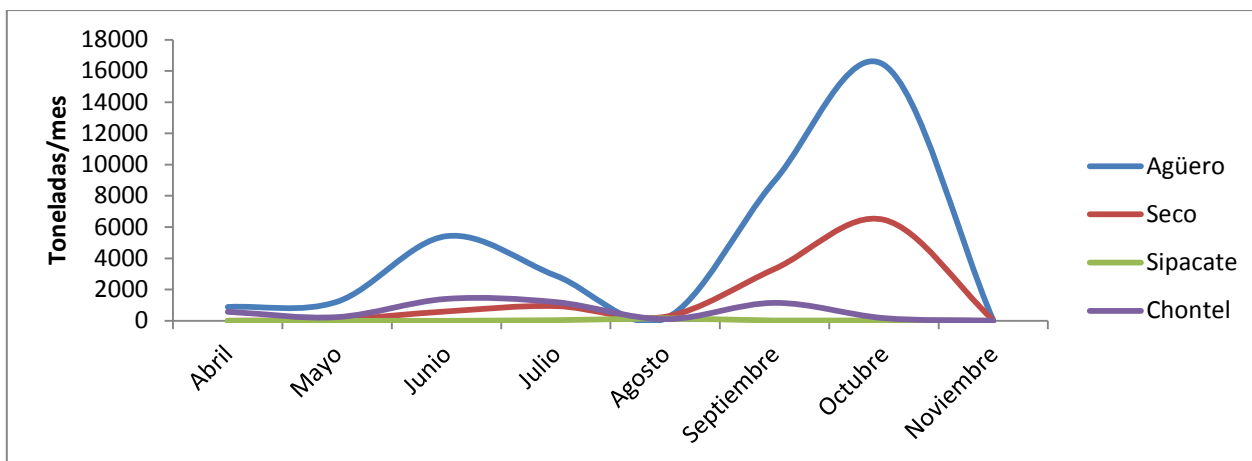


Figura 38. Gráfica de sedimentos mensuales de cauces tributarios de la cuenca del río Acomé

En el Cuadro 41 se presenta los datos de carga de sedimentos de la unidad Coloiate que es parte de la cuenca del río Acomé pero no drena al cauce principal de la cuenca, la dinámica de esta unidad es similar a la del Acomé aunque la carga de sedimentos es menor, no se puede saber exactamente cuál es la erosión en esta unidad ya que en la parte final el cauce se divide en 2 a causa de una modificación que se le hizo para el uso del riego y se dificultó el acceso a la otra parte del cauce por eso el dato de carga de sedimentos del punto medio es más alto que el punto bajo, el punto tributario el pilar tiene una dinámica variable ya que se le aumenta la cantidad de agua a través de trasvases por lo cual su carga de sedimentos es mayor en la época seca. En la gráfica de la Figura 39 se pueden observar las fluctuaciones a través del tiempo.

Cuadro 41. Datos de carga de sedimentos del río Coloiate y tributario

Mes	El Pilar	Coloiate (Medio)	Coloiate (Bajo)
	Toneladas/mes	Toneladas/mes	Toneladas/mes
Abril	3395.50	51.80	570.20
Mayo	7309.40	362.90	233.30
Junio	337	2980.80	1399.70
Julio	0	311	1192.30
Agosto	77.80	535.20	101.90
Septiembre	38.10	754.30	1145.70

Octubre	43.80	13880.16	3479.76
Noviembre	109.63	45.15	32.930
Promedio	1413.90	2365.20	1019.50
Ton/Ha	0.02	0.14	0.04

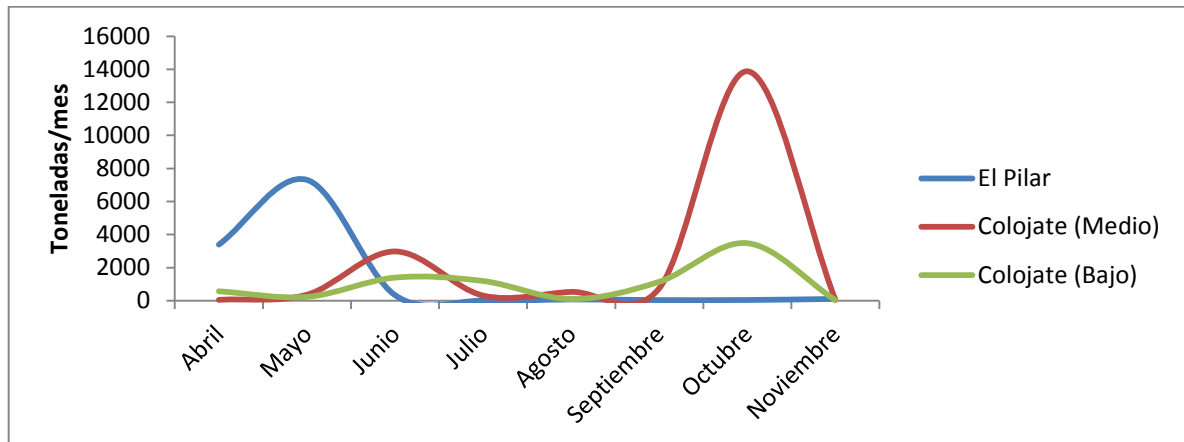


Figura 39. Gráfica de sedimentos mensuales del río Colojate y tributario

Conjuntamente se monitoreo un trasvase de la cuenca Coyolate donde se estimó que cuando este canal tiene abierto el flujo de agua aporta una carga promedio de sedimento a la cuenca de 1446.8 tonelada.

### 3.3.4.2 Velocidad del flujo y tamaño de partículas

La velocidad del caudal influye fuertemente en la erosión hídrica. Se sabe que la erosión mínima para desprender y transportar una partícula de suelo está en función del diámetro de ésta. Sin embargo, una vez que la partícula ha sido desprendida, se necesitará menos energía para que ésta siga en movimiento. Así Hjulstrom (1935) determinó la velocidad mínima requerida para el desprendimiento (erosión), transporte y depositación de partículas de suelo, según su diámetro, relación que muestra en la figura 40. Observe que se necesitan mayores velocidades para el desprendimiento de una partícula dada. Sin embargo, ésta será transportada en forma de suspensión, solo si la velocidad del caudal es alta o, en su defecto, si la partícula posee un diámetro reducido. De lo contrario dicha partícula será depositado en un corto lapso (PHI-LAC, 2010).

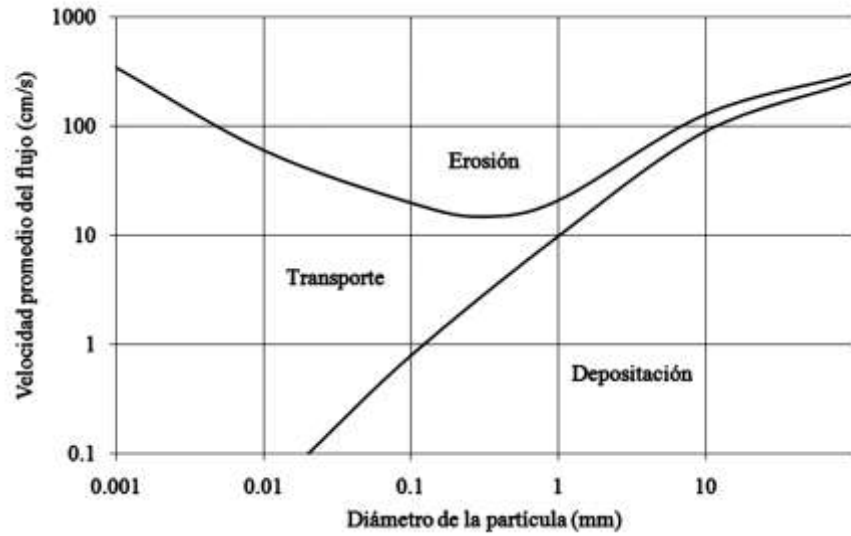


Figura 40. Diagrama de Hjulstrom (PHI-LAC, 2010).

Diagrama de Hjulstrom, el cual indica la velocidad mínima requerida, para desprender, transportar o depositar partículas de suelo, según su diámetro, para flujos de agua (PHI-LAC, 2010).

En el Cuadro 42. Se presentan las velocidades (Junio- Septiembre) de los puntos del cauce principal de la cuenca del río Acomé donde se extrajeron las muestras de sedimentos, además nos indica el proceso que presentan las partículas de sedimentos según su tamaño.

Cuadro 42. Datos de tamaño de partículas en milímetros, según las velocidades del cauce principal de la cuenca del río Acomé

Mes	Punto	Velocidad (m/s)	Transporte	Deposición, transporte y erosión	Deposición y transporte	Deposición
Junio	Acomé (alto)	0.35	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
	Acomé (medio)	0.43	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
	Pescadero	0.52	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
	Gomera	0.78	< 0.008	0.008 - 3.8	3.8 - 70	> 70
	Vado (Acomé)	0.84	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75
	Desembocadura	0.4	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
Julio	Acomé (alto)	0.15	--	--	< 3	> 3
	Acomé (medio)	0.15	--	--	< 3	> 3
	Pescadero	0.48	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
	Gomera	0.87	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75
	Vado (Acomé)	0.64	< 0.01	0.01 - 2.8	2.8 - 60	> 60
	Desembocadura	0.87	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75
Agosto	Acomé (alto)	0.18	--	--	< 3	> 3
	Acomé (medio)	0.12	--	--	< 3	> 3
	Pescadero	0.30	<0.03	0.03 - 0.65	0.65 - 12	> 12
	Gomera	0.49	< 0.017	0.017 - 0.65	0.65 - 27	> 27
	Vado (Acomé)	0.62	< 0.01	0.01 - 2.8	2.8 - 60	> 60
	Desembocadura	0.68	< 0.08	0.08 - 2.8	2.8 - 55	> 55
Septiembre	Acomé (alto)	0.23	--	0.05 - 6	< 0.05	> 6
	Acomé (medio)	0.31	<0.03	0.03 - 0.65	0.65 - 12	> 12
	Pescadero	0.43	<0.02	0.02 - 1.6	1.6 - 22	> 22
	Gomera	0.86	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75
	Vado (Acomé)	0.84	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75
	Desembocadura	0.84	< 0.0065	0.0065 - 4.5	4.5 - 75	> 75

### 3.3.5 CONCLUSIONES

- En la cuenca Acomé se tiene una carga de sedimentos de 38044.42 Toneladas equivalente a una tasa de erosión de 0.65 Toneladas/Ha siendo una erosión leve o baja. Septiembre es el mes con más carga de sedimento y noviembre el de menos carga. El mayor tributario es la unidad hidrológica Agüero unidad que se sitúa en la parte alta de la cuenca, además la unidad Agüero es el que aporta mayor caudal al río Acomé y la unidad que menor aporte tiene es Sipacate con 0.001 toneladas debido a que es un área muy plana donde el flujo es demasiado lento o el agua está en reposo.
- La velocidad del flujo y el tamaño de las partículas afectan los procesos de transporte, depositación y erosión, a mayores velocidades se transportan partículas de mayor tamaño mientras que a velocidades menores las partículas de mayor tamaño son depositadas en los lechos de los ríos.

### 3.3.6 RECOMENDACIONES

- Utilizar otros métodos para estimar la carga de sedimentos.
- Comparar los datos obtenidos con la intensidad de lluvia de los meses monitoreados.
- Realizar comparaciones de los datos con los mapas de erosión generados en el área de estudio.

### 3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. PHI-LAC (Programa Hidrológico Internacional de Unesco para América Latina y el Caribe, UY). 2010. Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas. Montevideo, Uruguay, UNESCO. 144 p.
2. Pool, DJ; Lugo, AE; Snedaker, SC. 1975. Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico. *In* G. Walsh; S. Snedaker; Teas, HJ (eds). Proceeding of the International Symposium on Biology and Management of Mangrove. Gainesville, FL, US, University of Florida, Institute of Food and Agriculture Science. 237 p
3. Spalding, M; Kainuma, M; Collins, L. 2011. Atlas mundial de los manglares. Trad. Francisca Blasco-Takali y François Blasco. 320 p.
4. Twilley, RR; Lugo, AL; Patterson, C. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forest in southwest Florida. *Ecology* 67(3):683.