

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA
DEL RÍO NARANJO, GUATEMALA, C.A.**

**DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGO
DE DESASTRES, DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE
CAMBIO CLIMÁTICO - ICC, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA,
GUATEMALA, C.A.**

RICARDO ALBERTO CHÁN ESCOBAR

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA
DEL RÍO NARANJO, GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL
PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES, DEL 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
RICARDO ALBERTO CHAN ESCOBAR

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutierrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.Sc. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2020

Guatemala, septiembre 2020

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 titulado: **Modelación de la amenaza de inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo, Guatemala, C.A. Diagnóstico y servicios en el programa de gestión de riesgo de desastres, del 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 Sistemas de Producción Agrícola, 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”

F _____

Ricardo Alberto Chán Escobar

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por estar siempre conmigo, por proporcionarme todo lo necesario para poder realizar mis prácticas, escuchar siempre mis oraciones y ayudarme en todo momento.

**MIS ABUELITOS
ESPECIALMENTE A
REYMUNDO C. CHÁN
AJCHÉ**

Por ser un excelente abuelito en vida, un ejemplo a seguir para todos los nietos, por los valores morales que inculcó en mis tíos y mi padre, junto a mi abuelita Carmen Santisteban de Chán, gracias por todas las enseñanzas de vida e igualmente a mis abuelitos Roquelino O. Escobar Duarte y María H. García, gracias por su amor y enseñanzas los quiero mucho.

MIS PADRES

Por brindarme su amor y apoyo incondicional para lograr mis metas, por ser el pilar fundamental de la familia, con cariño para mi papá Milton Leonel Chan Santisteban y mi mamá Zuly Judith Escobar Sandoval, gracias por ser perseverantes.

FAMILIA Y AMIGOS

Por apoyarme y darme ánimos en todas las actividades que me he propuesto, especialmente a mis hermanas María Chan Escobar, Rocío Chan Escobar y a mi amigo Marvin A. Alvarado López por su solidaridad.

**KARLA MARÍA,
HERNÁNDEZ
GONZÁLEZ**

Por regalarme muchos momentos felices, por tu forma de ser amorosa, solidaria y perseverante, que no espera nada a cambio, gracias por apoyarme en todo y estar a mi lado en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS

Por estar conmigo en cada momento, proporcionarme todo lo necesario para seguir adelante, por escuchar siempre mis oraciones y ayudarme.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA Y FACULTAD DE AGRONOMIA

Por ser la única universidad pública del país con alto nivel académico, comprometida a formar profesionales preparados para enfrentar los problemas actuales del país, sobre todo a cada uno de los profesores que aportaron parte de su conocimiento para forma mi criterio técnico y profesional

INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACION SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO - ICC

Por brindarme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones y a los integrantes del Programa de Gestión de Riesgo de Desastres (M. Sc. German Alfaro, Ing. Agr. Amy Molina y Lic. Francisco Fuentes), por brindarme su apoyo.

MUNICIPALIDADES DE OCOS Y LA BLANCA

Por brindarme ayuda y préstamo de sus oficinas para trabajar la investigación, les entregó el producto final, espero que sirva como un estudio a nivel de reconocimiento sobre la amenaza de inundaciones en la región.

SUPERVISOR Y ASESOR

Por ayudar, orientar mi informe y trabajos de campo en el Instituto Privado de Cambio Climático, gracias Dr. Boris Méndez y Dr. Marvin Salguero por brindarme su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	xi
CAPÍTULO I	1
1.1. PRESENTACIÓN.....	2
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. MARCO REFERENCIAL	5
1.4.1. Ubicación geográfica	5
1.4.2. Oficina central.....	5
1.4.3. Sede en ciudad Guatemala	5
1.4.4. Sede en Mazatenango.....	5
1.4.5. Instituto Privado de Cambio Climático	5
1.4.6. Visión del Instituto Privado de Cambio Climático	6
1.4.7. Misión del Instituto Privado de Cambio Climático	6
1.4.8. Objetivos del Instituto Privado de Cambio Climático	6
1.4.9. Líneas de trabajo	7
1.4.10. Equipo del Instituto Privado de Cambio Climático	7
1.4.11. Organigrama de la Instituto Privado de Cambio Climático	7
1.4.12. Funciones de trabajo	8
1.4.13. Programa de gestión de riesgos de desastres	10
1.4.14. Área de acción.....	11
1.4.15. Financiamiento de la institución y proyectos	11
1.5. METODOLOGÍA	12
1.5.1. Proceso	12
1.5.2. Recursos	14
1.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15

1.6.1. Discusión de las matrices de contraste	15
1.6.2. Análisis sobre actividades del programa de gestión de riesgo de desastres	19
1.6.3. Análisis FODA	24
1.7. CONCLUSIONES	31
1.8. RECOMENDACIONES	32
1.9. BIBLIOGRAFÍA	33
1.10. ANEXOS	35
CAPÍTULO II.	47
2.1. PRESENTACIÓN	48
2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	49
2.3. JUSTIFICACIÓN	50
2.4. MARCO CONCEPTUAL	51
2.4.1. Riesgo	51
2.4.2. Inundaciones	52
2.4.3. Modelaciones	53
2.5. MARCO REFERENCIAL	62
2.5.1. Ubicación geográfica	62
2.5.2. Rutas de acceso	63
2.5.3. Antecedentes de estudios relacionados	63
2.6. OBJETIVOS	69
2.6.1. Objetivo general	69
2.6.2. Objetivos específicos	69
2.7. METODOLOGÍA	70
2.7.1. Metodología para modelación hidrológica	70
2.7.2. Metodología para modelación hidráulica	74
2.7.3. Metodología para validación de modelos con la percepción comunitaria	77
2.7.4. Metodología para identificar acciones encaminadas al manejo del territorio	79
2.8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81

PÁGINA

2.8.1. Caracterización morfométrica	81
2.8.2. Caracterización hidrológica	87
2.8.3. Caracterización biofísica.....	92
2.8.4. Caracterización socio-económica	101
2.8.5. Modelación hidrológica	116
2.8.6. Modelación hidráulica	119
2.8.7. Validación del modelo hidráulico	121
2.8.8. Áreas inundables de la vertiente del pacífico	126
2.8.9. Análisis de inundaciones en la parte baja.....	127
2.8.10. Propuestas para la mitigación del riesgo de inundaciones	129
2.9. CONCLUSIONES	134
2.10. RECOMENDACIONES	135
2.11. BIBLIOGRAFÍA	136
2.12. ANEXOS	141
2.12.1. Fase de gabinete	141
2.12.2. Fase de campo	156
CAPÍTULO III.	163
3.1. PRESENTACIÓN.....	164
3.2. OBJETIVOS.....	165
3.2.1. Objetivo general.....	165
3.2.2. Objetivo específico	165
3.3. SERVICIO 1: Caracterización de la cuenca de río Samalá para la identificación de amenazas en la cuenca media (microcuenca del río Niño, Santa Cruz Muluá, Retalhuleu)	166
3.3.1. Presentación.....	166
3.3.2. Objetivo	167
3.3.3. Metas.....	167
3.3.4. Metodología.....	168
3.3.5. Material y equipo	168

	PÁGINA
3.3.6. Resultados y discusión.....	169
3.3.7. Conclusiones.....	199
3.3.8. Recomendaciones.....	200
3.3.9. Bibliografía	201
3.3.10. Anexos	203
3.4. SERVICIO 2: Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para la empacadora La Vega en Tiquisate, Escuintla.....	204
3.4.1. Presentación	204
3.4.2. Objetivo	205
3.4.3. Metas	205
3.4.4. Metodología.....	206
3.4.5. Material y equipo	206
3.4.6. Resultados y discusión.....	207
3.4.7. Conclusiones.....	217
3.4.8. Recomendaciones.....	218
3.4.9. Bibliografía	219
3.4.10. Anexos	220
3.5. SERVICIO 3: Divulgación y desarrollo de capacidades sobre gestión de riesgo de desastres	224
3.5.4. Presentación	224
3.5.5. Objetivo	225
3.5.6. Metas	225
3.5.7. Metodología.....	226
3.5.8. Materiales y equipo	226
3.5.9. Resultados y discusión.....	227
3.5.10. Conclusiones.....	234
3.5.11. Recomendaciones.....	235
3.5.12. Anexos	236

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Organigrama del Instituto Privado sobre Cambio Climático.	8
Figura 2. Comparación del comportamiento de las actividades programadas y publicadas del programa de gestión de riesgo de desastres.	15
Figura 3. Impacto del programa de gestión de riesgo de desastres (años 2014 a 2017)...	19
Figura 4. Porcentaje de labores que representan los componentes del programa de gestión de riesgo de desastres según planes operativos anuales de 2014 a 2018.	20
Figura 5. Comparación de actividades frecuentes del año 2014 hasta el 2017.	21
Figura 6. Actividades del plan operativo anual e informe de labores anual del año 2017. .	21
Figura 7. Actividades frecuentes del plan operativo anual 2018.	23
Figura 8. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.	26
Figura 9. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.	28
Figura 10. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.	29
Figura 11. Ubicación de los municipios de la cuenca baja del río Naranjo.....	62
Figura 12. Diagrama de flujo para el proceso de modelación hidrológica.	70
Figura 13. Diagrama de flujo para el proceso de modelación hidráulica.	75
Figura 14. Proceso metodológico para validación de modelos con comunitarios.	78
Figura 15. Proceso metodológico para acciones encaminadas al manejo del territorio.	80
Figura 16. Mapa de ubicación de la cuenca del río Naranjo con su red hídrica.	81
Figura 17. Relieve de la cuenca del río Naranjo.....	84
Figura 18. Perfil del cauce principal del río de la cuenca Naranjo.....	85
Figura 19. Curva hipsométrica de la cuenca del río Naranjo.....	85
Figura 20. Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de precipitación.....	87
Figura 21. Distribución espacial promedio anual de la precipitación.	88
Figura 22. Distribución espacial promedio anual de la evapotranspiración.....	89
Figura 23. Balance hídrico anual promedio en la cuenca del río Naranjo.	90

Figura 24. Relación precipitación - evapotranspiración en la cuenca del río Naranjo. 91

Figura 25. Condiciones de temperatura y humedad relativa en la cuenca del río Naranjo. 91

Figura 26. Zonas de vida según la clasificación de Holdridge. 92

Figura 27. Regiones fisiográficas de la cuenca del río Naranjo con grandes paisajes. 95

Figura 28. Orden de suelos de la cuenca del río Naranjo. 96

Figura 29. Clases texturales de suelo de la cuenca del río Naranjo. 97

Figura 30. Capacidad de uso de la tierra según la metodología del INAB. 98

Figura 31. Uso de la tierra 2018 de la cuenca del río Naranjo. 99

Figura 32. Intensidad de uso de la tierra de la cuenca del río Naranjo, 2018. 100

Figura 33. Mapa base de división política departamental de la cuenca del río Naranjo. . 101

Figura 34. Municipios que conforman la cuenca del río Naranjo. 103

Figura 35. Población de la cuenca de río Naranjo de los años 2002 al 2018. 104

Figura 36. Dinámica de migración intermunicipal de la cuenca del río Naranjo. 105

Figura 37. Población económicamente activa e inactiva en la cuenca del río Naranjo... 105

Figura 38. Principales actividades económicas de los habitantes de la cuenca Naranjo. 106

Figura 39. Nivel de escolaridad de los habitantes de la cuenca Naranjo proyectada. 108

Figura 40. Materiales de construcción de los hogares de la cuenca baja del Naranjo. 113

Figura 41. Distribución espacial de los poblados de la cuenca del río Naranjo. 114

Figura 42. Mapa de permeabilidad de suelos de la cuenca del río Naranjo. 117

Figura 43. Sub-cuencas y caudales modelados de la cuenca baja del río Naranjo. 118

Figura 44. Áreas inundables por el río Naranjo en cada tiempo de retorno. 119

Figura 45. Usos de la tierra afectado por inundaciones según el tiempo de retorno. 120

Figura 46. Áreas de inundación según comunitarios e información municipal. 122

Figura 47. Mapas de inundaciones del año 2000 “mapa A” y 2015 “mapa B”. 124

Figura 48. Áreas inundables en 10 cuencas bajas de la vertiente del pacífico. 126

Figura 49. Dinámica del cauce en la cuenca baja del río Naranjo del año 2002 al 2018. 128

Figura 50. Ubicación de las propuestas de acción para mitigar el riesgo
de inundaciones. 133

Figura 51A. Procesamiento del DEM para la delimitación de corrientes y sub-cuencas. 142

PÁGINA

Figura 52A. Procesamiento del DEM para determinación de corrientes y sub-cuencas.....	142
Figura 53A. Procesamiento del DEM para delimitar subcuencas e iniciar proyecto.....	143
Figura 54A. Delimitación de la cuenca del río Naranjo según el modelo de elevaciones.	143
Figura 55A. Extracción de las características de elevación de los flujos permanentes....	144
Figura 56A. Extracción de las características de elevación de las sub-cuencas.....	144
Figura 57A. Selección de parámetros y metodología para medición de caudales máximos.	145
Figura 58A. Asignación de parámetros a las sub-cuencas y obtención del número de curva.	145
Figura 59A. Asignación de sistema de medida para la modelación hidrológica.	146
Figura 60A. Exportación de datos del HEC-GeoHMS a HEC-HMS para calcular caudales.	146
Figura 61A. Creación de un nuevo proyecto para la modelación hidrológica de la cuenca.	147
Figura 62A. Introducción de datos de precipitación diaria superficies de sub-cuencas....	147
Figura 63A. Asignación de información de superficie y números de curva.	148
Figura 64A. Asignación de parámetros del cauce y estimación de caudales máximos....	148
Figura 65A. Hietograma de la estación San Marcos (tiempo de retorno de dos años). ...	150
Figura 66A. Aspectos de geometría en la parte baja del río Naranjo, cauce y márgenes.....	151
Figura 67A. Establecimiento de transeptos para la extracción topográfica de perfiles.....	151
Figura 68A. Extracción de información topográfica del modelo de elevaciones digital. ...	152
Figura 69A. Asignación de información y exportación de información al HEC-RAS®.....	152
Figura 70A. Creación de nuevo proyecto e importación de la información al HEC-RAS®.....	153
Figura 71A. Establecimiento de sistema de medida y revisión de sus secciones transversales.....	153
Figura 72A. Asignación de valores de Manning y caudales máximos por tiempo de retorno.	154

	PÁGINA
Figura 73A. Asignación de condiciones de perfil del cauce y modelación de resultados.	154
Figura 74A. Vista previa del modelo de inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo.	155
Figura 75A. Conversión de formato del proyecto para su funcionamiento en ArcGis® ...	155
Figura 76A. Raster del modelo de inundaciones y velocidades por tiempo de retorno....	156
Figura 77A. Visita de reconocimiento de las áreas afectadas.....	156
Figura 78A. Análisis histórico de áreas de inundación (Paso Hondo y Pueblo Nuevo). ..	157
Figura 79A. Mapeo comunitario y validación de zonas de inundaciones.....	157
Figura 80A. Apoyo por parte de las municipalidades de La Blanca y Ocos.....	158
Figura 81A. Modificación del cauce principal desde Paso Hondo hasta La Blanca.	158
Figura 82A. Sección transversal trazada sobre el caserío Pueblo.....	159
Figura 83A. Sección transversal trazada sobre la cabecera municipal de La Blanca.	159
Figura 84A. Sección transversal trazada sobre el caserío Salinas I.	160
Figura 85A. Sección transversal trazada sobre el caserío Salinas II.	160
Figura 86A. Sección transversal trazada sobre el caserío Los Laureles.	161
Figura 87A. Sección transversal trazada sobre el caserío Cerritos.	161
Figura 88A. Sección transversal trazada sobre el caserío Las Victorias.	162
Figura 89A. Sección transversal trazada sobre el caserío de Almendrales y Tilapa.....	162
Figura 90. Proceso metodológico para caracterización de amenazas.....	168
Figura 91. Cuenca del río Samalá.	169
Figura 92. Microcuenca del río Niño y Samalá.	170
Figura 93. Orden de suelos de la cuenca del río Samalá y Microcuenca.	171
Figura 94. Clases texturales de suelo de la cuenca del río Samalá y la microcuenca del río Niño o Muluá.	173
Figura 95. Zonas de vida de la cuenca del río Samalá y la microcuenca del río Niño.	174
Figura 96. Pendientes de la cuenca del río Samalá y microcuenca del río Niño.	175
Figura 97. Uso actual de la tierra de la cuenca del río Samalá.....	176
Figura 98. Uso actual de la tierra de la microcuenca del río Niño.....	177
Figura 99. Permeabilidad de la cuenca de río Samalá y microcuenca de río Niño.	178
Figura 100. Amenaza por flujo piroclástico	179
Figura 101. Amenaza de lahares modelado bajo seis escenarios posibles.	180

PÁGINA

Figura 102. Poblados e infraestructura vial amenazados por descenso de lahares del volcán Santiaguito.	181
Figura 103. Caracterización de la precipitación anual en la cuenca del río Samalá.....	183
Figura 104. Balance hídrico en la cuenca del río Samalá.	184
Figura 105. Modelación de la amenaza de inundaciones en la cuenca media del río Samalá.....	185
Figura 106. Poblados e infraestructura vial amenazada por inundaciones pluviales causadas por el río Samalá.....	186
Figura 107. Usos de la tierra afectados por las inundaciones por periodo de retorno.....	189
Figura 108. Mapa de inundaciones de la cuenca Samalá, según JICA, 2017.	190
Figura 109. División política administrativa de la cuenca del río Samalá.	191
Figura 110. Manejo de desechos sólidos de los hogares en la cuenca del río Samalá. ..	192
Figura 111. Manejo de desechos de los municipios de la microcuenca del río Niño.....	193
Figura 112. Manejo de desechos fecales en la cuenca del río Samalá.....	193
Figura 113. Manejo de desechos fecales de los municipios Santa Cruz Muluá y San Martín Zapotitlán	194
Figura 114. Acceso al agua en los hogares de la cuenca del río Samalá.	195
Figura 115. Acceso al agua de hogares de los municipios de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá.....	195
Figura 116. Localización de las fallas geológicas en el país de Guatemala.....	197
Figura 117A. Presentación de estudio sobre amenazas en la cuenca media del río Samalá.....	203
Figura 118. Proceso para el diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.	206
Figura 119. Ubicación de la empacadora.....	207
Figura 120. Distintos usos del agua y su demanda promedio en L/persona/día.	208
Figura 121. Promedios acumulados mensuales de precipitación.....	209
Figura 122. Tipos de reservorios de almacenamiento para el agua de lluvia.....	214
Figura 123A. Modelo de un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia..	220

Figura 124A. Componentes de un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.....	220
Figura 125A. Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia de la finca Camantulul, 2018.	221
Figura 126A. Limpieza de sedimentos en bajadas de un sistema de agua y almacenamiento.	221
Figura 127A. Planta general de la empacadora La Vega.....	222
Figura 128A. Propuesta de diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia en la empacador La Vega.	223
Figura 129. Proceso metodológico para la realización de las capacitaciones.	226
Figura 130. Sitios de influencia para la divulgación y desarrollo de capacidades sobre temas múltiples.	227
Figura 131. Número de personas en representación de establecimientos educativos y lugares de procedencia.....	229
Figura 132. Proporción de género de los participantes en las capacitaciones.....	230
Figura 133. Comparación entre proporción de respuestas incorrectas y correctas a priori y pos capacitación.....	230
Figura 134. Porcentaje de preguntas erradas en las evaluaciones de cada institución...	231
Figura 135. Conteo general de preguntas erradas o respuestas incorrectas de las evaluaciones.	232
Figura 136. Comparación de notas a priori y pos capacitación.....	232
Figura 137A. Capacitación a docentes del INEB, Cuilapa, Santa Rosa.	236
Figura 138A. Capacitación a estudiantes de básicos del IMEBCE, San José Mogollón, Nueva Concepción, Escuintla.....	236
Figura 139A. Capacitación a docentes del Colegio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.	236
Figura 140A. Listados de asistencia de la capacitación a docentes del INEB.	237
Figura 141A. Listados de asistencia de la capacitación a estudiantes IMEBCE.....	237
Figura 142A. Listados de asistencia de la capacitación a docentes del Colegio Madre Tierra.	238

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis FODA del programa de gestión de riesgo de desastres.....	24
Cuadro 2A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2014.	35
Cuadro 3A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2014.	36
Cuadro 4A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.	37
Cuadro 5A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.	38
Cuadro 6A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.	39
Cuadro 7A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.	40
Cuadro 8A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.	41
Cuadro 9A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.	42
Cuadro 10A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas en 2016.	43
Cuadro 11A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas en 2017.	44
Cuadro 12A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del programa de gestión de riesgo de desastres del año 2017.	45
Cuadro 13A. Borrador del plan operativo anual del programa de gestión de riesgo de desastres del año 2018.....	46
Cuadro 14. Coeficientes de rugosidad de Manning dados por HEC-RAS.....	61
Cuadro 15. Modelos para la estimación de valores máximos según Gumbel tipo I.	73
Cuadro 16. Modelos utilizadas para el cálculo de características morfométricos.....	76
Cuadro 17. Características morfométricos de la cuenca del río Naranjo.	82
Cuadro 18. Tipo de plantas por zona de vida dentro de la cuenca del río Naranjo.	93
Cuadro 19. Extensión territorial de los municipios de la cuenca del río Naranjo.....	102
Cuadro 20. Establecimientos educativos de los municipios en la cuenca Naranjo.	109
Cuadro 21. Centros de atención médica en los municipios de la cuenca del río Naranjo.	111
Cuadro 22. Principales diez causas de la morbilidad y cinco causas de mortalidad.	112
Cuadro 23. Precipitaciones de retorno en milímetros por estación meteorológica.....	116
Cuadro 24. Estimación de pérdidas económicas por inundaciones en cultivos.	121
Cuadro 25. Historial de inundaciones en poblados de la parte baja del río Naranjo.	125
Cuadro 26. Tiempo de evacuación en horas para la alerta temprana en Coatepeque. ...	130
Cuadro 27. Tiempos de evacuación (minutos) para alerta temprana en Pueblo Nuevo. .	131

	PÁGINA
Cuadro 28. Recomendación general de diseño de diques.....	132
Cuadro 29A. Resumen de datos meteorológicas de cada estación meteorológica.	141
Cuadro 30A. Valores de numero de curva utilizados en función del uso de la tierra.	149
Cuadro 31A. Clasificación de suelos según características físicas.....	150
Cuadro 32. Línea del tiempo de la actividad eruptiva del volcán Santiaguito	182
Cuadro 33. Caudales utilizados para la modelación hidráulica.....	186
Cuadro 34. Línea del tiempo de inundaciones en la zona de estudio.....	188
Cuadro 35. División política de la cuenca del río Salamá.	192
Cuadro 36. Enfermedades de mayor a menor incidencia en el municipio de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá	196
Cuadro 37. Línea del tiempo de la actividad sísmológica que ha causado daños en el departamento de Retalhuleu	198
Cuadro 38. Demanda menores de agua en la empacadora La Vega	209
Cuadro 39. Áreas de captación recomendadas para satisfacer demandas menores de de agua	210
Cuadro 40. Comparativo del área de captación necesaria para satisfacer la demanda con el área de captación actual.....	211
Cuadro 41. Relación entre el tamaño del área de captación en y el diámetro de la bajante con capacidad de desalojo de 100 mm/h.	212
Cuadro 42. Relación entre el tamaño del área de captación y el porcentaje de pendiente del canal para determinar el diámetro del colector con capacidad de desalojo 100 mm/h.	212
Cuadro 43. Dimensiones de colector y bajadas del SCALL para los usos de agua recomendados y sus combinaciones.	213
Cuadro 44. Almacenamiento recomendado según áreas de captación para las demandas menores de agua en la empacadora La Vega.	215
Cuadro 45. Costos para el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para satisfacer los tres usos recomendados	216
Cuadro 46. Prueba de hipótesis de las evaluaciones pos capacitación y a priori.	233

DIAGNÓSTICO DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO - ICC CON ÉNFASIS AL PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES, MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO NARANJO, GUATEMALA, C.A, Y SERVICIOS EN EL INSTITUTO PRIVADO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO - ICC.

RESUMEN

El presente documento constituye el informe final del ejercicio profesional supervisado, desarrollado entre febrero y noviembre de 2018 en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla con el apoyo del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC. El documento se compone de tres capítulos: diagnóstico, investigación y servicios profesionales.

La investigación se realizó en la parte baja de la cuenca del río Naranjo y los servicios en la cuenca media del río Samalá, Cuilapa, Santa Rosa, Tiquisate, Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción, Escuintla.

La finalidad del diagnóstico fue identificar, evaluar y analizar las actividades realizadas por el Programa de Gestión de Riesgo de Desastres en su trayectoria de funcionamiento y de este modo identificar problemas mediante revisión bibliográfica y consultas a miembros del ICC.

En el proceso se determinó que las actividades para el año 2018 aumentaron en un 50 %, con la divulgación y desarrollo de capacidades, los estudios y análisis de inundaciones, generación de planes, monitoreos y reportes de emergencia con el almacenamiento y captación de agua de lluvia/niebla.

La investigación delegada por el Programa de Gestión de Riesgo de Desastres tuvo como objetivo generar un modelo de inundaciones para tiempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años en la cuenca baja del río Naranjo, con la ayuda del software HEC-HMS®, HEC-RAS® y ArcGis®.

Se estimaron los caudales máximos para los tiempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años los cuales fueron: 1,449.80 m³/s, 2,521 m³/s, 3,196.2 m³/s, 3,379.0 m³/s, 3,395.8 m³/s y 3,473.1 m³/s. Con estos caudales se generó un modelo hidráulico de inundaciones y se determinaron las áreas de inundación a causa de desbordamiento del río Naranjo: 1,261 ha, 2,157 ha, 2,600 ha, 2,776 ha, 2,840 ha y 3,019 ha. El modelo hidráulico se validó a través del apoyo comunitario, los cuales afirmaron que las inundaciones a causa del río Naranjo equivalen al 30 %, el resto se relaciona con lluvias sobre el territorio y el comportamiento de la marea.

Las inundaciones fluviales afectan los usos de la tierra en el orden siguiente: 9 % al tejido urbano que incluye las comunidades de Pueblo Nuevo, La Blanca, Paso Hondo, Chiquirines I, Chiquirines II, Los Cerritos y Almendrales para el municipio de la Blanca y para el municipio de Ocos las comunidades de Laureles, Ocos y las Cruces y áreas cultivadas con banano-plátano (60 %), granos básicos (4 %) y palma africana (3 %) de 3,019 ha.

De acuerdo a las simulaciones, el área inundable es de 7,584.12 ha que corresponde al 2.81 % de las áreas inundables de la vertiente del Pacífico con 269,051.52 ha desde la cuenca del río María Linda hasta la cuenca del río Naranjo.

Como producto final se plantearon propuestas para mitigar el riesgo de inundaciones en los sitios afectados como: canales de drenaje, albergues, sistemas de alerta temprana, rutas de evacuación, instalación de diques, espigones y rompeolas.

Los servicios realizados tuvieron como objetivo apoyar al Programa de Gestión de Riesgo de Desastres en el avance y realización de las actividades planificadas para el año 2018.

Para el efecto se trabajaron estudios sobre potenciales amenazas en la cuenca media del río Samalá, el diseño de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia y capacitaciones sobre temas relacionados a gestión de riesgo de desastres, los cuales se desarrollan de mejor manera en el capítulo tres del presente documento.



**1. CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO – ICC, CON ÉNFASIS AL PROGRAMA DE GESTIÓN
DE RIESGOS DE DESASTRES, FINCA CAMANTULUL, SANTA LUCÍA
COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

1.1. PRESENTACIÓN

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático es una organización que tiene siete años de operación, inicio actividades en el año 2011 y se ha desarrollado de manera continua en la vertiente del Pacífico de Guatemala, su área de acción va desde la parte alta volcánica hasta la parte baja de la vertiente, por esta razón ha surgido la necesidad de instalar oficinas en Mazatenango, Santa Lucía Cotzumalguapa y en ciudad Guatemala.

El Instituto Privado de Cambio Climático – ICC, se organiza en cinco programas: desarrollo de capacidades y divulgación, sostenibilidad de sistemas productivos, manejo integrado de cuencas, investigación en clima e hidrología y gestión de riegos de desastres.

Dentro del instituto cada programa plantea sus actividades de acuerdo a su línea de trabajo, el programa de gestión de riesgo de desastres tiene la finalidad de reducir el riesgo a desastres, para el efecto se plantean actividades que cumplen las líneas de trabajo establecidas las cuales son identificar amenazas de origen natural, realizar capacitaciones, análisis de amenazas, identificar vulnerabilidades para determinar el riesgo a desastre y la generación de planes de acción para mitigar desastres inminentes.

El programa de gestión de riegos a desastres se encarga de transmitir y generar planes de acción basados en estudios preliminares de sitios propensos a riesgo de desastres con la finalidad de prevenir, reducir y mitigar estos acontecimientos, lo que conlleva a la toma de acciones concretas a partir del análisis social y natural de medio geográfico, por lo que, el programa se categoriza como de investigación aplicada y ejecución.

En el año 2012 representaban el 16 % de la totalidad de actividades del ICC, sin embargo, en los informes de labores de los años 2013, 2014, 2015 y 2016 se puede observar un aumento en la cantidad de actividades ya que en el informe del 2012 se publicaron 18 en el siguiente año 19, 11, 16 y en el año 2016 se publicaron 46 actividades, representando el 29 % de la totalidad de actividades. En el siguiente documento se presentan los resultados del diagnóstico del programa de gestión de riesgo de desastres del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los efectos del cambio climático se han evidenciado en los sistemas múltiples de vida en todo el planeta con el cambio de la dinámica de fenómenos naturales con respecto a su frecuencia e intensidad, a esto se agrega el rápido crecimiento de poblaciones y la necesidad de las personas por sobrevivir, muchos de los efectos del cambio climático son causados por las alteraciones antrópicas que modifica y acelera el orden natural que incrementa el riesgo a desastres.

El Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático tiene como principal finalidad desarrollar programas de investigación y proyectos que contribuyan con la mitigación, reducción de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en los sistemas productivos, poblados e infraestructura.

Para satisfacer el objetivo general del Instituto se crearon cinco programas en donde el programa de gestión de riesgo de desastres juega un papel importante para contribuir al cumplimiento de objetivos desarrollado proyectos, talleres, actividades, capacitaciones para el apoyo de las personas que lo requieren, luego de laborar por siete años continuos.

Una evaluación diagnostica del programa de gestión de riesgos luego de siete años de operación es necesaria para evaluar el funcionamiento del programa como parte integral de un proceso de mejora continua, alcance de objetivos, metas y detectar actividades que requieran de apoyo operacional, técnico, científico, además con una evaluación diagnostica se pueden identificar problemas que puedan estar afectando el desarrollo de actividades y el cumplimiento de las actividades propuestas en el plan operativo anual y proponer soluciones

Lo anterior se pudo lograr mediante el análisis comparativo entre los planes operativos anuales e informes anuales de actividades de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 y evaluar lo que se tienen proyectado para el 2018 si es posible.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diagnosticar el programa de gestión de riesgo de desastres del Instituto Privado de Cambio Climático.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Comparar los planes operativos anuales con los informes anuales de actividades de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, con énfasis en las actividades de los años 2017 y 2018 del programa de gestión de riesgo a desastres.
2. Determinar las actividades que no se han dejado de planificar, las que se han dejado de trabajar en los años 2014 al 2017 y las que son de importancia para el año 2018 en el programa de gestión de riesgo de desastres.
3. Identificar principales debilidades y amenazas que afecten el desarrollo de las actividades por medio de árbol de problemas para el programa de gestión de riesgo a desastres.

1.4. MARCO REFERENCIAL

1.4.1. Ubicación geográfica

El Instituto Privado de Cambio Climático tiene tres oficinas en Mazatenango, Santa Lucía Cotzumalguapa y la ciudad Guatemala.

1.4.2. Oficina central

Esta se encuentra ubicada en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, edificio dos CENGICAÑA, finca Camantulul, km 92.5 carretera CA-2 occidente Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala.

1.4.3. Sede en ciudad Guatemala

Esta se encuentra en la 5a. Avenida 5-55 Zona 14, edificio Europlaza, Torre III, Nivel 6, oficina 601/A Ciudad Guatemala, Guatemala C.A.

1.4.4. Sede en Mazatenango

Esta se encuentra en la 2da ave. 8-51, zona 1, Local 16, centro comercial. Santa Clara, Mazatenango, Suchitepéquez.

1.4.5. Instituto Privado de Cambio Climático

“Institución encargada de desarrollar investigación aplicada, promover actividades y proyectos que contribuyan con la mitigación de riesgo en sistemas productivos, poblados, mediante el fortalecimiento de la resiliencia y adaptación a los efectos del cambio climático” (ICC, 2011 a).

1.4.6. Visión del Instituto Privado de Cambio Climático

En el ICC (2011 a), se han planteado “ser una institución privada líder en investigación y desarrollo de proyectos para la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en las comunidades y los sistemas productivos de la región”.

1.4.7. Misión del Instituto Privado de Cambio Climático

“El ICC (2011 a), pretende “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”.

1.4.8. Objetivos del Instituto Privado de Cambio Climático

A. General del Instituto Privado de Cambio Climático

- “Desarrollar programas de investigación y promover proyectos que contribuyan con la reducción de la vulnerabilidad, la mitigación y la adaptación al Cambio Climático en los poblados, los sistemas productivos y la influencia de sus miembros” (ICC, 2011 a).

B. Específicos del Instituto Privado de Cambio Climático

- “Aportar a la disminución del impacto de eventos climáticos sobre poblados, sistemas productivos” (ICC, 2011 a).
- “Contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero”. (ICC, 2011 a)
- “Facilitar la adaptación de las comunidades, sistemas productivos al clima futuro” (ICC, 2011 a).

1.4.9. Líneas de trabajo

En el instituto Privado de Cambio Climático se trabajan con las siguientes líneas de trabajo:

- Información hidrometeorológica.
- Investigación y manejo de inundaciones.
- Gases de efecto invernadero.
- Gestión ambiental.
- Protección y restauración de bosques y suelo.
- Manejo integral del agua.
- Prácticas de adaptación.
- Desarrollo de capacidades.

Dentro del programa de gestión de riesgos de desastres desarrollan con alta expectativa los temas de investigación aplicada y manejo de inundaciones, ya que la demanda es alta por parte de los organismos de distintos municipios, apoyando en temas de desarrollo de capacidades por medio de talleres y capacitaciones a distintas organizaciones conjunto con las prácticas de adaptación que se integran para fortalecer el conocimiento de las distintas organizaciones que solicitan ayuda.

1.4.10. Equipo del Instituto Privado de Cambio Climático

- Director General
- Director de Operaciones
- Cinco Coordinadores de Programas
- Personal administrativo
- Personal técnico y de campo

1.4.11. Organigrama de la Instituto Privado de Cambio Climático

En la figura 1 se muestra el organigrama del Instituto de investigación sobre Cambio Climático.



Fuente: ICC, 2015 f.

Figura 1. Organigrama del Instituto Privado sobre Cambio Climático.

1.4.12. Funciones de trabajo

A. Asamblea general

Principal autoridad de la institución encargada de tomar decisiones de acción, considerar, analizar acuerdos y la aprobación de presupuestos confinados a la institución para la realización de actividades y proyectos, está conformado por fundadores, socios honorarios y activos (ICC, 2011 a).

B. Junta Directiva

Órgano encargado de la administración del presupuesto, consta de nueve participantes representantes de los ingenios y representante de APIB, a este se le suman representantes de los nuevos socios (ICC, 2011 a).

C. Dirección general

Órgano encargado de la planificación, administración y programación de las actividades que pretenden cumplir con las metas establecidas de la institución en los años de operación (ICC, 2011 a).

D. Comité técnico

Cumple las funciones de apoyar a la junta directiva con el desarrollo de los programas y actividades, obtención de información ya que es un órgano de consulta para la junta directiva en los asuntos técnicos, vela por la prioridad de investigación y capacitación del Instituto, este comité es representado por personas de los ingenios (ICC, 2011 a).

E. Consejo consultivo

Conformado por sectores fuera del sector azucarero, cumplen la función de apoyar el desarrollo de actividades dentro de un programa, proyectos, planificación del ICC con sus conocimientos sobre materias en específico Ej: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD), el IARNA, la UVG (ICC, 2011 a).

F. Dirección de operaciones

Órgano encargado de supervisar que se realicen los proyectos y actividades que se planifican en los programas de investigación y acción del instituto.

G. Contabilidad

Área encargada de llevar control contable y financiero del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático.

H. Desarrollo institucional

Ente encargado de la gestión de proyectos dentro del Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático.

I. Comités temáticos, forestal, sig y agua

Órgano encargado de la información de los programas concernientes a recursos forestales, sistemas de información geográfica y el recurso agua, proyectos y actividades relacionadas a los temas.

1.4.13. Programa de gestión de riesgos de desastres

A. Objetivo

- “Reducir el riesgo de desastres impulsando acciones basadas en el análisis de factores naturales y sociales” (ICC, 2011 h).

B. Principales actividades

- “Identificar principales amenazas climáticas de la zona” (ICC, 2011 h).
- “Capacitaciones para la comprensión de los riesgos potenciales y vigilarlos a través del tiempo” (ICC, 2011 h).
- “Realización de diversos análisis de vulnerabilidad de poblaciones, infraestructura y sistemas de producción de tal forma que identifica los puntos débiles” (ICC, 2011 h).
- “Generar planes de acción para la reducción de riesgos en zonas vulnerables, causados por fenómenos naturales o antrópicos” (ICC, 2011 h).

1.4.14. Área de acción

El Instituto Privado de Cambio Climático es reconocido a nivel internacional, su principal área de labores se encuentra en la vertiente del Pacífico de Guatemala.

1.4.15. Financiamiento de la institución y proyectos

El financiamiento de proyectos y actividades del Instituto Privado de Cambio Climático son por parte de las siguientes instituciones:

- Socios: Asociación de Azucareros de Guatemala –ASAZGUA, Asociación de Productores Independientes de Banano – APIB y totalidad de ingenios de caña de azúcar de Guatemala.
- Word Resources Institute - WRI (Aporta ayuda a proyectos)
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (Aporta ayuda a proyectos).
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN (Aporta ayuda a proyectos).
- Fondo Múltiple de Apoyo al Plan Nacional de la Ciencia y Tecnología -MULTICYT (Ente del gobierno).
- Unión Europea y oficina de ayuda humanitaria y protección civil.
- Universidades.
- Centros de investigación.
- Empresas privadas.
- Centros locales.
- Municipalidades.
- Entidades del gobierno.

1.5. METODOLOGÍA

1.5.1. Proceso

A. Fase de introductoria

El primer día se realizó un reconocimiento de las instalaciones del Instituto Privado de Cambio Climático

La primera semana fue útil para el reconocimiento del personal que labora en el Instituto Privado de Cambio Climático

En el proceso de reconocimiento de personal se fue identificando a los actores claves mediante observación.

Se realizó lectura de documentos en la biblioteca del instituto Privado de Cambio Climático, (trabajos de graduación de practicantes que han laborado para el ICC, informes anuales que publica el ICC en el apartado de gestión de riesgos de desastres, búsqueda de información en línea en la página del ICC).

B. Fase de campo

Se Identificaron actores claves del programa de gestión de riesgo de desastres.

Se realizaron entrevistas con los técnicos e investigadores del programa de gestión de riesgo de desastres para recopilar información primaria.

En el transcurso de la segunda semana se realizaron entrevistas individuales con las personas afines del programa de gestión de riesgo de desastres para la elaboración del FODA.

Se recolectaron los planes operativos anuales de los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018 y los informes de labores anuales publicados desde el 2012 a 2016 y parte del informe aun no publicado 2017.

J. Fase de síntesis y análisis

En base a la información recopilada se realizaron matrices de contraste entre planes operativos anuales e informe de labores anual del programa de gestión de riesgo de desastres y se compararon la de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 y el 2018 se utilizó para dar seguimiento.

Se realizaron graficas que permitieron hacer un análisis de las actividades planificadas en el plan operativo anual del programa e informes laborales de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 y el 2018 se utilizó para dar seguimiento, con la finalidad de detectar actividades que requieran apoyo operacional, técnico y científico en el cual se puede proporcionar ayuda y proponer soluciones y que sea de apoyo para dejar un documento al programa de gestión de riesgos de desastres que ayude como evaluación del programa.

Las actividades se clasificaron en tres componentes los cuales fueron red de vulnerabilidad, adaptación y desarrollo de capacidades, en el 2017 se reestructuraron los planes operativos anuales y para el año 2018 se unificó en un solo componente la reducción de vulnerabilidad y adaptación, dentro de estos se trabajan labores específicas. Para la realización de las gráficas se caracterizaron ocho grupos que contienen a las actividades que se realizan en el programa según características en común en:

- Planes, monitoreo, emergencia.
- Sistemas de alerta temprana.
- Almacenamiento y captación de agua.
- Inundaciones.
- Bioingeniería.

- Divulgación, capacitaciones y publicaciones.
- Proyectos.
- Apoyo.

Se realizó un análisis FODA (evaluación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del programa de gestión de riesgos de desastres y un árbol de problemas (búsqueda de causas y efectos) con ayuda de los planes operativos anuales desde el 2014 hasta el 2018 del programa y los informes laborales anuales publicados desde el 2012, información primaria y entrevistas con miembros del programa de gestión de riesgos a desastres.

Para efectos de comparación se utilizó la misma cantidad de años de los planes anuales operativos e informes de labores anuales desde el 2014 hasta el 2017 este último está pendiente de ser publicado por el ICC.

1.5.2. Recursos

- Recurso humano.
- Computadora.
- Bolígrafo.
- Memoria USB.
- Internet y libros de la biblioteca del ICC.
- Tiempo.
- Libreta de campo.

1.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.6.1. Discusión de las matrices de contraste

Con el sentido de investigar y analizar el impacto que el programa de gestión de riesgo de desastres ha tenido sobre el Instituto Privado de Investigación de Cambio Climático y como ha dado razón a las metas, visión y objetivos generales y específicos del ICC y del programa se realizó una matriz de contraste de las actividades programadas y finalizadas por el programa durante los años 2014 a 2017 y el seguimiento de las actividades programadas para el 2018.

En base a las matrices de contrastes (cuadros 2A., 3A., 4A., 5A., 6A., 7A., 8A., 9A., 10A., 11A., 12A. y 13A.) de los años 2014 a 2017, se generó la figura 2.

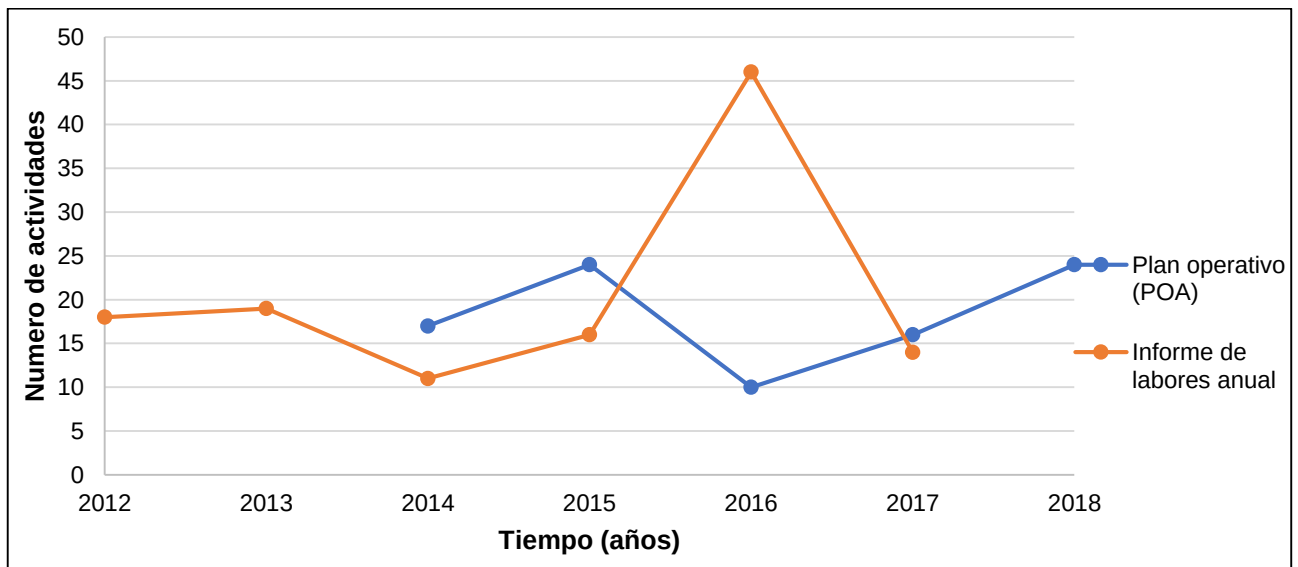


Figura 2. Comparación del comportamiento de las actividades programadas y publicadas del programa de gestión de riesgo de desastres.

En la figura 2 se puede notar una curva de tendencia de actividades que el programa de gestión de riegos ha tenido en los años de labor con información de actividades publicadas en los informes anuales del ICC de los años 2012 a 2016 y previo a publicación del año 2017 y planes operativos anuales de los años 2014 a 2018.

En base a lo anterior se pueden observar diferencias entre las actividades programadas y ejecutadas. Del año 2014 al 2015 se observa un incremento en las actividades programadas y publicadas, la diferencia entre el número de actividades se debe a que los informes anuales no se publican la totalidad de actividades logradas en el transcurso del año pues se les da más prioridad a las actividades de importancia e impacto.

Igual es el caso del año 2017, como los son los sistemas de alerta temprana, captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla, identificación de zonas vulnerables a inundaciones, planes, monitoreo de distintas índoles, la transferencia de información por medio de capacitaciones, talleres, diplomados sobre gestión de riesgo y cambio climático, estudios y construcción de diques con bioingeniería.

En el año 2016 se da un desfase significativo ya que en ese año en el desarrollo del programa se agregaron por solicitudes de organizaciones.

En la matriz de contraste (cuadro 2A y 3A), correspondiente al año 2014 se detallan todas las actividades programadas y publicadas por parte del programa de gestión de riesgos en donde la prioridad fue el componente de red de vulnerabilidad con el 54 % de labores entre las cuales se encuentran los sistemas de alerta temprana, bioingeniería en aspectos de bordas, inundaciones, planes, monitores y emergencias, siendo los sistemas de alerta temprana la prioridad en ese año con cuatro actividades propuestas y seis publicadas para el componente de adaptación las actividades sobre captación y almacenamiento de agua eran prioridad con cinco programadas y dos publicadas y por último se encuentran actividades confinadas a la divulgación y desarrollo de capacidades que para ese año se planificaron cuatro actividades y una publicada.

Durante el año 2015, el panorama de actividades para el programa de gestión aumento con respecto al año 2014, este aumento se debe que este año se incluyeron actividades en el tema de inundaciones en la cuenca de los ríos los Esclavos, María Linda y Coyolate en donde se buscaba identificar zonas vulnerables y se dio un incremento en sistemas de alerta temprana con respecto a estudios, monitoreo y mantenimiento de equipo, siendo el

componente del programa de reducción de vulnerabilidad el que mayor peso tuvo ese año, seguido por desarrollo de capacidades y divulgación (cuadro 4A, 5A y 6A).

Para el año 2016, el programa de gestión de riesgo de desastres asumió más responsabilidades con el aumento de actividades programadas de 10 a 50 que fueron las publicadas, con 22 actividades para el componente de adaptación donde la prioridad fue captación y almacenamiento de agua de lluvia, pruebas pilotos para la cosecha de agua con énfasis al agua de niebla, capacitaciones y talleres sobre el tema, esto se trabaja actualmente en coordinación con el programa de las naciones unidas para el ambiente – PNUMA y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología - SENACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCY .

El mismo año el componente de desarrollo de capacidades tuvo un incremento en las actividades programadas de 2 a 19 publicadas con temas referentes a capacitaciones sobre gestión de riesgos en comunidades que solicitaban apoyo, diplomados sobre cambio climático, ese año el componente de reducción de vulnerabilidad fue el que menor actividad tuvo con 5 actividades programadas y 4 publicadas.

La razón se debe a que los sistemas de alerta temprana – SAT, finalizaron por razones de financiamiento ya que en campo los equipos no lograban mantenerse a salvo de factores climáticos y antropológicos por lo que se decidió no darle seguimiento, algunas actividades del componente de red de vulnerabilidad que se realizaron fueron estudios referentes al establecimiento de diques con la ayuda de bioingeniería en las cuencas de los ríos Coyolate, Esclavos y Achíguate, se realizó un estudio de zonas vulnerables a inundaciones en la cuenca Ocosito (sector bananero).

El aumento en las actividades de los componentes de adaptación y desarrollo de capacidades programa de gestión de riesgos en 2016 se debe a la solicitud de actividades por parte de autoridades externas al programa de gestión de riesgos del instituto y que algunas actividades programadas se desglosan en otras específicas.

Otra razón del incremento actividades publicadas respecto a las programadas se debe a que en el año 2016 durante el desarrollo y cumplimiento del programa de gestión de riesgo surgieron propuestas por parte de organizaciones como Asociación de Productores Independientes de Banano - APIB, diplomados y capacitaciones en La Blanca, San Marcos sobre adaptación al cambio climático, al igual que en Tecún Umán y actividades sobre socialización entre alianzas público – privado para la gestión de riesgos en Guatemala, con el proyecto “Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Unión Europea ECHO” en coordinación con de la Comisión Europea, entre otras que fueron surgiendo en el transcurso del año, para el efecto la matriz de contraste se puede en los cuadros 7A, 8A, 9A y 10A.

Para el año 2017, se puede observar en los cuadros 11A y 12A que según el plan operativo anual e Informe laboral anual concentraron esfuerzos en el componente de red de vulnerabilidad con el 56 % con ocho actividades programadas y publicadas en donde el tema de inundaciones presento mayor importancia con cinco actividades referentes a inundaciones en zonas urbanas (Antigua Guatemala), trabajos conjunto a las dirección municipal de planificación - DMP'S de Escuintla para tratar el tema de inundaciones en Escuintla conjunto con el proyecto “Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Unión Europea – ECHO”.

Asimismo, se estudió el impacto socioeconómico en donde el principal tema trata sobre establecer relaciones entre las instituciones privadas y públicas, también se trataron temas sobre vulnerabilidades socioeconómicas en zonas de inundación de la cuenca Ocosito.

Ese mismo año el componente de adaptación y sus actividades ocuparon el 13 % con temas sobre captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla, con el apoyo del proyecto MULTICYT No. 02-2015, en coordinación con “Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción Frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe – REGATTA”, financiado por “Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología – SENACYT” para generar cosechas de agua así como capacitaciones en el tema de adaptación con énfasis a captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla. Por último, en el componente de

desarrollo de capacidades se abordaron temas referentes a cambio climático, gestión de riesgo de desastres, talleres sobre ordenamiento territorial, sistemas de información geográfica y capacitaciones, acreditación con la Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres (COMRED), entre otras actividades ocupando este componente el 31 % restante de responsabilidades (cuadro 11A y 12A).

Como se puede observar en argumentos anteriores el programa de gestión de riesgo a desastres genera labores que colabora con el cumplimiento de los objetivos del instituto con actividades como planes, monitoreos en casos de emergencias, estudios relacionados con bordas en las orillas de los ríos para evitar inundaciones, captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla para el componente de adaptación, diversas capacitaciones sobre gestión de riesgo y cambio climático, los cuales son necesarios para reducir vulnerabilidades, aumentar capacidades para responder a efectos del cambio climático.

1.6.2. Análisis general sobre actividades dentro del programa de gestión de riesgo de desastres

En la figura 3 se muestra el porcentaje de actividades del programa de gestión de riesgo de desastres en el ICC del año 2014 al 2017.

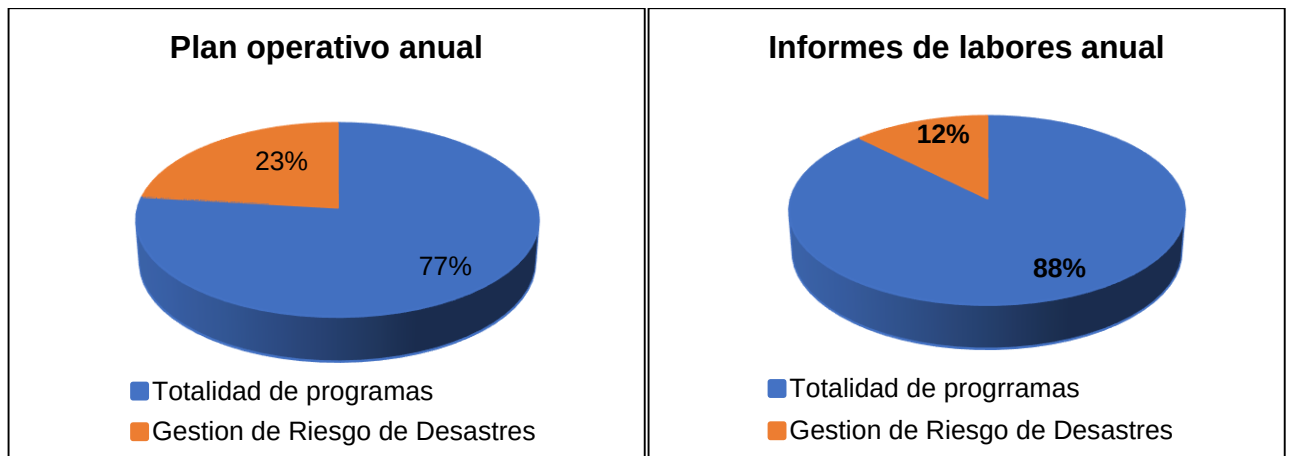


Figura 3. Impacto del programa de gestión de riesgo de desastres – ICC, del 2014 al 2017.

En las gráficas anteriores se puede notar que el porcentaje que representa gestión de riesgos en los planes operativos es 11 % mayor que lo que representa en los informes anuales, la razón posible es que en los informes anuales no se publican todas las actividades realizadas en el transcurso del año ya que se debe ser sintético y puntual en los informes dando mayor importancia a las actividades prioritarias y de impacto para la población y debido a que se analizaron cuatro años la variación es grande, pero se podría decir que la participación del programa de gestión de riesgo de desastres sobre las demás es de 18 %.

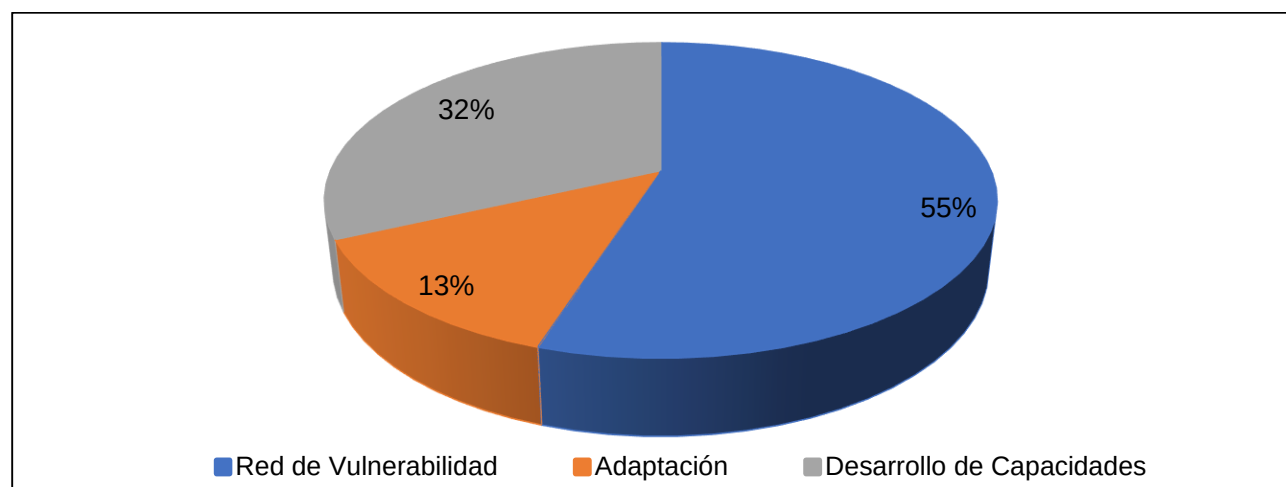


Figura 4. Porcentaje de labores que representan los componentes del programa de gestión de riesgo de desastres según planes operativos anuales de 2014 a 2018.

En la figura 4 se logra apreciar que el programa de gestión de riesgos durante los últimos cuatro años de labores se ha dedicado más al componente de reducción de vulnerabilidad donde se encuentran actividades sobre temas de sistemas de alerta temprana, reportes y monitoreo de comunidades e ingenios en épocas de emergencia, planes de atención de emergencias, evaluaciones de habitabilidad de albergues y demás, seguido por desarrollo de capacidades donde se tratan actividades de transferencia de información por medio de capacitaciones, talleres, diplomados y por ultimo adaptación.

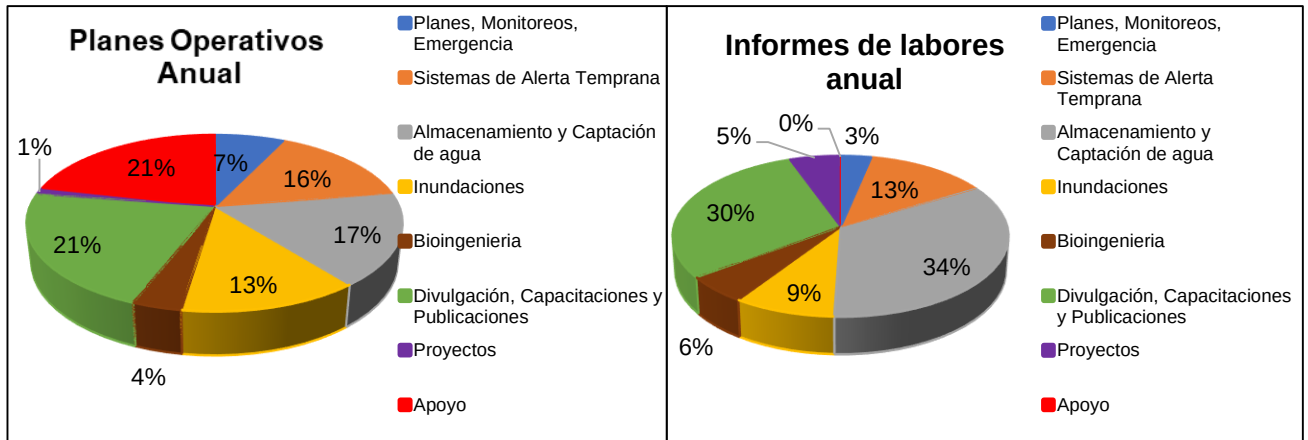


Figura 5. Comparación de actividades frecuentes del año 2014 hasta el 2017.

La figura 5 muestra que durante los últimos cuatro años de labores del programa de gestión de riesgos, las actividades que han tenido mayor frecuencia de programación y publicación han sido almacenamiento y captación de agua en especial en los años 2015 y 2016, al igual que los temas relacionados a la transferencia de información por medio de capacitaciones, divulgación y publicaciones, seguido de los esfuerzos realizados en los sistemas de alerta temprana la cual se finalizó en los años 2016 y 2017 por falta de resultados positivos, por último se encuentra el tema de inundaciones el cual en los años 2015 a 2017 tomó protagonismo.

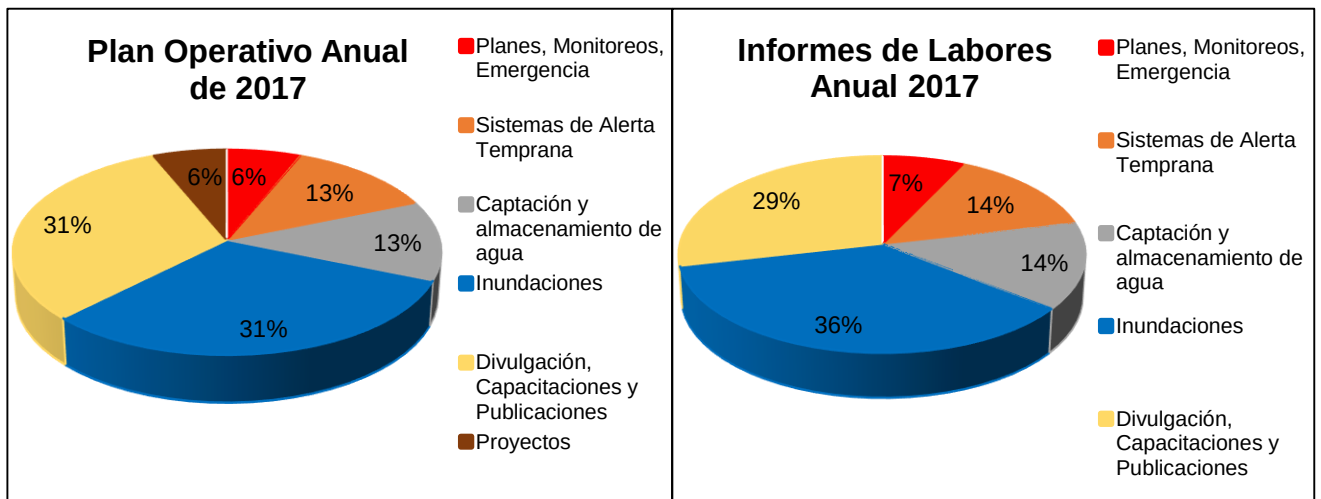


Figura 6. Actividades del plan operativo anual e informe de labores anual del año 2017.

En la figura 6 se pueden visualizar las actividades planificadas y publicadas más frecuentes del año 2017, donde se puede notar el mayor porcentaje de labores en actividades relacionadas al tema de inundaciones con 31 % en los planes operativos anuales (POA's) y 36 % en el informe de labores del 2017 aun no publicado, seguido por la transferencia de información por medio de divulgación, capacitaciones y publicaciones, respecto a los temas de captación y almacenamiento de agua se le dio la misma importancia que sistemas de alerta temprana - SAT, año donde finalizaron esfuerzos para SAT debido a la falta de resultados positivos por complicaciones a nivel de campo.

Por otra parte, el tema de captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla sigue en promoción para abordar el tema de adaptabilidad en zonas donde existan problemas de agua, como poblados, sector privado, turismo y demás.

En síntesis, las actividades que han mantenido son aquellas referentes a planes, reportes, monitoreos en casos de emergencia, captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla y capacitaciones del tema en coordinación con el proyecto MULTICYT 02-2015.

Como actividades predominantes en el 2017 se pueden mencionar la investigación en temas de inundaciones y transferencia de tecnología por medio de capacitaciones, talleres, giras de campo sobre gestión de riesgo y cambio climático, actividades, proyectos como ECHO que busca la sociabilización entre instituciones públicas y privadas para la gestión de riesgo a desastres.

Las actividades que no han desaparecido de los planes operativos por asuntos de finalización hasta la actualidad solo son los sistemas de alerta temprana, por factores externos (antropológicos y climáticos) de conservación de equipo y materiales en sus sitios de instalación, en relación con actividades como implementación y estudio de bordas por medio de la bioingeniería son actividades que requieren de solicitudes por parte de comunidades y sector privado en casos de emergencia, por el momento no se ha vuelto a solicitar comparado con otras actividades como el tema de captación y almacenamiento de

agua de lluvia y niebla, capacitaciones sobre gestión de riesgo a desastres son muy frecuentes.

En la figura 7 se muestran las actividades planificadas del programa de gestión de riesgo de desastres para el año 2018.

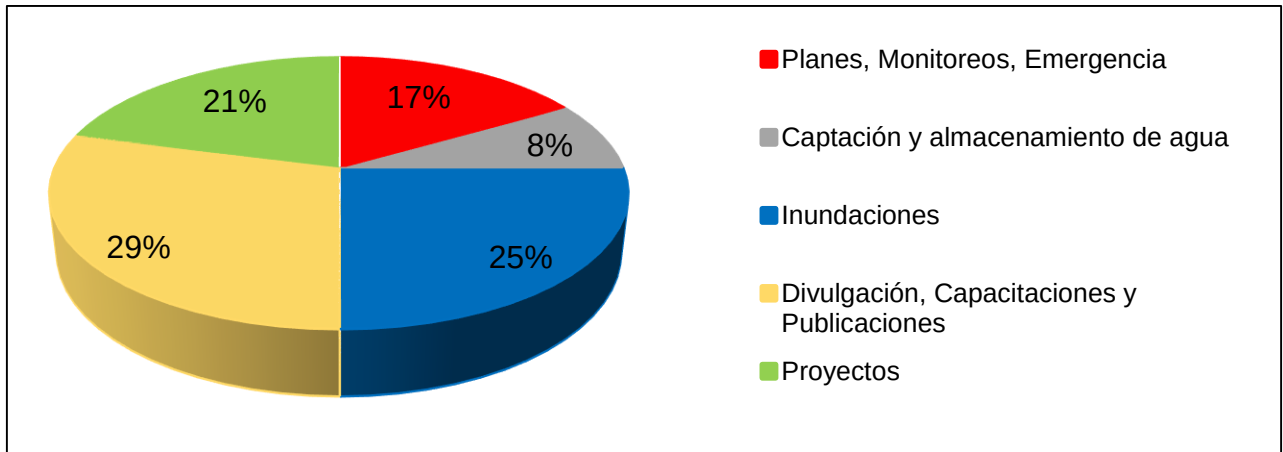


Figura 7. Actividades frecuentes del plan operativo anual 2018.

Como se aprecian en la figura 7 el 29 % de las actividades van dirigidas a ejecutar capacitaciones, talleres, transferir tecnología mediante información, realizar publicaciones, dentro de la planificación también pretenden asignar esfuerzos para laborar en el tema de inundaciones, este presenta un 25 % de importancia debido a la frecuencia a temas relacionados que se dan dentro de la planificación 2018.

Luego están los proyectos que son financiados por organizaciones internacionales como ECHO con un 21 %, monitoreo, planes, evaluaciones en casos de emergencia con un 17 % dentro de este apartado se pretende dar seguimiento a algunas actividades desarrolladas en el año 2017, por último, se abordaran con un 8 % el tema de captación y almacenamiento de agua de lluvia y niebla (cuadro 13A).

1.6.3. Análisis FODA

Para poder determinar las cualidades del programa de gestión se realizó un análisis FODA, los resultados son positivos con respecto a las fortalezas y oportunidades que el programa tiene de expandir sus estudios por el prestigio del Instituto de Investigación sobre Cambio Climático, el programa posee fortalezas, estas debido que dentro del Instituto se tiene una buena definición de los puestos y funciones que cada persona debe desempeñar, esto bajo el resguardo de una buena preselección de personal que permite fortalecer no solo al programa de gestión de riesgo sino a todos los programas, a esto se le agrega el orden institucional, reglamentos y normas de conducta para realizar las labores de la mejor manera. En el cuadro 1 se presenta el análisis FODA.

Cuadro 1. Análisis FODA del programa de gestión de riesgo de desastres.

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Capacidad humana	Financiamiento de proyectos	Recurso humano limitado	Dependencia de presupuesto para proyectos
Credibilidad de acciones por imagen institucional	Relaciones internacionales	Limitación de recurso de operaciones	Restricciones gubernamentales que afecte al sector privado
Personal ético y con valores morales	Alianzas estratégicas	Procesos de anticipo para ejecución de actividades lentos	Poca apertura de procesos a futuro (sectorial, gobierno, iniciativa privada, comunidades)
Experiencia	Congresos y capacitaciones	Tiempo de reintegro prolongados	
Planificación, supervisión, análisis y resultados	Influencia en sectores sociales		
Relaciones publicas y humanas	Expansión territorial de operaciones		
Solvencia económica para pago de personal	Apoyo de procesos académicos		
Equipo comprometido	Estudios post-grado		
Alto grado de Responsabilidad	Desarrollo de nuevas labores		
Solvencia económica para pago de viáticos			

Fuente: elaboración propia, ICC, 2018.

Existen aspectos interinstitucionales que afectan o podrían afectar desarrollo de actividades a largo plazo. Como se sabe el Instituto tiene siete años de operar y las actividades y proyectos cada vez más van en aumento debido a los resultados positivos que los programas han logrado. Sin embargo, en el programa de gestión de riesgo de desastres el recurso humano es limitado, ya que cuenta con tres personas para realizar sus actividades y la tendencia al aumento de las mismas es evidente.

La tendencia del área de cobertura y de las actividades del ICC y particularmente del programa de gestión de riesgos es creciente, por lo que se visualiza la necesidad del incremento en recursos humanos y materiales para evitar la recarga de trabajo de sus colaboradores y garantizar el cumplimiento de los planes operativos anuales ya que actualmente los recursos operacionales con que se cuenta han sido efectivos pero a futuro si no se presta atención a este tema podría atrasar el logro de objetivos y metas y procesos de anticipo y reintegro más eficientes para que el recurso humano se sienta cómodo y seguro.

Sin embargo hay situaciones que no se pueden controlar como lo son las amenazas las cuales son peligros latentes para los distintos programas ya que algunas actividades son financiadas por instituciones externas en donde en cualquier momento por problemáticas internas, políticas, sociales, económicas del país o de las organizaciones que cooperantes se podría dar el caso de un paro de labores por situaciones de ese tipo lo que vendría afectado desarrollo de proyectos planificados por personal del ICC y sus programas en el tiempo de planificación, al igual que podría ocurrir dentro del país, los regímenes políticos son cambiantes y con intereses personales, se podría dar el caso que alguno de estos afecte el sector privado y el instituto tenga consecuencias y con esto los programas.

Por ultimo las relaciones publicas – privadas, por cuestiones de necesidad podrían en algún momento no funcionar y con esto se podría generar tiempo de sequía laboral con poca apertura de proyectos, actividades contempladas.

A. Análisis sobre debilidades del Programa de gestión de riesgo de desastres

a. Relación entre recursos humano limitados y tendencia al aumento de actividades

En base a lo observado, consultas y análisis de datos utilizando planes operativos anuales e informes de labores, se han generado los siguientes arboles de problemas que afectar a la mayoría de programas de ICC, sin embargo, en la actualidad y años anteriores no han sido de impacto, en la figura 8 se muestran algunas posibles repercusiones de lo anterior.

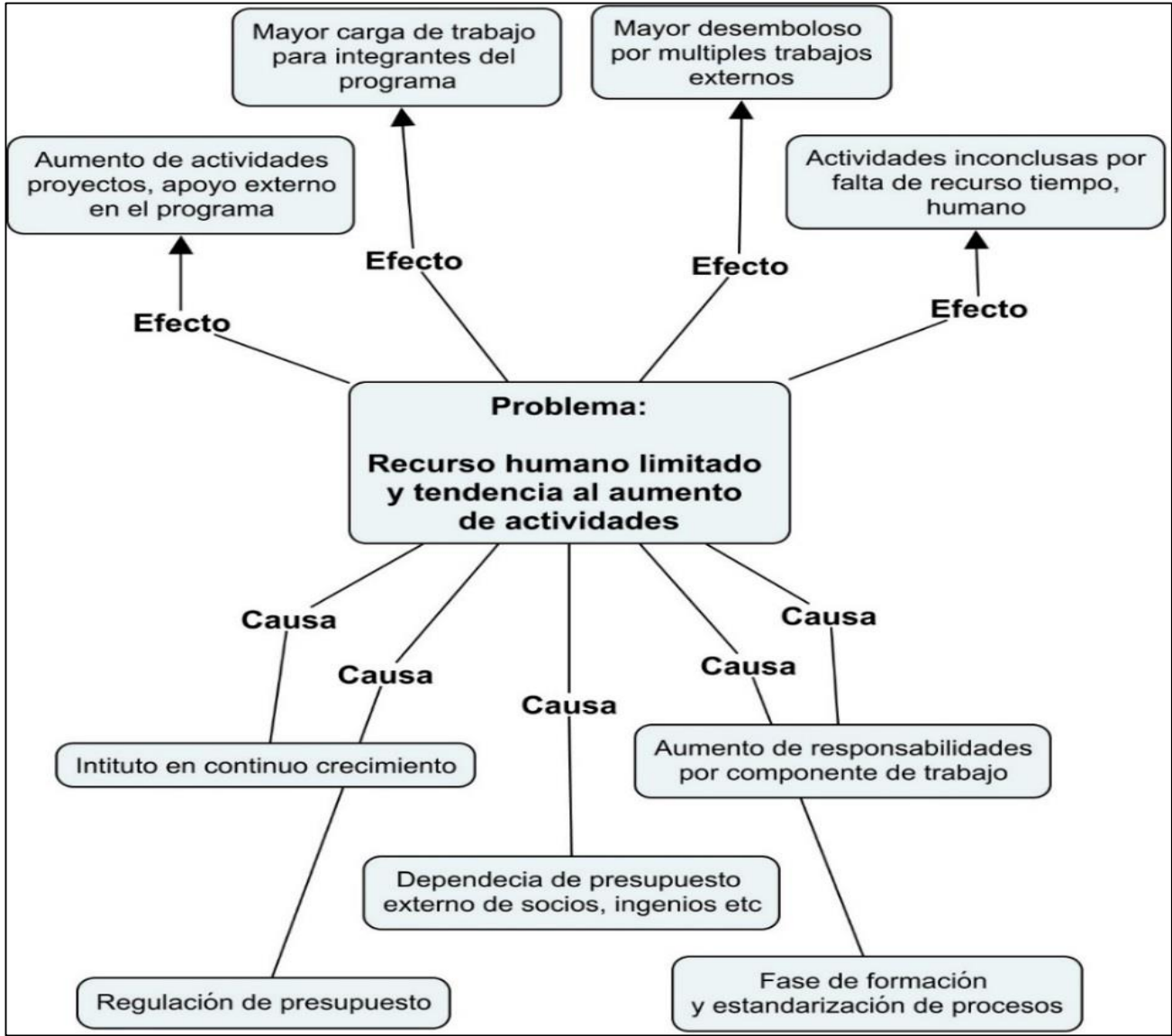


Figura 8. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.

El problema de recurso humano y la tendencia del aumento de actividades dentro del programa de gestión de riesgo de desastres es evidente para el año 2018, el programa de gestión de riesgo de desastres lo conforman tres personas con apoyo de practicantes que el ICC recibe todo los años y apoyo de otros programas, en la actualidad no se han presentado inconvenientes por esta razón, pero en el futuro podría presentar consecuencias como el aumento de actividades, proyectos para el programa que causaría fatiga y cansancio en los integrantes del equipo, el aumento de actividades generará un mayor desembolso y es posible que se tengan actividades inconclusas por el exceso de trabajo para el recurso humano limitante del programa de gestión de riesgos.

Por razones de que el instituto tiene pocos años de laborar posiblemente sus procesos de estandarización y gestión de recurso humano comienza, por lo que se considera un motivo; el otro motivo que se consideró fue el asunto de presupuesto asignado, parte de este es aportado por organizaciones externas, por la cual el presupuesto puede limitar la contratación de recurso humano y el proceso de regulación de presupuesto podría ser prolongado por lo que se trabaja con el recurso disponible.

Las actividades en 2018 han aumentado 50 % respecto al número de actividades realizadas en el 2017 si se proyecta a futuro estas ideas planteadas pueden generar problemas internos en el personal del programa, como fatiga física y psicológicamente, porque a manera que el instituto crece lo hacen también el campo de trabajo de los programas y con esto aumento de labores.

b. Recursos operativos limitantes en el programa de gestión de riesgo de desastres

En la figura 9 se muestran algunas repercusiones que puede ser la limitante de recursos en el programa de gestión de riesgo de desastres.

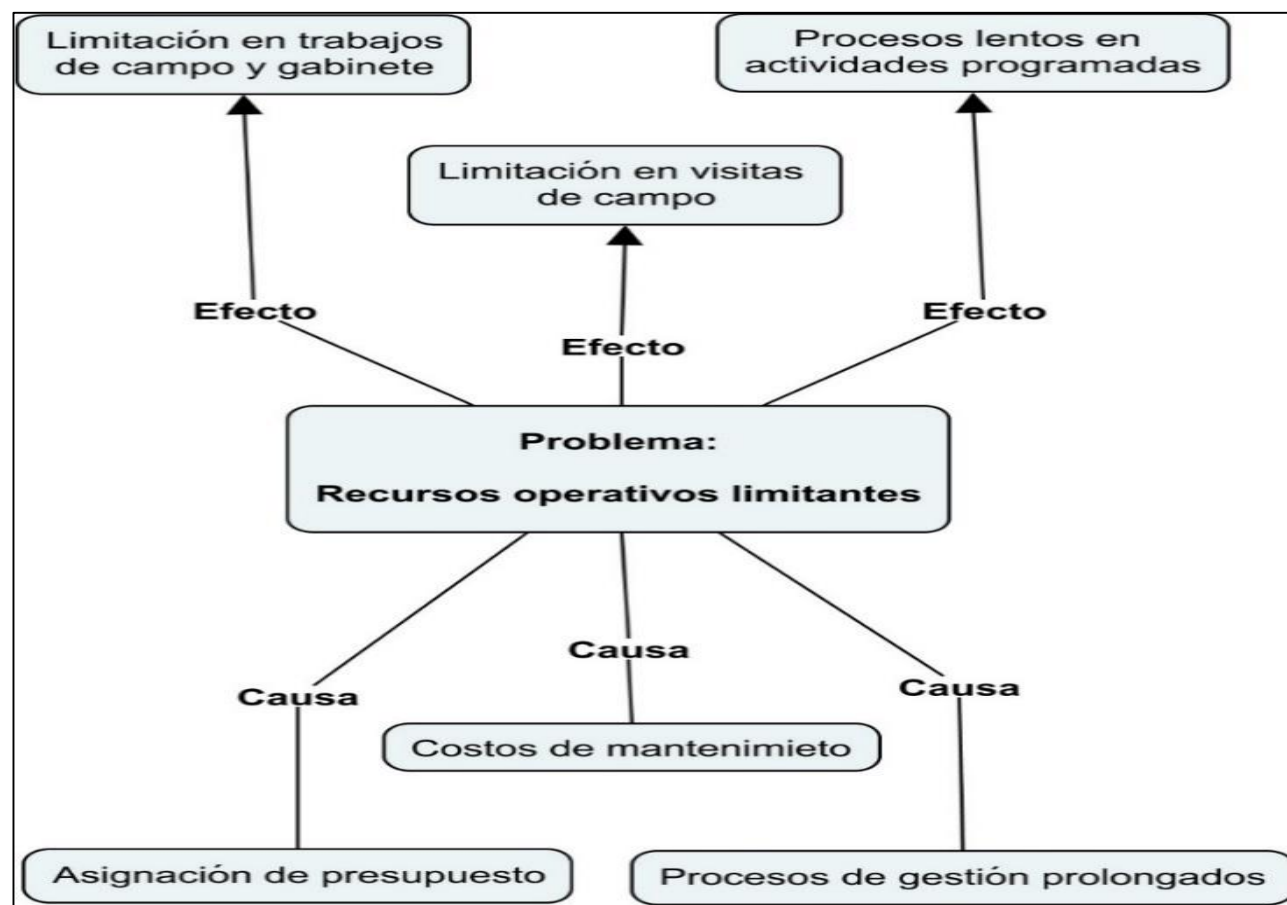


Figura 9. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.

Los recursos operativos puede llegar a generar consecuencias en futuro de modo que los procesos se hagan lentos, se tengan complicaciones de visitas de campo por limitada disponibilidad de vehículos y que algunos productos de realizados con el software ArcGis® se prolonguen por su alta demanda de utilización en el instituto ya que actualmente solo se cuenta con una maquina con licencia para realización de trabajos, sin embargo se cree que estas consecuencias son justificadas por los altos costos de mantenimiento, procesos de

gestión prolongados y asignación de presupuesto, que son procesos que por el poco tiempo que lleva operando el ICC no ha podido perfeccionar bien para asegurar esa parte.

En la actualidad no es un aspecto que genere problemas ya que entre los integrantes del programa existe apoyo y coordinación sin embargo para el instituto es una desventaja la limitación del recurso operativo, porque al pasar el tiempo el recurso humano ira creciendo al igual que la carga de actividades y proporcional a esto los recursos operativos por lo que será necesario en un futuro aumentar la capacidad instalada de los mismos.

Con la finalidad de no prolongar, ni limitar los productos finales y ser siempre eficientes en el desarrollo de los proyectos, actividades y también generar comodidad, confianza y seguridad en que el personal que trabaja en las ya que contará con recursos con los cuales podrá desempeñar su función eficientemente.

c. Proceso de anticipo y reintegro de capital para el desarrollo de actividades

En la figura 10 se muestran algunas repercusiones que puede el retraso del proceso de anticipo y reintegro en el programa de gestión de riesgo de desastres.

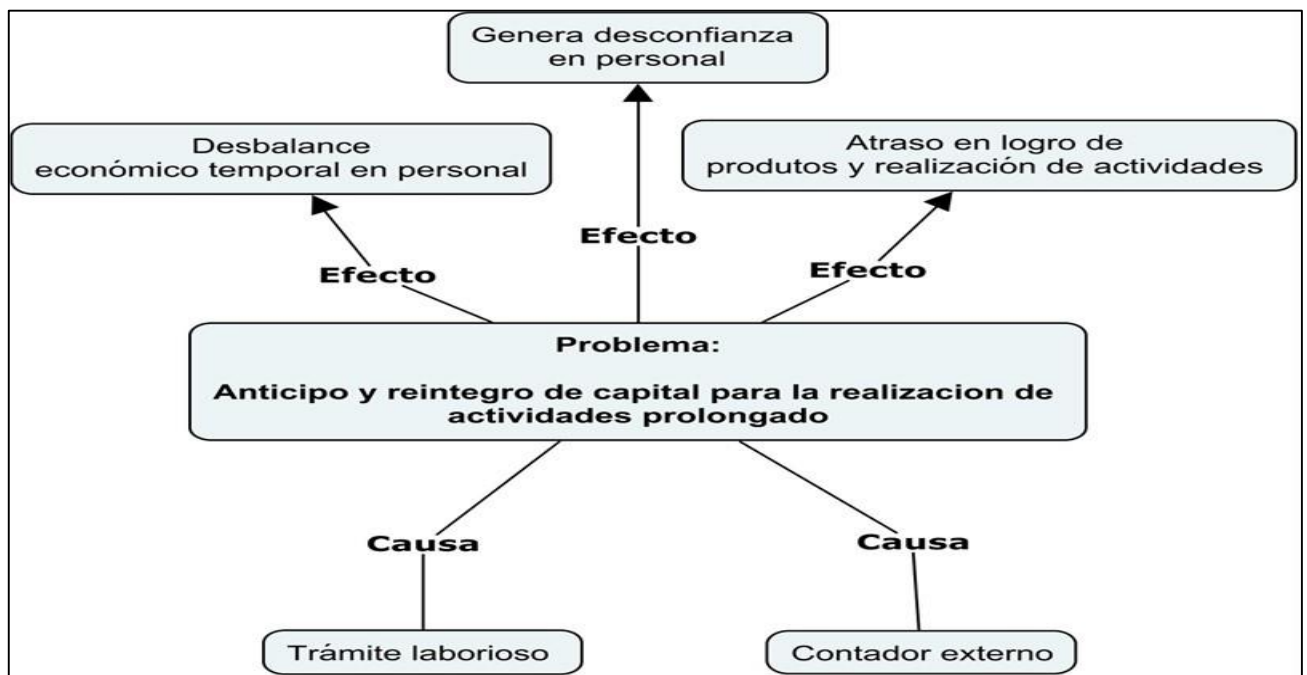


Figura 10. Planteamiento de escenario futuro de problema para el programa de gestión de riesgo de desastres con el escenario actual.

Este problema se podría generar no solo en el programa de gestión de riesgos sino en todos, ya que es algo que en general realizan para efectuar actividades que están contemplados en los planes operativos, sin embargo este tipo de actividades podría generar cierto descontento y desconfianza en el ámbito laboral porque algunas personas necesitan disponibilidad de dinero para poder utilizarlos que la compra de sus complementos básicos para alimentación, pago de servicios, lo que podría generar cierto desbalance económico en los trabajadores, esto podría repercutir en el logro de las actividades programadas por asuntos personales, escases de recursos económico inmediato para pago de transporte, comida, hospedaje.

Lo anterior en la actualidad es un tema que se toma con total normalidad, pero debe tenerse en cuenta para procesos futuros, con esto reflejar a los trabajadores del lugar, solidez, y generar confianza en el personal del ICC, con el crecimiento de las actividades y la ampliación del campo de acción se convertiría en algo necesario.

Este problema radica a causa de que el ICC no cuenta con un contador en sus instalaciones que agilice el proceso ya que el contador es compartido con ASAZGUA y con muchas labores aparte de las del ICC, lo que hace que el proceso de tramite sea prolongado.

1.7. CONCLUSIONES

1. La tendencia de actividades del programa de gestión de riesgo a desastres es variable desde el año 2014 al 2018, sin embargo, las actividades han aumentado del 2017 al 2018 en un 50 %, lo que refleja la demanda de los servicios dados por el programa en poblados de la vertiente del pacifico como planes de emergencia, mediadas de adaptación ante el cambio climático divulgación y desarrollo de capacidades.
2. En el periodo de tiempo del año 2014 al 2017 las actividades que no se han dejado de trabajar son: el desarrollo de capacidades por medio de capacitaciones, estudios sobre inundaciones, transferencia de tecnología para el fortalecer la adaptabilidad a efectos el cambio climático con las actividades de captación y almacenamiento de agua de lluvia/niebla y capacitaciones mismo tema, las que se han dejado de trabajar son: evaluaciones, estudios y análisis para la realización de bordas utilizando bioingeniería y las que asumen importancia para el año 2018 son: el desarrollo de capacidades con un 29 %, estudio y análisis de inundaciones con 25 %, seguimiento de proyectos como ECHO con 21 %, generación y transferencia de planes, monitoreos y reportes de emergencia con 17 % y almacenamiento y captación de agua de lluvia/niebla con 8 %.
3. Las restricciones gubernamentales que afecten al sector privado, que en el futuro no se aprueben proyectos, procesos en comunidades, procesos en el sector privado, del gobierno y que organizaciones externas se nieguen a financiar proyectos propuestos por el programa de gestión de riesgo a desastres son algunas de las principales amenazas que se pueden considerar en el entorno con respecto a las principales debilidades que se pueden mencionar son el recurso humano limitado, recurso operacional limitado para el desarrollo actividades que tienden a aumentar para el año 2018, los procesos prolongados para reintegro y anticipo de capital destinados al cumplimiento de actividades programas.

1.8. RECOMENDACIONES

1. Seguir buscando financiamiento para aperturar puestos con funciones específicas y así lograr un crecimiento horizontal y vertical en el organigrama actual que apoyen al cumplimiento de sus objetivos en todos los programas.
2. El crecimiento del recurso operativo y humano debe ser proporcional al crecimiento del campo de acción del programa de gestión de riesgos a desastres con respecto a sus actividades, en el cual se debe velar por una correcta estructuración, planificación de presupuesto y planificación para la agilización de procesos de gestión de recursos.
3. Seguir desarrollando proyectos que justifiquen la necesidad de aprobación de presupuesto para la contratación de recurso humano y la gestión de recursos operativos que sean de utilidad para ampliar el campo de acción del programa de gestión de riesgo a desastres y demás programas.
4. Hacer un control de planificación para las actividades que demanden recursos operativos (vehículo, equipo computacional) para su correcta distribución y su uso inmediato, sin problemas de traslape de actividades con otros programas donde se utilicen recursos en común.
5. Se debe generar confianza y solidez en el ambiente laboral para que los trabajadores se sientan cómodos, seguros y confiados en la realización de actividades y evitar problemas desconfianza laboral, desbalance económico temporal en trabajadores y el incumplimiento de actividades, para el efecto los procesos deben ser más eficientes, en cuestiones de reintegro y anticipo de capital para desarrollo de actividades.

1.9. BIBLIOGRAFÍA

1. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala). 2011a. Generalidades el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/nosotros/>
2. _____. 2011b. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, programa de gestión de riesgo de desastres. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
3. _____. 2011c. Programas del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/programas/>
4. _____. 2012. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, programa de gestión de riesgo de desastres. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
5. _____. 2013. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, programa de gestión de riesgo de desastres. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
6. _____. 2014a. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, programa de gestión de riesgo de desastres. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
7. _____. 2014b. Plan operativo anual general del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. (Hoja Excel).
8. _____. 2015a. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, programa de gestión de riesgo de desastres. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
9. _____. 2015b. Plan operativo anual general del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. (Hoja Excel).

10. _____. 2016a. Informe anual publicado por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 6 feb. 2018. Disponible en <http://icc.org.gt/es/centro-de-documentacion/>
11. _____. 2016b. Plan operativo anual general del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. (Hoja Excel).
12. _____. 2017. Plan operativo anual general del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. (Hoja Excel).
13. _____. 2018. Plan operativo anual general del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. (Hoja Excel).

1.10. ANEXOS

Cuadro 2A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2014.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2014	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el Coyolate, María Linda, Los Esclavos.	Monitoreo y mantenimiento de bases, equipo, electrónico y sensores del sistema de alerta temprana del río María Linda
2014	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el Coyolate, María Linda, Los Esclavos.	Monitoreo y mantenimiento de bases, equipo, electrónico y sensores del sistema de alerta temprana del río Los Esclavos
2014	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el Coyolate, María Linda, Los Esclavos.	Monitoreo y mantenimiento de bases, equipo, electrónico y sensores del sistema de alerta temprana del río Coyolate
2014	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de Bioingeniería	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de bioingeniería en río Paz
2014	Desarrollo e investigación de tecnología para sistemas de Alerta Temprana.	Evaluación para la instalación del SAT en el río Achígate.
2014	apertura y proceso de información de los Sistemas de Alerta Temprana	Captura y proceso de información de los sistemas de alerta temprana
2014	Desarrollo e investigación de tecnología para sistemas de Alerta Temprana.	Levantamiento de secciones transversales para calibración de sistemas de alerta temprana
2014	Diseño e implementación de un proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua (Regatta)	Seguimiento a un proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua
2014	Implementación de un muro tipo PET a nivel demostrativo para el almacenamiento de agua de lluvia.	Seguimiento a un proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 3A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2014.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2014	Estudio sobre Almacenamiento de Agua de lluvia para consumo humano ante inundaciones.	Seguimiento a un proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua
2014	MULTICYT (Almacenamiento de agua de lluvia)	Seguimiento a un proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua
2014	Capacitaciones sobre la gestión de riesgos	Capacitaciones y giras sobre la gestión de riesgos
2014	Capacitaciones sobre la gestión de riesgos	Análisis de riesgo de desastres en Sipacate
2014	Capacitaciones sobre Almacenamiento de agua de lluvia. (Se propone el curso para 5 grupos de trabajo)	Capacitación sobre almacenamiento de agua de lluvia, diplomado Manejo Integrado de Cuencas
2014	Diplomado en Manejo de Cuencas	Capacitación sobre almacenamiento de agua de lluvia, diplomado Manejo Integrado de Cuencas
2014	Propuesta e identificación de áreas para la implementación de SAT. Nahualate	No ejecutados
2014	Bananeros (Mapeo de inundaciones) Percepción de riesgos en la cuenca del río Nahualate.	No ejecutados
2014	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Depende de convocatorias
2014	Charlas sobre cambio climático y temas relacionados a distintos grupos	Actividad realizada, pero no publicada

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 4A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2015	Hidrometría superficial de cuencas. Aforos en época de estiaje y estimación por SAT en época lluviosa.	Análisis de riesgos en comunidades de Siquinalá.
2015	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el COYOLATE, MARÍA LINDA, LOS ESCLAVOS.	Mantenimiento de bases, equipo electrónico y sensores para el monitoreo de crecidas del río Coyolate
2015	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el COYOLATE, MARÍA LINDA, LOS ESCLAVOS.	Apoyo en mantenimiento de bases y radios portátiles del sistema de monitoreo del río Coyolate
2015	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el COYOLATE, MARÍA LINDA, LOS ESCLAVOS.	Mejora y desarrollo de instrumentación para el monitoreo de crecidas en el río Coyolate
2015	Monitoreo y mantenimiento del sistema de alerta temprana en el COYOLATE, MARÍA LINDA, LOS ESCLAVOS.	Mejora y desarrollo de instrumentación para el monitoreo de crecidas en María Linda.
2015	Determinación de zonas susceptibles a inundación en cuencas Acomé y Achíguate por medio de modelación hidrológica.	Apoyo a clima e hidrología y manejo integrado de cuencas
2015	Coordinado por APIB FUERA DE LO PLANIFICADO	Mapeo de riesgo de inundaciones cuenca del río Nahualate
2015	Estudio de inundabilidad en dos zonas urbanas	Aplazado para 2016 - 2017
2015	Generar reportes y efectuar monitoreo de impactos en épocas de emergencia (ingenios y comunidades).	Depende de las emergencias que ocurran
2015	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de Bioingeniería	Implementación de dique longitudinal “borda” con técnicas de bioingeniería.
2015	Captura y proceso de información de los Sistemas de Alerta Temprana	Finalización sobre Evaluación de Sistemas de Alerta Temprana

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 5A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2015	Desarrollo e investigación de tecnología para sistemas de Alerta Temprana.	Finalización sobre Evaluación de Sistemas de Alerta Temprana
2015	Plan de atención de emergencias del ICC	Depende de las emergencias que ocurran
2015	Propuesta e identificación de áreas para la implementación de SAT en la cuenca del Nahualate.	Finalización sobre Evaluación de Sistemas de Alerta Temprana
2015	Proyecto IAI: Evaluación de la resiliencia comunitaria ante inundaciones en Coyolate	Apoyo logístico y monitoreo durante inundaciones.
2015	Mapeo de zonas críticas de inundaciones en la cuenca del río Nahualate (sector bananero).	Análisis de riesgo de desastres en parte baja de la cuenca del río Nahualate
2015	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Capacitación sobre Almacenamiento de Agua de Lluvia a líderes de Tiquisate
2015	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua	Proyecto piloto sobre “Cosecha de agua, con énfasis en agua de niebla”
2015	Proyecto PNUMA -REGATTA	Proyecto MULTICYT “Agua potable para comunidades rurales y Escuelas basadas en el almacenamiento de agua de lluvia”
2015	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Se propone el curso para 5 grupos de trabajo)	Capacitación sobre Almacenamiento de Agua de Lluvia a líderes de Tiquisate
2015	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Se propone el curso para 5 grupos de trabajo)	Capacitación sobre Almacenamiento de Agua de Lluvia a líderes de Retalhuleu
2015	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Se propone el curso para 5 grupos de trabajo)	Capacitación sobre Almacenamiento de Agua de Lluvia y cosecha de niebla.

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 6A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2015.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2015	Proyecto PNUMA -REGATTA	Proyecto MULTICYT “Agua potable para comunidades rurales y Escuelas basadas en el almacenamiento de agua de lluvia”
2015	Proyecto PNUMA -REGATTA	Proyecto MULTICYT “Agua potable para comunidades rurales y Escuelas basadas en el almacenamiento de agua de lluvia”
2015	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua	Proyecto piloto sobre “Cosecha de agua, con énfasis en agua de niebla”
2015	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua	Proyecto piloto sobre “Cosecha de agua, con énfasis en agua de niebla”
2015	Diplomado en Adaptación Comunitaria al Cambio Climático	Capacitaciones sobre gestión de riesgos
2015	Publicaciones en revistas indexadas de investigaciones del ICC	Documentos publicados en la página del ICC
2015	Visibilidad del ICC en diferentes ferias o exposiciones relevantes	Documentos publicados en la página del ICC
2015	Divulgación proyectos a nivel local	Capacitaciones sobre gestión de riesgos
2015	Diplomado en cambio climático con docentes y/o periodistas	Capacitaciones sobre gestión de riesgos
2015	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitaciones sobre gestión de riesgos
2015	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Participación en la mesa Nacional de Diálogo en Gestión para la Reducción de Riesgos

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 7A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2016	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Participación en la mesa Nacional de Diálogo en Gestión para la Reducción de Riesgos
2016	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Gira de campo Mesa Nacional de Diálogo en Gestión para la Reducción de Riesgos
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Sesión gestión de riesgos de desastres para Actualización en Cambio Climático (Docentes de Retalhuleu)
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Sesión gestión de riesgos de desastres para Actualización en Cambio Climático (Docentes del departamento de Santa Rosa)
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Sesión gestión de riesgos de desastres para Actualización en Cambio Climático (Docentes del departamento de Suchitepéquez)
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Sesión gestión de riesgo de desastres en el Diplomado en Cambio Climático (Docentes y estudiantes de San Antonio Suchitepéquez)
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Módulo: Gestión de riesgo de desastres y almacenamiento de agua de lluvia en Diplomado de Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, Comunidad La Vega/El Paraíso, Mazatenango, Such.
2016	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua (REGATTA Y MULTICYT)	Módulo: Gestión de riesgo de desastres y almacenamiento de agua de lluvia en Diplomado de Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, aldea Cuchupán, Champerico, Retalhuleu
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Módulo: Gestión de riesgo de desastres y almacenamiento de agua de lluvia en Diplomado de Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, Tiquisate, Escuintla
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Módulo: Gestión de riesgo de desastres y almacenamiento de agua de lluvia en Diplomado de Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, San Sebastián Retalhuleu
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Módulo: Gestión de riesgo de desastres y almacenamiento de agua de lluvia en Diplomado de Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, San Antonio Suchitepéquez
2016	No planificado	Diplomado de Adaptación sobre Cambio Climático ICC-APIB, La Blanca San Marcos

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 8A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2016	No planificado	Diplomado de Adaptación sobre Cambio Climático ICC-APIB, Tecún Umán, San Marcos
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Gira de campo sistema demostrativo de captación de agua de lluvia ICC, Comunidad La Vega, Mazatenango
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Gira de campo sistema demostrativo de captación de agua de lluvia ICC, Nueva Olga María Cuchupán, Champerico, Retalhuleu
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Gira de campo sistema demostrativo de captación de agua de lluvia ICC, San Sebastián Retalhuleu, Retalhuleu.
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Gira de campo sistema demostrativo de captación de agua de lluvia ICC, La Blanca, San Marcos
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Gira de campo sistema demostrativo de captación de agua de lluvia ICC, Tecún Umán, Ayutla, San Marcos
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitaciones Colegio Sagrado Corazón, Santa Lucía Cotzumalguapa
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitaciones Seminario Colegio Costa Sur, Santa Lucía Cotzumalguapa
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Charla sobre sistemas de almacenamiento de agua de lluvia al consejo municipal Acatenango
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitación municipalidad Santa Lucía Cotzumalguapa
2016	Solicitud de temas no programado	Capacitación sobre Salud y Seguridad Ocupacional -SSO- Levaduras Universal S.A
2016	Solicitud de temas no programado, respuesta a solicitudes	Capacitación sobre Salud y Seguridad Ocupacional -SSO- San José Logística S.A
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Sistemas de captación y almacenamiento de agua, Directores educativos Santa Lucía Cotzumalguapa
2016	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Proyecto Multicyt)	Talleres comunitarios almacenamiento de agua de lluvia MULTICYT
2016	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Proyecto Multicyt)	Talleres comunitarios almacenamiento de agua de lluvia MULTICYT

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 9A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2016	Capacitaciones sobre almacenamiento de agua de lluvia. (Proyecto Multicyt)	Talleres comunitarios almacenamiento de agua de lluvia MULTICYT
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Taller Departamental sobre intercambio de experiencias en sistemas de almacenamiento de agua de lluvia
2016	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Taller Nacional “Experiencias sobre almacenamiento de agua de lluvia como medida de adaptación al Cambio Climático”
2016	No planificado	Socialización proyecto ECHO
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitación sobre los efectos del cambio climático en Guatemala
2016	Solicitud por parte de organización	Capacitación sobre Sistemas de Información Geográfica
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitación sobre Elaboración del Plan de Respuesta Departamental y simulaciones
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Principales amenazas que afectan Guatemala. Administración de la información en caso de desastres
2016	Generar reportes y efectuar monitoreo de impactos en épocas de emergencia (miembros ICC y comunidades).	Fortalecimiento de capacidades de las DMP's de Escuintla
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Taller sobre gestión de riesgos y mapeo comunitario de riesgos, Valle Lirio Retalhuleu.
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Taller sobre gestión de riesgos y mapeo comunitario de riesgos, Caballo Blanco Retalhuleu.
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Taller sobre gestión de riesgos y mapeo comunitario de riesgos, Los Encuentros Coatepeque.
2016	Fortalecimiento de capacidades internas, solicitado	Seminario-taller “ Escenarios de Riesgo de Inundaciones en áreas Urbanas y Elaboración de Informes técnicos”
2016	solicitado	Curso “Capacitación para Capacitadores - CpC”
2016	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Curso “Actualización en los procesos de conformación de Coordinadoras para la Reducción de Desastres”
2016	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Taller “Herramientas de evaluación post-desastre”

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 10A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2016.

Año	Actividades	
	Plan operativo anual	Informes laborales
2016	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de bioingeniería (cuencas Coyolate, Achiguat y Los Esclavos).	Dique con técnicas de bioingeniería, río Coyolate
2016	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de bioingeniería (cuencas Coyolate, Achiguat y Los Esclavos).	Dique con técnicas de bioingeniería, río Los Esclavos
2016	Recolección y análisis de la información de diques experimentales de bioingeniería (cuencas Coyolate, Achiguat y Los Esclavos).	Dique con técnicas de bioingeniería, río Achiguat
2016	Sistemas de alerta temprana ante inundaciones, en la vertiente del Pacífico. (evaluación de nuevas alternativas de monitoreo)	Finalización sobre evaluación de sistemas de alerta temprana
2016	Análisis de información de los sistemas de alerta temprana en las cuencas María Linda, Coyolate y Los Esclavos	Finalización sobre evaluación de sistemas de alerta temprana
2016	Mapeo de zonas críticas de inundaciones en la cuenca del río Ocosito (sector bananero).	Actividad publicada en el informe anual del 2017

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018.

Cuadro 11A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del año 2017.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2017	Mapeo de zonas inundables en La Antigua Guatemala	Mapeo de zonas inundables en La Antigua Guatemala
2017	Vulnerabilidad económica y social de áreas inundables de la cuenca del río Ocosito.	Vulnerabilidad económica y social de áreas inundables de la cuenca del río Ocosito.
2017	Seguimiento Proyecto ECHO (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)	Seguimiento Proyecto ECHO (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)
2017	Finalización sobre Evaluación de Sistemas de Alerta Temprana (Talleres)	Finalización sobre Evaluación de Sistemas de Alerta Temprana
2017	Sistematización del Proyecto ECHO (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)	Sistematización del Proyecto ECHO (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)
2017	Generar reportes y efectuar monitoreo de impactos en épocas de emergencia (miembros ICC y comunidades).	Generar reportes y efectuar monitoreo de impactos en épocas de emergencia (miembros ICC y comunidades).
2017	Apoyo al Sistema de Monitoreo de Alerta Temprana SAT-Bases de Radio.	Apoyo al Sistema de Monitoreo de Alerta Temprana SAT-Bases de Radio.
2017	Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Convocatorias
2017	El impacto socioeconómico de las obras de mitigación ante inundaciones en las comunidades; el caso de aldea Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla.	Análisis costo-beneficio de las obras de mitigación ante inundaciones y su aporte en el crecimiento socioeconómico de la comunidad de caserío Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla
2017	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua	Promoción y apoyo en el almacenamiento de agua
2017	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua (REGATTA Y MULTICYT)	Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua (REGATTA y MULTICYT)

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores del ICC, 2018

Cuadro 12A. Matriz de contraste de actividades programadas y publicadas del programa de gestión de riesgo de desastres del año 2017.

Año	Actividades	
	Plan Operativo Anual	Informes Laborales
2017	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos
2017	Capacitación y Acreditación de Coordinadora Local para la Reducción de Desastres - COLRED NO	No se trabajo
2017	Capacitación y Acreditación de Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres - COMRED	Capacitación y Acreditación de Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres - COMRED (Sipacate)
2017	Taller de capacitación a DMP's de Escuintla sobre Indices de Seguridad Escolar	Actividad realizada con municipalidades sobre Gestión de Riesgos.
2017	Capacitación 2do. Grupo sobre "Sistemas de Información Geográfica" para mapeo de zonas vulnerables.	Capacitación 2do. grupo sobre "Sistemas de Información Geográfica" para mapeo de zonas vulnerables.
2017	Proyecto ECO (MUNICIPALIDADES, DMPS 2017 PARA LA FECHA)	Taller de capacitación a DMP's de Escuintla sobre gestión de riesgos y ordenamiento territorial

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual e informe de labores (sin publicar) del ICC, 2018

Cuadro 13A. Borrador del plan operativo anual del programa de gestión de riesgo de desastres del año 2018.

Mapeo de inundaciones en el municipio de la Blanca (río Naranjo, Pacaya)	Ensayo de sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) APIB
Evaluación de habitabilidad de albergues municipales en el departamento de Escuintla (SOSEP)	Continuar curso de Ordenamiento Territorial y GdR con el apoyo SEGEPLAN
Análisis de las zonas inundables durante el invierno 2017 (cuencas de los ríos Coyolate, Achíguate, Acome)	Seminario Normas de construcción dirigido a DMP's Proyecto ECHO
Seguimiento Proyecto ECHO 17-18 (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)	Capacitación de fortalecimiento a maestros de obra y albañiles del departamento proyecto ECHO
Sistematización del Proyecto ECHO 17-18 (gestión de riesgo de inundaciones en Escuintla)	Capacitación de fortalecimiento técnico a pequeños fabricantes de block del departamento Proyecto ECHO
Participación en mesa de coordinación para reducción de desastres	Curso sobre SIG en temas de GdR Proyecto ECHO
Generar reportes y efectuar monitoreo de impactos en épocas de emergencia (miembros ICC y comunidades).	Capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos
Seguimiento propuestas planteadas por mapeo de zonas inundables en La Antigua Guatemala	Capacitación y Acreditación de Coordinadora Local para la Reducción de Desastres -COLRED
Vulnerabilidad económica y social de áreas inundables de la cuenca del río Ocosito.	Capacitación sobre análisis de nomenclatura meteorológica
Seguimiento CODRED y Centro de Atención de emergencias del sector empresarial (bananeros y cañeros)	Gira intercambio de experiencia con empresas de Honduras Proyecto ECHO
Plan de atención de emergencia de APIB - Protocolo	Artículo Científico o Publicación de estudio del programa 2017
Seguimiento a proyecto piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua (REGATTA Y MULTICYT)	Capacitación de primeros auxilios

Fuente: elaboración propia, plan operativo anual del programa de gestión de riesgo a desastres (borrador), 2018.



CAPÍTULO II: MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO NARANJO, GUATEMALA, C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

Los efectos del cambio climático se han evidenciado en los sistemas múltiples de vida de todo el planeta y Guatemala no es la excepción, el cambio de la dinámica en los fenómenos naturales es evidente y se dan a conocer por su frecuencia e intensidad, a esto se agrega el rápido crecimiento poblacional y la necesidad en las personas por sobrevivir.

Muchos de los efectos del cambio climático son causados por las alteraciones antrópicas que modifica y acelera el orden natural lo que incrementa el riesgo a desastres, en Guatemala se pueden mencionar los siguientes fenómenos en orden de ocurrencia: tormentas, sismos, deslizamientos, inundaciones y erupciones volcánicas, colocándolo en el cuarto lugar a nivel mundial con mayor riesgo de desastres (World Risk Index, 2016).

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático – ICC, vela por la reducción de vulnerabilidades en comunidades y la adaptación al cambio climático en los sistemas productivos, poblados e infraestructura. Por lo anterior se crearon cinco programas entre los que el programa de gestión de riesgo de desastres juega un papel importante para contribuir desarrollo de sistemas productivos y sociales con bajo nivel de riesgo a desastres mediante investigaciones y socialización con comunidades en la vertiente del Pacífico de Guatemala.

Las inundaciones han sido un problema en Guatemala, por lo que el programa de gestión de riesgos hace estudios referentes al tema. En la actualidad se han generado dos estudios entre los años de 2016 y 2017 sobre inundaciones, el primero trató sobre la determinación de zonas de inundaciones en la parte baja de la cuenca Ocosito y el segundo sobre el análisis de inundaciones en la ciudad de Antigua Guatemala, donde se modelaron inundaciones para determinar zonas vulnerables a la amenaza utilizando herramientas como Gis® y programas de modelación como lo son HEC-HMS® y HEC-Ras®.

En el plan operativo anual 2018 del programa de gestión de riesgo de desastres el estudio de la amenaza de inundaciones ocupa el 25 % de actividades, dentro del cual cabe mencionar el estudio que se presentara a continuación sobre la caracterización de la cuenca del río Naranjo y la modelación de inundaciones en su cuenca baja.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La recurrencia de las inundaciones en la vertiente del Pacífico de Guatemala y el impacto negativo que puede generar en centros urbanos y rurales de la parte baja de las cuencas, constituye un importante tema de investigación para prevenir los desastres en Guatemala.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2010) los eventos extremos han generado millones de pérdidas económicas en infraestructura y cultivos agrícolas en el país. La ocurrencia de eventos extremos se conjuga con la falta de un adecuado ordenamiento territorial de los municipios, lo que conduce al incremento de los desastres.

En la cuenca baja del río Naranjo ocurren inundaciones recurrentes a causa del río Naranjo, en especial en las comunidades de Almendrales y caserío Tilapa que se ven afectadas en la época lluviosa que se extiende entre los meses de mayo a octubre, por lo que miembros de la corporación municipal de La Blanca, San Marcos lo han catalogado como un problema que ha generado presión por parte de grupos comunitarios afectados que exigen que por medio de organizaciones se generen acciones que permitan prevenir y mitigar ese riesgo al que están expuestos (Dirección Municipal de Planificación -DMP, La Blanca, 2017).

Actualmente no se tiene identificadas las zonas con amenaza a inundaciones actualizada en la parte baja de la cuenca del río Naranjo por lo que se busca resolver este problema la presente investigación.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Las inundaciones en Guatemala constituyen un riesgo en época lluviosa en especial durante el desarrollo de eventos extremos, la información con la que se cuenta en los sitios afectados es limitada.

36 municipios en Guatemala vulnerables a inundaciones y se ubican en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, Sacatepéquez, Santa Rosa y San Marcos, entre estos municipios se encuentra La Blanca en San Marcos (Álvarez, 2017).

Según la Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres - CONRED (2015) la precipitación en la república de Guatemala causó inundaciones en los departamentos de San Marcos, Suchitepéquez y Escuintla. Uno de los municipios que sufrió la inundación fue La Blanca, San Marcos, donde por lo menos 70 viviendas del caserío Almendrales quedaron anegadas y hubo daño en infraestructura y terrenos agrícolas de más de 375 pobladores que declararon que la agricultura es su única fuente de ingresos económicos, la inundación alcanzó entre los 40 y 50 cm de altura, la causa de la inundación fue el desborde del río Naranjo.

Según Coyoy (2016) en junio del mismo año el municipio La Blanca, San Marcos fue afectado por inundaciones en zonas urbanas y rurales por el desborde del río Naranjo lo que afectó la circulación de autos, daño infraestructura, provocó pérdidas en cultivos e interrumpió el servicio de energía eléctrica.

Debido a problemas recurrentes de anegamiento en el municipio de La Blanca, San Marcos se hace necesario identificar las zonas de riesgo a inundaciones para determinar su impacto en la parte baja de la cuenca del río Naranjo, para generar acciones encaminadas al manejo del territorio para la prevención y mitigación de las inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. Riesgo

El riesgo se detalla como el daño potencial que puede causar una amenaza de origen natural, socio-natural o antrópico no intencional sobre una población y sus bienes, infraestructura, el ambiente, la economía pública/privada que se extiende más allá de los espacios públicos/privados o actividades particulares de personas u organizaciones y que requiere un proceso de gestión que involucre al estado y la sociedad (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE, 2012).

El riesgo es una variable dependiente de los componentes de amenaza y vulnerabilidad, Cardona y Hurtado (2000) coinciden con Dwyer, Zoppou, Nielsen, Day & Roberts (2004) que el riesgo es función de la amenaza y de la vulnerabilidad.

De acuerdo con Lavell (2000) el componente de vulnerabilidad se refiere al grado de susceptibilidad física, económica, política, social que posee una comunidad de ser afectada por una amenaza de origen natural o antrópico. Según Cardona y Pelling (2001) su estimación se hace a través de estudios socioeconómicos donde se consideran aspectos de exposición, fragilidad física y social o resistencia y resiliencia con la que cuenta la población en estudio, como localización y condiciones ambientales, vida cotidiana, salud, nivel de marginalidad o segregación social, factores económicos, acceso a movilización de recursos, incapacidad de respuesta, deficiencias para absorber el impacto.

La Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres – CONRED (2018) define la amenaza como un factor externo de origen natural, socio-natural o antropogénico del cual se posee poco control o ninguno, que es un peligro por su posible manifestación dentro de un período de tiempo y en un territorio particular, que puede producir efectos adversos en sistemas de vida.

Según Lanzetta (2004) la amenaza se refiere al potencial peligroso que representa una determinada sustancia proveniente de procesos productivos o bien un desencadenante

natural que pueda dar lugar a una situación catastrófica, que en la actualidad según Cardona (2001), su estimación se trabaja mediante modelos probabilísticos de ocurrencia de eventualidades intensas y nocivas que se generan a base de la información obtenida de los estudios de los fenómenos hidrometeorológicos lo que constituye un aporte para la estimación de la función del riesgo.

El programa de gestión de riesgo a desastres del ICC (2018) clasifica las amenazas en geológicas, hidrometeorológicas, químicas, sanitarias y socio-organizativas.

2.4.2. Inundaciones

Según la Organización Meteorológica Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura - OMM/UNESCO (1974), inundación es el aumento del agua por arriba del nivel normal (elevación de la superficie de agua que no causa daños) del cauce. Es de origen hidrometeorológico y se desarrolla en presencia de precipitación prolongada, con alta intensidad en condiciones deficientes de drenaje, que provoca el desbordamiento de ríos o saturación de suelo.

Las inundaciones se clasifican según su origen en pluviales y fluviales. El Centro Nacional de Prevención de Desastres de México - CENAPRED (2014) argumenta que las inundaciones pluviales son aquellas que derivan del agua que cae por precipitación en zonas donde se tiene escaso drenaje natural o artificial, causado por las condiciones naturales como pueden ser las edáficas (textura de suelos) o factores antrópicos como la escasa planificación y ordenamiento territorial.

Por otra parte, CENAPRED (2014) considera que las inundaciones fluviales tienen relación directa con la cuenca, estas se producen cuando el agua de los ríos se desborda por precipitaciones en cualquier parte de la cuenca y cubre de manera parcial o total espacios físicos que no suelen estar ocupados con agua.

Según Molina (2017) las inundaciones fluviales son comunes en llanuras de inundación, que son áreas adyacentes a ríos sujetas a inundaciones recurrentes, estos son depósitos aluviales de arenas que generan arcilla y/o limo por causa de inundaciones periódicas.

En los últimos 20 años las inundaciones han sido el fenómeno natural extremo que ha afectado a más personas con un total 2,437,000,000 de los cuales 155,799 se reportan muertos a causa del fenómeno, por otro lado, las inundaciones causan problemas de daños a infraestructura, equipos electrónicos, disminuye las condiciones de calidad de vida provocando proliferación de plagas y enfermedades (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo a Desastres - UNISDR, 2015).

2.4.3. Modelaciones

Para la predicción de inundaciones se pueden mencionar dos tipos de modelos: hidrológico e hidráulico. Estos modelos permiten integrar la información de una cuenca y relacionarlos para generar caudales a partir de datos de precipitación o zonas inundación y alturas de las inundaciones a partir de caudales (Gil, 2012).

A. Modelación hidrológica

a. Modelo hidrológico

Según Molina (2016) es parte del estudio y análisis de la amenaza a inundaciones, lo que permite realizar una simulación hidrológica de la cuenca que muestra el comportamiento físico del agua del cauce principal y sus corrientes, partiendo de datos de precipitación para generar caudales.

Los modelos hidrológicos se refieren a la relación entre lluvia escurrentía y el de tránsito de hidrogramas, estos se encargan de simular caudales de salida producidos por la precipitación pluvial en un conjunto interconectado de microcuencas y son de utilidad para generar simulaciones en modelos hidráulicos (Pellecer, 2017).

Son modelos que engloban características de toda la cuenca como precipitación, tipo de suelo, cobertura vegetal, topografía, pérdidas de agua y en función a estas características genera caudales máximos en función del período de retorno. Para calcular caudales máximos tipos de modelos que se diferencian el procedimiento de cálculo de los cuales se puede mencionar: modelos estocásticos y determinísticos (Gil, 2012).

Los modelos estocásticos son aquellos que generan caudales en base a la aleatoriedad de los datos de una región determinada o regiones con iguales condiciones de caudales algunos ejemplos son por medio de modelos de regresión y el método de índice crecida (Gil, 2012).

b. Software HEC-HMS®

Molina (2016) y Turcios (2017) utilizaron un software generado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center –HEC) para la realización del modelo hidrológico de la cuenca Ocosito, la microcuenca El Hato, Guardianía y Santa Ines, en la cuenca Pensativo.

El software fue creado para el Cuerpo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S Army Corps Engineers), sin embargo, en múltiples estudios es utilizado para realizar modelos de condiciones hidrológicas en cuencas.

El Centro de Ingeniería Hidrológica (2018), afirma que para realizar modelaciones hidrológicas es necesario utilizar el sistema de modelación hidrológica – HMS que sirve para mostrar una representación física de la cuenca hidrográfica mediante un modelo, el cual considera elementos como el uso de la tierra 2018, clase textural del área de análisis y topografía de la zona, para simular el proceso de escorrentía después de un evento de lluvia extremo reflejando los caudales.

c. Análisis de precipitación

La modelación hidrológica necesita datos históricos de precipitaciones diarias máximas con un largo registro para una mejor aproximación a la realidad. Cuando se obtiene dicha información se aplica una corrección para simular la distribución homogénea de la precipitación dentro de cada polígono de Thiessen de cada estación meteorológica.

Por lo anterior se aplica el coeficiente de simultaneidad que se encarga de corregir valores de lluvia diaria, disminuye los valores de precipitación tomando en cuenta que son obtenidos en sitios concretos de la cuenca lo que permite una mejor distribución espacial de la precipitación. Por lo anterior se debe conocer que mientras mayor sea la superficie de estudio, más desigual será la distribución de lluvia en el territorio (Molina, 2017).

La modelación hidrológica se hace a base de caudales en diferentes años de retorno, para el cálculo de eventualidades extremos de caudales, se requiere de un cálculo probabilístico que en base a un registro de lluvias diarias por estación meteorológica muestre proyecciones de precipitaciones máximas en el tiempo que se le requiera proyectar, para el efecto se utiliza la distribución estadística de Gumbel tipo II.

La metodología de Fisher & Tippett Tipo I es la más aceptada en la predicción de eventos extremos en hidrología y meteorología, también conocida como Gumbel tipo II o distribución doble logarítmica.

“En relación matemática, planteada en forma doble logarítmica, da la ecuación de una recta que volcada al papel Gumbel permite inferir valores de la variable de lluvia para cualquier nivel de probabilidad o período de retorno” (Figueroa, Lamelas & Forciniti, 1999).

Un período de retorno es un intervalo medio de tiempo durante el cual existe la probabilidad de que se produzca una avenida con un caudal superior o inferior al prefijado.

“El periodo de retorno también se define como el inverso de la probabilidad de que un fenómeno suceda. Una precipitación con un período de retorno de 50 años tiene una probabilidad de $1/50$ (2 %) de ocurrir en un año determinado” (Gill, 2017).

La obtención de precipitaciones de retorno para tiempos de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años por medio del método estadístico de Gumbel es de utilidad para su posterior degradación en hietogramas horarios de 24 horas.

El estudio estadístico con registros disponibles de varias estaciones meteorológicas permitió crear una metodología para el análisis de precipitación acumulada para un determinado periodo de tiempo, que posteriormente se utilizó en La Paz, Bolivia (Mendoza, 1994).

La misma metodología fue utilizada en Guatemala para el estudio de la intensidad de precipitación en las cuencas de los ríos Coyolate, Achiguate, María Linda, Los Esclavos y Ocosito, el objetivo principal fue la degradación de los acumulados de la lluvia diaria para predecir con mayor exactitud las inundaciones asociadas a eventos de lluvia determinada.

La importancia de los hietogramas correspondientes a episodios de lluvia de diferentes intensidades, es de utilidad como variables de entrada para el modelo hidrológico.

“Los hietogramas muestran la distribución de la lluvia acumulada por unidad de tiempo. Esto se logra por diferentes métodos con base a las curvas - IDF (Intensidad, duración y frecuencia de lluvia) y las curvas Pd/P24 que relacionan la precipitación acumulada para un determinado tiempo con la precipitación diaria” (Pellecer, 2017).

d. Caudales máximos

Para la determinación de caudales máximos existen métodos determinísticos que son aquellos modelos que generan caudales en función de condiciones físicas, químicas y biológicas del área de estudio para interpretar los procesos que se dan en la cuenca algunos

ejemplos son: los métodos de precipitación-escorrentía como el número de curva y modelos de balance hídrico (Gil, 2012).

El Servicio de Conservación de los Recursos Naturales en la actualidad Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service –SCS, 1984), desarrollo una metodología que permite estimar caudales máximos basado en la escorrentía superficial de una cuenca utilizando características físicas de la cuenca como el tipo hidrológico de suelo, pendientes, uso de la tierra e información de precipitación representativa, para generar el número de curva.

La representación gráfica de la profundidad de la precipitación y de escorrentía permite generar un grupo de curvas que van de 0 a 100, donde un numero de curva (CN = 0) indica suelos permeables lo que significa que el agua de lluvia se infiltra y un (CN = 100) indica suelos impermeables por lo tanto el agua de lluvia tiene problemas de infiltración (Repetto, 2006).

Para realizar la modelación hidrológica se requieren de elementos de la cuenca tales como la clase textural, uso de la tierra, topografía, evapotranspiración, retención de agua del suelo e infiltración (Díaz, 2017).

Entre otros métodos utilizados para la determinación de caudales máximos se pueden mencionar: el método racional que relaciona las variables de coeficientes de escurrimiento de las superficies de contacto, información de intensidades de lluvia y área de la cuenca donde precipita, también se puede mencionar la formula empírica de Mac Math la cual está en función a las variables de pendientes de laderas, textura de suelo, cobertura, pendiente media del cauce, área de la cuenca e información periodos de retorno de intensidades de lluvia (Salguero, 2015).

El software HEC-HMS, depende de modelos de escorrentía, uno de ellos es el número de curva, su extensión HEC-GeoHMS® de Gis® genera el número de curva para cada sub-

cuenca mediante información primaria de un modelo de elevaciones, cobertura de la tierra y textura de suelos.

La información generada en la extensión HEC-GeoHMS® es trasladada al software HEC-HMS® donde se introduce la información generada por los hietogramas unitarios, por lo que es de importancia tener datos de precipitación diaria e intensidades de lluvia para generar los hietogramas por año de retorno y estación meteorológica y poder ingresarlos al software para que genere los caudales (Pellecer, 2017).

El software HEC-HMS también requiere de tránsitos hidrológicos y hace uso del método de Muskingum.

El método de Muskingum permite estimar los efectos en la propagación de un hidrograma conocido (Linsley, et al., 1975; Chow, et al, 1993).

El transito hidrología hace referencia a la respuesta de un flujo de agua de una microcuenca que recibe el aporte de agua de otra microcuenca en un tramo alejado aguas arriba, por lo que es la suma total de los dos hidrogramas (Pellecer, 2017).

B. Modelación hidráulica

a. Modelo

Es una representación del comportamiento de crecidas de un flujo de agua mediante datos de caudal en diferentes tiempos de retorno. En el campo de la hidrología es utilizado para realizar análisis de inundaciones fluviales y de este modo determinar zonas susceptibles a inundaciones, profundidades que pueden alcanzar las inundaciones, direcciones de la inundación es decir el comportamiento hidráulico del afluente en condiciones de crecidas (Molina, 2017).

La modelación hidráulica puede realizarse sectorizada, es decir en el área de interés de la cuenca, sin embargo para efectos de estudio en la parte baja de cuenca se requiere un estudio hidrológico de la totalidad de la cuenca debido al tema de los caudales que se producen en cada sub-cuenca que son de utilidad para realizar una suma total de caudales en cada intersección de corrientes con la finalidad de realizar mediciones hidráulicas del caudal total y de este modo realizar proyecciones de las zonas inundables y algunos parámetros hidráulico como, velocidades de flujo y alturas de inundación.

“Existen softwares capaces de generar modelos que simulan caudales mediante variables hidrológicas de una cuenca, también el comportamiento del agua dentro del lecho del río, los cuales generan alturas, alcance de la crecida en superficie, velocidades, entre otros parámetros”. (Gill, 2017).

b. Software HEC-RAS®

Para realizar modelos hidráulicos el Centro de Ingeniería Hidrológica ha desarrollado un software llamado HEC-RAS, el cual es un sistema de análisis de ríos y es de utilidad para hacer modelos de del transporte de sedimentos, lecho móvil, calidad del agua, temperatura del agua y proyección de zonas vulnerables a inundación (Centro de Ingeniería Hidrológica, 2018).

Las variables que requiere HEC-RAS® para realizar modelaciones se resumen en información de caudales máximos, configuración topográfica del cauce principal, configuración topográfica de sus alrededores y características físicas del cauce principal como canal conductor de fluidos como la rugosidad y pendiente del cauce.

Otros softwares útiles para realizar modelación de inundaciones podrían ser los siguientes: IBER®, SNAP® y EPA SWMM®.

c. Configuración topográfica

Delimitar la configuración topográfica del cauce principal es necesaria para hacer la simulación hidráulica del cauce con caudales máximos, para el efecto se realiza un trazo del cauce principal, márgenes, flujos de corriente y transeptos sobre un modelo de elevaciones (DEM), mediante el uso de la extensión HEC-GeoRas® para Gis® del software HEC-RAS® se extrae la información topografía del modelo de elevaciones.

d. Trazo de secciones transversales (transectos)

Los transectos son de utilidad para determinar el perfil del cauce principal en la modelación hidráulica y poder determinar altura de inundaciones en eventos extremos, la extracción topografía se mediante el uso de las herramientas de HEC-GeoRas® en un Gis® el cual se encarga de extraer la información topográfica de un modelo de elevación digital - DEM.

Con las herramientas de HEC-GeoRas® se realiza el trazo de las secciones transversales en las zonas de interés donde se fija su intervalo y longitud.

e. Geometría del cauce

Con la base de datos creada en Gis® se analiza la geometría de la sección del cauce bajo estudio, donde se analiza todos los perfiles o secciones transversales generados y se asignan valores de coeficientes de rugosidad de Manning.

Los coeficientes de rugosidad de manning son valores adimensionales que determinan la dificultad del agua para atravesar un terreno, ya sea en el cauce del río o en los márgenes de éste. La determinación de este parámetro es empírica y cualitativa.

Para el análisis del cauce se utilizaron parámetros empíricos obtenidos al comparar las características de rugosidad del cauce y sus márgenes con valores de tablas.

En el cuadro 14 se muestran los valores de rugosidad de Manning empleados para la modelación hidráulica asignados al cauce, dado por el software HEC-RAS®:

Cuadro 14. Coeficientes de rugosidad de Manning dados por HEC-RAS.

Bed Forms	Rango de Manning's (n)
Ripples	0.018 - 0.030
Dunes	0.02 - 0.035
Washed Out Dunes	0.014 - 0.025
Plane Bed	0.012 - 0.022
Standing waves	0.014 - 0.025
Antidunes	0.015 - 0.031

Fuente: HEC-RAS, 2018.

f. Datos de flujo constante

En el software HEC-RAS es de utilidad para ingresar los caudales de retorno modelados por el software HEC-HMS en la modelación hidrológica.

g. Análisis de flujo constante

En esta parte el software HEC-GeoRAS® se encarga de analizar el cauce del río como un canal y de este modo realizar simulaciones inundaciones donde se obtienen parámetros como áreas de inundaciones, velocidades del flujo y alturas de inundación entre secciones transversales (Pellecer, 2017).

h. Modelo hidráulico

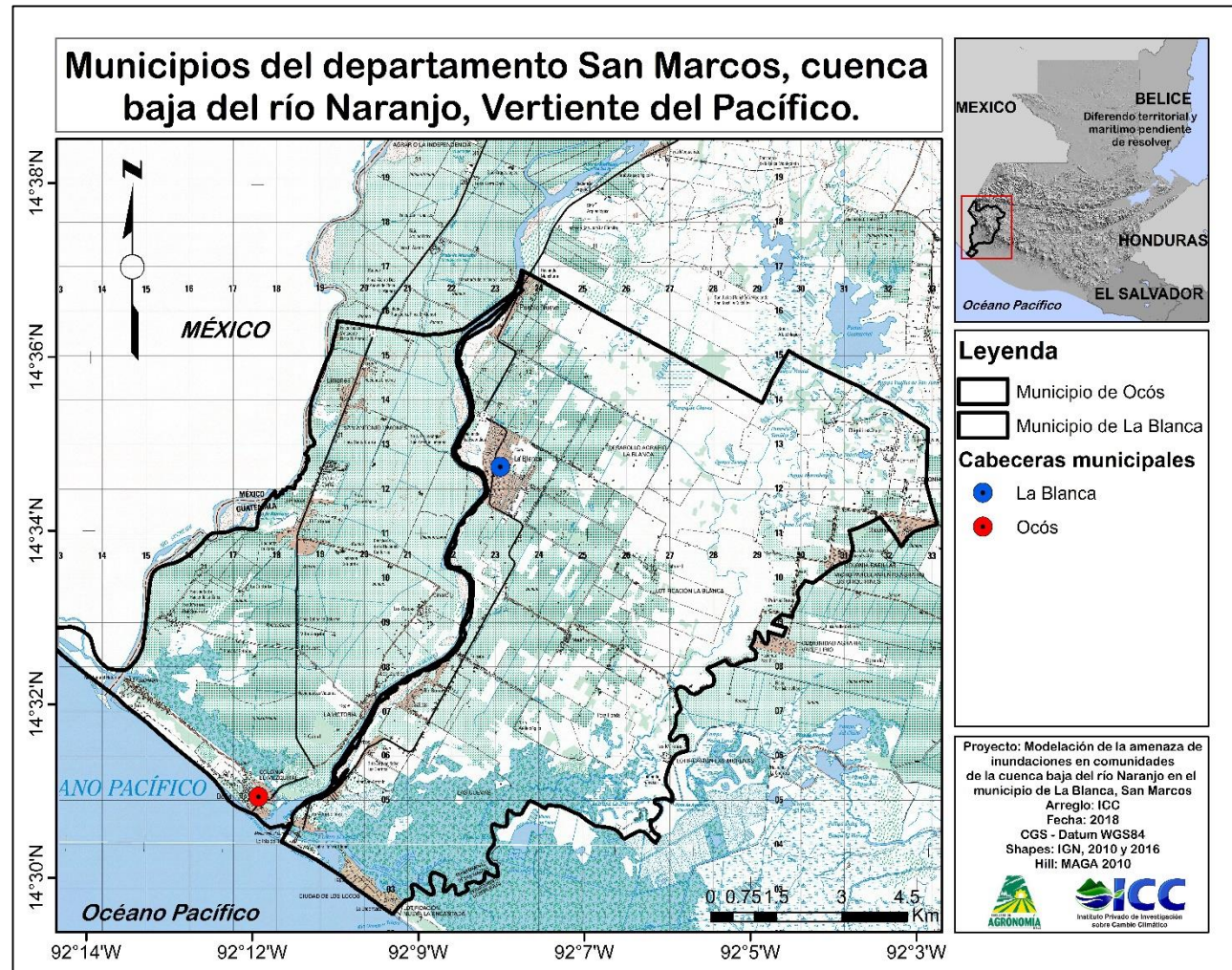
Los resultados obtenidos en el software HEC-RAS® son procesadas por la extensión HEC-GeoRas® para definir el modelo de inundaciones en formato raster y de este modo proyectar las áreas de inundación para los caudales en sus diferentes tiempos de retorno.

2.5. MARCO REFERENCIAL

2.5.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la parte baja de la cuenca del río Naranjo en los municipios de La Blanca y Ocosingo de San Marcos estos colindan al este con los municipios de Coatepeque y Retalhuleu, al oeste con México, al norte con Ayutla y al sur con el océano Pacífico que se muestra en la figura 11.

La cuenca baja del río Naranjo está localizada entre las coordenadas (latitud $14^{\circ}35'28''\text{N}$, longitud $92^{\circ}05'16.8''\text{O}$), (latitud $14^{\circ}29'41.72''\text{N}$, longitud $92^{\circ}10'40.02''\text{O}$), (latitud $14^{\circ}33'16.70''\text{N}$, longitud $92^{\circ}08'52.60''\text{O}$) y (latitud $14^{\circ}31'55.05''\text{N}$, longitud $92^{\circ}06'09.36''\text{O}$).



Fuente: elaboración propia, 2010.

Figura 11. Ubicación de los municipios de la cuenca baja del río Naranjo.

2.5.2. Rutas de acceso

Desde San Marcos hasta El Rodeo se utiliza la ruta nacional 1, luego la ruta nacional 8 hasta Ocós o también la carretera 3 hasta Pajapita, posteriormente la CA-2 occidente hasta Ayutla y la ruta nacional 8 hasta Ocós. También se puede tomar la ruta nacional 1 hasta El Rodeo, luego la Carretera 3 hasta Pajapita, posteriormente la CA-2 occidente hasta El Castaño en Coatepeque y la carretera 2 hasta La Blanca. Desde Guatemala se toma la ruta CA-9 sur hasta Escuintla, después la CA-2 occidente hasta Ayutla y la ruta nacional 8 hasta Ocós. Desde Guatemala se toma la CA-9 sur hasta Escuintla, luego la CA-2 Occidente hasta El Castaño en Coatepeque y por último la carretera 2 hasta La Blanca.

2.5.3. Antecedentes de estudios relacionados

A. Determinación de las áreas susceptibles a inundaciones de la parte baja de la cuenca del río Ocosito mediante modelación y percepción comunitaria

En el año 2016 se culminó con la investigación referente a la determinación de áreas susceptibles a inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Ocosito con la ayuda del software HEC-RAS®, obteniendo como resultados sobre aumento poblacional en la cuenca de estudio, el sobreuso de la tierra, valores de áreas vulnerables a inundaciones, proyección de zonas inundables con tiempos de retorno de hasta 100 años mediante modelos hídricos e hidráulicos y se corroboró información con mapeos en las comunidades afectadas (Molina, 2017).

B. Análisis de inundaciones en la ciudad de Antigua Guatemala

El estudio consistió en el mapeo de zonas de inundación para la ciudad de Antigua Guatemala para determinar las causas de las inundaciones en parte del centro urbano de Antigua Guatemala (Turcios, 2017). El estudio culminó a finales del año 2017, se caracterizó la amenaza a inundaciones en el casco urbano de la ciudad de Antigua Guatemala y vulnerabilidades económicas, donde se determinó que la falta de planificación de

ordenamiento territorial como una de las causas principales del problema de inundaciones ya que poblado está construido un espacio donde por naturaleza se da el drenaje de agua de tres microcuencas que concluyen en Antigua Guatemala lo que causa inundaciones en el casco urbano de la ciudad.

En dicho estudio se realizó una modelación hidrológica, para el efecto se utilizaron datos históricos de precipitaciones, para generar caudales máximos con el software HEC-HMS® y las zonas de inundación se modelaron con el software HEC-RAS® (Turcios, 2017).

C. Proyecto de prefactibilidad drenaje e inundaciones en parcelamiento La Blanca, Ocós, San Marcos

Durante el proyecto realizado en los años 1973, 1974 y 1975 se hizo mención de problemas de drenaje por la falta de iniciativa para diseñar y construir un sistema de drenajes el cual repercutía en frecuentes inundaciones en época lluviosa agregando el desbordamiento del río Pacayá, estos problemas frecuentes afectaron a los agricultores que cultivaban arroz, maíz y ajonjolí con estimaciones de área afectada de 4,000 ha. Lo anterior se determinó durante el tiempo de funcionamiento de la unidad de riego que fue construida en los mismos años el cual irrigaba 1,530 ha del parcelamiento La Blanca (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación - MAGA, 1995).

D. Estudio de drenaje superficial en la unidad de riego La Blanca, San Marcos

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (2000) argumenta que debido a las pérdidas económicas que generaban las inundaciones en cultivos agrícolas de los pobladores del sitio se generó un proyecto para el diseño de canales principales, canales secundarios, con embalses y puentes para mejorar las condiciones de vida de los pobladores que habitaban el parcelamiento La Blanca ya que desde el año 1994 al 2000 el incremento en población fue considerable.

E. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión en Ocós, San Marcos

Según Morales (2010), el cambio de uso de la tierra ha venido a favorecer el problema de inundaciones en comunidades bajas como Chiquirines, Carrizales, Barillas, Las Morenas, Madronales y El Palmar II.

El desbordamiento del río Pacayá es frecuente en época lluviosa y a partir del 2003, las inundaciones aumentaron su intensidad. Durante el año 2010 empresas de la iniciativa privada construyeron presas, quíneles y bordas para canalizar el río y circular el agua en sus propiedades, modificando el cauce natural del río y destruyendo las pampas donde desaguaba el río en crecidas (Morales, 2010).

F. Municipio de la Blanca del departamento de San Marcos

En el año 2014 el Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial – CENADOJ, crea el municipio de La Blanca en jurisdicción del departamento de San Marcos, territorio el cual es segregado del municipio de Ocós del mismo departamento, según el decreto No. 01-2014 del congreso de la República de Guatemala. La cabecera municipal del municipio se denomina La Blanca y ocupa el lugar del parcelamiento La Blanca cuando pertenecía al municipio de Ocós (CENADOJ, 2015).

G. Estudio hidrológico de la cuenca del río los Esclavos y María Linda

Estudio que se realizó en la cuenca del río los Esclavos y María Linda donde se logró analizar el comportamiento de la lluvia en la cuenca como parte de una modelación hidrología para las cuencas al culminar la investigación se generó información de caudales máximos basado en el método de numero de curva dado por la Soil Conservation Service y el software HEC-HMS® para diferentes períodos de retorno con los datos de precipitación obtenidos por medio de Gumbel tipo II, el patrón de la lluvia en el sitio de estudio y la

generación de información sobre los tiempos de concentración en el cual la escorrentía de la precipitación forma parte del cauce del río principal (Gill, 2012 y 2017).

H. Determinación de zonas susceptibles a inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Nahualate

Estudio realizado en la cuenca del río Nahualate, cuenca de la vertiente del Pacífico donde se determinaron las zonas susceptibles por inundaciones fluviales, culminando en la identificación de comunidades afectadas en eventualidades extremas y precipitaciones comunes de la época lluviosa del sur del país de Guatemala basado en la metodología del número de curva para el cálculo de caudales máximos para distintos períodos de retorno, para determinar las zonas de inundaciones mediante el uso del software HEC-RAS® (Pellecer, 2017).

I. Tormenta Stan

Evento que tuvo lugar entre el 1 al 10 de octubre del año 2005 que presento valores diarios de 267 mm según la estación Retalhuleu y acumulados de 868 mm registrados en la estación Tecún Umán, la tormenta dejó 670 personas fallecidas, 850 desaparecidos y 3,500,000 personas damnificadas. Las pérdidas económicas estimadas fueron de Q 7,473,000,000 (Villalba, 2012).

La tormenta Stan ha sido la que más ha afectado a los municipios de Ocós y La Blanca dañando infraestructura de carreteras y viviendas en las comunidades colindantes al río Naranjo y Zanjón Pacayá, la recuperación de esos daños fue a largo plazo debido a los escasos recursos económicos de los habitantes (Municipalidades de La Blanca y Ocós, 2018).

J. Asolvamiento en la bocabarra y limitación de drenaje

El asolvamiento de la bocabarra del río Naranjo y Zanjón Pacayá es debido a la reducción del agua de los ríos, por lo que predomina el ingreso de agua de mar que aporta sedimentos (arena), como consecuencia se bloquea la salida de los ríos en la bocabarra y esto genera costos de dragados y según pobladores influye en las inundaciones fluviales en poblados cercanos y agrava el problema en las comunidades de La Blanca que no tienen red de drenaje (Municipalidad de la Blanca y Ocós, 2018).

K. Zonificación de amenazas naturales en la cuenca del río Samalá y análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián Retalhuleu, Guatemala

“Se realizó el análisis de amenazas por inestabilidad de laderas, inundaciones, ocurrencia de flujos piroclásticos y lahares, con el propósito de cuantificar el impacto que estos fenómenos tienen sobre las más de 300,000 personas que habitan en la región”.

“Para la determinación de las planicies de inundación del río Samalá se utilizó el método clásico de cálculo de caudales máximos a partir del procedimiento de series de datos históricos para períodos de 100, 50, 25 y 10 años del río Samalá. Los caudales se utilizaron para un modelo espacial por medio del programa HEC-RAS®. En el estudio se logró determinar que las crecidas máximas del río Samalá no afectan a San Sebastián, pero si provocan daños a la carretera Panamericana” (Barillas, et al, 2003).

L. Río Naranjo

En el municipio de La Blanca el río Naranjo es catalogado como una de las principales causas de las inundaciones en época lluviosa, este es aprovechado por los pobladores de Ocós y La Blanca como fuente principal de agua para riego de cultivos en época seca y lo utilizan también para actividades pesqueras, de transporte y actividades de hogar (Morales, 2010).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN (2012) lo cataloga como un río contaminado por desechos sólidos y biológicos por lo que el agua no es apta para consumo humano.

Los poblados que se asientan en la ribera del Naranjo en su cuenca baja son: Pueblo Nuevo, La Blanca, Salinas I, Salinas II, Los Cerritos, Paso Hondo, Almendrales, Limones, Limoncitos, Platanares, Las Cruces, Los Laureles y Ocós.

M. Esteros

En Ocós se encuentra el llamado “Esterón” importante entre los pobladores ya que es de utilidad para cosecha de camarones y cangrejos para comercialización y autoconsumo, también es importante como canal de navegación. Por medio de estos existe comunicación entre el río Naranjo y el Zanjón Pacayá. La derivación de agua en las partes altas del río Naranjo y Pacayá ha provocado problemas como para los poblados bajos como Almendrales y Tilapa (Morales, 2010).

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo general

Modelar la amenaza de inundación en la cuenca baja del río Naranjo de la vertiente del Pacífico de Guatemala.

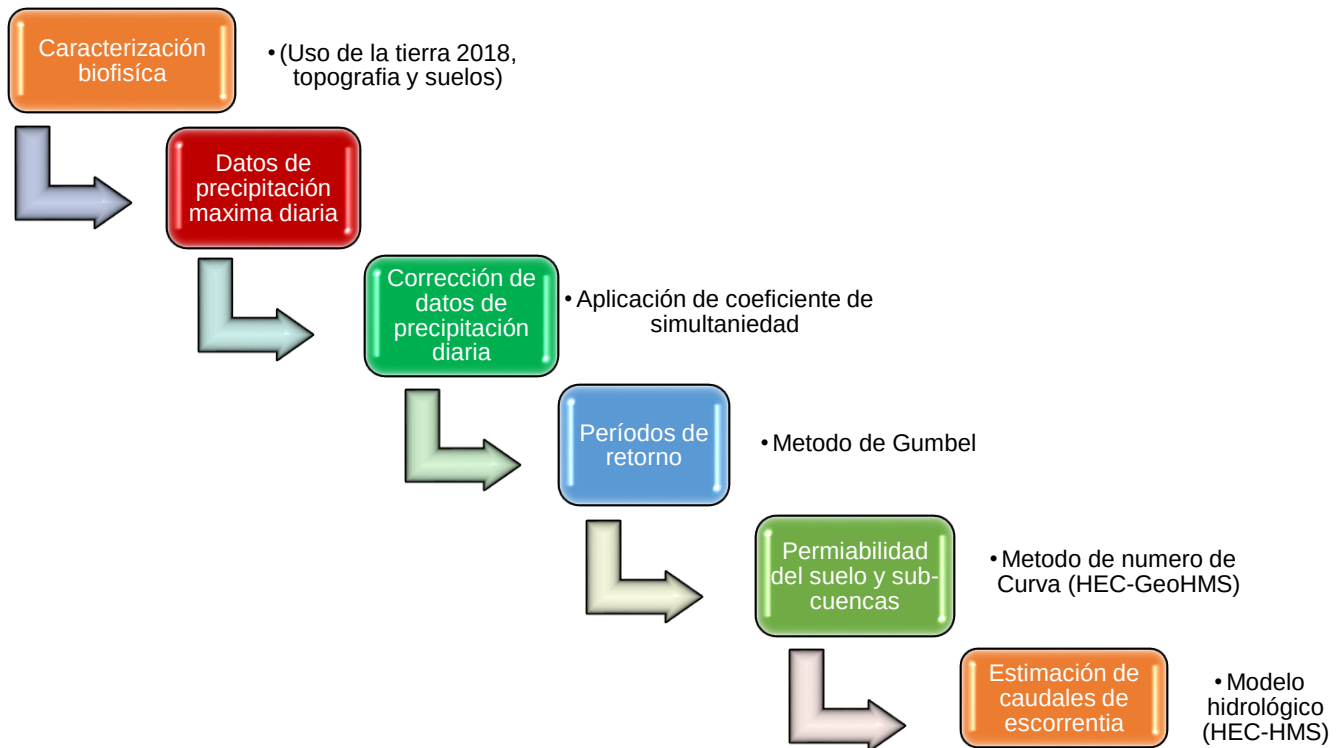
2.6.2. Objetivos específicos

1. Generar caudales para tiempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años en la cuenca baja del río Naranjo mediante una modelación hidrológica.
2. Determinar el área inundable de la cuenca baja del río Naranjo mediante una modelación hidráulica, con los caudales generados en la modelación hidrológica.
3. Validar e integrar a los resultados del modelo hidráulico las inundaciones desde el punto de vista comunitario en la cuenca baja del río Naranjo.
4. Identificar las áreas y usos principales de la tierra afectados por la amenaza de inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo según los resultados del modelo hidráulico.
5. Identificar acciones encaminadas al manejo del territorio amenazado por inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo para la prevención y reducción de inundaciones.

2.7. METODOLOGÍA

2.7.1. Metodología para modelación hidrológica

La metodología para la modelación hidrológica de la cuenca del río Naranjo se presenta en la figura 12.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Diagrama de flujo para el proceso de modelación hidrológica.

A. Caracterización biofísica

Se realizó una caracterización de la cuenca del río Naranjo siendo los aspectos de interés datos de precipitación diaria obtenido de los registros de las estaciones meteorológicas: Ignacio López Rayón, Suchiate de la Comisión Nacional de Agua – CONAGUA en México, Catarina, San Marcos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH, y San Isidro, Coatepeque, Nueva Granada y Valdivia de la

Asociación Nacional de Cafetaleros – ANACAFE, también se utilizó información sobre el tipo de suelos, la topografía y el uso actual de la tierra del MAGA generados en el año 2003. Se utilizó la plataforma Servicio Geológico de los Estados Unidos - USGS® o Google Earth Pro® para corroborar la información de uso de la tierra 2018 del MAGA y se elaboraron mapas temáticos sobre uso de la tierra 2018, capacidad de uso de la tierra e intensidad de uso.

Se hicieron mapas de fisiografía, zonas de vida, precipitación, evapotranspiración, balance hídrico de la cuenca del río Naranjo los cuales fueron útiles para la discusión de resultados y análisis de inundaciones.

B. Datos de precipitación máxima diaria

Para la modelación hidrológica se utilizarán datos de precipitaciones diarias máximas utilizando las estaciones meteorológicas con las que se hizo la caracterización biofísica.

Para el análisis hidrológico y selección de estaciones meteorológica la calidad temporal y de toma de datos de las mismas, por lo que se identificaron las estaciones meteorológicas con registros mayores a 30 años y las que no satisfacían esta característica en base a el tipo de estación meteorológica por lo que se consideraron las automáticas por su calidad y frecuencia de datos de precipitación, con registros mayor a 10 años.

C. Corrección de datos de precipitación diaria

Después de seleccionar las precipitaciones máximas de cada estación meteorológica en todos sus años de registro, se procedió a la corrección de los mismos utilizando el coeficiente de simultaneidad, para el efecto se realizó el cálculo de los polígonos de Thiessen para cada estación meteorológica.

$$K_A = 1 - \frac{\log S}{15}$$

Donde:

- " K_A " es el coeficiente de simultaneidad (adimensional).
- " S " es la superficie de influencia de la estación meteorológica (km²).

Este coeficiente permite corregir el valor de precipitación diaria máxima, mediante la siguiente ecuación:

$$P'_d = P_d * K_A$$

Donde:

- P'_d es la precipitación diaria corregida (mm).
- P_d es la precipitación diaria (mm).
- K_A es el coeficiente de simultaneidad (adimensional).

D. Períodos de retorno

Con la precipitación diaria máxima anual por estación meteorológica corregida con el coeficiente de simultaneidad, se procedió a calcular los períodos o tiempos de retorno para 2, 5, 10, 25 y 50 años y de este modo proyectar laminas máximas de precipitación para dichos períodos, para el efecto se utilizó la distribución Gumbel tipo I por (Fisher y Tippett, 1928) para valores máximos bajo un análisis estadísticos de probabilidades, para este cálculo es necesario obtener los valores corregidos de precipitación máxima diaria por año por estación meteorológica.

En el cuadro 15 se presentan los modelos utilizados para el cálculo de las precipitaciones máximas dentro de la cuenca del río Naranjo (Salguero, 2015):

Cuadro 15. Modelos para la estimación de valores máximos según Gumbel tipo I.

Modelos	Descripción
$Y = \bar{X} + (k * \alpha)$	• Y es el valor extremo de precipitación. • $\bar{X}$ es el promedio de precipitación. • α es la desviación estándar de los datos de precipitación. • K valor de tabla de acuerdo al tiempo de retorno o probabilidad y el tiempo de registros de la estación.
$\alpha = \frac{(Y - \bar{X})}{\sqrt{(n - 1)}}$	• Y es el valor extremo de precipitación. • $\bar{X}$ es el promedio de precipitación. • α es la desviación estándar de los datos de precipitación. • n es el número de registros.
$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$	• $\bar{X}$ es el promedio de precipitación. • N es el número de registro. • $\sum x$ es la sumatoria de valores extremos de precipitación.

Fuente: elaboración propia, 2015.

E. Numero de curva

Para determinar la permeabilidad de la cuenca del río Naranjo y sus condiciones “precipitación-escorrentía” se traslapo la información de texturas de suelo de la cuenca, la topografía (modelo de elevación digital de la cuenca) y el uso de la tierra 2018, entonces con la ayuda de cuadros generadas por el Soil Conservation Service – SCS (cuadros 30A y 31A).

Se asignaron valores de numero de curva a los distintos usos de la tierra según la textura de suelo que ocupaban y con la ayuda de las herramientas de Gis® y la extensión HEC-GeoHMS se calcularon los números de curva los cuales van de 0 a 100 que permiten discriminar la permeabilidad de la cuenca, donde un numero de curva (CN = 0) el cual indica

un 0 % de escurrimiento y un (CN = 100) un 100 % de escurrimiento, para el efecto se realizó un mapa de numero de curva el cual se puede apreciar en la figura 42 en los resultados de la modelación hidrológica.

F. Estimación de caudales

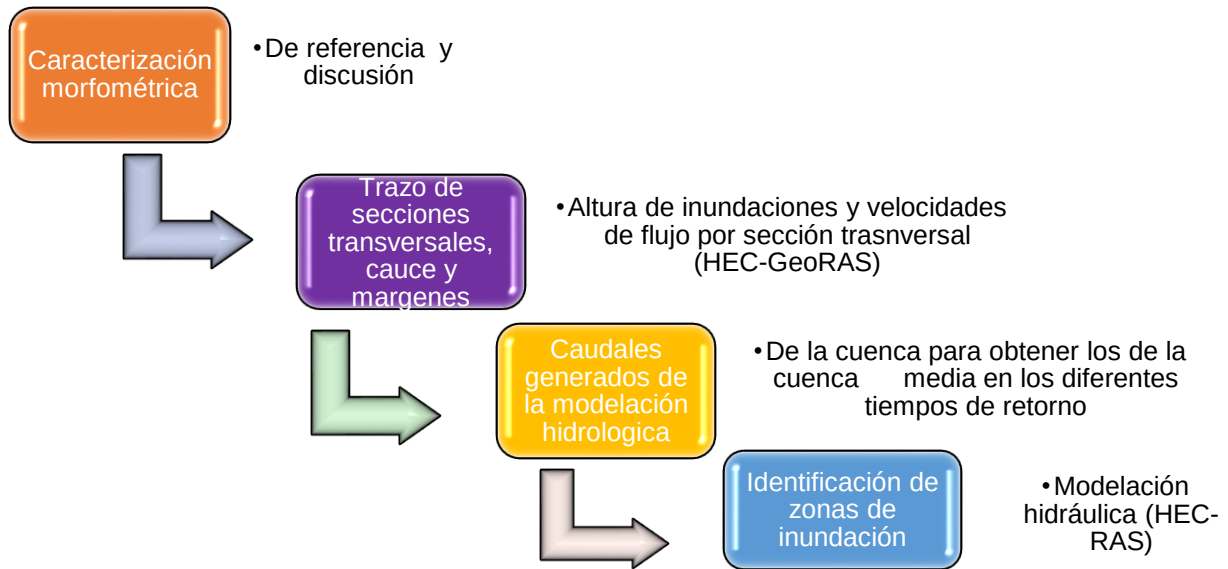
Esta se realizó mediante la herramienta HEC-HMS®, para la cual se necesitaba de los números de curva de la cuenca, las precipitaciones máximas por estación meteorológica y su distribución en 24 h, por lo que se realizaron hietogramas similares al de la figura 65A para todos los tiempos de retorno de cada estación meteorológica, también fue necesario trabajar los polígonos de Thiessen y subcuencas de la cuenca del río Naranjo los cuales se pueden apreciar en las figuras 20 y 43.

Los polígonos de Thiessen fueron generados con un Gis® el cual requiere de la ubicación de las estaciones meteorológicas dentro y fuera de la cuenca de estudio, identificación de las sub-cuencas al igual que el mapa de numero de curva fueron realizados con la extensión de Gis® llamada HEC-GeoHMS® y los hietogramas se generaron en Microsoft Excel®.

Para el efecto se debe de tener la superficie de las subcuencas y asignarles el valor del hietograma de precipitación utilizando la información de la estación meteorológica que tubo influencia en esa subcuenca junto con su número de curva correspondiente, el proceso se repite por cada año de retorno de cada estación meteorológica para todas las subcuencas digitalizadas por HEC-GeoHMS®, esto genera los caudales por microcuenca (figura 62A y 63A).

2.7.2. Metodología para modelación hidráulica

La metodología para la modelación hidráulica de la cuenca del río Naranjo se presenta en la figura 13:



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13. Diagrama de flujo para el proceso de modelación hidráulica.

A. Caracterización morfométrica

Es preciso aclarar que la modelación hidráulica se realizó únicamente en el área de interés que sería la cuenca baja del río Naranjo, sin embargo, se realizó una caracterización morfométrica con la finalidad de conocer el comportamiento de los flujos dentro de la cuenca y su relación con las inundaciones.

Para el efecto se consideraron las siguientes características de aspectos lineales: perímetro, longitud del cauce principal, orden de corrientes, número de corrientes; de aspectos de superficie: área de la cuenca, forma de la cuenca, densidad de drenaje, frecuencia o densidad de corrientes y en los aspectos de relieve se consideraron: la altura media, pendiente media de la cuenca, pendiente media del cauce entre otras características se consideró el tiempo de concentración, las herramientas utilizadas para la caracterización fueron los software ArcGis®, AutoCAD®, con la información generada por el MAGA como el modelo de elevaciones digital del 2006 y el IGN con sus hojas cartográficas del 2010.

Para el efecto se utilizaron los modelos que muestran en el cuadro 16 (Salguero, 2015):

Cuadro 16. Modelos utilizadas para el cálculo de características morfométricos.

Modelos	Descripción
$Sc = \left(\frac{D * L}{A_k} \right) * 100$	- Sc es la pendiente de la cuenca (%). - D es diferencia vertical entre curvas (m). - L es la longitud de las curvas de nivel dentro de la cuenca (m). - Ak es el área de la cuenca de estudio (m).
$Scp = \frac{\Delta H}{Dh} * 100$	- Scp: Pendiente del cauce principal (%). - Dh: longitud del cauce principal (m). ΔH: diferencia de altura (cota máxima y mínima) del cauce principal (m).
$Tc = 0.3 * \left(\frac{A}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	- Tc: tiempo de concentración (h). - A: área de la cuenca (km). - S: pendiente del cauce principal (%).
$Rf = \frac{A_K}{Lc^2}$	A_K es el área de la cuenca en estudio (km²). Lc es la Longitud del cauce principal (km) (Nacimiento – desembocadura). Rf es la relación de forma (Adimensional).
$D = \frac{L_a}{A_k}$	L_a es la longitud acumulada de las corrientes (km). A_k es el área de la cuenca (km²). D es la densidad de drenaje (km/km²).
$F_c = \frac{Ntc}{A_k}$	Ntc: número total de corrientes. A_k: área de la cuenca (km²). F_c: frecuencia o densidad de corrientes (Numero de corriente/km²).

Fuente: elaboración propia, 2015.

B. Trazo del cauce, márgenes de cauce y secciones transversales

Antes de ingresar la información de caudales al software HEC-RAS, se trazó la configuración topográfica del área de interés, para el efecto se utilizó el DEM (modelo de elevaciones digital) del MAGA, 2006.

El trazo consistió en el cauce principal, los márgenes del cauce principal y de las secciones transversales con longitudes de 2,800 m a 5,000 m de longitud perpendiculares al cauce, para realizar los trazos se hizo uso de la herramienta HEC-GeoRAS® en un Gis®. Las secciones transversales son de utilidad para indicar al software HEC-RAS hasta donde se desean modelar las inundaciones, entonces esta últimas se trazaron en función a los poblados cercanos al cauce (figura 67A).

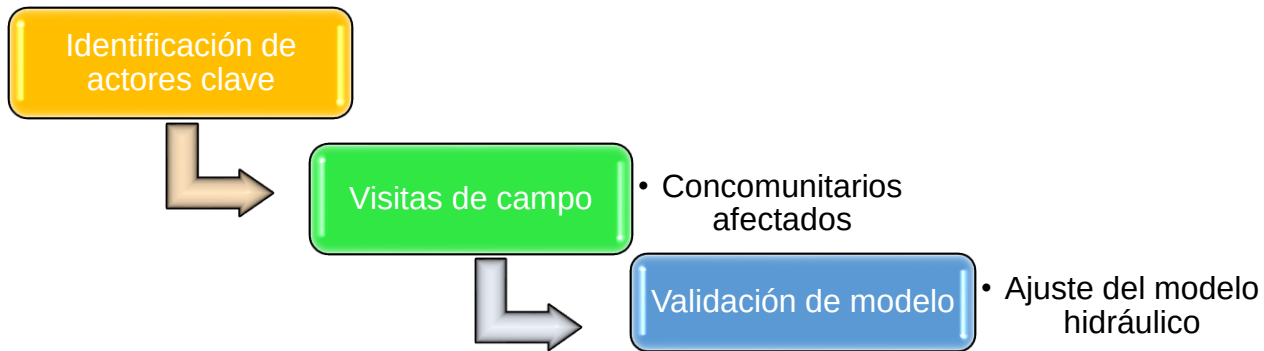
C. Identificación de zonas de inundación

Después de delimitar los componentes del área de interés se extrajo la información topográfica y se analizaron los datos en el software HEC-RAS, en donde se ingresaron los caudales generados en la modelación hidrológica de la cuenca baja por período de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años), para generar el modelo hidráulico (figura 74A), posteriormente se analizó la información en HEC-GeoRAS y se generó el raster de inundaciones (figura 76A).

Posterior al proceso se analizaron y discutieron datos generados por el modelo hidráulico como velocidades, caudales, magnitud de áreas inundables en poblados, en cultivos y altura de inundaciones combinando las herramientas del HEC-GeoRAS® y Gis®.

2.7.3. Metodología para validación de modelos con la percepción comunitaria

La metodología para la validación comunitaria del modelo hidráulico y se muestra en la figura 14.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Proceso metodológico para validación de modelos con comunitarios.

K. Identificación de actores clave

La identificación de actores clave realizó mediante reuniones con miembro de organizaciones municipales donde se aprovechó el espacio para pedirles información sobre los afectados y contactos de comunitarios.

L. Visitas de campo

Las visitas de campo se aprovecharon las reuniones de COMUDE de los municipios de la cuenca baja en total se realizaron cuatro visitas.

- Visita 1. Reconocimiento de la cuenca baja (figura 77A).
- Visita 2. Análisis histórico (áreas y comunidades de estudios) (figura 78A).
- Visita 3. Mapeo de inundaciones y validación a nivel comunitario (figura 79A).
- Visita 4. Identificación de acciones preventivas y mitigación (figura 80A).

Para la visita de reconocimiento se tuvo el apoyo de autoridades municipales del municipio de La Blanca con quienes se abordaron temas de interés para la investigación, como los sitios problemáticos de desbordamiento del río y comunidades afectadas.

En la segunda visita se tuvo presencia en las comunidades afectadas para tener comunicación directa con los pobladores, en la cual se identificaron aspectos históricos de importancia en la región.

En la tercera visita se acudió a una reunión con las comunidades con problemas de inundaciones a causa del río Naranjo y para ello se utilizaron hojas cartográficas donde los comunitarios trazaron polígonos que según sus experiencias son zonas de inundación y con la ayuda de una aplicación de teléfono llamada Avenza Maps® y se los sitios afectados según el mapa de inundaciones generados con la modelación hidráulica y se tomaban puntos donde se consideraba importante.

En la cuarta visita se identificaron a líderes comunitarios con experiencia en inundaciones y se entrevistaron para verificar los comentarios de los pobladores y para generar ideas de acción.

M. Ajuste del modelo hidráulico

Se digitalizó la información recopilada en campo y se traslapó la información con el modelo hidráulico, se realizaron visitas en los sitios con alta probabilidad de inundaciones y se mapearon las zonas de inundación definitivas.

2.7.4. Metodología para identificar acciones encaminadas al manejo del territorio

La metodología para identificar las acciones para reducir el riesgo de amenaza a inundaciones se presenta en la figura 15:



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Proceso metodológico para acciones encaminadas al manejo del territorio.

A. Caracterización socio-económica

Se recopiló información sobre: nivel de ingresos económicos, educación, organizaciones sociales, tenencia de la tierra, actividades productivas, con información generada por el Instituto Nacional de Estadística - INE, direcciones de planificación municipales – DMP y documentos de graduación de universidades.

B. Revisión de literatura para propuestas de acción

Las propuestas de acción fueron generadas en función a la información obtenida del modelo hidráulico, las visitas con los comunitarios en Ocos y La Blanca y mediante revisión de literatura para reforzar los temas útiles para el caso.

C. Recomendaciones

En función a la información recopilada de la revisión bibliográfica, la percepción comunitaria e información general de la cuenca del río Naranjo se realizó una serie de recomendaciones para aportar al manejo correcto de la cuenca baja para contribuir con la reducir del riesgo de inundaciones.

2.8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.8.1. Caracterización morfométrica

A. Ubicación geográfica

La cuenca del río Naranjo está ubicada en la vertiente del Pacífico de Guatemala, colinda al este con la cuenca del río Ocosito y al oeste con la cuenca del río Suchiate, se localiza entre las coordenadas (latitud 15°00'54.09"N, longitud 91°47'44.56"O), (latitud 14°42'0.73" N, longitud 91°50'14.79"O), (latitud 14°52'59.29"N, longitud 92°01'58.63"O) y (latitud 14°30'28.65"N, longitud 92°11'49.12"O), en la figura 16 se muestra la cuenca del río Naranjo.

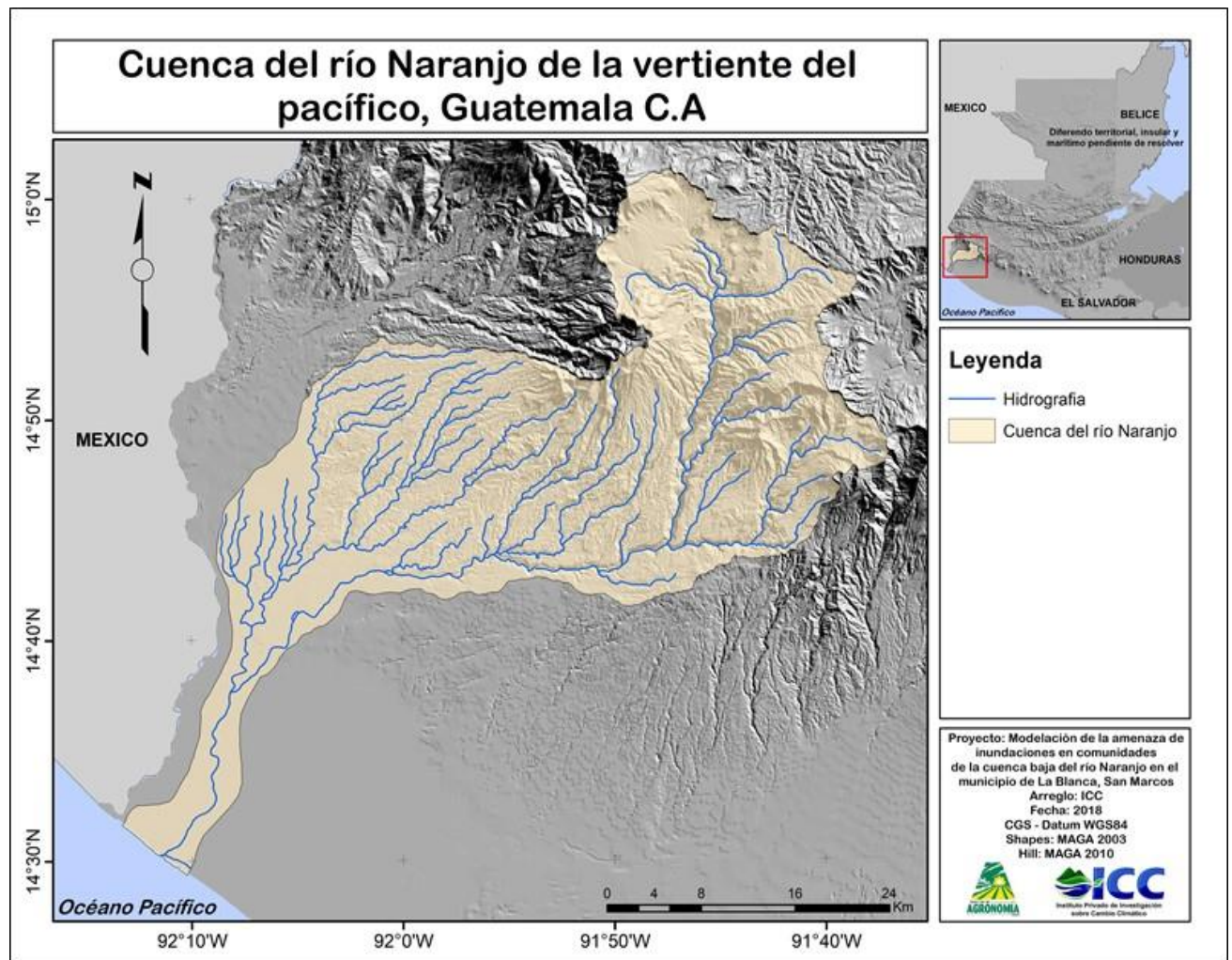


Figura 16. Mapa de ubicación de la cuenca del río Naranjo con su red hídrica.

De la cuenca se pueden mencionar a los ríos Chisna, Chol, Ixtal, Melendez, Mujulia, Nahuatan, Negro, Tilapa, Pajapa, Talcana, Palatzá, San Luis, Zanja el Tieso, Zanjón San Lorenzo, Zanjón Pacayá y el río Naranjo, como corrientes principales.

En el cuadro 17 se presentan algunas de las características morfométricas básicas de la cuenca del río Naranjo.

Cuadro 17. Características morfométricos de la cuenca del río Naranjo.

Aspectos morfométricos	Valores	Unidades	Interpretación
Aspectos lineales			
Perímetro	238.24	km	----
Orden de corriente cause principal	5	----	Cuenca ramificada
Longitud de cause principal	99.76	km	----
Longitud media de corrientes	7.4	km	Larga
Longitud acumulada de corrientes	3,632.55	km	----
Numero de corrientes	6262	---	----
Aspectos de superficie			
Área	1,273.56	km ²	Cuenca mediana
Relación de forma	0.13	---	Cuenca alargada
Densidad de drenaje	2.87	km ⁻¹	Baja
Frecuencia o densidad de corrientes	4.95	Numero de corrientes/km ²	Baja frecuencia y eficiencia hidrológica
Aspectos de relieve			
Pendiente media de la cuenca	25.99	%	Pronunciada
Pendiente del cauce principal	3.51	%	Suave
Cota mayor	3.5	km	----
Cota menor	0	km	----
Aspecto de crecidas			
Tiempo de concertación	7.99	h	Red de drenaje bien estructurada

B. Aspectos lineales

El parte aguas de la cuenca del río Naranjo es de 238.24 km, la longitud del cauce principal en la cuenca es de 104 km desde el municipio de San Pedro Sacatepéquez hasta su desembocadura entre el municipio de Ocosingo y La Blanca.

La cuenca cuenta con un total de 6,262 corrientes tomando en cuenta flujos perennes e intermitentes del cual 3,685 son intermitentes y el resto 2,649 son corrientes perennes incluyendo zanjones, ríos y quebradas, la longitud promedio de las corrientes es de 7.4 km consideradas corrientes largas (Herrera, 2013). El cauce principal de la cuenca es de orden 5 y el 58.14 % de sus tributarios son de orden 1.

C. Aspectos de superficie

La cuenca del río Naranjo cuenta con una superficie de 1,273.56 km² considerada como una cuenca de tamaño mediano (Herrera, 2013).

La relación de forma es de 0.13, lo que indica que la cuenca es de forma alargada (Salguero, 2015), por esta característica se espera que en precipitaciones la respuesta hidrológica sea lenta, debido a que en este tipo de cuenca la precipitación no ocurre de forma simultánea a diferencia de las que tienen forma redonda (Ayala, Páez & Araque 2007) por lo que la probabilidad de que las corrientes superficiales lleguen al punto de aforo al mismo tiempo es baja, de manera similar se comportará el arrastre de sedimentos y contaminantes.

La densidad de drenaje de 2.85 km/km², se podría asociar a suelos con buen drenaje, presencia de cultivos permanentes o pastos como cobertura vegetal, también es importante mencionar que este valor podría ser un indicador de menor tolerancia a perturbaciones antrópicas y naturales. Otro indicador del estado de drenaje es la frecuencia o densidad de corrientes el cual fue de 4.92 corrientes/km², este indica que existe baja eficiencia hidrológica o una deficiente capacidad por parte de la cuenca para evacuar el agua que precipita (Gonzáles, 2004).

D. Aspectos de relieve

La pendiente media de la cuenca es de 25.55 % lo que corresponde a un relieve pronunciado (Salguero, 2015), este tipo de relieves necesita protección y conservación forestal, al estar desprotegido existe riesgo de erosión y como consecuencia el asolvamiento de secciones del río en determinadas épocas, en la figura 17 se presenta la distribución de pendientes en la cuenca del río Naranjo.

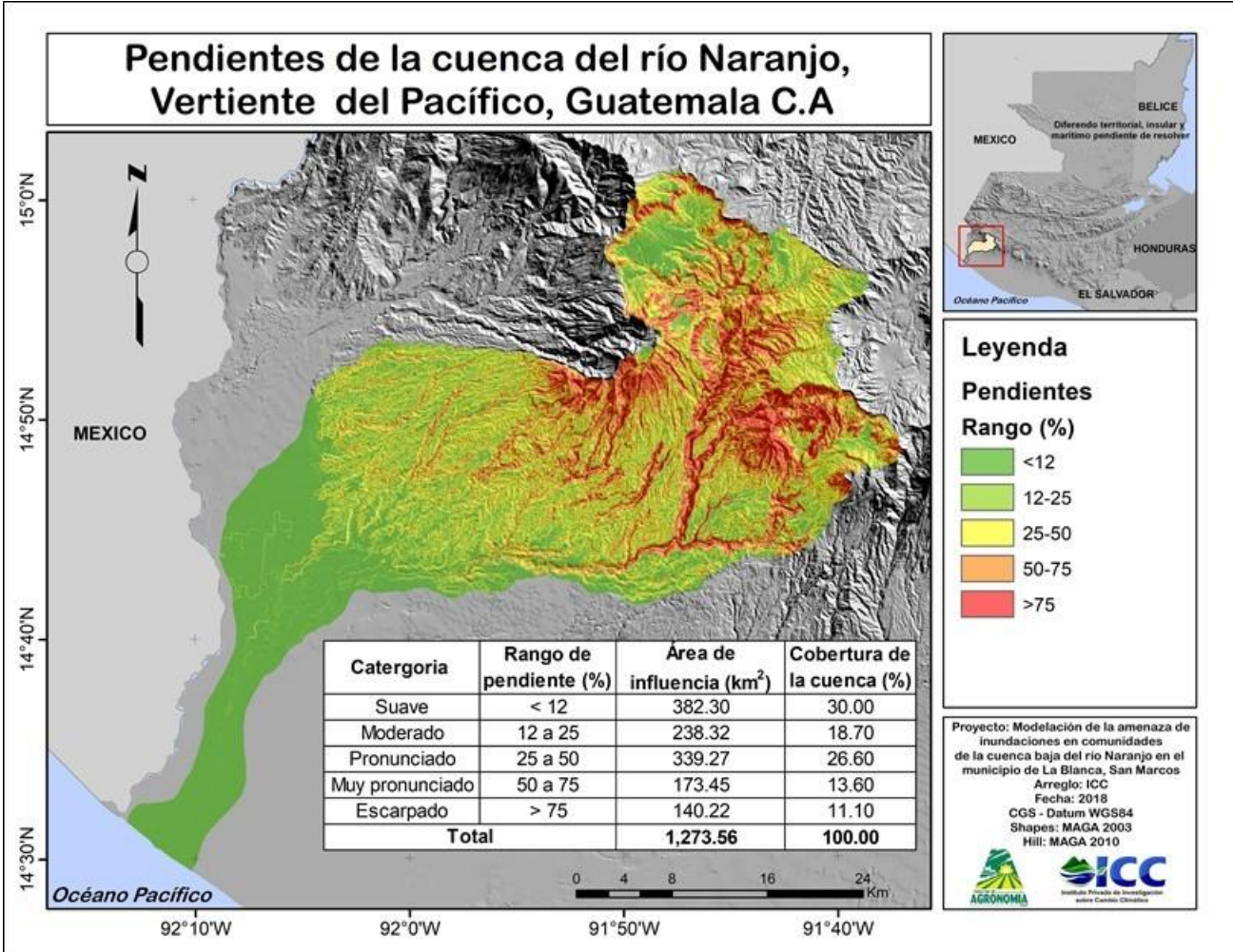


Figura 17. Relieve de la cuenca del río Naranjo.

La pendiente media del cauce es de 3.51 % “pendiente suave”, este valor le da validez a la baja eficiencia hidrológica que la cuenca pueda tener para drenar agua ya que debido a su pendiente suave la infiltración del agua a lo largo del cauce es mayor y la velocidad del flujo

puede ser baja, en la figura 18 se puede apreciar el perfil del cauce principal de la cuenca del río Naranjo.

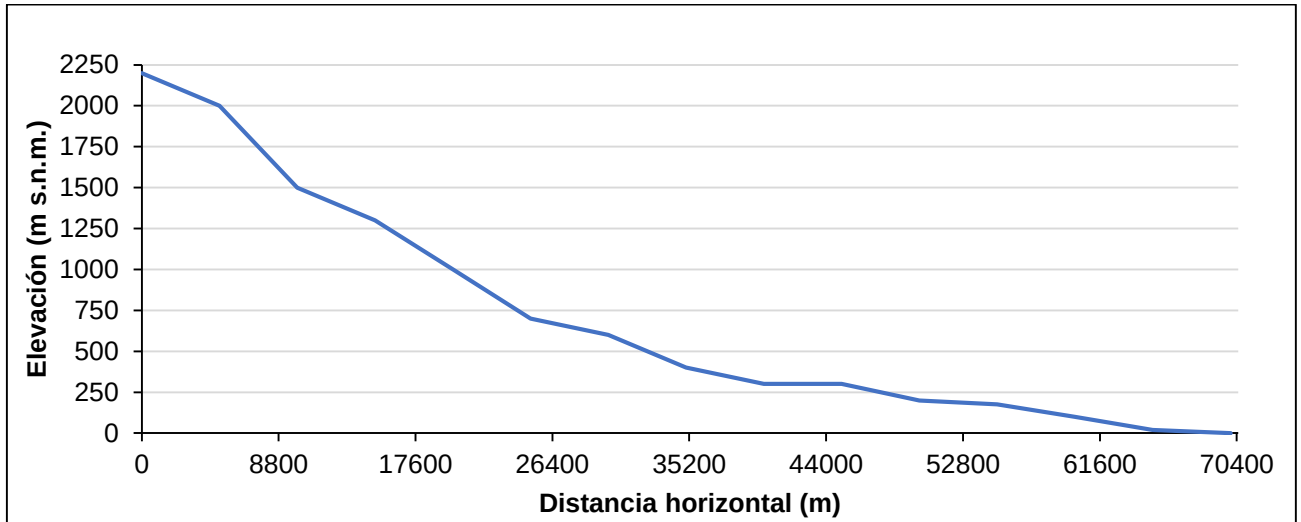


Figura 18. Perfil del cauce principal del río de la cuenca Naranjo.

El rango altitudinal en la cuenca es de 0 m a 3,500 m s.n.m. con una elevación media de 677.85 m s.n.m., en la figura 19 se muestra la curva hipsométrica de la cuenca de la cual se puede comentar que por su forma representa un bajo potencial erosivo en la cuenca e indica que la cuenca se encuentra en una fase de vejez o alto grado de madurez. La variación en altitud se relaciona de manera directa con aspectos climáticos como la temperatura y precipitación (Salas, Pinedo, Viramontes, Báez & Quintana, 2011).

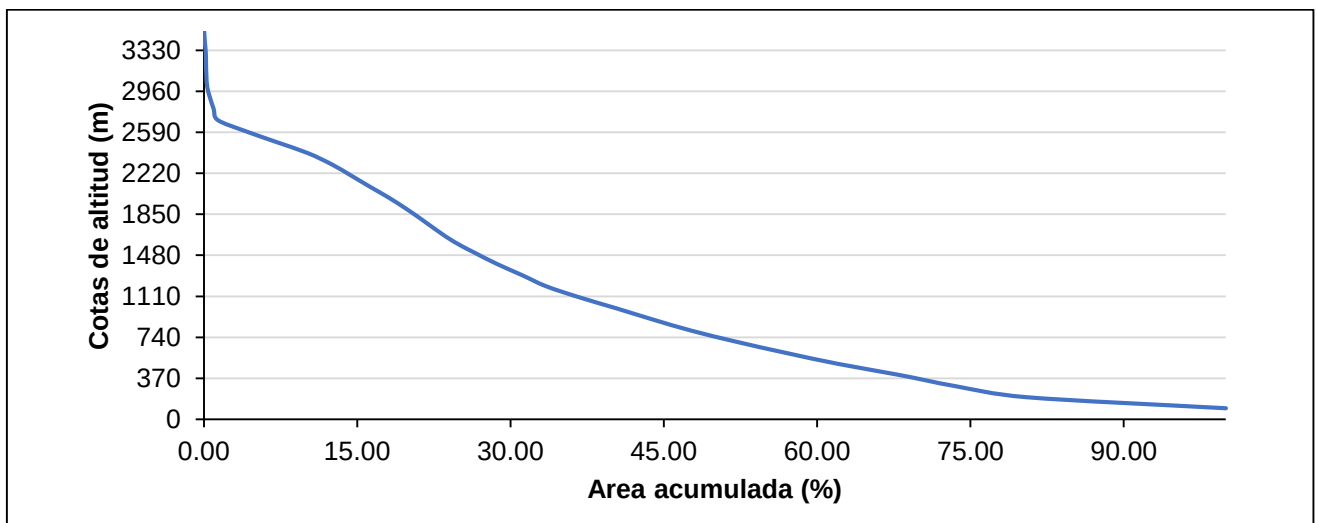


Figura 19. Curva hipsométrica de la cuenca del río Naranjo.

E. Aspectos temporales

El tiempo de concentración para la cuenca es de 7.99 h, este nos indica el tiempo aproximado de la respuesta hidrológica del cauce hasta la desembocadura, además hay que considerar que tiempos de concentración menores a 40 h corresponden a rápidos desalojos de agua, sin embargo el valor no es constante ya que depende de factores como cobertura vegetal, estructuras de conservación de suelo, intensidad de la lluvia, los cuales repercutirán en la menor o mayor infiltración de agua en la cuenca, por otra parte este valor teórico podría ser de utilidad para generar planes de emergencia en partes bajas de la cuenca (Salas et.al, 2011).

2.8.2. Caracterización hidrológica

A. Estaciones meteorológicas

Las características pluviométricas se obtuvieron de las estaciones que se muestran en la figura 20.

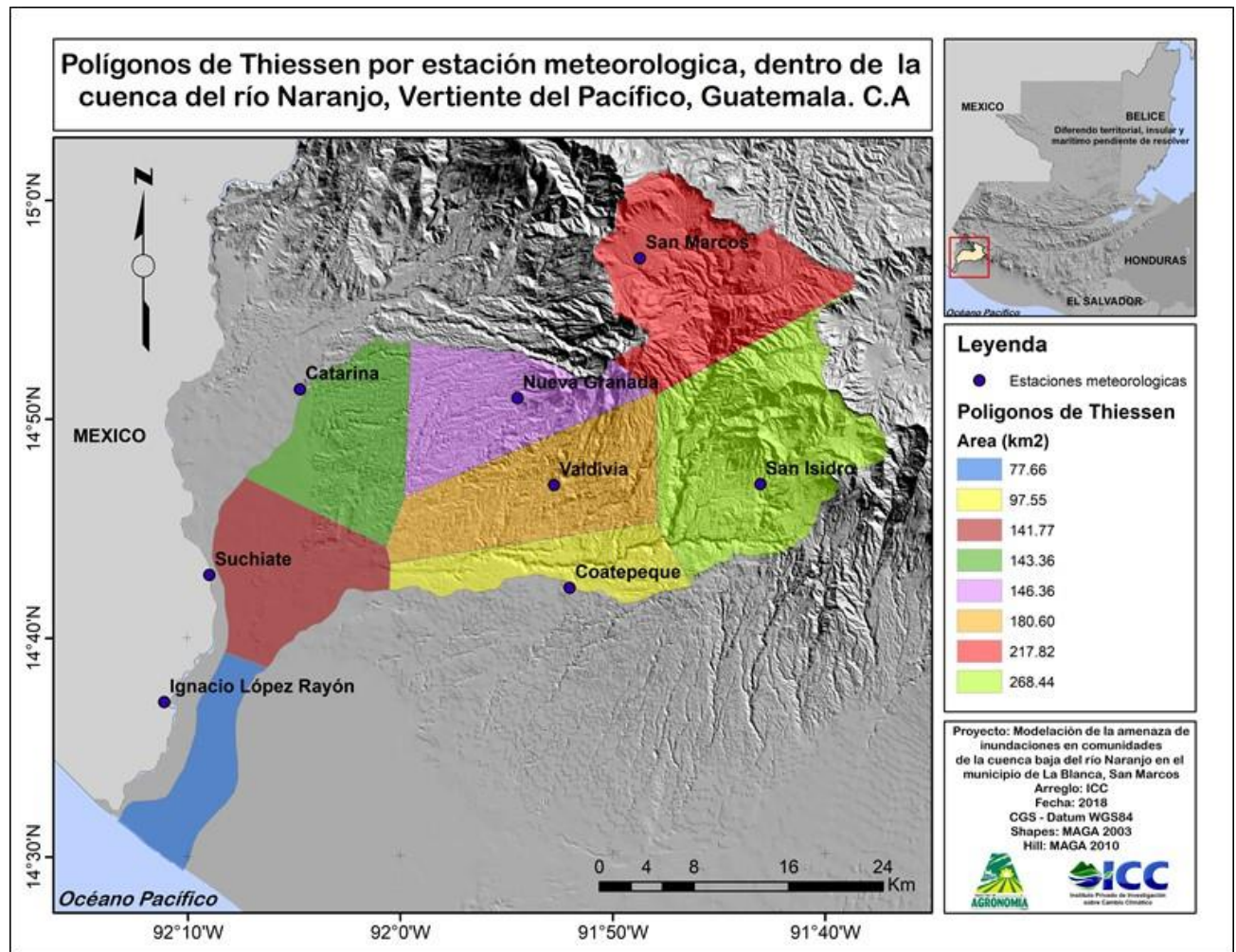


Figura 20. Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de precipitación.

La figura 20 muestra el área de influencia de cada estación meteorológica utilizada para la extracción de información de precipitación, humedad, temperatura para generar un mapa de balance hídrico. Con respecto a su área de influencia de mayor a menor se tiene a la estación San Isidro, San Marcos, Suchiate, Catarina, Nueva Granada, Valdivia e Ignacio López Rayón.

B. Precipitación

El comportamiento de la precipitación dentro de la cuenca Naranjo se muestra en la figura 21, donde se aprecia que la menor cantidad de precipitación se da en la cuenca baja con valores de 1,067.26 mm a 1,532.21 mm anuales, este comportamiento se registra en los municipios de Ocos, La Blanca, Ayutla y parte de Pajapita, por otra parte las precipitaciones más altas se registran en la parte media de la cuenca con registros anuales de 4,381.91 mm a 4,891.85 mm, los municipios que reciben esta precipitación son: Colomba, El Quetzal, Nuevo Progreso, Catarina, El Rodeo y La Reforma.

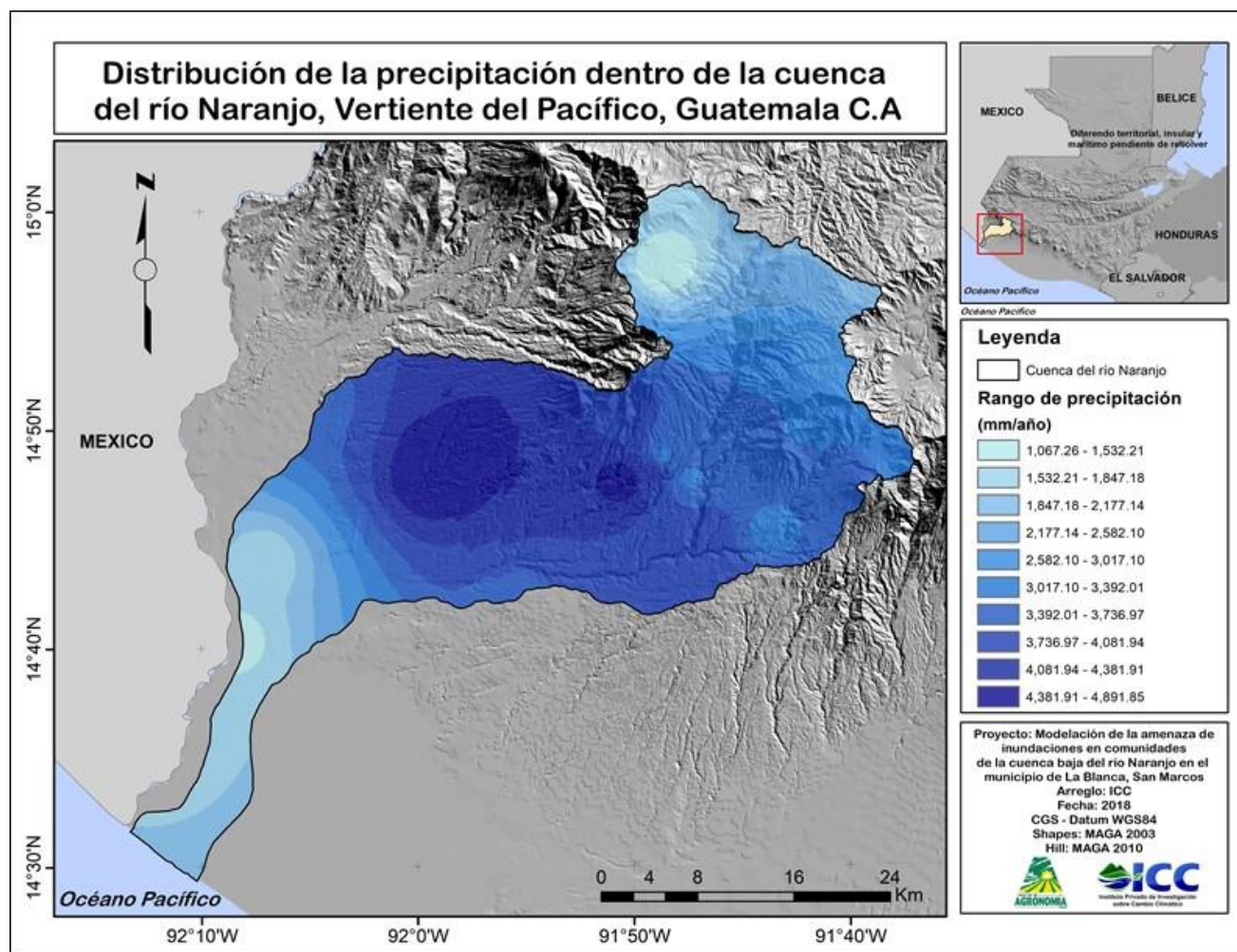


Figura 21. Distribución espacial promedio anual de la precipitación.

C. Evapotranspiración

En las partes baja y media de la cuenca la evapotranspiración tiene valores anuales de 1,515.30 mm a 1,816.53 mm mientras que las partes altas de la cuenca cuentan con valores anuales de 1,191.00 mm a 1,454.06 mm.

Los municipios con mayor evapotranspiración son los de Ocos, La Blanca, Ayutla, parte de Coatepeque, Pajapita, Catarina y El Rodeo, mientras que los municipios con menor evapotranspiración de la parte alta son, San Martín Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez, Palestina los Altos, San Cristóbal Cucho, San Juan Ostuncalco, San Marcos, Esquipulas Palo Gordo y San Pedro Sacatepéquez.

La evapotranspiración es mayor en las partes bajas de la cuenca que en las partes altas y la distribución se presenta en la figura 22.

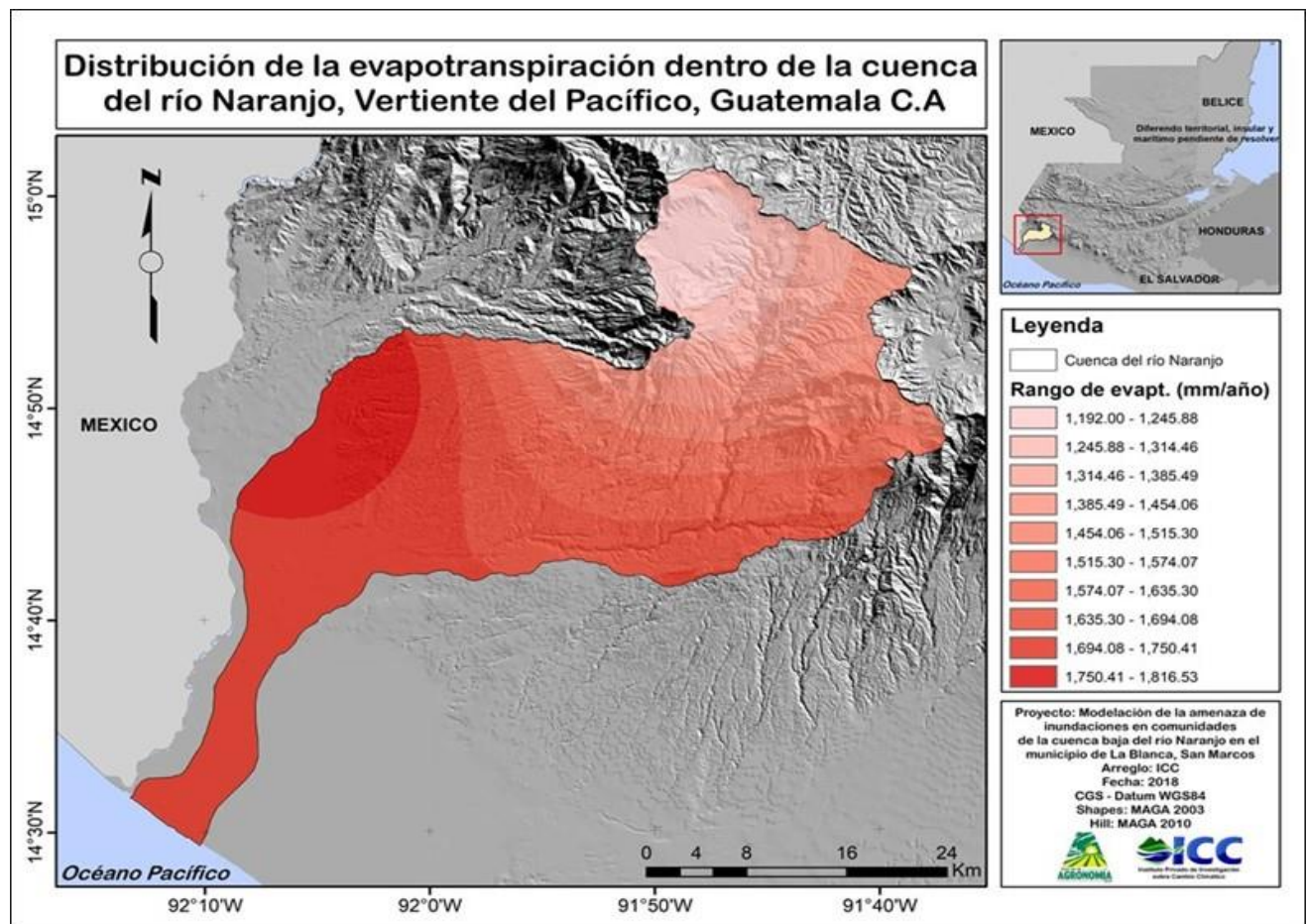


Figura 22. Distribución espacial promedio anual de la evapotranspiración.

D. Balance hídrico

La parte media de la cuenca presenta los valores más elevados de recarga hídrica con 2,120.66 mm hasta 3,180.62 mm anuales, valores características de los municipios de Colimba, El Quetzal, Nuevo Progreso, Catarina, El Rodeo y La Reforma, los municipios que registran menor recarga hídrica son La Blanca, Ocós, parte de Ayutla, Coatepeque, Pajapita, San Marcos, Esquipulas Palo Gordo y San Pedro Sacatepéquez, que por lo general son áreas de déficit ya que de evapotranspiración acumulada en todo el año supera a la precipitación, en la figura 23 se muestra el balance hídrico dentro de la cuenca Naranjo.

En los estratos medios y altos de la cuenca la precipitación anual es mayor que la evapotranspiración, representando superávit desde altitudes de 233 m a los 2,420 m s.n.m., siendo la parte media de la cuenca la que presenta mayor superávit de agua, lo que podría llegar a influenciar la mayor descarga de escorrentía a los cauces del río Naranjo.

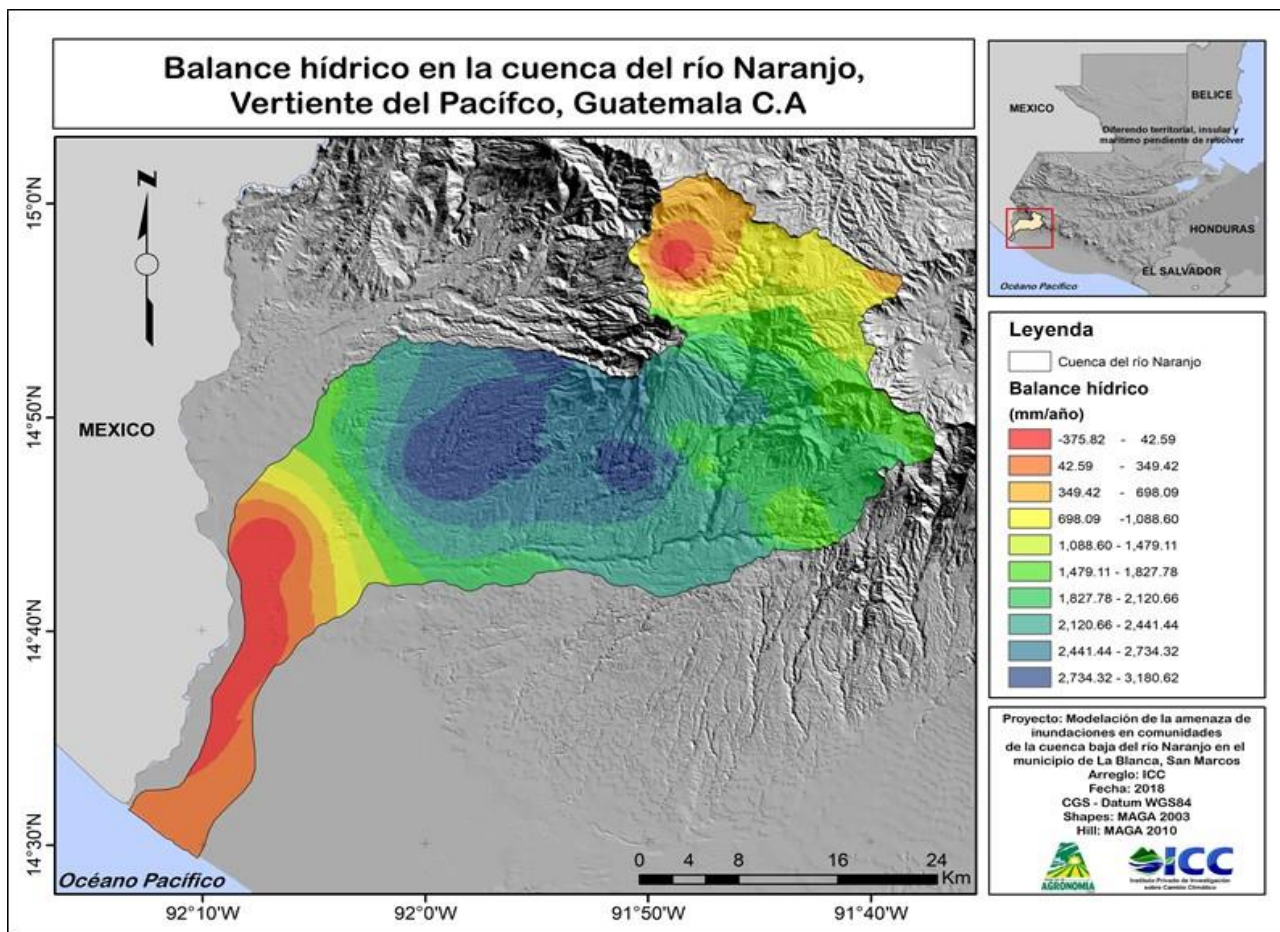


Figura 23. Balance hídrico anual promedio en la cuenca del río Naranjo.

E. Resumen de condiciones climáticas de la cuenca del río Naranjo

En figura 24 se muestra el balance hídrico, la relación existente entre la precipitación y evapotranspiración según los estratos altitudinales. Los estratos de 233 m a 1,080 m s.n.m. muestran los mayores valores de precipitación y menores de evapotranspiración, por lo que se podrían asumir como sitios de alta recarga hídrica.

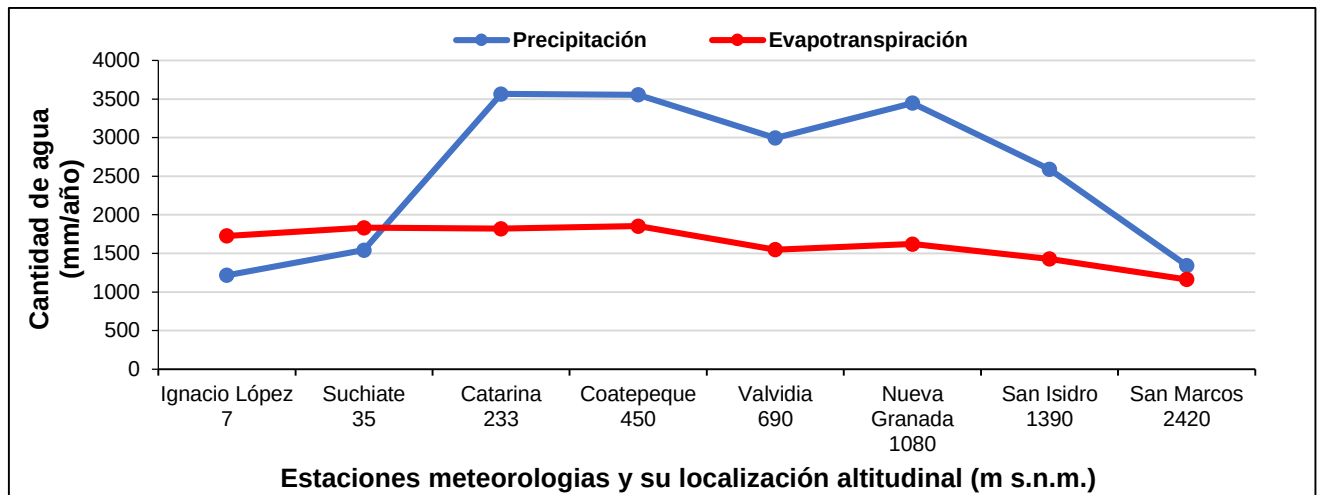


Figura 24. Relación precipitación - evapotranspiración en la cuenca del río Naranjo.

En la figura 25 se muestra el comportamiento de humedad y temperatura, la cual muestra que la temperatura disminuya a medida que aumenta la altura y la humedad es variable en los distintos estratos de altitud con su mayor valor en el estrato de 2,420 m s.n.m.

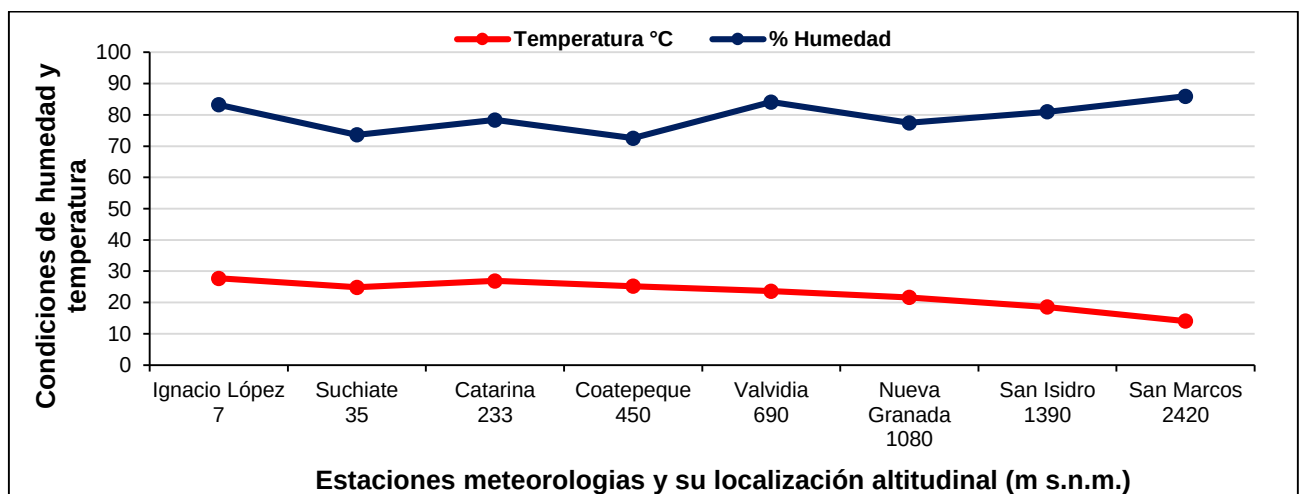


Figura 25. Condiciones de temperatura y humedad relativa en la cuenca del río Naranjo.

2.8.3. Caracterización biofísica

A. Zonas de vida

La caracterización de zonas de vida se muestra en la figura 26, donde se puede apreciar que la cuenca del río Naranjo cuenta con cinco zonas vida: bosque seco subtropical [bs-S], bosque húmedo subtropical cálido [bh-S(c)], bosque muy húmedo subtropical cálido [bmh-S(c)], bosque muy húmedo montano bajo [bmh-MB] y bosque muy húmedo montano [bmh-M].

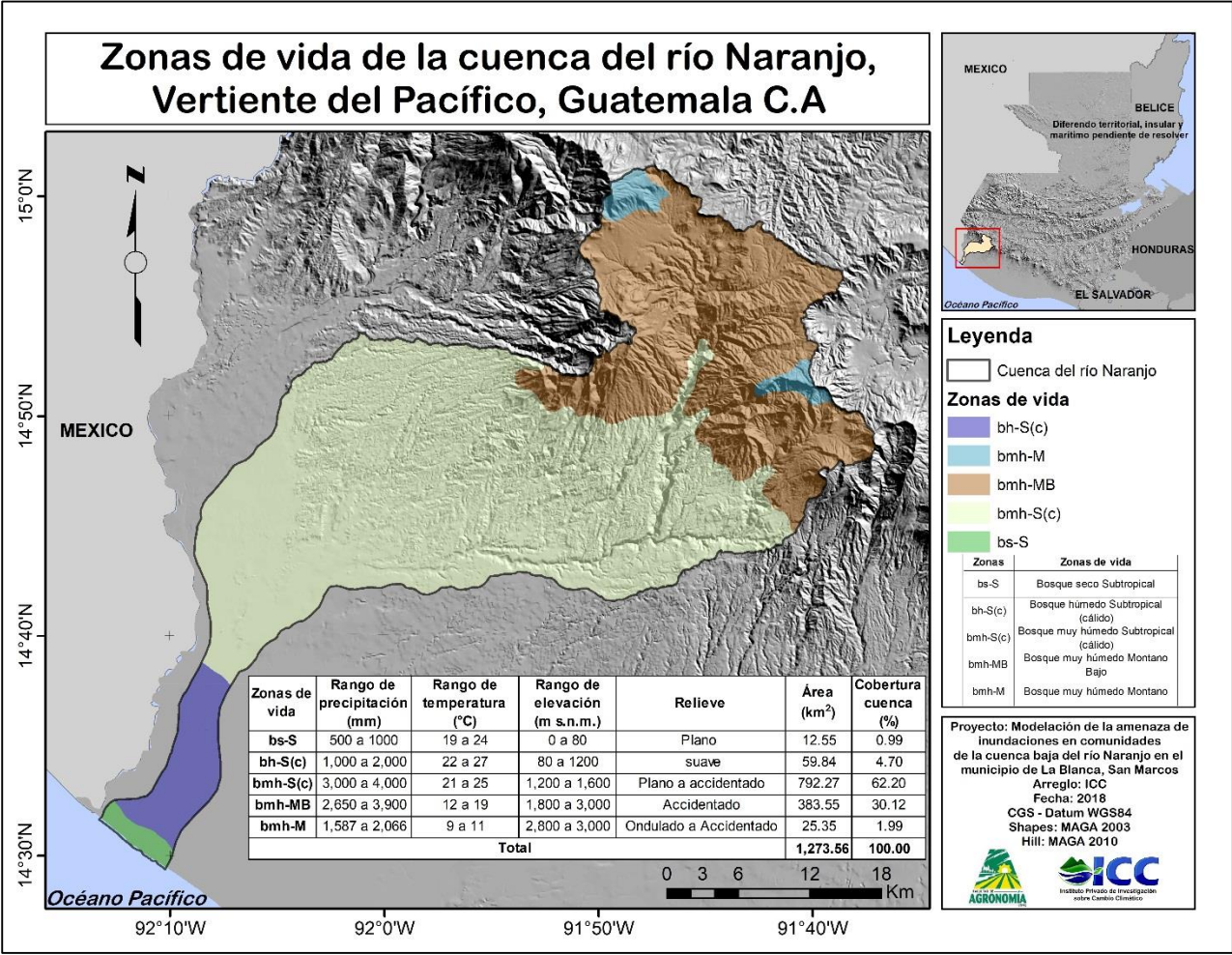


Figura 26. Zonas de vida según la clasificación de Holdridge.

El bosque muy húmedo subtropical cálido es la zona de vida que predomina en la cuenca con 62.21 % de la superficie total, la situación radica en que en esta zona de vida es donde

se registran los mayores valores de precipitación y también según la zona de vida su precipitación anual varía entre los 3,000 mm a 4,000 mm a diferencia de las partes baja de la cuenca donde predomina en menor porcentaje el bosque seco subtropical (0.99 %) y el bosque húmedo subtropical cálido (4.70 %), estas zonas de vida predominan en los municipios de la Blanca y Ocosingo. Lo anterior nos muestra las condiciones climáticas predominantes en la cuenca del río Naranjo que pueden llegar a tener influencia con origen de las inundaciones en la parte baja de la cuenca.

Los municipios que presentan las condiciones climáticas predominantes en la cuenca son: Catarina, El Rodeo, La Reforma la parte baja de San Martín Sacatepéquez, El Tumbador, Nuevo Progreso, El Quetzal, Pajapita Coatepeque, Ayutla y Colomba.

Las especies indicadoras de cada zona de vida se muestran en el cuadro 18, estas pueden ser indicadoras de zonas de inundaciones como lo es *Rhizophora mangle* (mangle rojo), especie del bosque seco subtropical, la mayoría de plantas de esta especie son plantas indicadoras de zonas inundables.

Cuadro 18. Tipo de plantas por zona de vida dentro de la cuenca del río Naranjo.

Nomenclatura	Zonas de vida	Nombre científico
bs-S	Bosque seco subtropical	<i>Cochlospermum vitifolium</i>
		<i>Suitenia humilia</i>
		<i>Alvaradoa amorphoides</i>
		<i>Sabal mexicana</i>
		<i>Phylocarpu septentrionalis</i>
		<i>Ceiba aesculifolis</i>
		<i>Albizzia carbaea</i>
		<i>Rhizophora mangle</i>
		<i>Avicenni nitida</i>
bh-S(c)	Bosque húmedo subtropical (cálido)	<i>Sterculia apetaba</i>
		<i>Platymiscium dimorphandrum</i>
		<i>Chlorophora tinctoria</i>
		<i>Cordia alliodora</i>

Nomenclatura	Zonas de vida	Nombre científico
bmh-S(c)	Bosque muy húmedo subtropical (cálido)	<i>Orbignya cohune</i>
		<i>Terminalia amazonia</i>
		<i>Brosimum alicastrum</i>
		<i>Lonchocarpus sp</i>
		<i>Virola sp</i>
		<i>Cecropia sp</i>
bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	<i>Alnus jorullensis</i>
		<i>Quercus spp</i>
		<i>Zinowiewia spp</i>
		<i>Buddleia spp</i>
bmh-M	Bosque muy húmedo montano	<i>Quercus spp</i>
		<i>Bocconia volcánica</i>
		<i>Buddleia spp</i>
		<i>Cestrum spp</i>
		<i>Garya spp</i>
		<i>Bacharis spp</i>

B. Fisiografía

La cuenca del río Naranjo tiene tres regiones fisiográficas, Llanuras Costeras del Pacífico, Pendiente Volcánica Reciente y las Tierras Altas Volcánicas. En la figura 27 se pueden apreciar las regiones fisiográficas y en el cuadro adjunto los grandes paisajes representados por códigos numéricos.

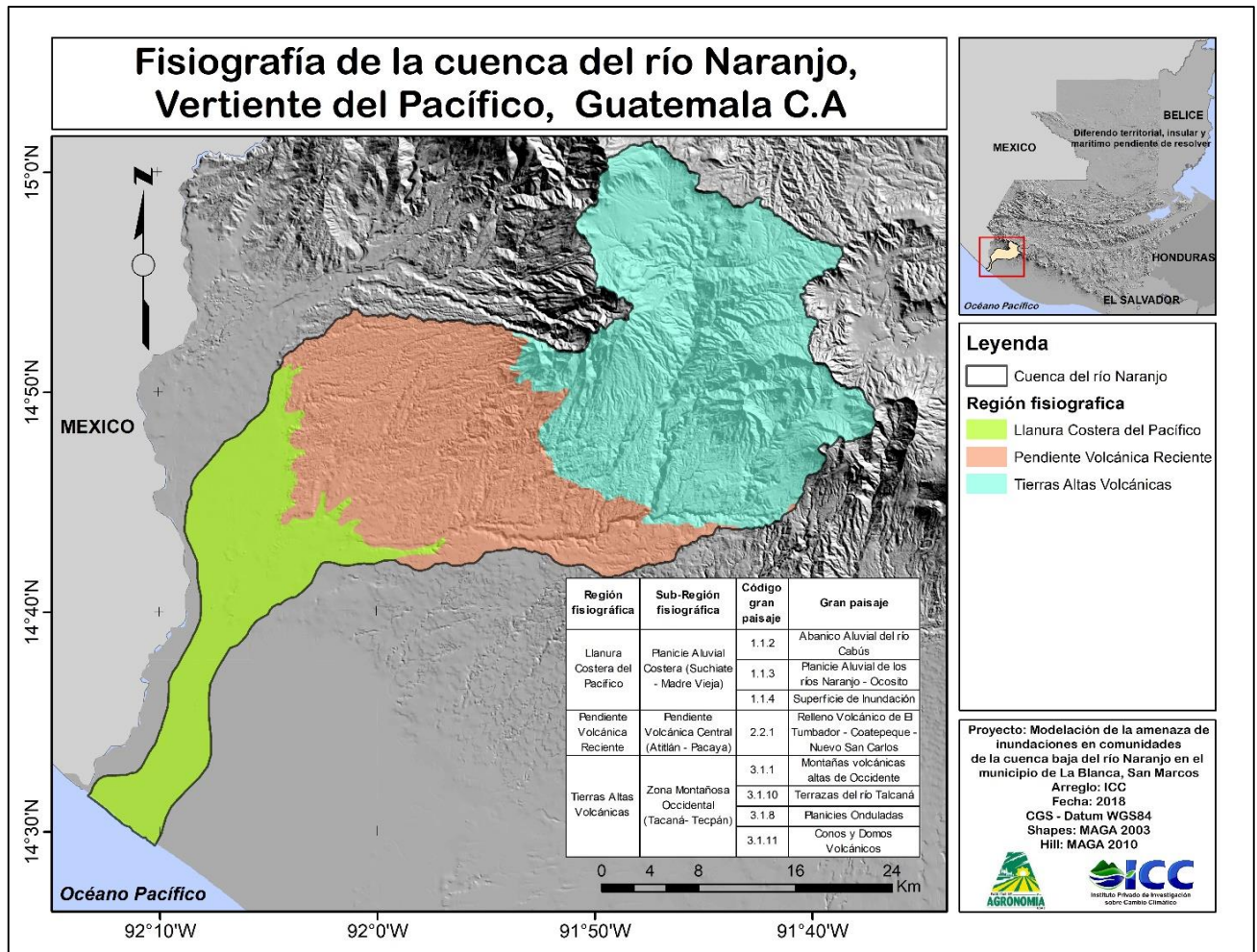


Figura 27. Regiones fisiográficas de la cuenca del río Naranjo con grandes paisajes.

De las tres regiones fisiográficas en la parte baja de la cuenca es la Llanura Costera del Pacífico que ocupa predomina en los municipios de la Blanca, Ocos, Pajapita, Nuevo Progreso, Catarina, Coatepeque y Ayutla en total ocupa 249.58 km² (20 % de la cuenca), esta región se caracteriza por ser planicies con pendientes poco onduladas debido a que son tierras con depósito de material proveniente de las pendientes recientes volcánicas (reciente formación), por tener un drenaje deficiente y son consideradas áreas de inundación, zonas de pantano, de mangle y algunos esteros, por lo que la región fisiográfica de la parte baja nos indica que las inundaciones son frecuentes en la zona (MAGA, 2003).

C. Aspectos de tierra y suelo

a. Ordenes de suelo

En la parte baja de la cuenca predomina el orden Mollisol, este cuenta con dos sub-ordenes llamados Aquolls y Ustolls, el primero cuenta con 1.33 km² de superficie, se caracteriza por presentar exceso la mayor parte del tiempo los cuales requieren obras de drenajes, el segundo tiene 97.06 km², a diferencia del Aquolls este presenta deficiencia de humedad y están secos entre 90 a 180 días del año, por lo que las inundaciones en la cuenca baja no están relacionadas con aspectos de saturación del suelo (MAGA, 2003).

En la cuenca del río Naranjo predomina el orden Andisol con 783.67 km² (61.53 %), que está en la cuenca alta, el orden Ultisol cuenta con 230.69 km² (18.11 %), el restante 20.35 % lo constituyen los órdenes Alfisol, Entisol y Mollisol en la figura 28 se pueden apreciar.

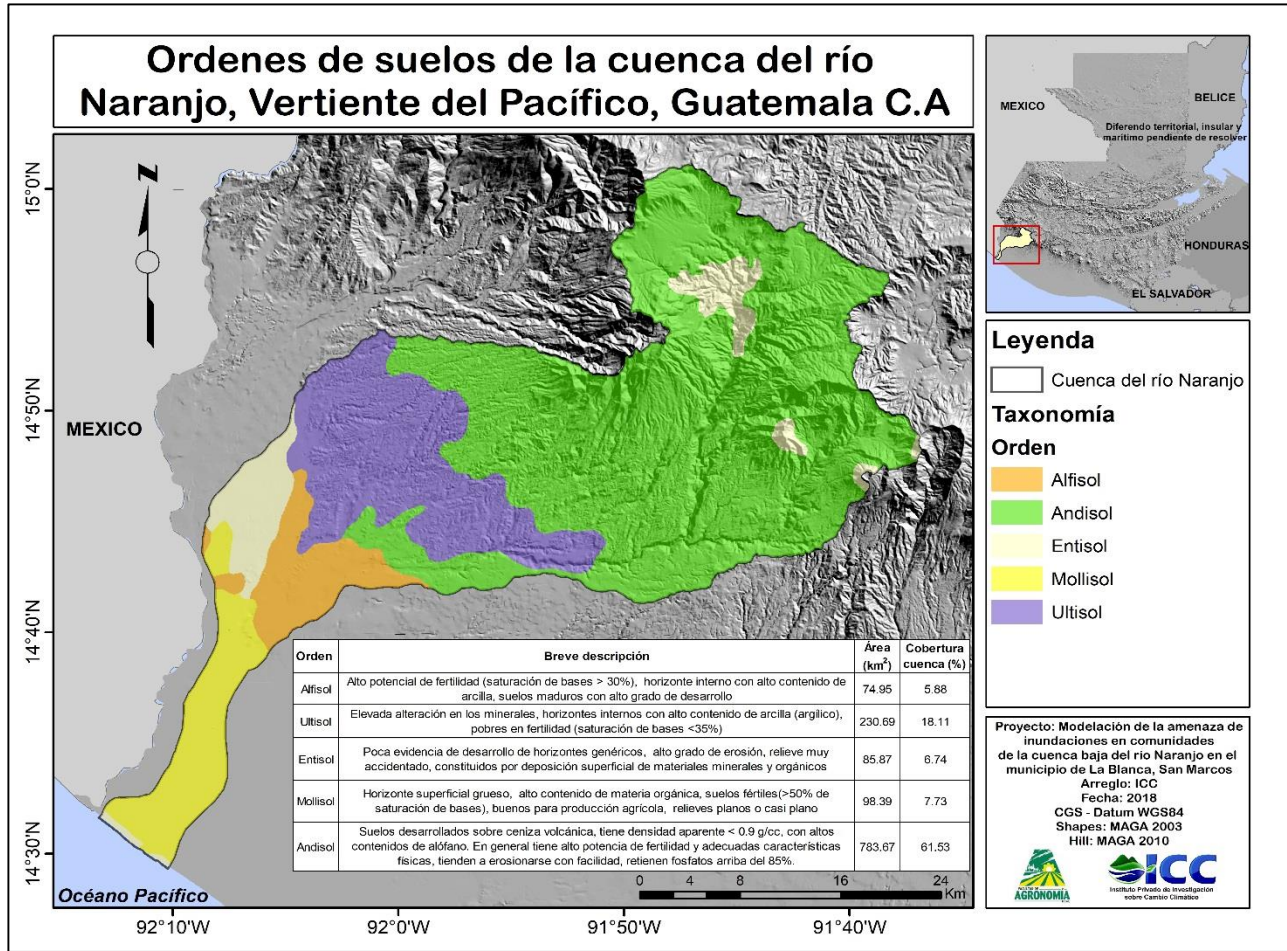


Figura 28. Orden de suelos de la cuenca del río Naranjo.

b. Texturas de suelo

La caracterización de texturas de suelos de la cuenca del río Naranjo se presenta en la figura 29, las texturas arenosas predominan en la cuenca 756.6 km² (59.41 %), seguida por las texturas francas, franco limosas y franco arcillosas que abundan en la parte media en su totalidad, ocupan una cobertura total en la cuenca de 441.84 km² (34.69 %) y las de menor abundancia son las texturas arcillosas y arenosas con 75.12 km² (5.90 %) de cobertura en toda la cuenca.

La textura se relaciona con las tasas de infiltración del agua, por lo que en la parte alta estas deben tener valores altos con esto se espera una escorrentía baja, en la parte media se esperan tasas de infiltración menores con esto mayor escorrentía y en la parte baja se tienen tasas altas de infiltración por lo que es posible que las inundaciones en la parte baja tengan relación con la generación de escorrentía en la parte media.

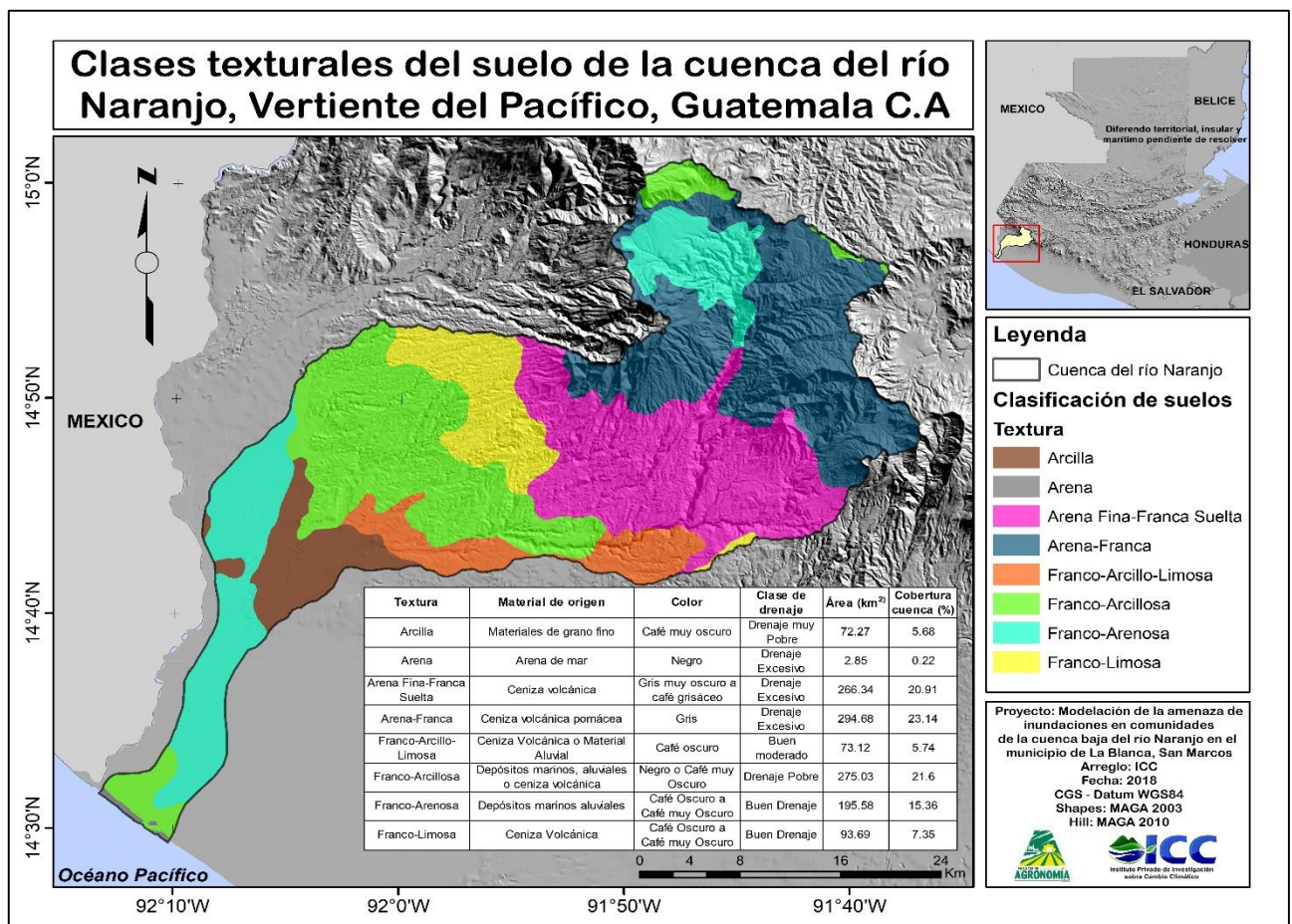


Figura 29. Clases texturales de suelo de la cuenca del río Naranjo.

c. Capacidad de uso de la tierra

En la figura 30 puede observar que 708.91 km² (55.66 %) de la superficie de la cuenca debe ser manejado con agroforestería con cultivos anuales, tierras forestales de protección de lo contrario se tendrían consecuencias como erosión y aumento del caudal de la escorrentía superficial.

Por otra parte, en las partes baja y medias de la cuenca predomina la agricultura con mejoras y sin limitaciones, por lo que en la parte baja y media se puede utilizar la tierra para fines de agricultura convencional.

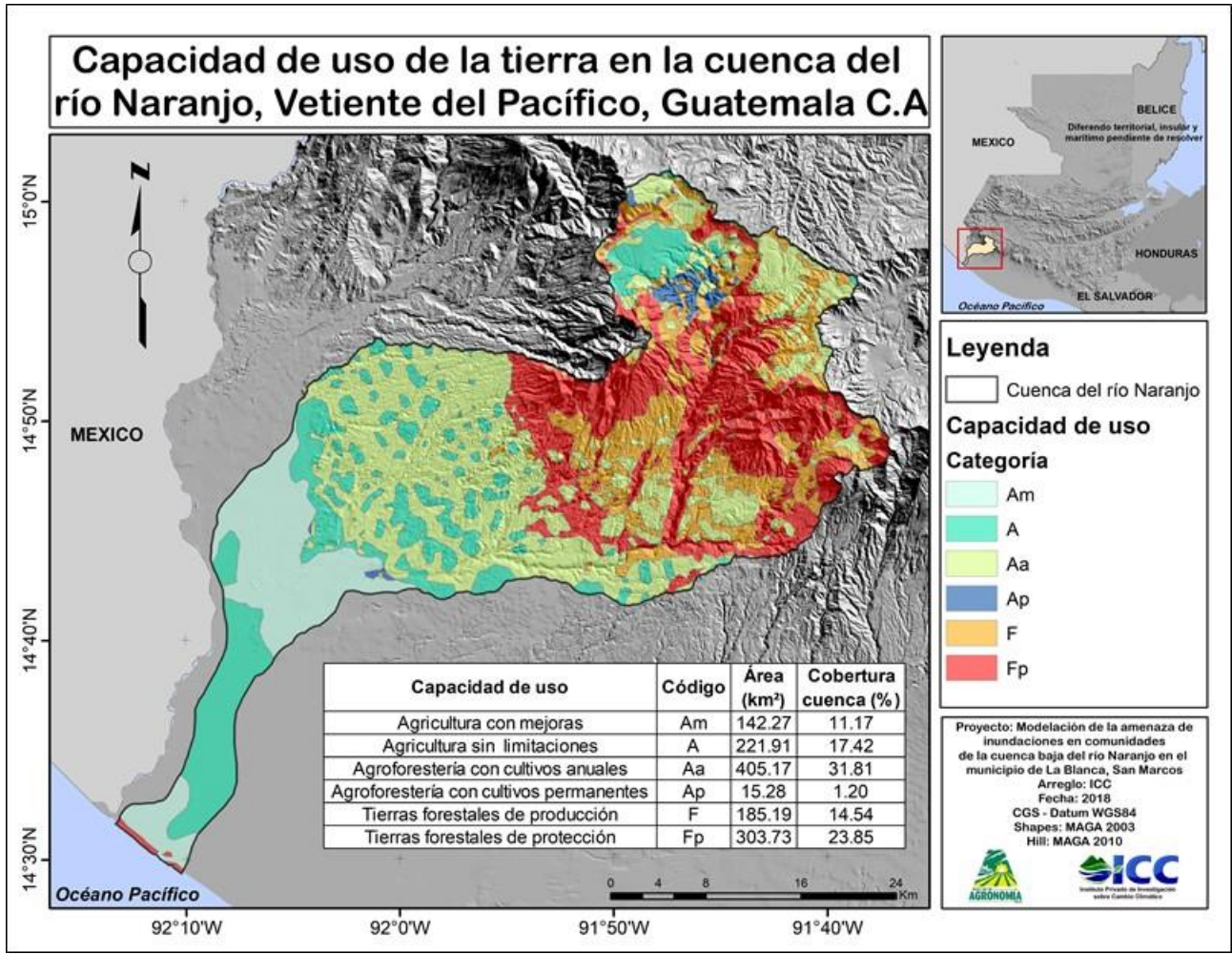


Figura 30. Capacidad de uso de la tierra según la metodología del INAB.

d. Uso actual de la tierra

El 64.24 % corresponde a cultivos agrícolas y el 26.36 % a cultivos forestales, la predominancia de cultivos agrícolas indica la importancia de la agricultura para los pobladores como principal actividad económica, el restante 9.64 % a las variables que no son cultivos ya que corresponde a centros poblados, agroindustria y otros, en el cuadro de la figura 31 se describe de mejor manera los porcentajes de cobertura del uso de la tierra.

Los cultivos que predominan en la cuenca baja son el banano/plátano y la palma africana, en la parte media el café, pasto cultivado y hule, en la parte alta los bosques latifoliados, bosques mixtos y hortalizas.

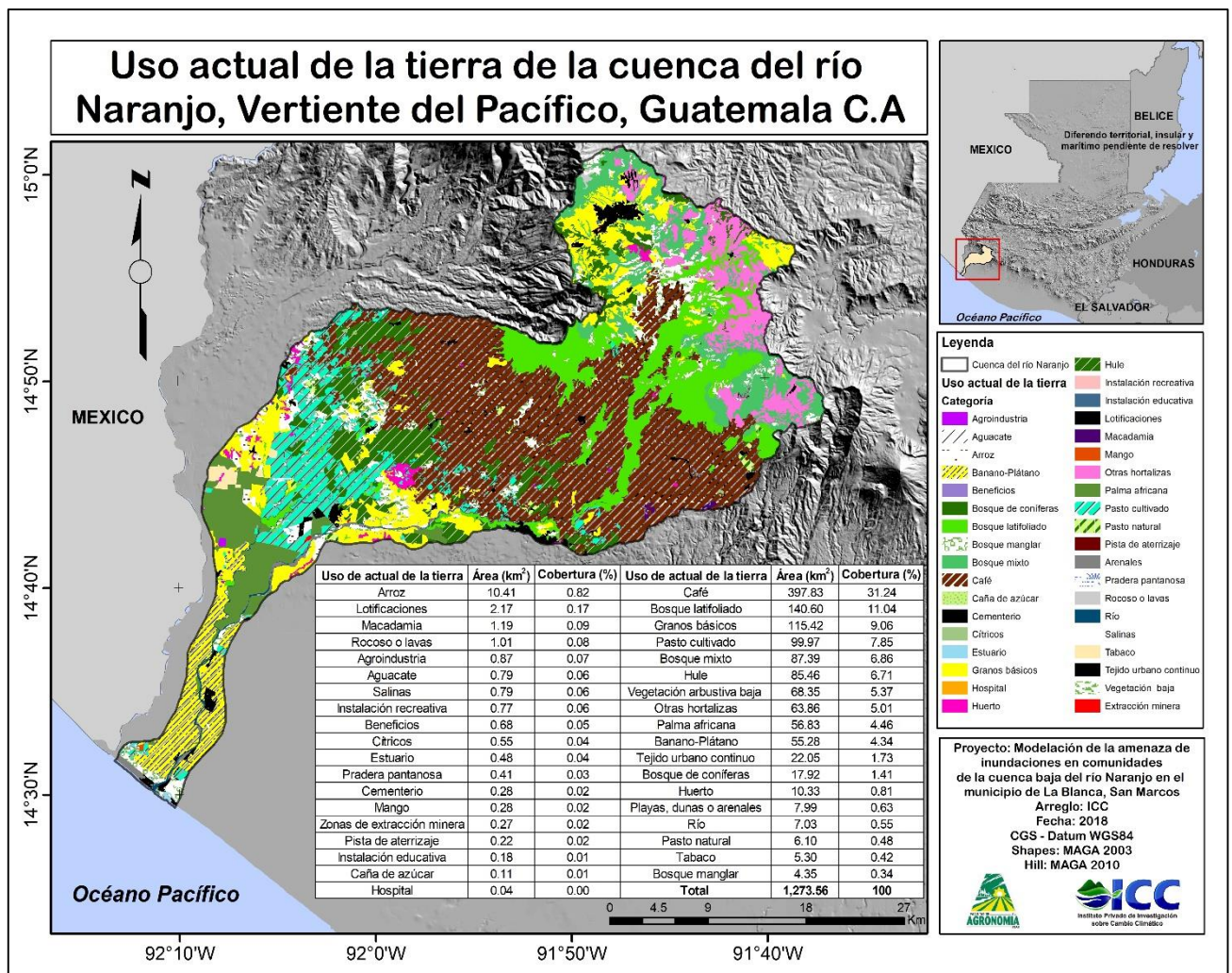


Figura 31. Uso de la tierra 2018 de la cuenca del río Naranjo.

e. Intensidad de uso de la tierra

Al realizar la comparación de capacidad de uso de la tierra con el uso 2018 de la tierra se tiene que 700.21 km² (54.98 %) de la tierra están en uso correcto, por otra parte, las áreas que están en sub-uso corresponden a 217.41 km² (17.07 %) que son playas, dunas, arenales, vegetación baja, matorrales y pasto natural, la categoría de sobreuso de la tierra cuenta con 355.94 km² (27.95 %), de superficie lo que es menor área que las anteriores categorías (figura 32), se localiza en las partes altas de la cuenca donde las texturas son arenosas, por lo posiblemente exista mayor tasa de infiltración y el arrastre de sedimentos sea mayor, en la actualidad están ocupados por el cultivo de café, granos básicos y hortalizas.

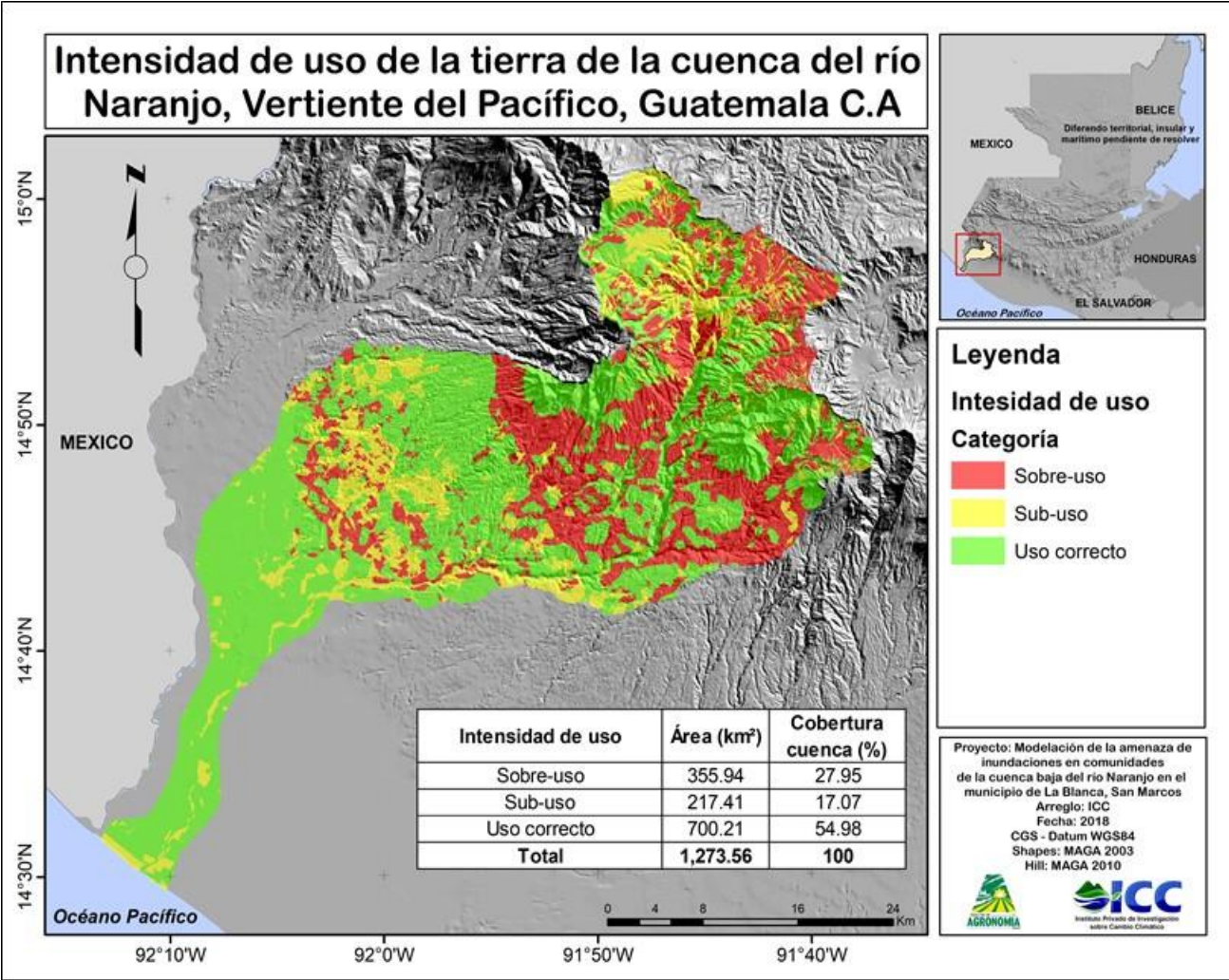


Figura 32. Intensidad de uso de la tierra de la cuenca del río Naranjo, 2018.

2.8.4. Caracterización socio-económica

A. División política

La cuenca del río Naranjo contiene parte de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, del cual San Marcos es el que ocupa mayor extensión territorial con un 72.8 % y Quetzaltenango con (27.2 %) (figura 33).

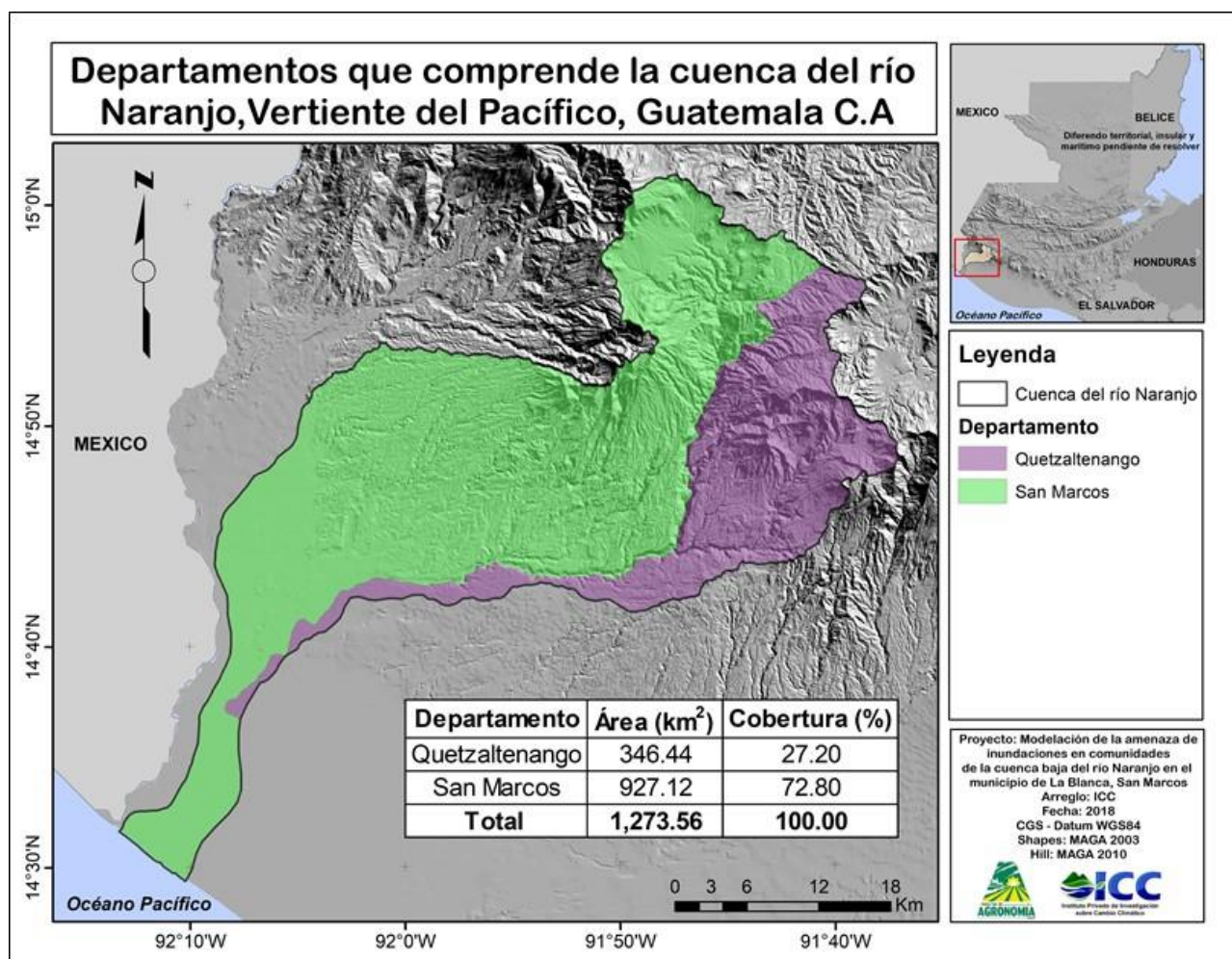


Figura 33. Mapa base de división política departamental de la cuenca del río Naranjo.

Entre los municipios con mayor extensión territorial están: Nuevo Progreso, El Tumbador y Pajapita con 133.88 km², 132.31 km² y 131.12 km², esto es de importancia, ya que en efecto actividades ligadas a los municipios más grandes pueden afectar a los otros municipios. De forma general todas las actividades de los municipios de la cuenca alta y media tendrán

efectos positivos o negativos en la parte baja, sin embargo las mayores extensiones pueden repercutir en un mayor impacto, en el cuadro 19 se muestra la cobertura que tienen los municipios dentro de cuenca del río Naranjo.

Cuadro 19. Extensión territorial de los municipios de la cuenca del río Naranjo.

Departamento	Municipio	Área dentro de la cuenca (km²)	Cobertura (%)
Quetzaltenango	Palestina de Los Altos	27.20	2.14
	Cajolá	0.13	0.01
	San Juan Ostuncalco	69.85	5.48
	Concepción Chiquirichapa	0.65	0.05
	San Martín Sacatepéquez	97.93	7.69
	Colomba	92.74	7.28
	Coatepeque	57.94	4.55
San Marcos	San Marcos	31.66	2.49
	San Lorenzo	0.25	0.02
	San Pedro Sacatepéquez	64.76	5.08
	San Antonio Sacatepéquez	31.84	2.50
	Esquipulas Palo Gordo	14.87	1.17
	El Rodeo	26.50	2.08
	San Cristóbal Cucho	29.70	2.33
	El Tumbador	132.31	10.39
	Nuevo Progreso	133.88	10.51
	Catarina	36.74	2.88
	La Reforma	74.06	5.82
	El Quetzal	87.47	6.87
	Pajapita	131.12	10.30
	Ayutla	71.35	5.60
	Ocos	33.55	2.63
	La Blanca	27.06	2.12
Total		1,273.56	100.00

La parte alta de la cuenca del río Naranjo está constituida por los municipios de: Colomba, El Quetzal, La Reforma, Esquipulas Palo Gordo, Palestina de los Altos, San Antonio Sacatepéquez, San Cristóbal Cucho, San Juan Ostuncalco, San Marcos, San Martín

Sacatepéquez y San Pedro Sacatepéquez, la cuenca media por otra parte está conformada por: San Lorenzo, Pajapita, El tumbador, El Rodeo, Concepción Chiquirichapa, Coatepeque, Catarina, Ayutla, Nuevo Progreso y Cajolá, los que conforman la parte baja está constituida por los municipios de Ocos y la Blanca que están expuestos a efectos de actividades de pobladores de los municipios de la parte media y alta.

En la figura 34 se pueden apreciar los municipios que se encuentran dentro de la cuenca del río Naranjo (IGN, 2016).

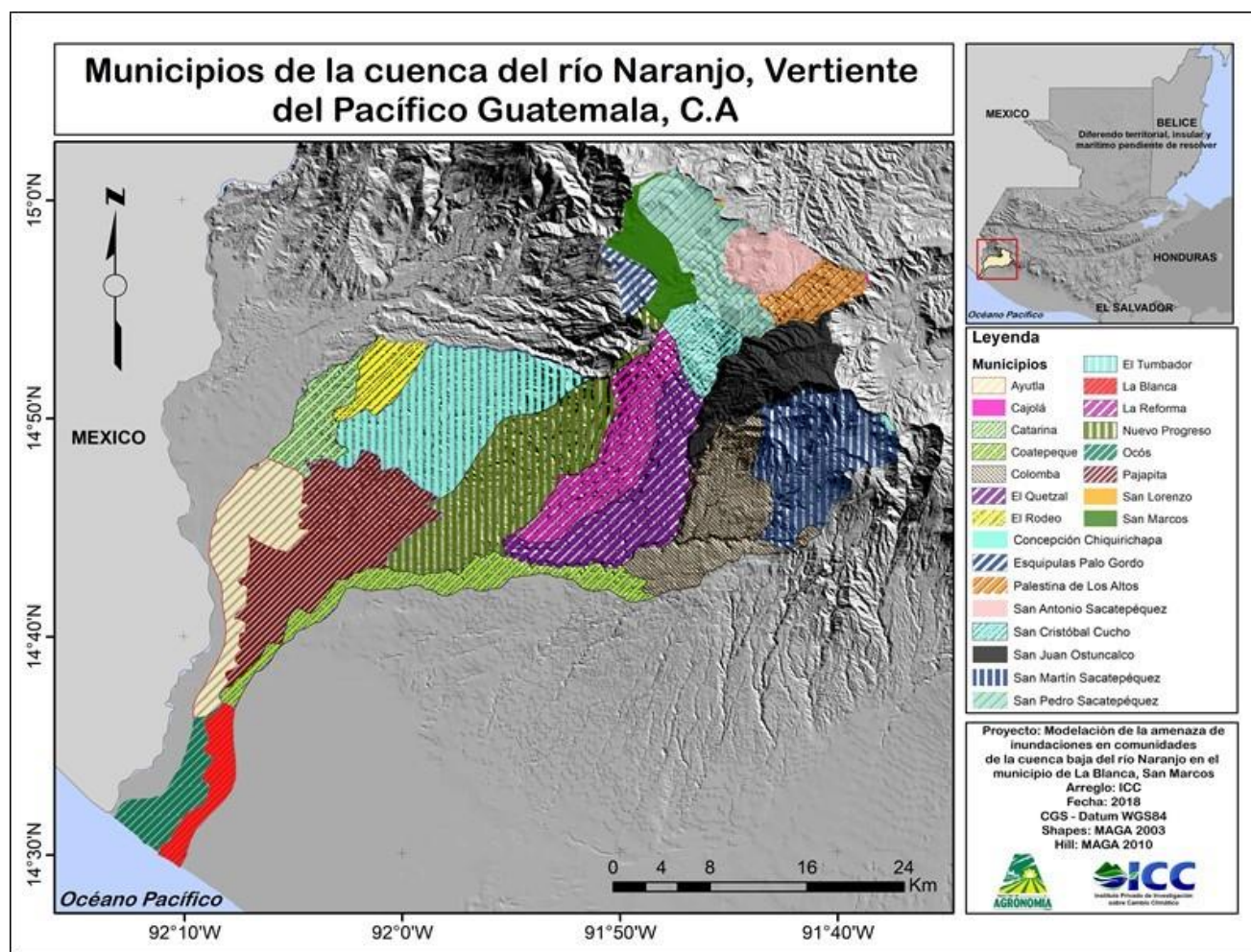


Figura 34. Municipios que conforman la cuenca del río Naranjo.

B. Demografía

a. Población

En los últimos 16 años se ve un incremento poblacional del 40 % en promedio en cada uno de los municipios de la cuenca del cual el 65.39 % habitantes en el área rural y el 34.61 % en el área urbana, por lo que en menos de medio siglo ha aumentado casi el 50 % de la población, lo que indica un rápido crecimiento poblacional en los municipios de la cuenca (figura 35).

Con respecto a grupos culturales el 87.30 % de la población total es ladina el restante 12.7 % de la población total de algún otro grupo cultural como Mam, Garifunas, Xincas, extranjeros, por lo que el idioma predominante es el español (INE, 2002).

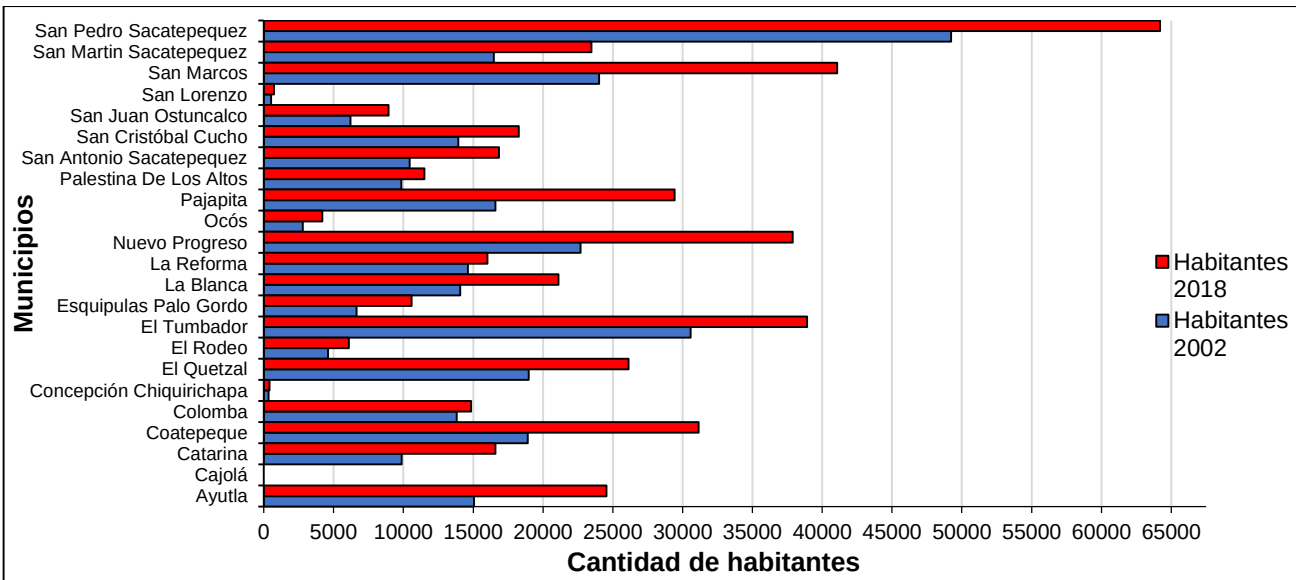


Figura 35. Población de la cuenca de río Naranjo de los años 2002 al 2018.

C. Migración

En la figura 36 se muestra que 142,895 habitantes en promedio no tienen estabilidad ya que son migrantes, en la cuenca del río Naranjo existe mayor emigración (59.72 %) que inmigración (40.28 %), una posible razón de esta dinámica poblacional puede ser por distintas causas desde falta de oportunidades dignas de empleo, búsqueda de establecimientos para seguir sus estudios, entre otros (INE, 2002).

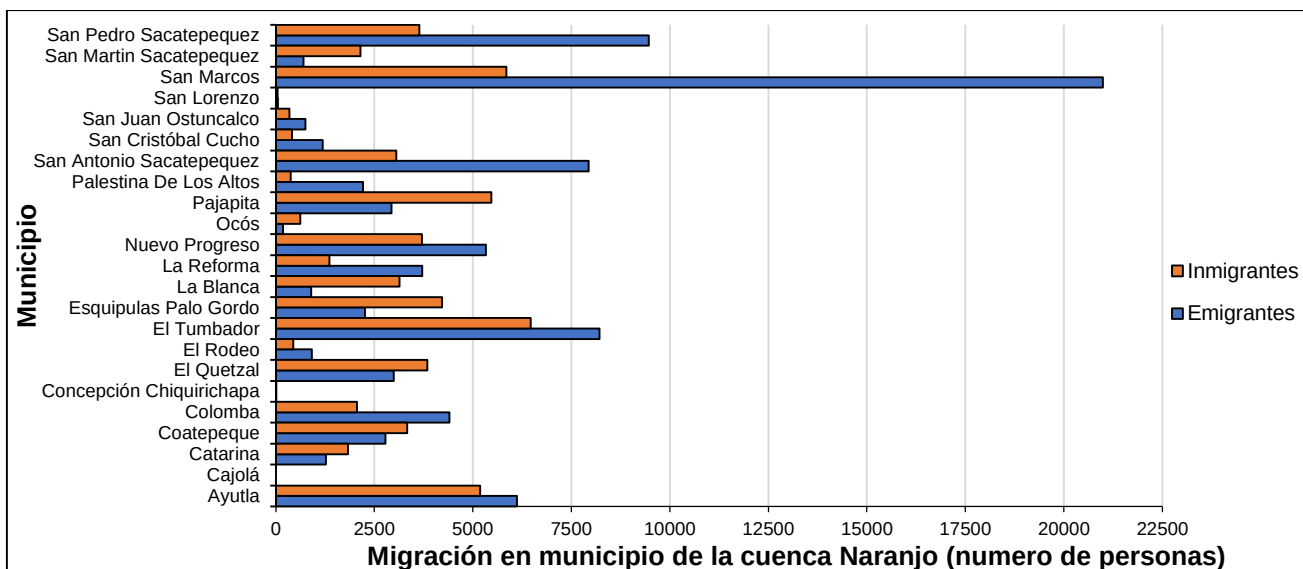


Figura 36. Dinámica de migración intermunicipal de la cuenca del río Naranjo.

D. Estado económico

a. Condiciones de empleo

Las personas inactivas (64.64 %) exceden sobre las activas (35.36 %), esto indica la falta de empleo, la cual podría considerarse como una causa de migración dentro de la cuenca del río Naranjo en la figura 37 se muestra la dinámica de la misma.

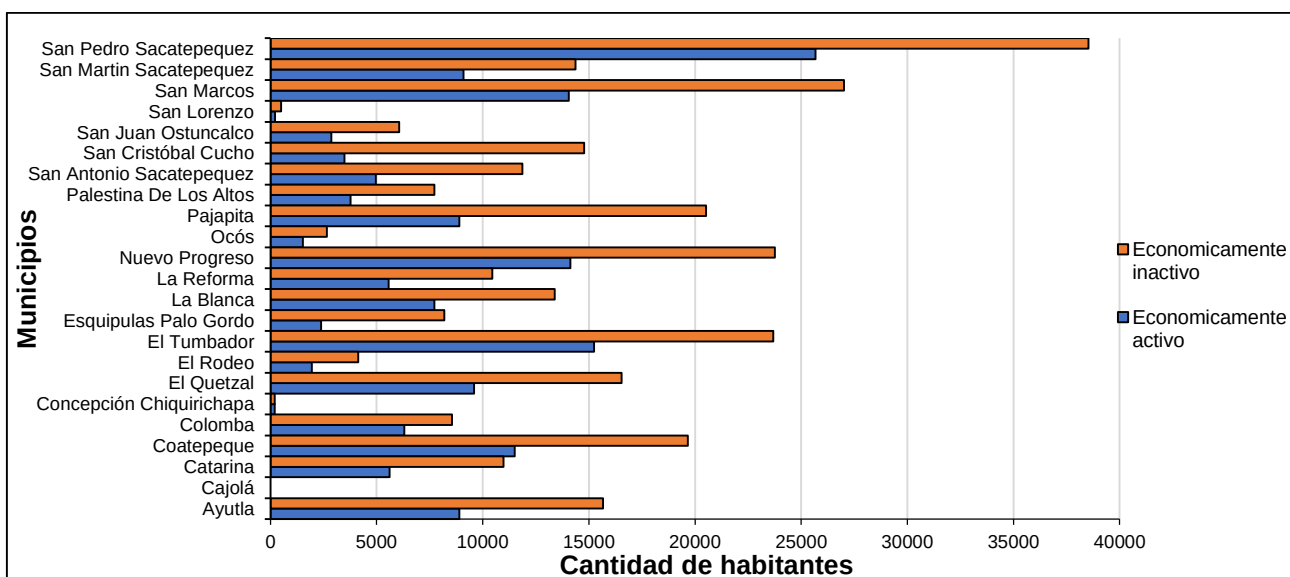


Figura 37. Población económicamente activa e inactiva en la cuenca del río Naranjo.

De los pobladores que están activos económicamente (163,686 habitantes) el 46.34 % son empleados de empresas privadas, el 25.38 % trabajan bajo su propia cuenta, un 7.42 % para los empleados públicos, el 11.54 % son familiares no renumerados y el restante 9.32 % corresponde a patronos (figura 37).

b. Actividades económicas

Las principales actividades económicas dentro de la cuenca del río Naranjo se pueden apreciar en la figura 38.

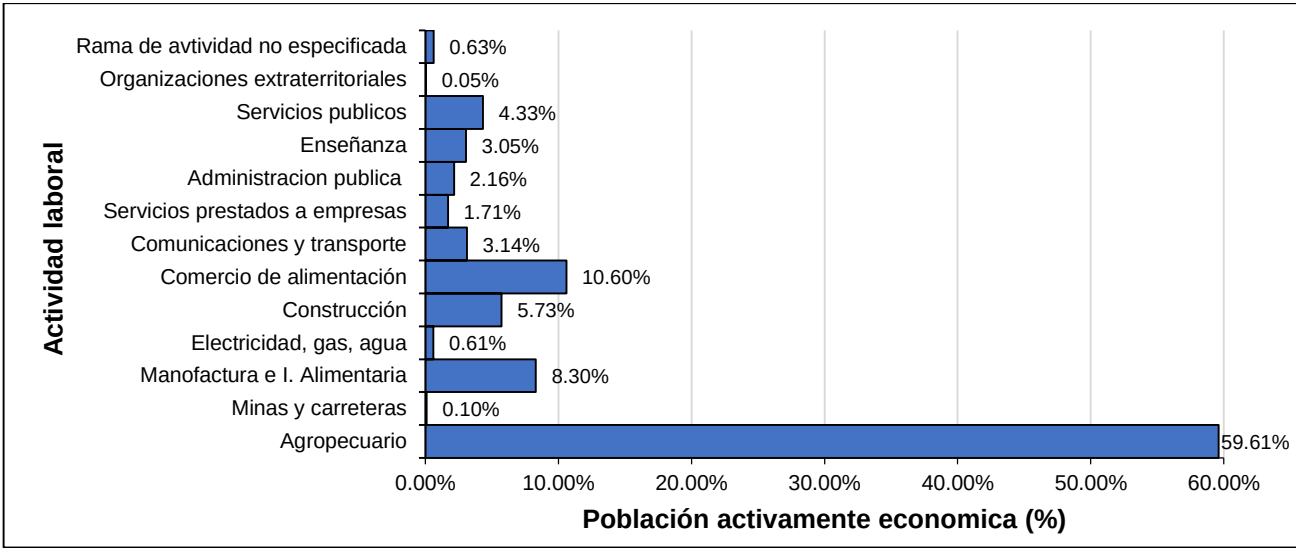


Figura 38. Principales actividades económicas de los habitantes de la cuenca Naranjo.

Como se muestra en la figura 38, la principal actividad económica de los pobladores en el sector agropecuario con una cobertura total de 59.61 % (97,571.44 personas dedicadas a actividades agropecuarias) de la población activa, lo cual se relaciona con la mayoría de habitantes en el área rural y el alto porcentaje de actividades agrícolas según el uso de la tierra 2018 por lo que en la cuenca del río Naranjo es de uso agropecuario y se practica la agricultura extensiva e intensiva.

c. Pobreza

El 17.45 % del total de la población dentro de la cuenca vive en pobreza extrema, por lo general este tipo de personas suele habitar sitios de alto riesgo y por necesidades básicas buscan fuentes de agua por lo que se establecen cerca de ríos para el aprovechamiento de agua, ya que estas personas no logran tener acceso a la canasta básica.

La pobreza total promedio de los municipios que se encuentra dentro de la cuenca del río Naranjo es de 70.23 %, este porcentaje de personas son las que tienen menor capacidad de responder ante desastres causados por la naturaleza o por el humano, por lo tanto, se consideran de importancia por el hecho de inundaciones en la parte baja de la cuenca. (Direcciones municipales de planificación, 2010 -2011).

d. Nivel de ingresos económicos

En promedio dentro de la cuenca el nivel de ingresos económico es de Q. 437.36/día, el valor de ingreso menor que se encontró fue de Q. 162.90/día, el más alto fue de Q. 2,600.00/día. El valor de la canasta básica que es de Q. 2,037.00 en promedio mensual, sin embargo, suele oscilar entre Q. 1,946.16/mes a Q. 2,389.00/mes en los distintos municipios de la cuenca. Por lo anterior se considera que el mayor porcentaje de la población no tiene la capacidad para responder a desastres incluida la cuenca baja. (Direcciones municipales de planificación, 2010 -2011).

E. Educación

a. Nivel de estudios y escolaridad

La capacidad de las personas a actuar contra cualquier eventualidad está relacionada con el nivel académico que presenta, aunque no en todos los casos, sin embargo, dentro de la cuenca se tiene que el 32.78 % de la población presenta estudios de nivel primaria (1 a 3),

lo cual representa una desventaja a nivel global en la parte baja ocurre lo mismo, la cantidad de personas con estudios superiores es del 1.81 % (figura 39).

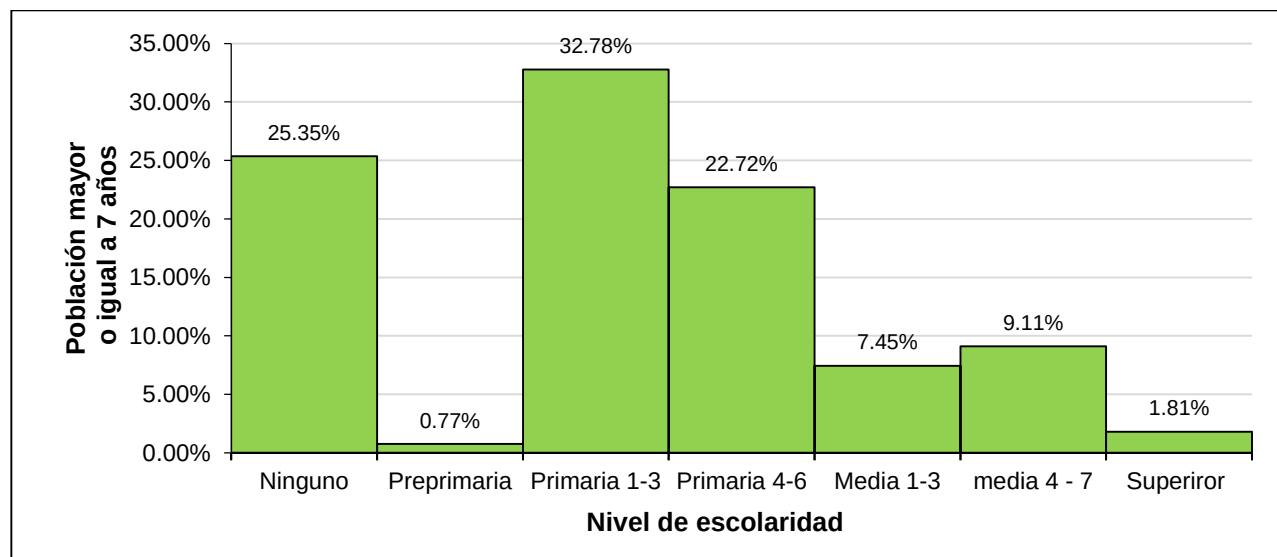


Figura 39. Nivel de escolaridad de los habitantes de la cuenca Naranjo proyectada.

Las causas de lo anterior se deben a que el 34.86 % de las personas aptas para estudiar no les gusta asistir a centros educativos, seguido por personas que por razones económicas no pueden continuar sus estudios por lo que deben trabajar (INE, 2002).

En el cuadro 20 se muestra la totalidad de establecimientos educativos dentro de la cuenca del río Naranjo en cada municipio.

Cuadro 20. Establecimientos educativos de los municipios en la cuenca del río Naranjo.

Municipio	Preprimaria bilingüe	Párvulos	Primaria	Básico	Diversificado	Educación de adultos	Superior	Por cooperativa	Total municipio
Coatepeque	0	72	78	22	2	2	0	8	184
San Juan Ostuncalco	2	32	47	22	4	0	0	0	107
Colomba	0	36	1	2	2	1	0	0	42
San Martín Sacatepéquez	0	0	30	1	0	0	0	0	31
Concepción Chiquirichapa	16	11	19	8	1	0	0	0	55
Palestina De Los Altos	7	17	24	4	1	0	0	0	53
San Antonio Sacatepéquez	---	---	---	---	---	---	---	---	---
San Pedro Sacatepéquez	0	68	77	16	4	3	1	0	169
San Marcos	2	25	13	2	1	0	0	0	43
El Tumbador	0	0	102	23	4				129
Ayutla	0	29	34	14	9	0	0	0	86
Nuevo Progreso	---	---	---	---	---	---	1	---	1
Catarina	0	37	38	14	6	0	0	0	95
Pajapita	0	20	27	6	3	0	0	0	56
El Quetzal	0	26	26	1	0	0	0	0	53
El Rodeo	---	---	---	---	---	---	---	---	---
La Blanca	0	0	31	0	0	0	0	0	31
La Reforma	0	0	23	10	3	0	0	1	37
San Cristóbal Cucho	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Esquipulas Palo Gordo	0	13	6	9	0	0	0	0	28
San Lorenzo	1	19	22	5	3	0	0	0	50
Ocós	0	20	29	7	1	0	0	0	57
Total cuenca	28	425	627	166	44	6	2	9	1,307

En el cuadro 20 se puede notar que son más frecuentes los establecimientos de educación preprimaria, primaria y básica en menor cantidad que establecimientos de educación media y superior, lo cual se relaciona con el nivel académico expuesto en la figura 39 (Direcciones municipales de planificación, 2010 – 2011).

La información del cuadro 20, puede ser de utilidad para tener en cuenta la cantidad de establecimientos educativos en este caso con mayor importancia en la parte baja de la cuenca para usarlos como albergues en situaciones de emergencia por causa de inundaciones fluviales y pluviales.

F. Recurso hídrico

a. Acceso al recurso hídrico

El 48.35 % de hogares utiliza el servicio de pozo para la obtención de agua (454,286 hogares) en promedio cada hogar aloja hasta cinco personas, dato que varía según las condiciones de vida de los pobladores, el 35.01 % utiliza servicio de chorro exclusivo para la obtención de agua. Los servicios (chorro exclusivo y pozo) superan al 50 % por lo que se consideran más importantes y la parte baja no es la excepción (INE, 2002).

G. Manejo de excretas

Para el desecho de excretas la población en general que cuenta con hogar dentro de la cuenca del río Naranjo, prefiere utilizar servicio sanitario de letrina o pozo ciego este grupo corresponde al 65.59 % de hogares proyectados (454,286), el 25.22 % de los hogares cuenta con red de drenaje, el resto corresponde a 5.5 % que son excusados lavables y fosas sépticas con 3.69 %, es importante mencionar que en la parte baja de la cuenca los municipios de la Blanca y Ocosingo no cuentan con sistemas de drenajes.

En relación al manejo de los desechos sólidos el 35.46 % de hogares queman la basura el 31.45 % tiran la basura en cualquier sitio, y tan solo el 8.80 % y el 4.53 % cuentan con un servicio municipal y privado que se haga cargo de los desechos sólidos del hogar, por lo tanto, generalizando en la cuenca Naranjo la mayoría de los municipios no tiene un adecuado manejo de sus desechos sólidos.

El mayor porcentaje de gente que “tiran la basura en cualquier sitio” se encuentran los municipios siguientes: El Quetzal (11.52 %), Nuevo Progreso (20.09 %) y El Tumbador (15.48 %), de 454,286 hogares proyectados para el año 2018 (INE, 2002).

H. Salud

a. Unidades de salud

Como aspectos positivos se tiene que en la mayoría de municipios se cuenta con centros médicos y la parte baja no es la excepción, esto es un aspecto positivo ligada a las capacidades de la administración de cada municipio, en el caso de la parte baja se puede utilizar para generar un listado de albergues en casos de inundación, en el cuadro 21 se presentan los centros de atención médica de los municipios de la cuenca Naranjo.

Cuadro 21. Centros de atención médica en los municipios de la cuenca del río Naranjo.

Municipio	Hospital	Centro de salud	Tipo de centro de salud	Puestos de salud	IGGS	Centros privados de salud	Clínicas médicas	Laboratorios clínicos	Total municipio
Coatepeque	1	1	A	11	1	8	81	5	108
San Juan Ostuncalco	0	0		5	0	0	0	0	5
Colomba	0	1	B	3	0	0	0	0	4
San Martín Sacatepéquez	0	1		0	0	0	0	0	1
Concepción Chiquirichapa	0	1		4	0	0	1	0	6
Palestina De Los Altos	1 cruz roja	1	B	3	0	0	1	0	6
San Pedro Sacatepéquez	0	1		7	1	0	0	0	9
San Marcos	1	1	A	4	0		0	0	6
El Tumbador	0	1		3	0	0	0	0	4
Ayutla	1 cruz roja	1	B	4	1	0	0	0	7
Nuevo Progreso	1	1	CAP	2	1	0	1	0	6
Catarina	0	1	B	4	0	0	0	0	5
Pajapita	0	1		0	0	0	0	0	1
El Quetzal	1 en gestión	1	CAP	4	0	0	0	0	6
San Antonio Sacatepéquez	0	1	CAP	4	0	0	0	0	5
El Rodeo	0	1		1	0	0	3	0	5
San Cristóbal Cucho	0	1		2	0	0	0	0	3
La Blanca	0	1		2	0	0	0	0	3
La Reforma	0	1	CAP	1	1	0	0	0	3
Esquipulas Palo Gordo	1	0		1	0	0	0	0	2
San Lorenzo	0	1	CAP	2	0	0	5	0	8
Ocós	0	0		2	0	0	0	0	2
Total cuenca	7	19		69	5	8	92	5	205

Además, se sabe que luego de desastres como inundaciones en ocasiones hay plagas y enfermedades a raíz por lo que tener identificados los centros de salud públicos y privados son de utilidad para tratar enfermedades de los pobladores, en total en la cuenca se tienen disponibles 205 centros donde tipo desde hospitales, centros y puestos de salud, Instituto

Guatemalteco de Seguridad Social - IGSS, clínicas médicas privadas y demás, del cual la cuenca baja representa el 2.44 % (Direcciones Municipales de Planificación, 2010-2011).

b. Enfermedades

El 18.72 %, 15.24 % y 5.04 % de la morbilidad podrían estar relacionadas con el agua estos corresponden a parásitos intestinales, enfermedades de la piel y diarreas y que el 14.58 % de la mortalidad son diarreas (cuadro 22).

El 48.35 % de hogares dentro de la cuenca utiliza pozos para abastecerse de agua y es importante recordar que 65.59 % de hogares cuenta con pozos ciegos y letrinas, por lo que es probable que la población que no tienen acceso a agua potable utilice agua contaminada con heces fecales para realizar sus distintas actividades como: consumo agua, higiene personal, uso doméstico, entre otras actividades. Lo anterior puede repercutir en problemas de la salud causando enfermedades como diarreas, infecciones intestinales y de la piel, por la presencia de parásitos como *Escherichia coli*, amebas y otros organismos relacionados (Direcciones municipales de planificación, 2010).

Cuadro 22. Principales diez causas de la morbilidad y cinco causas de mortalidad.

Morbilidad	Incidencia (%)	Mortalidad	Incidencia (%)
Anemia	20.18	Neumonías y Bronconeumonías	39.58
Rinofaringitis	19.76	Enfermedades cardiovasculares	27.08
Parásitos intestinal	18.72	Diarreas	14.58
Enfermedades de la piel	15.24	Gastritis	12.5
Gastritis	9.14	Infección intestinal bacteriana	6.25
Amigdalitis aguda	9.06	---	---
Diarreas	5.04	---	---
Neumonías y Bronconeumonías	1.26	---	---
Infección intestinal bacteriana	1.04	---	---
Micosis no especificada	0.56	---	---

I. Estructura básica de hogares

Según la información que aporta la figura 40 los hogares en promedio están contruidos por techo de lámina metálica, piso de torta de cemento y paredes de block, por lo que se puede decir que son hogares que pueden resistir una inundación y otros fenómenos naturales por sus materiales de construcción, en la parte baja se manejan las mismas proporciones, por lo que la mayor parte de la infraestructura soportara inundaciones leves (INE, 2002).

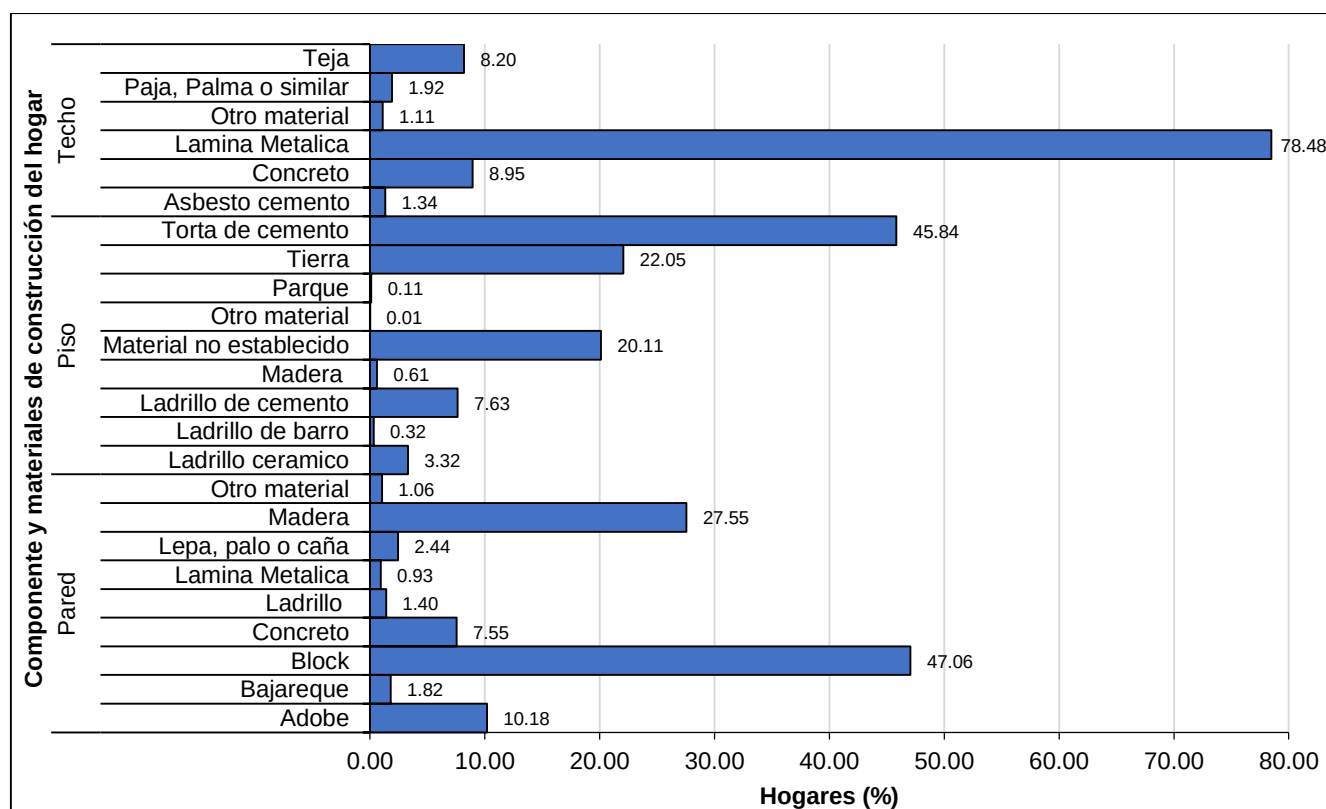


Figura 40. Materiales de construcción de los hogares de la cuenca baja del río Naranjo.

J. Distribución de la tierra

a. Poblados

Según el INE, 2002, los poblados de la cuenca del río Naranjo se clasifican como: rancherías, pueblos, paraje, lotificación, labor, hacienda, granjas, fincas, colonias, ciudad, caserío y aldeas (figura 41), es importante mencionar que al observar dispersión de los poblados es evidente y que no han sido ubicados bajo un plan de ordenamiento territorial adecuado y el crecimiento poblacional es descontrolado.

En Guatemala no se cuenta con planes de ordenamiento territorial para la ubicación de poblados lo que hace que ciertas poblaciones estén susceptible a riesgo causado por fenómenos naturales como inundaciones, erupciones volcánicas, deslaves y demás.

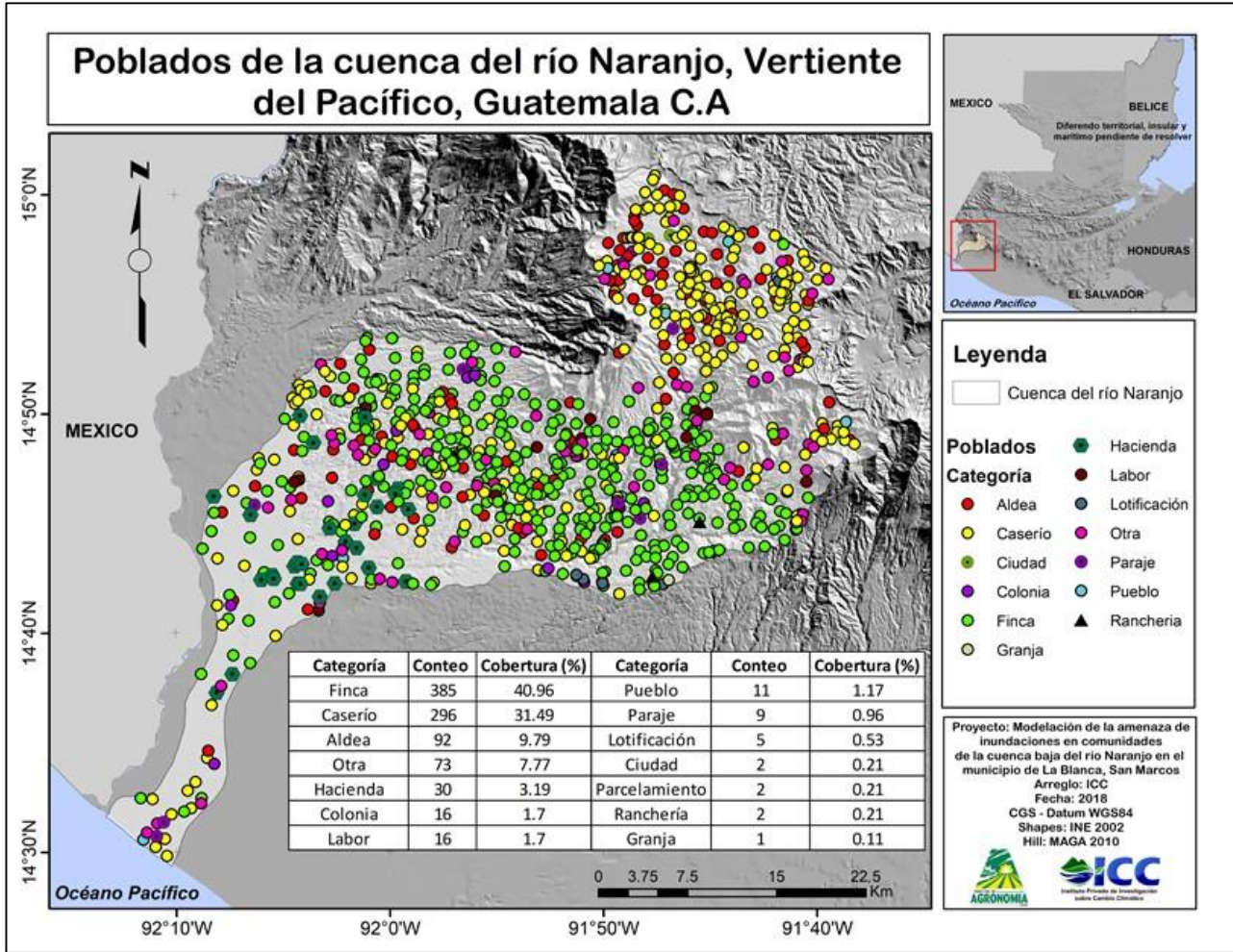


Figura 41. Distribución espacial de los poblados de la cuenca del río Naranjo.

Es importante mencionar la cobertura de fincas en la cuenca con el 40.96 % lo que valida nuevamente el uso agropecuario que se da dentro de la cuenca del río Naranjo y por ende la importancia del agua para los cultivos y animales.

b. Tenencia de la tierra

Según el censo agropecuario de 1979 del Instituto Nacional de Estadística - INE, los municipios de la cuenca tenían 27,773 fincas de las cuales el 94.6 % son minifundistas, el 3.8 % son fincas medianas y el 1.6 % son latifundios.

La superficie total de las 27,773 fincas suma un total de 1,618.17 km² de las cuales solo el 17.7 % de superficie corresponden a minifundios (fincas promedio de 0.32 ha a 4.54 ha y como máximo 7 ha), el 9.7 % de la superficie total corresponde a fincas medianas (fincas promedio de 12.39 ha a 32.53 ha) y el 72.6 % de superficie de las fincas lo ocupan los latifundios (fincas promedio de 150.63 ha a 1,376.34 ha).

Del total de fincas el 77.3 % eran propias, el 4.8 % arrendadas, el 3.6 % en posesión de colonato y el restante 2.9 % formas combinadas de tenencia de la tierra. (Gonzáles, 2004)

K. Organización social

Dentro de la cuenca Naranjo se puede decir que en los municipios existe organización social por parte de los pobladores ya que en todos los municipios existen Consejos Comunitarios de Desarrollo – COCODE que son representantes de cada comunidad de los municipios, estos tienen un papel importante en la toma de decisiones, estos forma parte en los Consejos Municipales de Desarrollo – COMUDE, así como se pueden mencionar también organizaciones no gubernamentales, servicios de capacitación técnica, Coordinadoras de Desarrollo Campesino – CODECA, Comité de Unidad Campesina – CUC, Coordinadoras Municipales ante la Reducción a Desastres – COMRED como las más importantes, con respecto al tema de apoyo a la mujer y niñez también consideran organizaciones como

asociación de mujeres tejedoras, asociación de comadronas, oficina municipal de la mujer, la comisión de la mujer, comisión de la niñez y adolescencia, grupos femeninos, comisión familiar de la mujer y la niñez y con respecto a la actividad agrícola están la Asociación de Horticultores – ACUATIELLA y la asociación de caficultores como más importantes. (Direcciones Municipales de Planificación, 2010)

2.8.5. Modelación hidrológica

A. Períodos de retorno

En el cuadro 23 se describen las precipitaciones máximas por cada año de retorno y estaciones meteorológicas que se utilizaron en el software HEC-HMS para realizar la modelación hidrológica de la cuenca del río Naranjo y obtener información de los caudales máximos de respuesta.

Cuadro 23. Precipitaciones de retorno en milímetros por estación meteorológica.

Tiempo de retorno (años)estación	San Marcos	Catarina	Suchiate	Ignacio López Rayón	Coatepeque	Nueva Granada	San Isidro	Valdivia
2	48.49	107.21	82.60	89.29	116.08	106.17	75.73	93.45
5	70.07	129.33	117.69	122.85	150.10	146.05	100.11	135.91
10	84.36	143.98	140.92	145.07	172.63	172.45	116.26	164.02
25	102.42	162.49	170.28	173.15	201.09	205.81	136.66	199.54
50	115.82	176.23	192.06	193.98	222.21	230.55	151.80	225.89
100	129.11	189.86	213.67	214.65	243.16	255.12	166.82	252.05

B. Numero de curva

En la figura 42 se muestra el estado de permeabilidad de la cuenca del río Naranjo, en el cual muestra un rango relativo de escurrimiento relativo de 30 a 100.

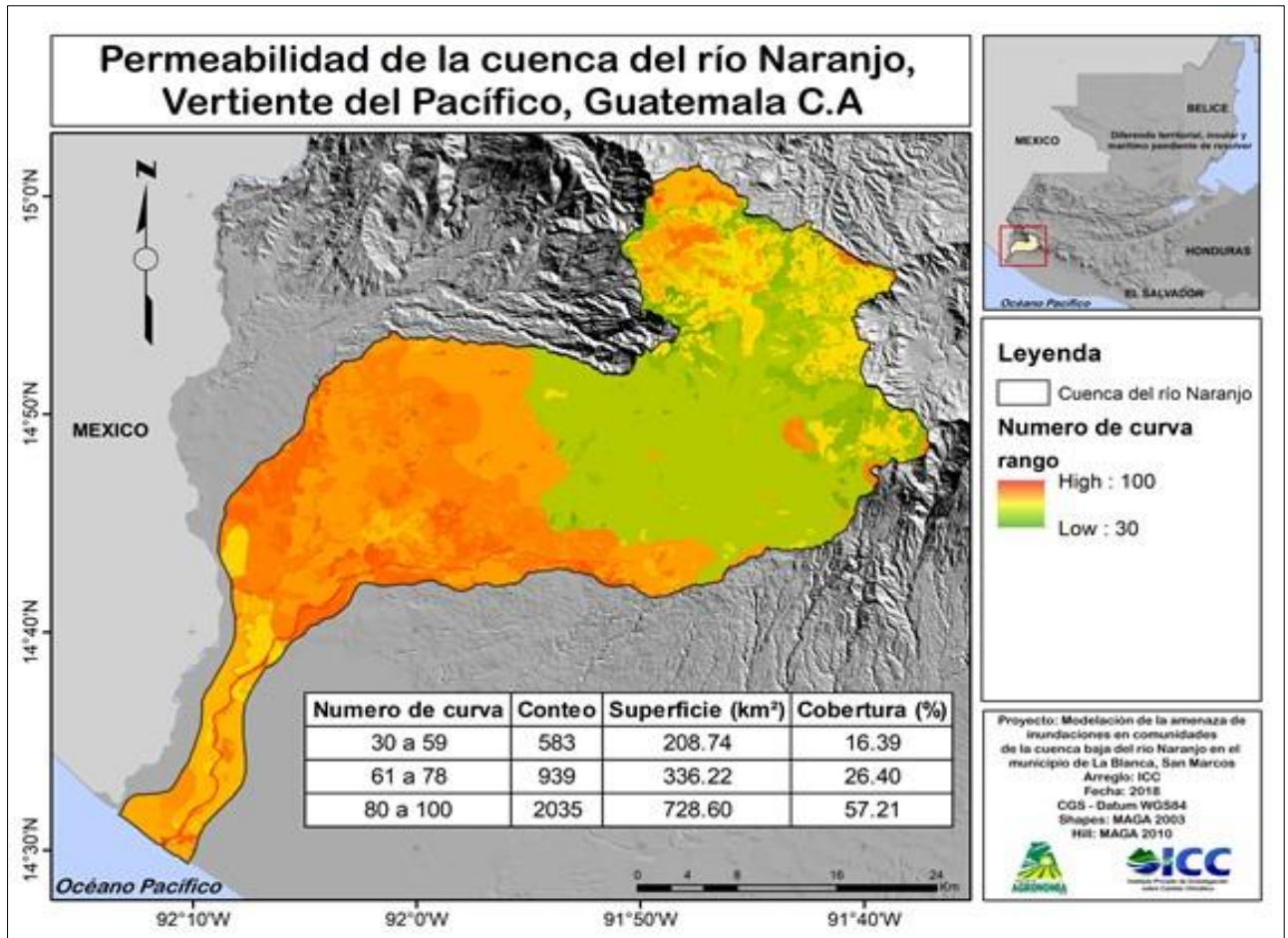


Figura 42. Mapa de permeabilidad de suelos de la cuenca del río Naranjo.

El estado de permeabilidad dentro de la cuenca indica que el 57.21 % de la superficie está condicionado por números de curva que están dentro del rango de 80 a 100 que es la cantidad de agua que escurre, en menor porcentaje se encuentran las zonas de bajo escurrimiento con el 16.39 % de cobertura superficial, por lo que se puede decir que más del 50 % de la superficie de la cuenca es impermeable en mayor proporción en la parte media y baja, esto significa que en esas zonas existe un mayor escurrimiento de agua de precipitación que en la parte alta.

Por lo anterior se podría decir que es más probable que las crecidas del río Naranjo provengan de la parte media de la cuenca ya que es la parte de la cuenca donde se presenta las mayores precipitaciones y altos números de curva.

C. Modelación de sub-cuencas y caudales máximos

El tramo que se utilizó para modelar las inundaciones en la parte baja de la cuenca se muestra en la figura 43, para dicho modelo se utilizaron los caudales que se generan en la sub-cuenca W 1020 que es la sub-cuenca que capta los caudales de las otras sub-cuencas.

En la figura 43 se observa en el cuadro informativo que en la cuenca baja del río Naranjo se podrían llegar a alcanzar caudales de hasta 3,473.10 m³/s con el 1 % de probabilidad que sería el peor escenario, como escenario más probable es el del caudal generado para un tiempo de retorno 2 años de 1,449.80 m³/s con un 50 % de probabilidad. Es importante mencionar que para generar los caudales en la parte baja, se necesitó modelar los caudales de todas las subcuencas de la cuenca del río Naranjo.

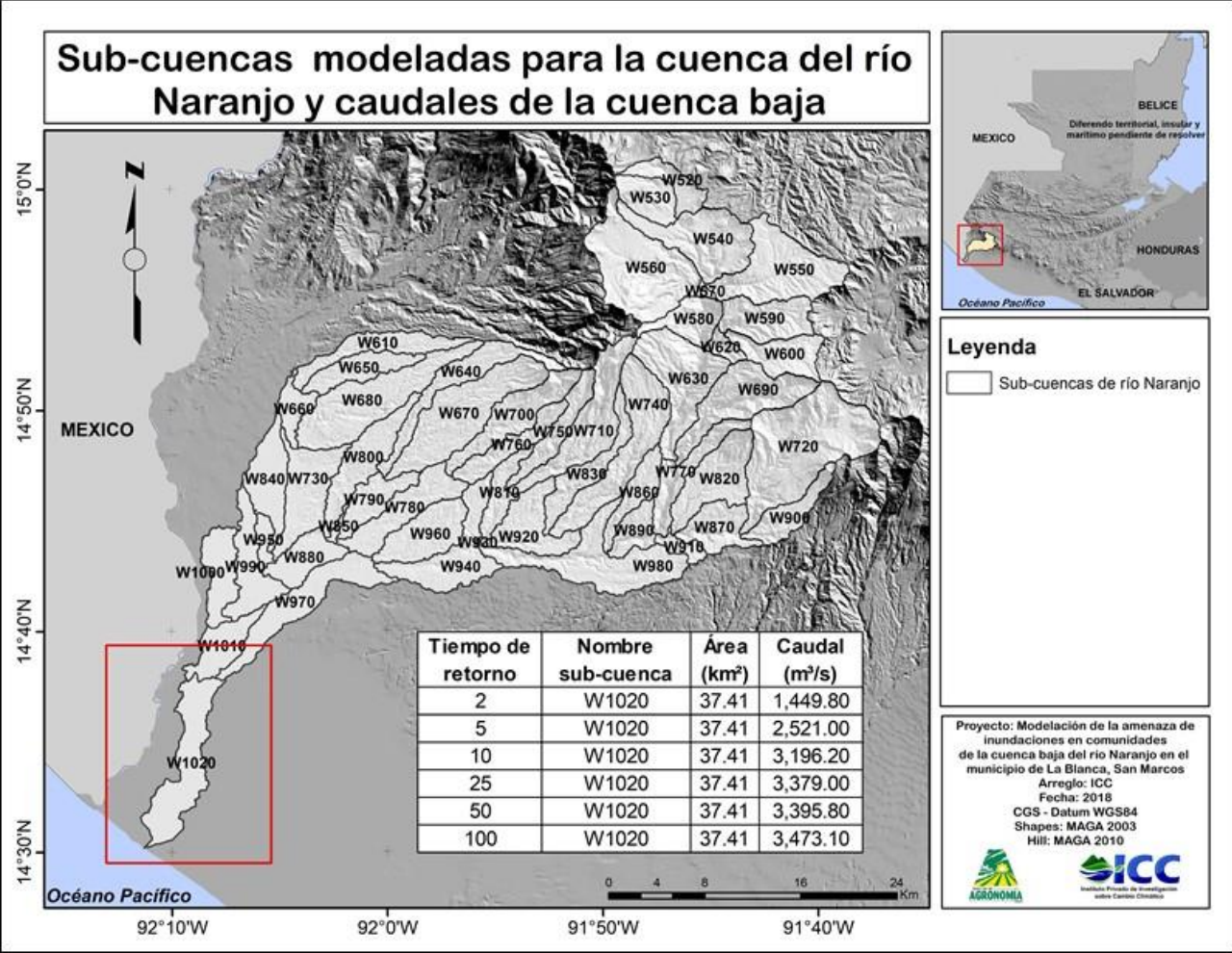


Figura 43. Sub-cuencas y caudales modelados de la cuenca baja del río Naranjo.

2.8.6. Modelación hidráulica

A. Inundaciones por período de retorno

En la figura 44 se puede apreciar las áreas de inundaciones que alcanza cada tiempo de retorno, donde se puede observar que las comunidades y sus alrededores con el 50 % de probabilidad de amenaza por inundaciones son: Pueblo Nuevo, Poza Honda, Salinas I, Río Bravo, Salinas II, Cerritos, Los Laureles y Almendrales siendo las comunidades con menor amenaza de inundaciones (probabilidades < 20 %): Mezquital, Cerritos, Tilapa, La Blanca y Ocos, siendo el área amenazada a inundaciones de 3,019.16 ha.

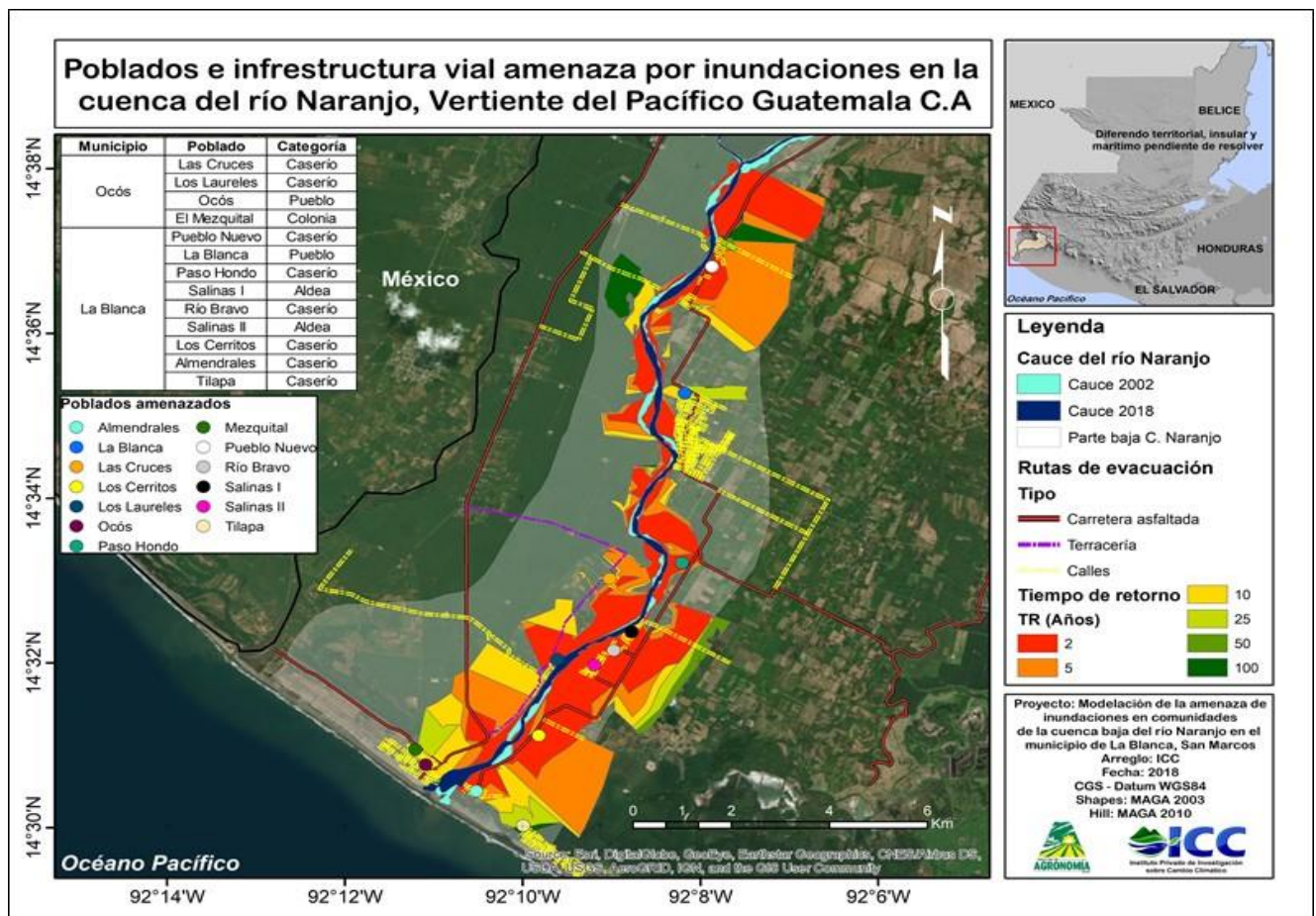
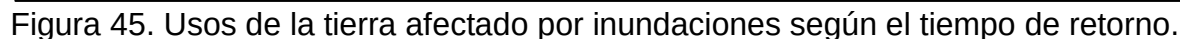


Figura 44. Áreas inundables por el río Naranjo en cada tiempo de retorno.

Con inundaciones de tiempo de retorno 2 en adelante la ruta interna 2 “carretera asfaltada” que comunica los poblados bajos con la cabecera municipal “La Blanca” se ve afectada por lo que los poblados de Tilapa, Almendrales, Los Cerritos, Salinas I y Salinas II, por el lado

En el cuadro de la figura 45 se puede apreciar la magnitud de área amenazada y usos afectados por las inundaciones según cada tiempo de retorno, así como los usos de la tierra que se ven afectados con mayor frecuencia que son el cultivo de plátano-banano, seguido por área de tejido urbano, pastos cultivado, granos básicos y palma africana.



En el municipio de La Blanca la mayor cantidad de parcelas afectadas son de 17.92 ha por propietario y para mitigar el riesgo de inundaciones la mayoría de agricultores ha realizado canales de drenaje bajo ningún criterio técnico, en el caso de Ocosingo las tierras pertenecen a un solo propietario y para mitigar el riesgo a inundaciones en sus cultivos ha implementado canales de drenaje, espigones a la orilla del río y enrocado.

Se estiman pérdidas por daños de inundaciones en los cultivos principales (plátano, granos básicos y palma africana) de Q 21,925,000.00 para una eventualidad con tiempo de retorno de 2 años (50 % de probabilidad de ocurrencia), en el cuadro 24 se presentan las pérdidas estimadas que causarían las inundaciones con los distintos tiempos de retorno propuestos si los agricultores no cuentan con estructuras de mitigación. (Comunitarios de la cuenca baja del río Naranjo, 2018)

Cuadro 24. Estimación de pérdidas económicas por inundaciones en cultivos principales.

Tiempo de retorno (años)	Plátano-banano (Q.)	Granos básicos (Q.)	Palma africana (Q.)	Total (Q.)
2	19,950,000.00	276,000.00	1,700,000.00	21,926,000.00
5	32,450,000.00	989,000.00	1,775,000.00	35,214,000.00
10	40,750,000.00	1,035,000.00	1,775,000.00	43,560,000.00
25	42,875,000.00	1,035,000.00	1,775,000.00	45,685,000.00
50	44,075,000.00	1,035,000.00	1,775,000.00	46,885,000.00
100	47,475,000.00	1,035,000.00	1,775,000.00	50,285,000.00

2.8.7. Validación del modelo hidráulico

A. Percepción comunitaria y municipal

Para la validación del modelo hidráulico de la parte baja del río Naranjo y sus áreas de desbordamiento se consultó con los comunitarios e información municipal (figura 46).

En la figura 46 se observa que la causa de las inundaciones en la parte baja según los pobladores son en un 61 % por lluvias, el 30 % corresponde al desbordamiento del río Naranjo y el restante 9 % es por causa de la marea alta y la acumulación de agua del río Naranjo en la bocabarra que tiene problemas de asolvamiento, también en ocasiones se suma el agua aportada por el desbordamiento del río el Suchiate y Zanjón Pacayá que afectan a las comunidades bajas de la cuenca como, Ocós, Tilapa, Almendrales y Mezquital, sin embargo solo se ha dado en el Huracán Stan (2005), para evitar esos problemas todos los años hacen esfuerzos de dragado para abrir la bocabarra antes de que comience la época lluviosa.

Por lo tanto, se tiene que el área de inundación es de 7,218.68 ha, desde la perspectiva comunitaria. (Comunitarios de la cuenca baja de río Naranjo, 2018)

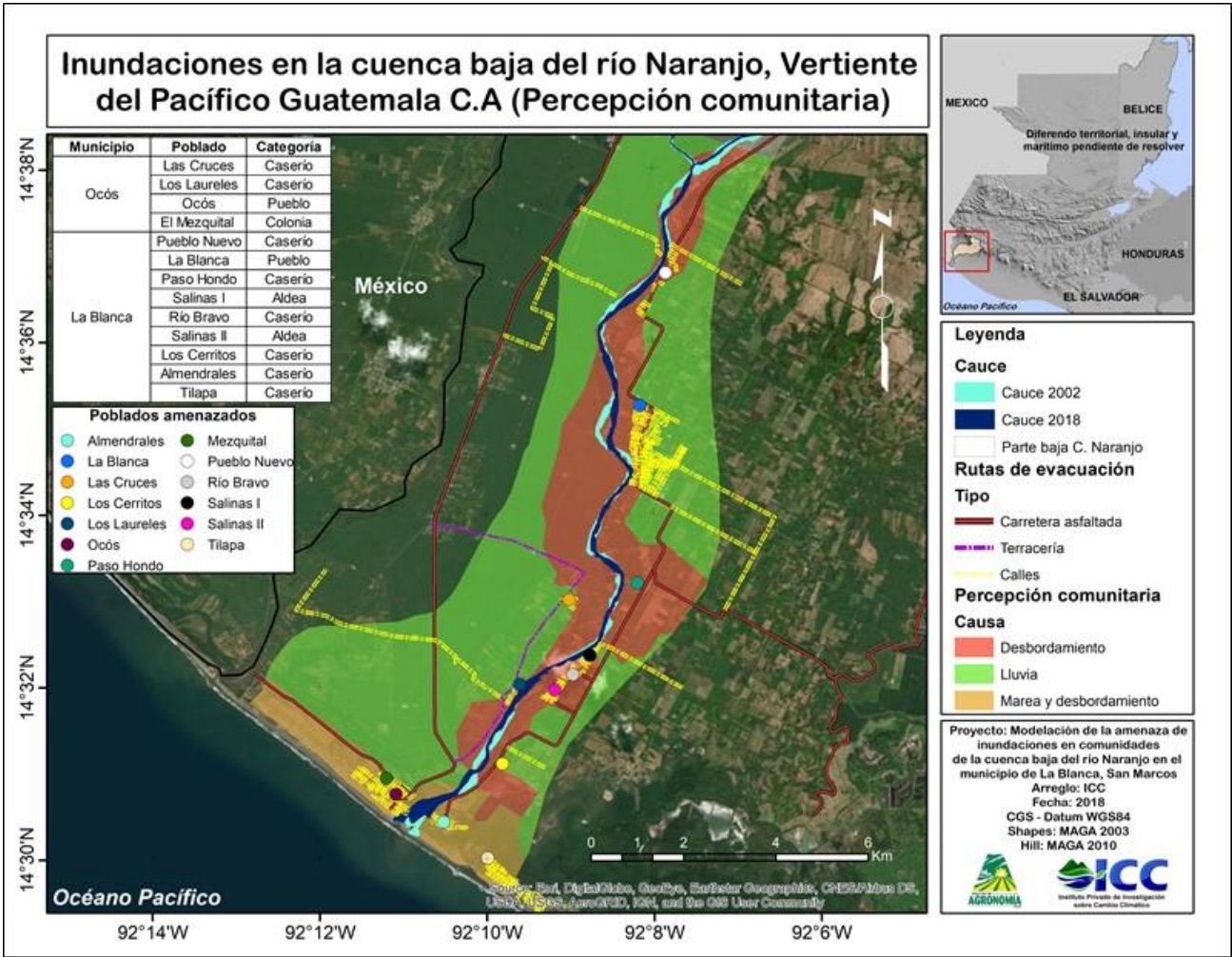


Figura 46. Áreas de inundación según comunitarios e información municipal

En la figura 46 se puede observar las inundaciones a causa del río Naranjo según los comunitarios y autoridades en general. Esto varía en un 29 % (853.56 ha) con respecto al modelo generado, esto puede ser por muchas razones desde el criterio variado de cada autoridad o comunitario entrevistado hasta la información digital utilizada que en cierto punto se podría considerar desactualizada ya que es del año 2006 y con una resolución que podría mejorarse.

Por lo anterior se tomaron las áreas de inundación obtenidas de la modelación hidráulica y la percepción comunitaria y se tiene que el área total amenazada por inundaciones en la parte baja por causas fluviales y pluviales es de 7,584 ha.

B. Áreas de inundación a nivel de reconocimiento

En la figura 47 se muestran los mapas de inundaciones a nivel de reconocimiento (1:2,000,000 y 1:600,000), por lo que generaliza la información en los sitios inundables, sin embargo, al comprar las inundaciones del modelo hidráulico y la percepción comunitaria las áreas localizadas en el mapa del 2015 de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres – CONRED son parecidas con la única diferencia en la actual modelación la escala es de 1:95,000 por lo que es más detallada y realiza mejores discriminaciones en las áreas de la parte baja (MAGA, CONRED, 2000 – 2015).

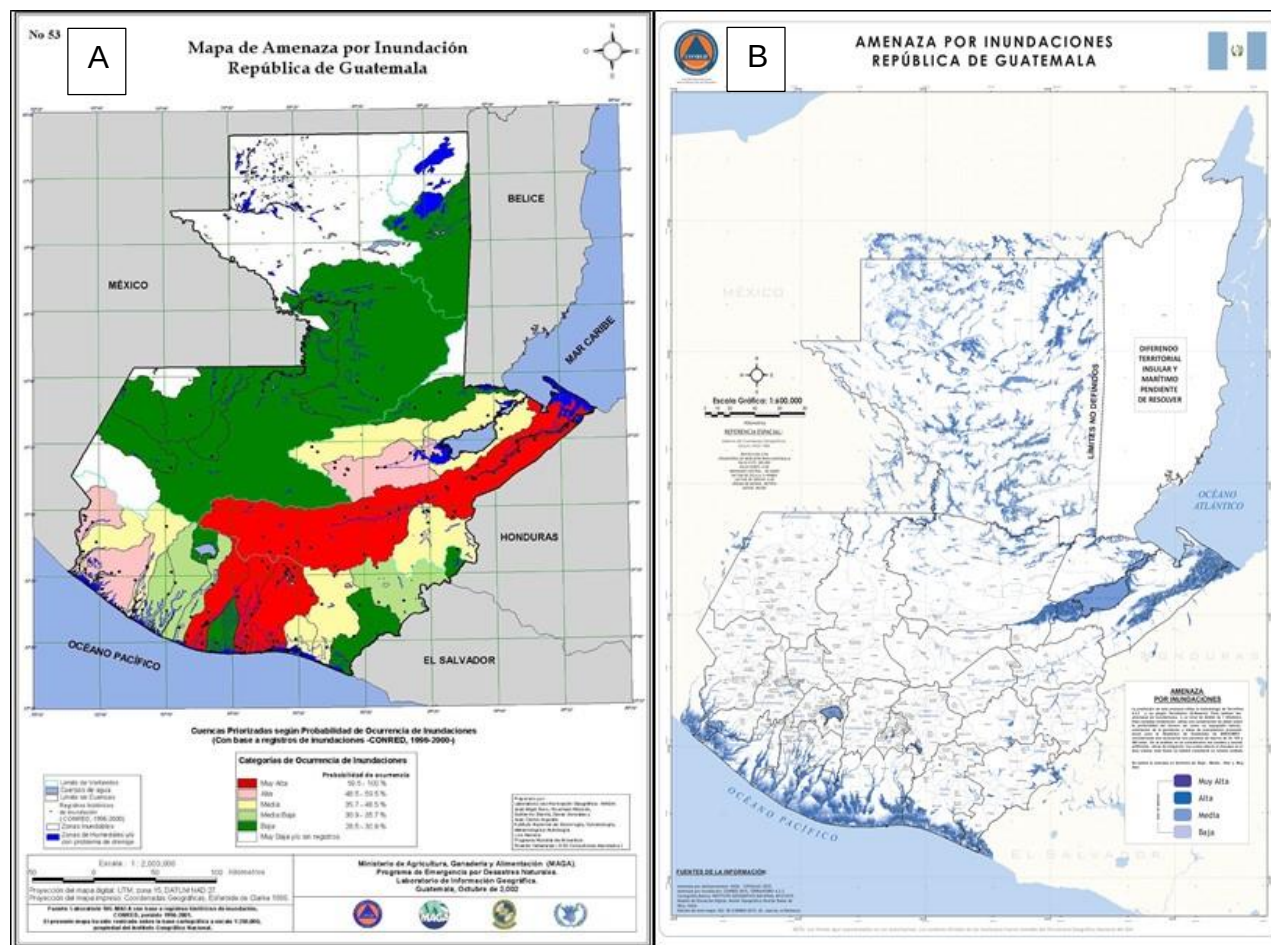


Figura 47. Mapas de inundaciones del año 2000 “mapa A” y 2015 “mapa B”.

C. Línea de tiempo

Parte de la validación del modelo de inundaciones consistió en la verificación histórica de eventos de inundación en los poblados de la parte baja de la cuenca del río Naranjo, en el cuadro 25 se presenta el historial de eventos y poblados afectados (Con información de, CONRED - INSIVUMEH, 2018).

Cuadro 25. Historial de inundaciones en poblados de la parte baja del río Naranjo.

Evento	Fecha	Poblados afectados	Daños
Huracán Edit	5/09/1971 a 18/09/1971	Almendrales, Salinas II, Pueblo Nuevo, Salinas I, Los Cerritos, Laureles, Ocos	Cultivos, infraestructura y población
Época lluviosa	23/09/1972	Cerritos y Almendrales	Cultivo de plátano dañado
Época lluviosa	30/08/1973	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa, Salinas I, Salinas II	Obstaculización de calles
Huracán Fifi	14/09/1974 a 24/09/1974	Todos los poblados de la parte baja	Cultivos, infraestructura y población
Época lluviosa	19/09/1978	Almendrales, Salinas II, Pueblo Nuevo, Los Cerritos	Obstaculización de calles
Huracán Paul	08/09/1982 a 30/09/1982	Todos los poblados de la parte baja	Cultivos, infraestructura y población
Época lluviosa	19/09/1982	Almendrales, Salinas II, Salinas I, Los Cerritos	Obstaculización de calles
Época lluviosa	20/09/1982	Almendrales, Salinas II, Salinas I, Los Cerritos	Obstaculización de calles
Época lluviosa	01/09/1988	Almendrales, Salinas II, Salinas I, Los Cerritos	Obstaculización de calles
Época lluviosa	08/09/1998	Almendrales, Salinas II, Salinas I, Los Cerritos	Obstaculización de calles
Huracán Mitch	22/10/1998 a 09/11/1998	Almendrales, Salinas II, Salinas I, Los Cerritos	Cultivo de plátano dañado
Huracán Stan	01/10/2005 a 05/10/2005	Todos los poblados de la parte baja	Cultivos, infraestructura y población
Tormenta Bárbara	10/11/2007	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa	Obstaculización de calles
Época lluviosa	02/06/2008	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa	Obstaculización de calles
Época lluviosa	30/05/2010	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa, Salinas I, Salinas II	Obstaculización de calles y cultivo de plátano
Tormenta Agatha	29/05/2010 a 30/05/2010	Todos los poblados de la parte baja	Cultivos, infraestructura y población
Época lluviosa	27/06/2010	Almendrales, Salinas II, Pueblo Nuevo, Salinas I, Los Cerritos, Laureles, Ocos	Cultivos, infraestructura y población
Época lluviosa	04/09/2010	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa, Salinas I, Salinas II	Obstaculización de calles
Época lluviosa	03/09/2010	Almendrales, Los Cerritos, Tilapa, Salinas I, Salinas II	Obstaculización de calles
Época lluviosa	09/09/2013	Cerritos, Almendrales y Tilapa	Obstaculización de calles
Época lluviosa	30/09/2015	Cerritos, Almendrales y Tilapa	Obstaculización de calles
Época lluviosa	25/06/2015	Almendrales, El Tular y Tilapa	Colapso del puente Almendrales
Depresión tropical 1E	07/06/2016	Cerritos y Almendrales	Obstaculización de calles
Lluvia y marea	30/05/2017	Almendrales	Obstaculización de calles
Socavamiento	16/04/2018	Tilapa	Infraestructura dañada

Según los pobladores de la parte baja de la cuenca del río Naranjo el Huracán Stan y la Tormenta Agatha han sido los que mayores pérdidas les han ocasionado, en infraestructura y agricultura.

2.8.8. Áreas inundables de la vertiente del pacífico

En la figura 48 se observan las áreas inundables de las cuencas bajas (María Linda a Naranjo) en total se tiene que el área inundable de la vertiente del Pacífico equivale a 269,051.52 ha, por lo que las inundaciones en la cuenca del río Naranjo representan el 2.81 % del total y a comparación de otras cuencas según la Coordinadora Nacional de Reducción de Riesgos a Desastres - CONRED (2015) esta ocupa una categoría media de ocurrencia en inundaciones.

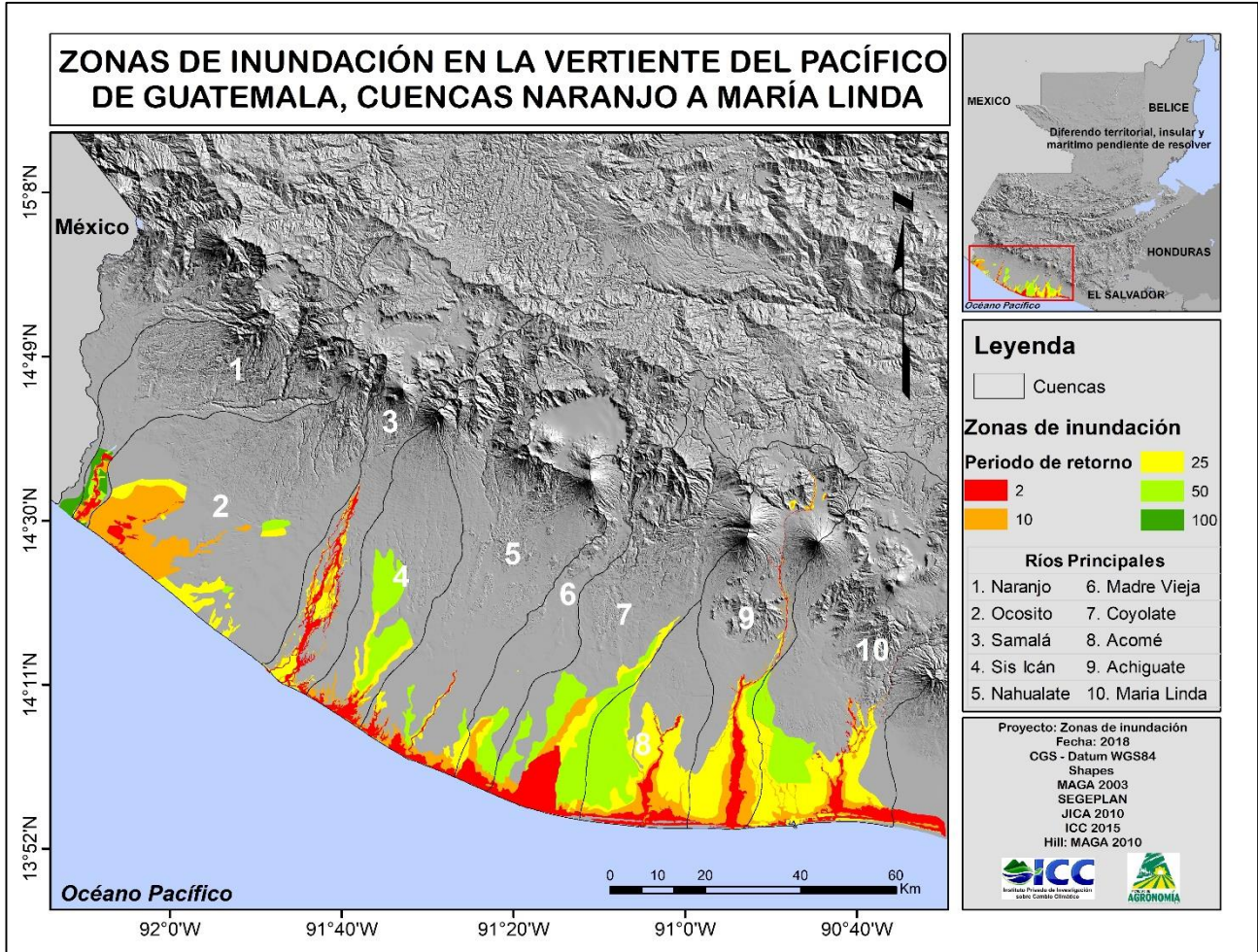


Figura 48. Áreas inundables en 10 cuencas bajas de la vertiente del pacífico.

2.8.9. Análisis de inundaciones en la parte baja

La constante dinámica del cauce del río Naranjo puede influenciar en el área de alcance de las inundaciones de cada tiempo de retorno.

En la figura 49 se muestran los cambios del cauce del río Naranjo desde 2002 hasta el 2018, ejemplo de ello son las áreas identificadas en el mapa donde se nota el cambio en la configuración del río, estos cambios representan entre 100 m a 300 m hacia el municipio de La Blanca, lo que significa que en ciertas partes de tramo modelado el río Naranjo se han acercado a poblados como Salinas I, Salinas II, Paso Hondo, La Blanca y la ruta interna 2 que comunica los poblados bajos del municipio de La Blanca con la cabecera municipal.

A. Dinámica del cauce del río Naranjo

Es importante mencionar que durante el año 2002 hacia el año 2018 se ha notado una disminución en el agua del río lo que ha dejado espacios libres para cultivar o betas arenosas que equivalen a 111.38 ha que han quedado disponibles (figura 81A) y que en la actualidad están ocupados por cultivos como banano o plátano y palma del lado de Ocos en un 90 %.

La disminución del caudal en época seca se debe al aprovechamiento del agua con fines de riego para los cultivos en los municipios de Ocos y La Blanca (figura 49).

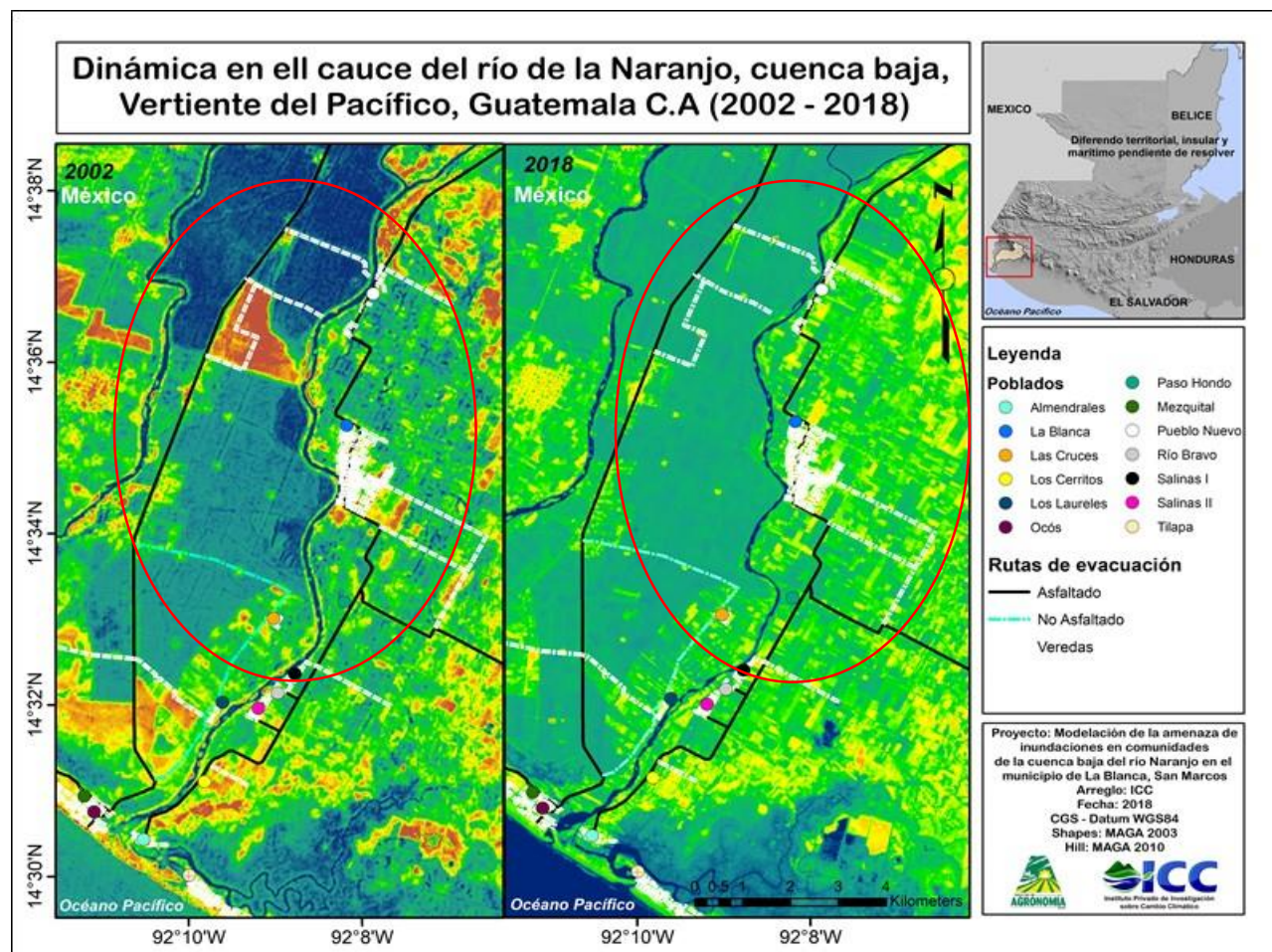


Figura 49. Dinámica del cauce en la cuenca baja del río Naranjo del año 2002 al 2018.

Las causas del cambio en la configuración del cauce pueden deberse al sobreuso de la tierra cuenca arriba que hace las tierras fáciles de erosionar y el arrastre de sedimentos han llegado a azolvar ciertas partes del río en la parte baja, la ocurrencia de eventos extremos como el huracán Stan y la Tormenta Agatha, el aumento de arrastre de sedimentos, derivaciones excesivas de agua que reducen el caudal al río en época seca dejando espacios libres para cultivo y además se han implementado prácticas de mitigación al riesgo de inundaciones para cultivos en la parte de Ocos (bordas, gaviones entre otros).

2.8.10. Propuestas para la mitigación del riesgo de inundaciones

A. Sistemas de drenajes urbanos y rurales

Según la percepción comunitaria y lo observado en las comunidades de la parte baja del río Naranjo las zonas urbanizadas carecen de sistemas de drenajes de agua pluvial y para desecho sanitarios, lo que incrementa la vulnerabilidad de los poblados a inundaciones, sin embargo en la actualidad se está trabajando con la red de drenajes en la cabecera municipal de La Blanca, las comunidades del municipio de Ocos carecen de drenajes para evacuar el agua de inundaciones a excepción de la cabecera municipal de Ocos.

Por otra parte, el área rural del municipio de La Blanca cuenta con 51,416 m de longitud de canales (centrales, principales, secundarios, terciarios, subterráneos) que abastecen de agua a los parcelarios del municipio de La Blanca en época seca, mismos canales que utilizan muchos parcelarios para drenar el exceso de agua en época lluviosa, los canales evacuan el agua para el río Pacayá (unidad de riego de La Blanca, 2018). En el caso de Ocos se cuenta con sistemas de drenajes para el cultivo de banano para reducir el riesgo a inundaciones.

Por lo anterior dentro del municipio de La Blanca se debería de desarrollar algún proyecto de sistema de drenajes sostenible, haciendo uso de los sistemas actuales de la unidad de riego, muchos parcelarios ya han comenzado con procesos rústicos para reducir las inundaciones en sus parcelas, sin embargo, no todos tienen un soporte técnico para ello, en la figura 50 se muestra la red de canales de la parte baja de la cuenca del río Naranjo.

B. Sistemas de alerta temprana

Como se observó en las figuras 34 y 36 (áreas de inundación modelada y percepción comunitaria), el 39 % de las áreas inundadas en la parte baja de río Naranjo se atribuyen a causas fluviales y que las comunidades bajas de los municipios como Ocos, Almendrales,

Tilapa, Cerritos y demás se le dificulta el acceso a la cabecera municipal o a otros sitios por la obstaculización de los caminos principales.

Los sistemas de alerta temprana serian de utilidad para evacuar a las comunidades con anticipación a la obstaculización de los caminos y pérdidas humanas en el caso de eventos de tiempo de retorno 2 años en adelante. En la actualidad La municipalidad de La Blanca está haciendo uso de los sistemas de alerta temprana en el río Naranjo los cuales están ubicados en Coatepeque y el caserío Pueblo Nuevo en la figura 50 solo se logra apreciar la ubicación del sistema de alerta temprana del caserío Pueblo Nuevo.

En la figura 50 se da la propuesta de la localización de otro sistema de alerta temprana en el río Pacayá que también contribuye a las inundaciones en Almendrales, ya en la actualidad no se lleva el control de dicho río.

Con fines de preparación y atención ante emergencias se calculó el tiempo estimado que tendrían los pobladores de las comunidades afectas para evacuar en el caso de desbordamientos del río Naranjo (cuadro 26 y cuadro 27).

Cuadro 26. Tiempo de evacuación en horas para la alerta temprana en Coatepeque.

Comunidad amenazada	Velocidades máximas por tiempo de retorno						Distancia SAT Coatepeque (km)
	2 año	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
	3.02 m/s	4.40 m/s	6.15 m/s	6.16 m/s	6.21 m/s	6.37 m/s	
Pueblo Nuevo	2.71	1.86	1.33	1.33	1.32	1.28	29.46
La Blanca	3.08	2.11	1.51	1.51	1.50	1.46	33.48
Paso Hondo y las cruces	3.57	2.45	1.75	1.75	1.74	1.69	38.81
Salinas I	3.70	2.54	1.82	1.81	1.80	1.75	40.18
Rio Bravo	3.74	2.57	1.84	1.83	1.82	1.77	40.65
Salinas II y Laureles	3.81	2.61	1.87	1.87	1.85	1.80	41.38
Los Cerritos	3.93	2.69	1.93	1.93	1.91	1.86	42.68
Ocós y Almendrales	4.17	2.86	2.04	2.04	2.02	1.97	45.25

Cuadro 27. Tiempos de evacuación en minutos para la alerta temprana en Pueblo Nuevo.

Comunidad amenazada	Velocidades máximas por tiempo de retorno						Distancia SAT Pueblo Nuevo (m)
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
	3.02 m/s	4.40 m/s	6.15 m/s	6.16 m/s	6.21 m/s	6.37 m/s	
Pueblo Nuevo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Blanca	22.23	15.23	10.90	10.89	10.79	10.51	4,021.23
Paso Hondo y Las Cruces	51.65	35.39	25.33	25.30	25.08	24.43	9,344.19
Salinas I	59.26	40.60	29.06	29.03	28.78	28.03	10,719.99
Rio Bravo	61.86	42.38	30.34	30.30	30.04	29.26	11,190.37
Salinas II y Laureles	65.91	45.16	32.32	32.29	32.01	31.18	11924.00
Los Cerritos	73.07	50.06	35.83	35.79	35.48	34.56	13,218.49
Ocós y Almendrales	87.31	59.81	42.82	42.77	42.40	41.30	15,794.56

C. Sectorización de comunidades

Durante las visitas a las comunidades de La Blanca se platicó sobre la importancia de sectorizar las comunidades para facilitar el tema de atención en caso de emergencias.

En el caserío de Almendrales los comunitarios se han organizado para sectorizar el sitio, dando como resultado siete sectores de 30 casas cada uno, en donde los comunitarios han realizado marcas de color café en casas donde no habitan personas, según los pobladores es una buena manera de localizar fácilmente a las personas, por lo que se debería de hacer una consulta y dialogar del tema en los COMUDES para realizar la sectorización de todas las comunidades amenazadas por inundaciones.

D. Propuestas de rutas alternas de evacuación y albergues

Como se observó en la modelación y la percepción comunitaria indican que en caso de eventos con tiempo de retorno 2 en adelante, existe obstaculización de las rutas de evacuación para las comunidades bajas de los municipios de La Blanca y Ocós, por lo que en la figura 50 se proponen rutas alternas de evacuación (recomendada), para facilitar la

evacuación de las personas en caso de emergencias, ya que en estas rutas trazadas son muy poco probables las inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo y Ocosito, además que se conectan con caminos comunidades arriba. Estas rutas de evacuación alternas en caso se diera la obstaculización de las rutas actuales llegan hasta sitios propuestos como albergues en zonas con poca probabilidad de inundación, en La Blanca, Mezquital, Los Cerritos y Tilapa.

E. Defensas ribereñas y de costas

Según el perfil topográfico de los transectos utilizados en la modelación hidráulica (figuras 72A, 73A, 74A, 75A, 76A, 77A, 78A y 79A), se presentan las siguientes recomendaciones de diseño para diques tradicionales de arena y de técnica mixta (cuadro 28).

Cuadro 28. Recomendación general de diseño de diques.

Municipio	Poblados	Dique		Costo total/tipo de dique		Costo total	
		Altura (m)	Longitud (km)	Arena (Q.)	Técnica mixta (Q.)	Técnica mixta (Q.)	Arena (Q.)
La Blanca	Pueblo Nuevo	4	2.17	976,500.00	10,850,000.00	68,250,000.00	6,142,500.00
	La Blanca	3.6	2.93	1,318,500.00	14,650,000.00		
	Salinas I	3.5	2.48	1,116,000.00	12,400,000.00		
	Rio Bravo	3.5					
	Salinas II	3.5					
	Almendrales	5	3.55	1,597,500.00	17,750,000.00		
	Los Cerritos	5					
	Tilapa	4	0.86	387,000.00	4,300,000.00		
	Paso Hondo	3	1.66	747,000.00	8,300,000.00		
Ocos	Laureles	2.6	1.52	684,000.00	7,600,000.00	23,600,000.00	2,124,000.00
	Ocos	2	3.2	1,440,000.00	16,000,000.00		
Costo total						91,850,000.00	8,266,500.00

Nota: dique tradicional de arena tiene un costo/km de Q. 450,000.00 e incluye costos de renta en h/maquinaria (retroexcavadora de oruga) y mano de obra (Fuentes, 2018).

F. Ubicación de estructuras

En función a la información otorgada por los comunitarios de los distintos poblados afectados por inundaciones y la información generada se localizaron sitios importantes para la implementación de estructuras de protección (figura 50).

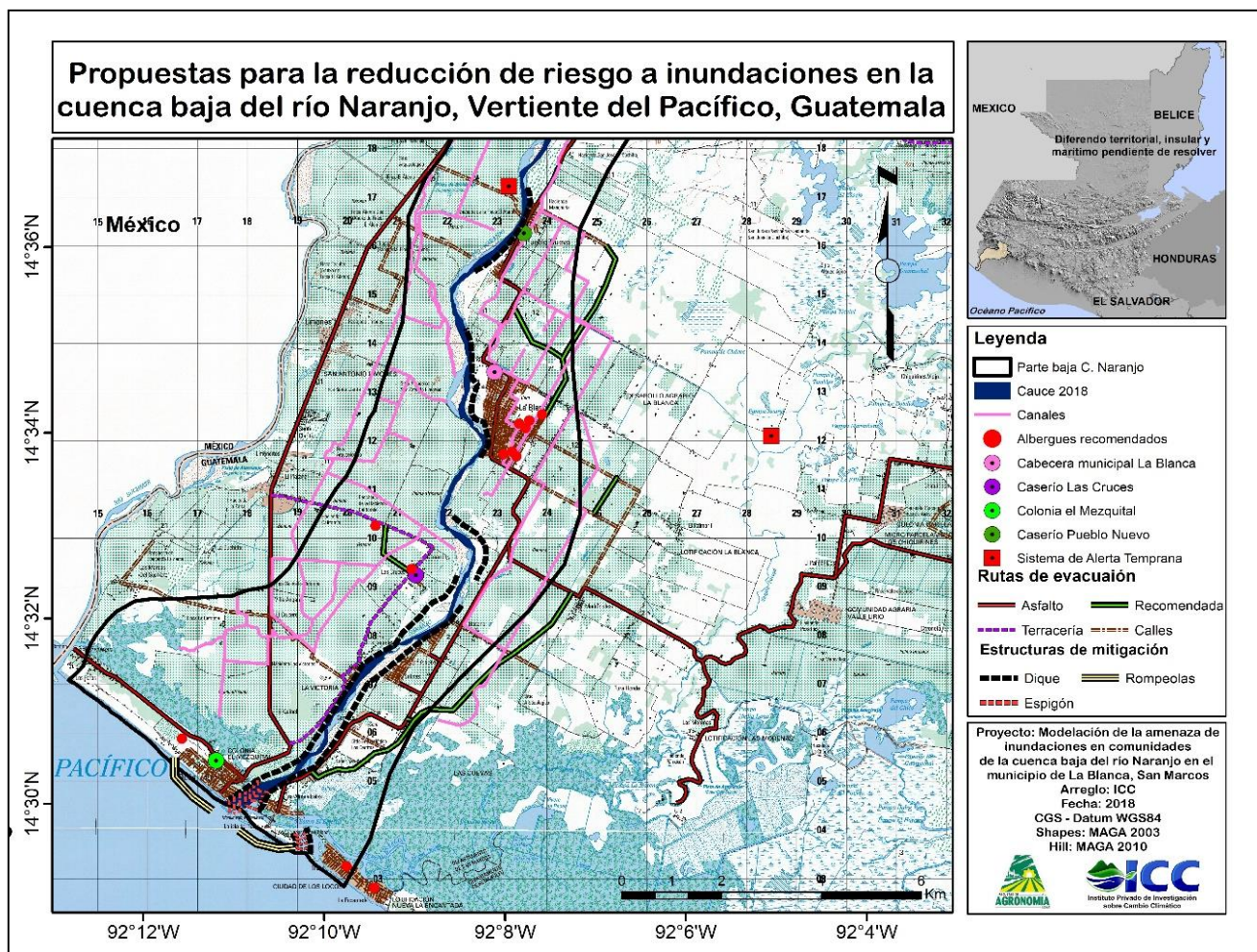


Figura 50. Ubicación de las propuestas de acción para mitigar el riesgo de inundaciones.

2.9. CONCLUSIONES

1. La desactualización de información topográfica, precisión y el historial de datos podría ser la principal desventaja para el cálculo de los caudales de retorno (modelo de elevación digital con resolución (15 m x 15 m) del año 2006, el tiempo de registro de las estaciones de ANACAFE no mayor a 10 años), sin embargo se obtuvieron los caudales mediante una modelación hidrológica haciendo uso de la herramienta HEC-HMS® los cuales fueron de 1,449.8 m³/s, 2,521 m³/s, 3,196.20 m³/s, 3,379 m³/s, 3,395.80 m³/s y 3,473.10 m³/s, correspondientes a tiempos de retorno de 2, 5 10, 25, 50 y 100 años.
2. Se identificaron las áreas inundables para cada periodo de retorno las cuales son variables, pero cabe mencionar que la información topográfica estaba desactualizada (modelo de elevaciones digital del MAGA, 2006), por lo que debe considerarse, sin embargo, se obtuvo el área inundable de 3,019 ha, en la cuenca baja del río Naranjo.
3. Según la percepción comunitaria el área inundable es de 7,218 ha del cual el 61 % es a causa de lluvias el 30 % desbordamiento del río Naranjo y el 9 % (marea y desbordamiento) siendo el total de 7,218.60 ha.
4. Los principales usos de la tierra amenazados por las inundaciones en cuenca baja del río Naranjo son banano/plátano en un 60 %, el tejido urbano 9 %, granos básicos 4 % y palma africana 3 % sus áreas de afección varían según el tiempo de retorno las áreas varían según el tiempo de retorno.
5. En función a la caracterización, percepción comunitaria, se generaron propuestas para reducir el riesgo de inundaciones tales como: el diseño de drenajes urbanos y rurales, sistemas de alerta temprana, rutas alternas de evacuación, propuestas de albergues, estructuras de ingeniería para la protección ribereña, protección costera y la sectorización de las comunidades como parte de un plan de ordenamiento territorial.

2.10. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio con mayor detalle e información actualizada de suelos, topografía (DEM) para el diseño y construcción de estructuras de protección.
2. Realizar un estudio económico para el proceso de actualización topográfica, de suelos y para el establecimiento de estructuras de mitigación en los sitios vulnerables.
3. Diseñar un sistema de drenajes en el área rural y urbana donde afectan las inundaciones pluviales y fluviales que permitan drenar el agua por gravedad y aprovecharla en reservorios para abastecer cultivos en época seca y el exceso drenarlo a los ríos correspondientes en puntos estratégicos.
4. Gestionar en el departamento de desarrollo y planificación territorial de la municipalidad de La Blanca y Ocós el “ordenamiento territorial” de los poblados futuros y con los poblados ya establecidos sugerir su sectorización para una rápida respuesta de emergencias para inundaciones.
5. Proponer y establecer rutas de evacuación alternas a la ruta 2 y 8 para poblados localizados en la parte baja de los municipios de La Blanca y Ocós, debido a que el modelo hidráulico demuestra que a partir de tiempos de retorno 2 años con un 50 % de probabilidad de ocurrencia se ven interrumpidas dichas rutas.
6. Establecer sistemas de alerta temprana para el río Naranjo y Zanjón Pacayá ya que actualmente solo se tiene monitoreo de crecidas, para ello deben considerar los siguientes componentes: conocimiento del riesgo, monitoreo, alertas, difusión, comunicación y fortalecimiento de capacidad de respuesta.
7. Establecer manglares en poblados vulnerables a inundaciones como Almendrales en los márgenes desprotegidos y conservar los ecosistemas de mangle para reducir el impacto de las inundaciones.

2.11. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, C. 2017. 36 municipios son vulnerables a inundaciones. Prensa Libre, Guatemala, julio 27. Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <http://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/estudio-revela-vulnerabilidad-de-36-municipios-a-inundaciones>
2. Barillas, EM; Lira Prera, E; Rodríguez Carrillo, M. 2003. Zonificación de amenazas naturales en la cuenca del río Samalá y análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián Retalhuleu, Guatemala. Guatemala, Programa de Acción Regional para Centro América (RAPCA). 52 p. Disponible en <https://www.itc.nl/external/unesco-rapca/en/contents-%20of-%20this-cd/6-zonificacion-amenaza-san-sebastian-guatemala.PDF>
3. Cardona A, OD. 2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. *In* International Work-Conference on Vulnerability on Disaster Theory and Practice. Wageningen, Holanda, University and Reserch Centre, Disaster Studies of Wageningen. 18 p. Disponible en <http://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/RepensarVulnerabilidadRiesgo-1.0.0.pdf>
4. Cardona, OD; Hurtado, JE. 2000. Modelación numérica para la estimación holística del riesgo sísmico urbano, considerando variables técnicas, sociales y económicas. Presentado en Congreso Internacional de Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (1., 2000, Barcelona, España). MENCIS 2000. Barcelona, España. 16 p. Disponible en <http://desenredando.org/public/articulos/2001/estriesgo/EstimacionRiesgoSismicoUrbano-1.0.0.pdf>
5. CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres, México). 2014. Desarrollo sobre el tema de inundaciones. México. Consultado 7 mar. 2018. Disponible en <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>
6. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y El Caribe, Guatemala). 2010. Crónica de un desastre: tormenta tropical Stan en Guatemala. Guatemala. Consultado 15 mar. 2018. Disponible en http://www.paho.org/gut/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publications&alias=66-iii-cronica-de-un-desastre&Itemid=518

7. CONANP (Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México). 2016. Ficha informativa de los humedales de RAMSAR (FIR). México. Consultado 12 mar. 2018. Disponible en http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Campeche/APFF_Laguna_de_Terminos/Laguna%20de%20T%C3%A9rminos.pdf

8. Congreso de la República de Guatemala, Guatemala. 2014. Decreto 1-2014: Crea el municipio denominado La Blanca en jurisdicción del departamento de San Marcos, cuyo territorio deberá segregarse del territorio del municipio de Ocós del mismo departamento. Guatemala, CENADOJ (Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial). Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <http://www2.oj.gob.gt/es/QueEsOJ/EstructuraOJ/UnidadesAdministrativas/CentroAnalisisDocumentacionJudicial/cds/CDs%20leyes/2014/pdfs/decretos/D01-2014.pdf>

9. CONRED (Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres, Guatemala). 2015. Boletín informativo sobre precipitaciones en la república de Guatemala. Guatemala. Consultado 1 mar. 2018. Disponible en <https://conred.gob.gt/site/Boletines-Informativos>

10. _____. 2018. Glosario sobre gestión de riesgo a desastres. Consultado 12 mar. 2018. Disponible en <https://conred.gob.gt/site/Glosario>

11. Coyoy, A. 2016. Lluvias causan inundaciones en La Blanca. Prensa Libre, Guatemala, junio 7. Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <http://www.prensalibre.com/guatemala/san-marcos/lluvias-daan-casas-y-cultivos-en-la-blanca>

12. Díaz, Á. 2017. Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba , Colombia) mediante teledetección y SIG. Ingeniería y Desarrollo: Revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte 35(2):452-470. Disponible en <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/8920/10676>

13. DMP (Dirección Municipal de Planificación, San Marcos, Guatemala). 2017. Carta de solicitud por parte de la municipalidad La Blanca del departamento de San Marcos, Guatemala, DMP OFI No: 014-2017. Guatemala, Municipalidad de La Blanca. (municipalidadlablanca@outlook.com)

14. FOPAE (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, Colombia). 2012. Metodologías de análisis de riesgo. Guía para elaborar planes de emergencia y contingencia. Colombia, Alcaldía Mayor de Bogotá.
15. Havrylenko, SB; Damiano, F; Pizarro, M. 2006. Estimación del número de curva en la cuenca del río Arrecifes (provincia de Buenos Aires). Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria / Instituto de Clima y Agua. Consultado 10 mar. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cat_2012_havrylenko_et_al.pdf
16. HEC (Hydrology Engineering Center, USA). 2018. Hydrologic Modeling System – HMS. USA. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/features.aspx>
17. _____. 2018. River Analysis System – RAS. USA. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>
18. IGN (Instituto Nacional Geográfico, Guatemala). 1970. Mapas sobre la geología de la república de Guatemala: La Blanca, San Marcos. Guatemala. (shapefile).
19. INE (Instituto Nacional de Estadísticas, Guatemala). 2002. Puntos de poblados de la república de Guatemala. La Blanca, San Marcos, Guatemala. (shapefile).
20. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2017. Información de estaciones meteorológicas en la parte baja de la cuenca del río Naranjo. Guatemala. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en: http://www.insivumeh.gob.gt/?page_id=1671
21. Lavao, S. 2014. Diplomado en sistema de información geográfica –SIG y sensores remotos aplicados a recursos hídricos. Bogotá, Colombia, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Estudios a Distancia –FAEDIS-. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13331/1/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf>
22. Lavell, A. 2000. Conceptos sobre la gestión de riesgos y su importancia en América Latina. Manual de conceptos de la Universidad San Carlos de Guatemala. San José, Costa Rica, BID / CIDHS. 23 p.
23. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 1995. Estudio prefactibilidad, drenaje y control de inundaciones La Blanca, Ocós. Guatemala. 105 p.

24. _____. 2000. Estudio de drenajes superficiales en la unidad de riesgo La Blanca, Ocos, San Marcos. Guatemala. 36 p.
25. _____. 2002. Información de los shapefiles (memoria técnica) sobre fisiografía, cobertura forestal, zonas de vida sobre el municipio de La Blanca del departamento de San Marco de la república de Guatemala, a escala 1: 250,000.
26. _____. 2012. Información de los shapefiles (memoria técnica) sobre uso de la tierra y capacidad de la tierra del municipio de La Blanca del departamento de San Marcos de la república de Guatemala, a escala 1: 250,000. Guatemala.
27. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). 2012. Contaminación del agua en la cuenca Naranjo, San Marcos. Guatemala. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en http://www.marn.gob.gt/paginas/Biblioteca_MAR
28. Molina Estrada, AG. 2017. Determinación de las áreas susceptibles a inundaciones de la parte baja de la cuenca del Río Ocosito mediante modelación y percepción comunitaria diagnóstico y servicios en el Instituto Privado de Investigación sobre cambio climático, Guatemala, C.A. Tesis Inga. Agra. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 117 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_3120.pdf
29. Morales Aguilar, JA. 2010. Diagnostico socioeconomico, potencialidades productivas y propuestas de inversio; municipio de Ocos, departamento de San Marcos: Administración de riesgo. Tesis Lic. Admon. Emp. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Economicas. v. 4, 141 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0784_v4.pdf
30. Racca, JMG. 2007. Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología 77(1-2):37-38. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/61696540.pdf>
31. Salas Aguilar, VM; Pinedo Álvarez, C; Viramontes Olivas, OA; Báez González, AE; Quintana Martínez, RM. 2011. Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geoespacial. Tecnociencia 5(1):34-42.
32. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

33. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, México). 1974. Inundaciones. México. Consultado 15 mar. 2018. Disponible en <http://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/Inundacion1.pdf>
34. UNISDR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo a Desastres, Switzerland). 2015. Desastres en los últimos 20 años. Geneve, Switzerland. Consultado 2 abr. 2018. Disponible en <http://eird.org/americas/noticias/un-estudio-que-abarca-20-anhos-revela-que-el-90-por-ciento-de-los-desastres-son-meteorologicos.html#.WsJ335e73IU>
35. Ursino, SV. 2012. La contaminación ambiental en Dock Sud: Representaciones espaciales, espacios de representación y prácticas espaciales en barrios periféricos. *Geograficando* 8(8):103-119. Disponible en http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.5487/pr.5487.pdf

2.12. ANEXOS

2.12.1. Fase de gabinete

A. Información meteorológica

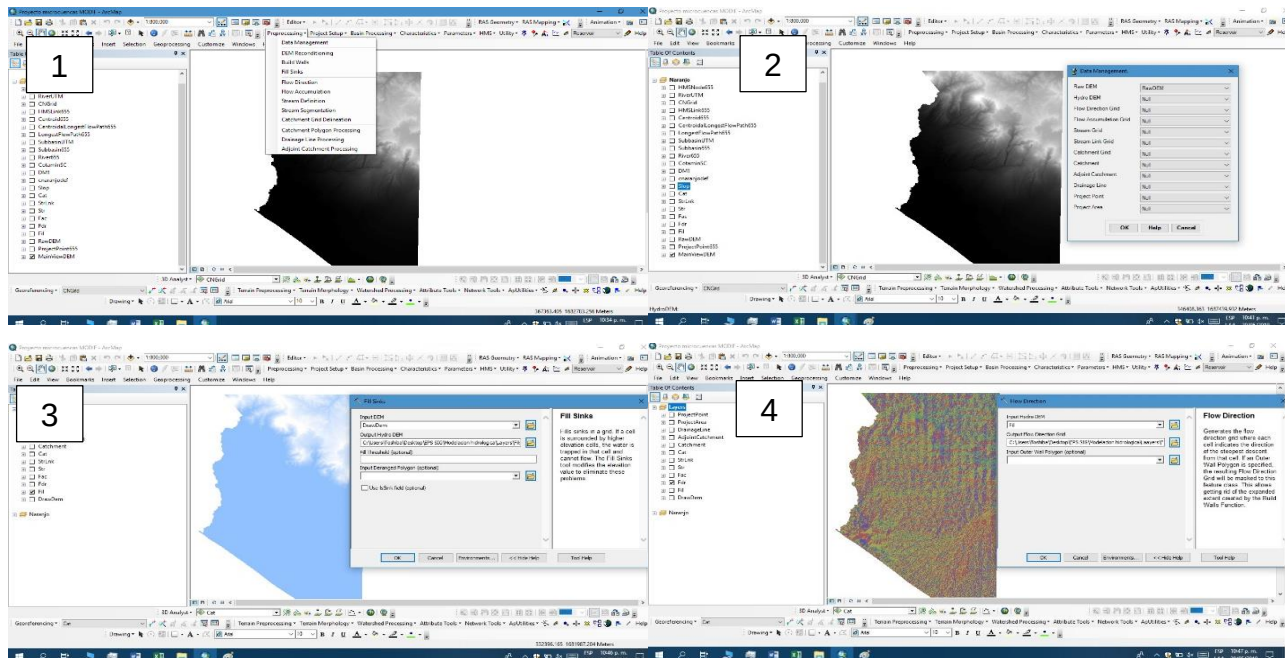
Cuadro 29A. Resumen de datos meteorológicas de cada estación meteorológica.

Institución	Estación meteorológica	Altitud (m s.n.m)	Registro	Característica climática	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
CONAGUA	Ignacio López Rayón	0 a 7	70 años	Precipitación (mm)	3	1	8	33	120	233	169	178	263	171	31	5	101	1,217
				Evapotranspiración (mm)	130	138	168	167	158	144	147	154	138	132	128	123	144	1,727
				Temperatura (°C)	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	28	
				Humedad (%)	80	74	75	79	86	89	89	87	88	89	82	82	83	
	Suchiate	7 a 35	70 años	Precipitación (mm)	3	2	9	57	174	287	229	259	299	175	42	8	129	1,542
				Evapotranspiración (mm)	139	129	142	169	192	171	178	175	128	138	139	133	153	1,833
				Temperatura (°C)	26	22	18	24	29	28	28	27	19	23	27	27	25	
				Humedad (%)	72	69	67	68	72	77	77	77	79	78	75	74	74	
INSIVUMEH	Catarina	35 a 233	30 años	Precipitación (mm)	19	25	54	180	425	535	465	512	592	551	169	38	297	3,564
				Evapotranspiración (mm)	134	138	175	176	174	159	161	161	146	141	128	127	152	1,821
				Temperatura (°C)	26	27	28	28	28	27	27	27	26	27	26	26	27	
				Humedad (%)	75	73	70	74	79	82	83	82	84	83	80	77	78	
ANACAFÉ	Coatepeque	233 a 450	10 años	Precipitación (mm)	9	24	61	194	444	473	319	568	666	553	175	70	296	3,555
				Evapotranspiración (mm)	138	140	168	171	164	154	164	160	151	158	142	143	155	1,854
				Temperatura (°C)	24	25	25	26	25	25	25	25	25	26	27	27	25	
				Humedad (%)	67	65	68	71	78	80	77	79	79	73	70	66	73	
	Valdivia	450 a 690	7 años	Precipitación (mm)	17	46	120	233	336	537	272	471	536	228	140	60	250	2,996
				Evapotranspiración (mm)	123	123	150	149	144	125	139	138	120	114	111	115	129	1,550
				Temperatura (°C)	24	24	24	25	23	24	24	24	23	23	24	24	24	
				Humedad (%)	78	77	78	82	84	90	88	88	90	90	85	81	84	
	Nueva Granada	690 a 1,080	7 años	Precipitación (mm)	36	51	124	299	450	550	317	434	616	395	106	72	287	3,448
				Evapotranspiración (mm)	123	121	148	150	148	138	151	149	131	127	117	119	135	1,622
				Temperatura (°C)	21	21	22	22	22	22	22	22	21	21	21	22	22	
				Humedad (%)	72	73	73	76	81	83	79	80	83	81	77	72	78	
	San Isidro	1,080 a 1390	7 años	Precipitación (mm)	28	47	100	162	251	430	274	332	519	315	103	29	216	2,589
				Evapotranspiración (mm)	111	108	132	132	130	122	135	129	114	109	102	105	119	1,429
				Temperatura (°C)	18	18	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	19	
				Humedad (%)	73	75	77	80	85	86	82	84	87	86	81	76	81	
INSIVUMEH	San Marcos	1,390 a 2,420	30 años	Precipitación (mm)	3	8	26	59	181	286	155	181	273	131	29	11	112	1,343
				Evapotranspiración (mm)	85	86	106	110	105	102	110	107	95	93	84	82	97	1,164
				Temperatura (°C)	13	13	14	15	15	15	15	15	14	14	14	13	14	
				Humedad (%)	83	82	83	84	89	89	87	88	90	88	86	84	86	

Fuente: ANACAFE, INSIVUMEH y CONAGUA, 2018.

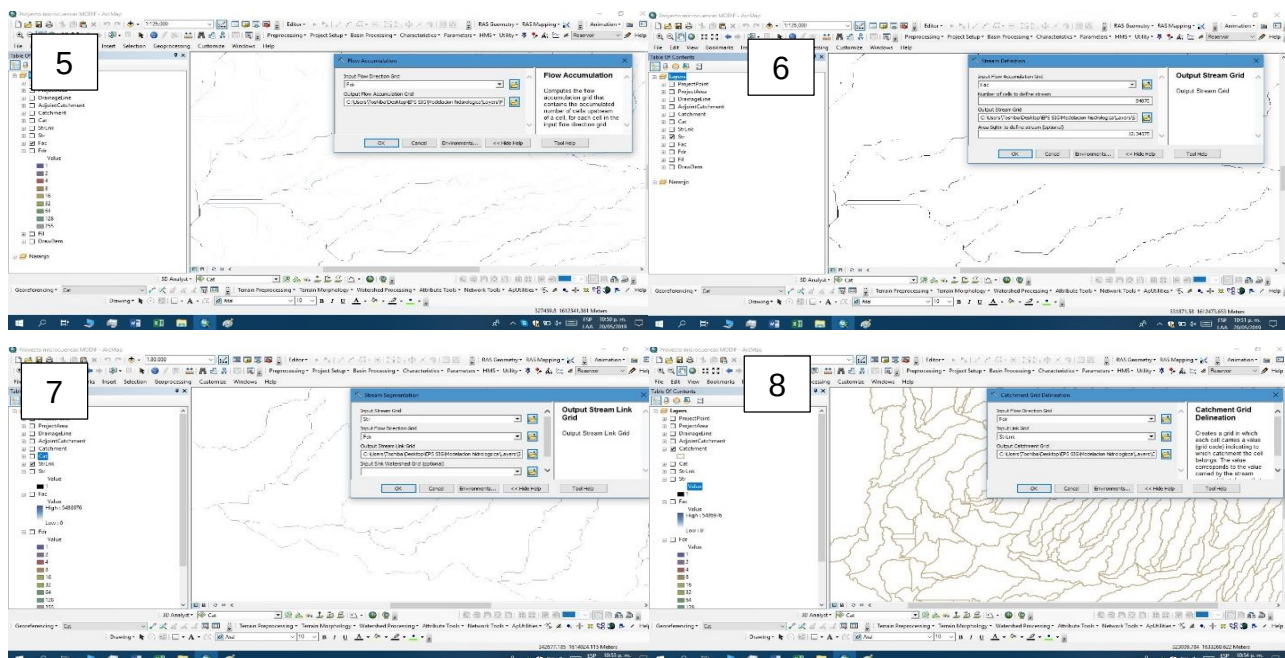
B. Modelación hidrológica

a. Procedimiento en Gis® mediante el HEC-GeoHMS®



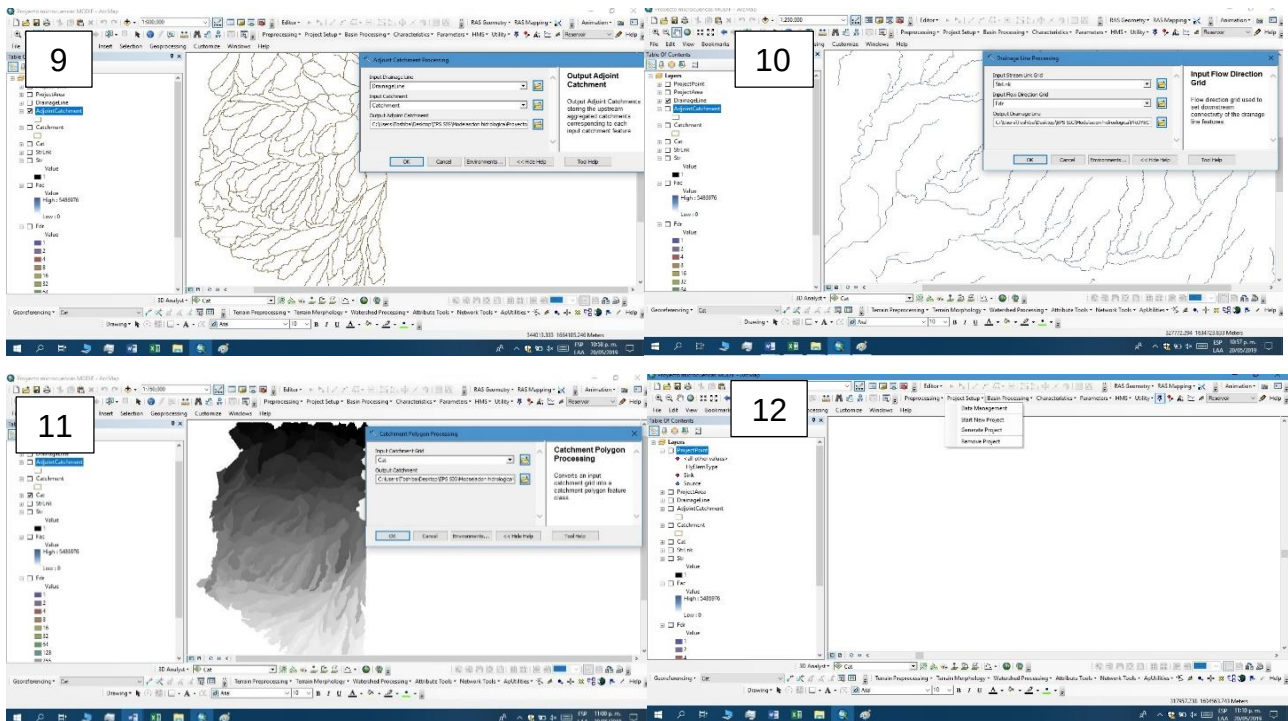
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 51A. Procesamiento del DEM para la delimitación de corrientes y sub-cuencas.



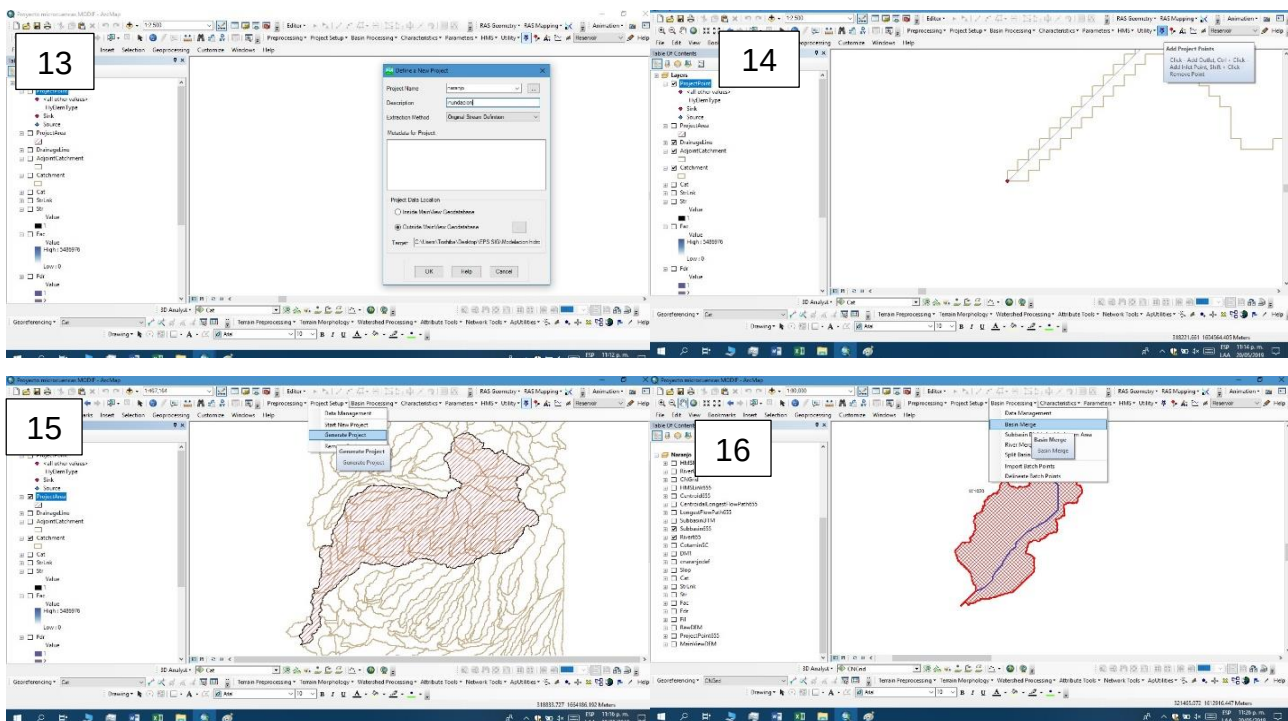
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 52A. Procesamiento del DEM para determinación de corrientes y sub-cuencas.



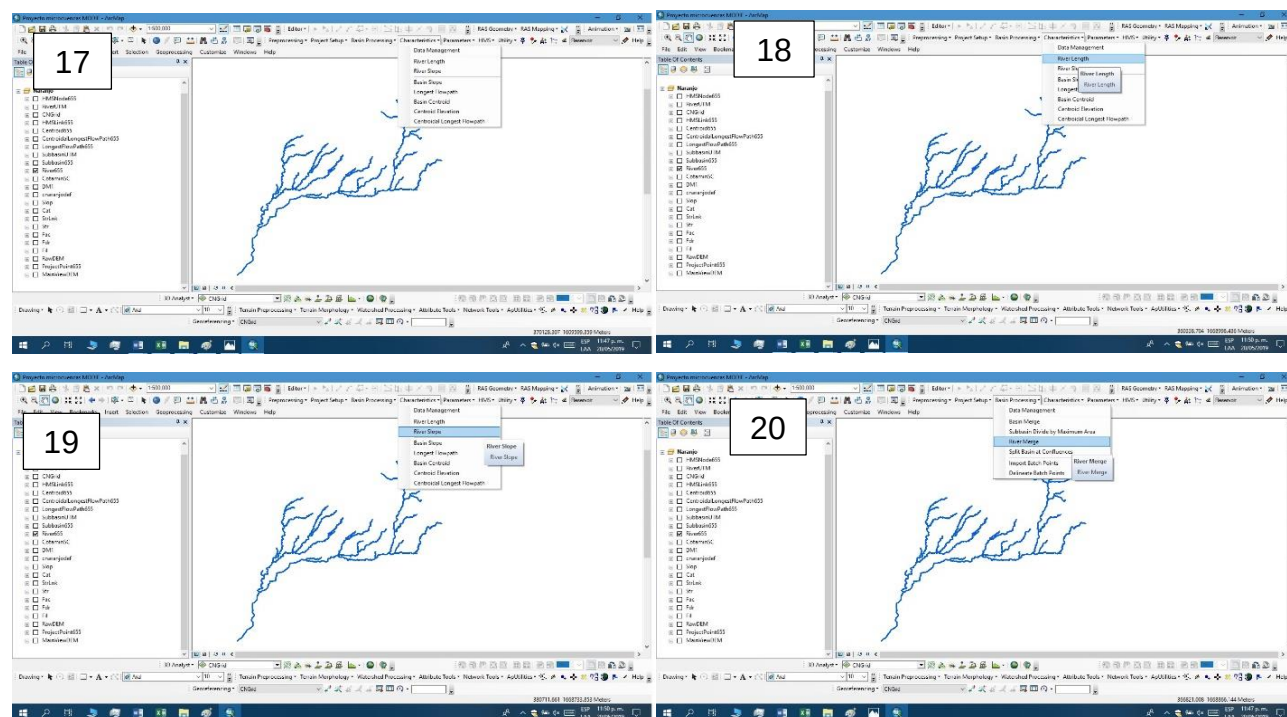
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 53A. Procesamiento del DEM para delimitar subcuencas e iniciar proyecto.



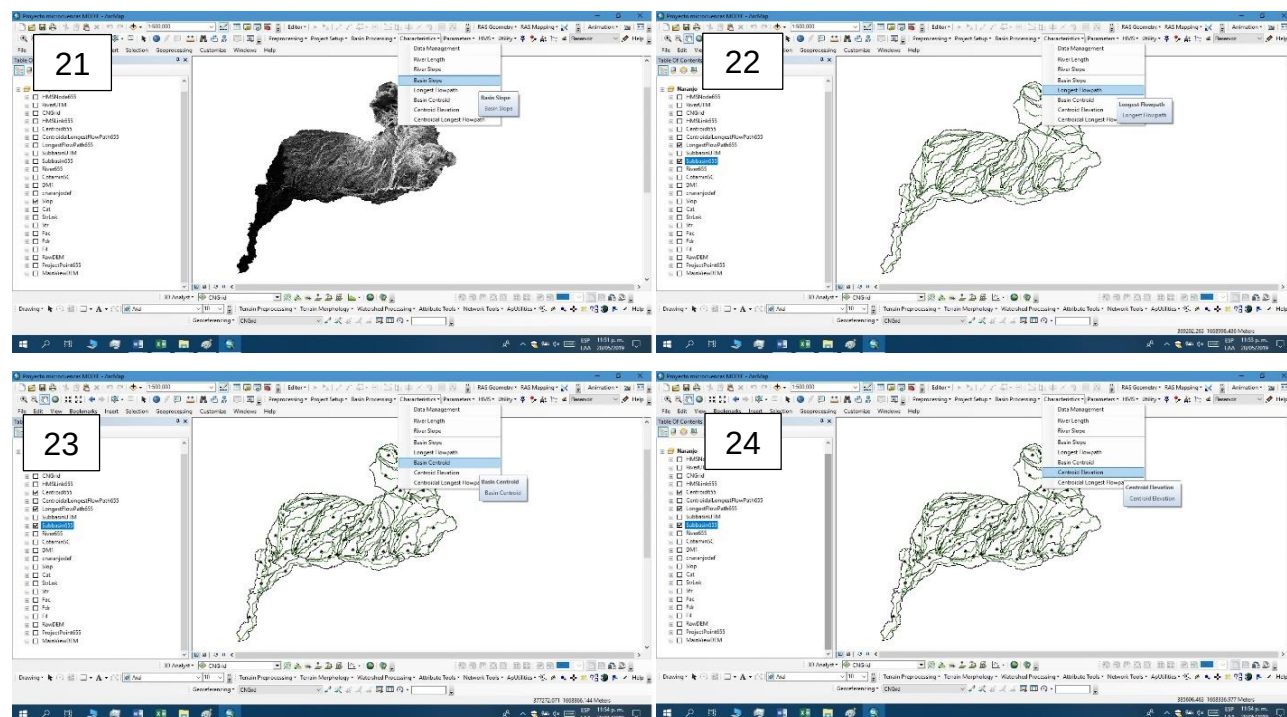
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 54A. Delimitación de la cuenca del río Naranjo según el modelo de elevaciones.



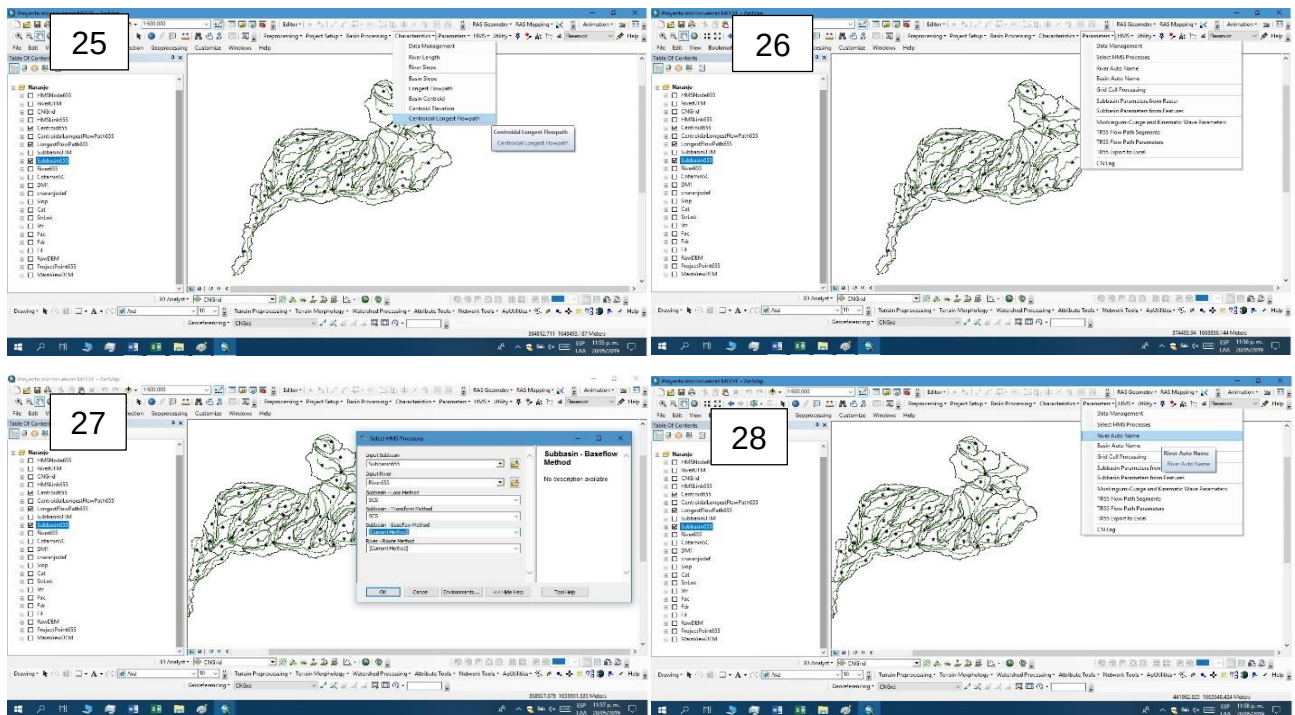
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 55A. Extracción de las características de elevación de los flujos permanentes.



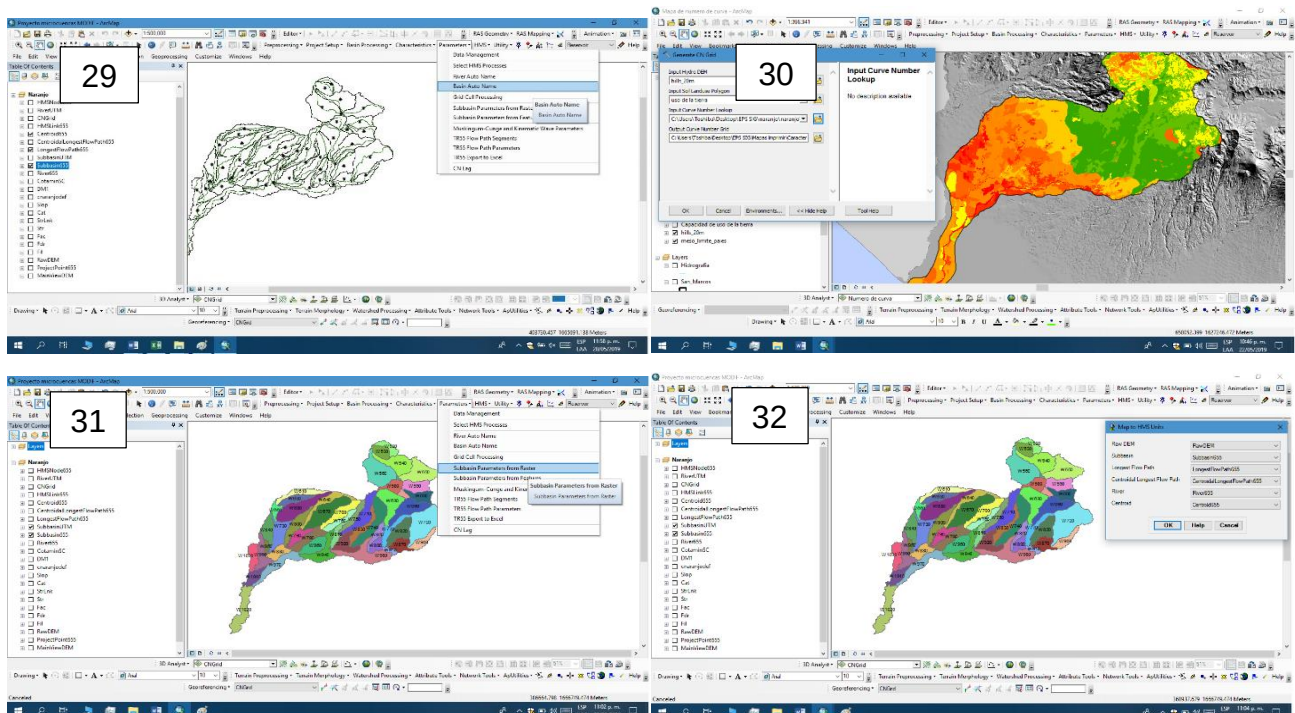
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 56A. Extracción de las características de elevación de las sub-cuencas.



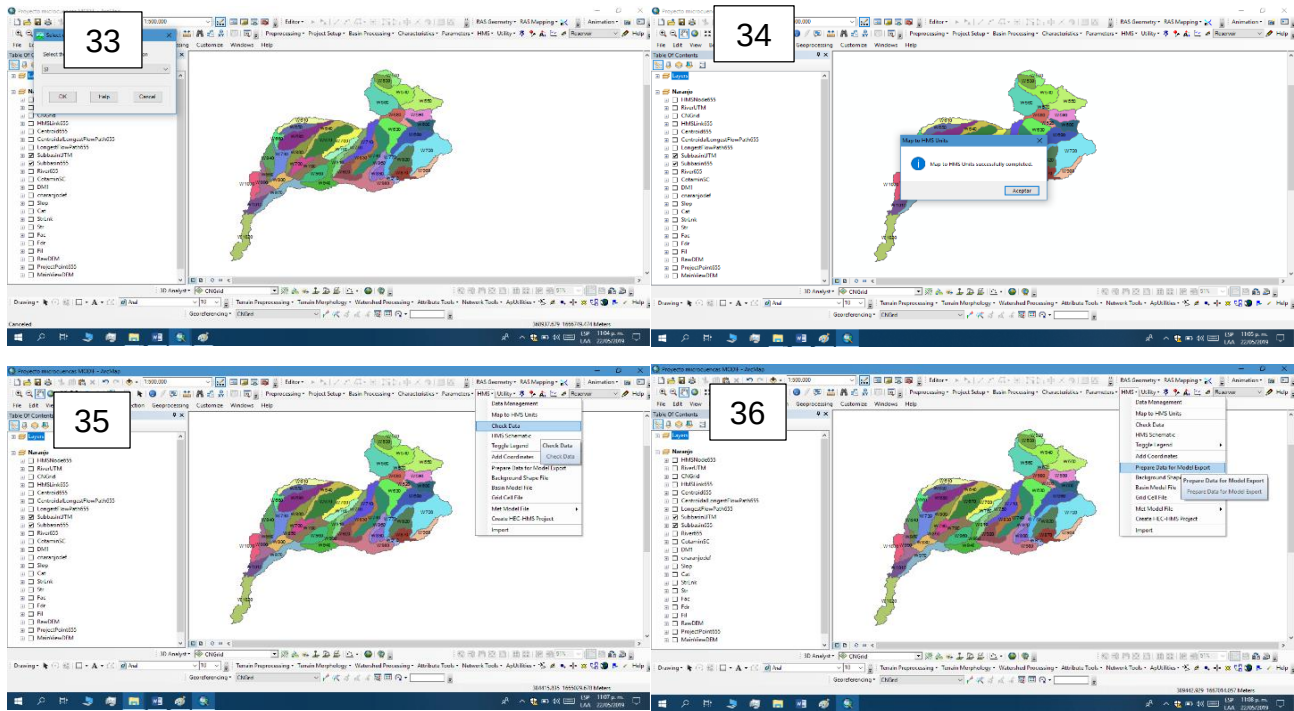
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 57A. Selección de parámetros y metodología para medición de caudales máximos.



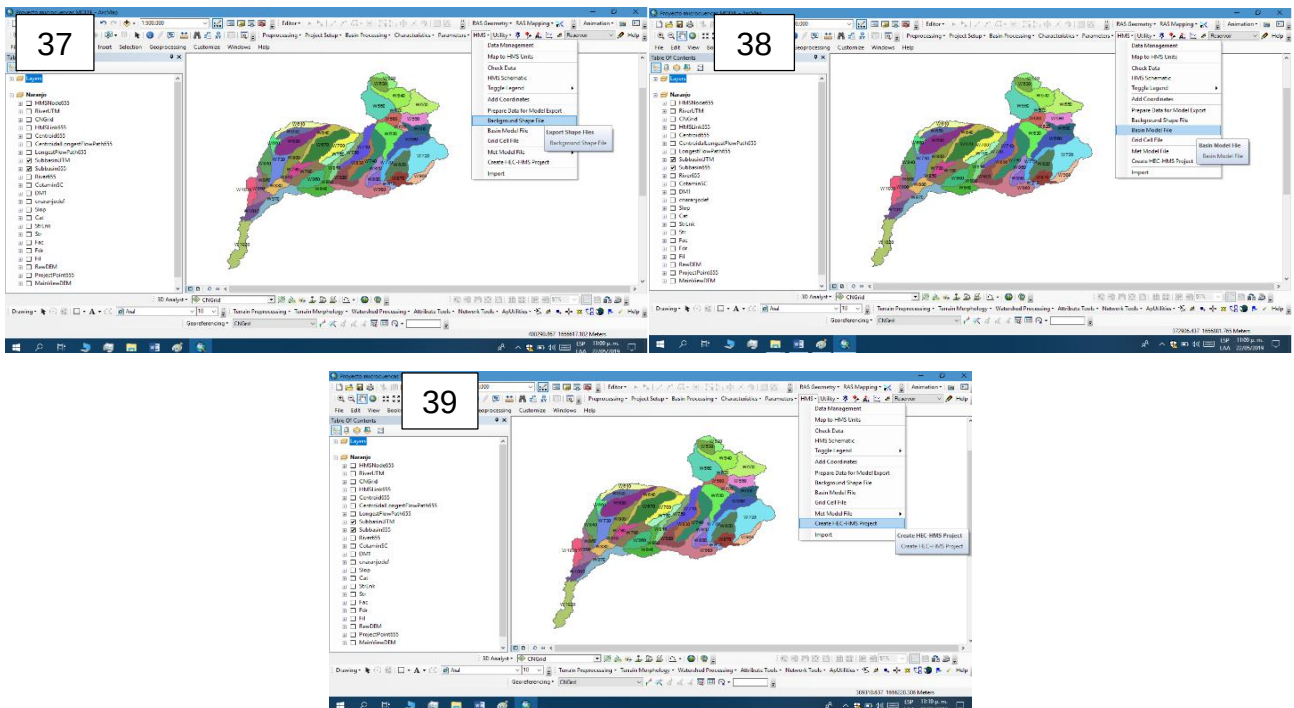
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 58A. Asignación de parámetros a las sub-cuencas y obtención del número de curva.



Fuente: elaboración propia, 2018.

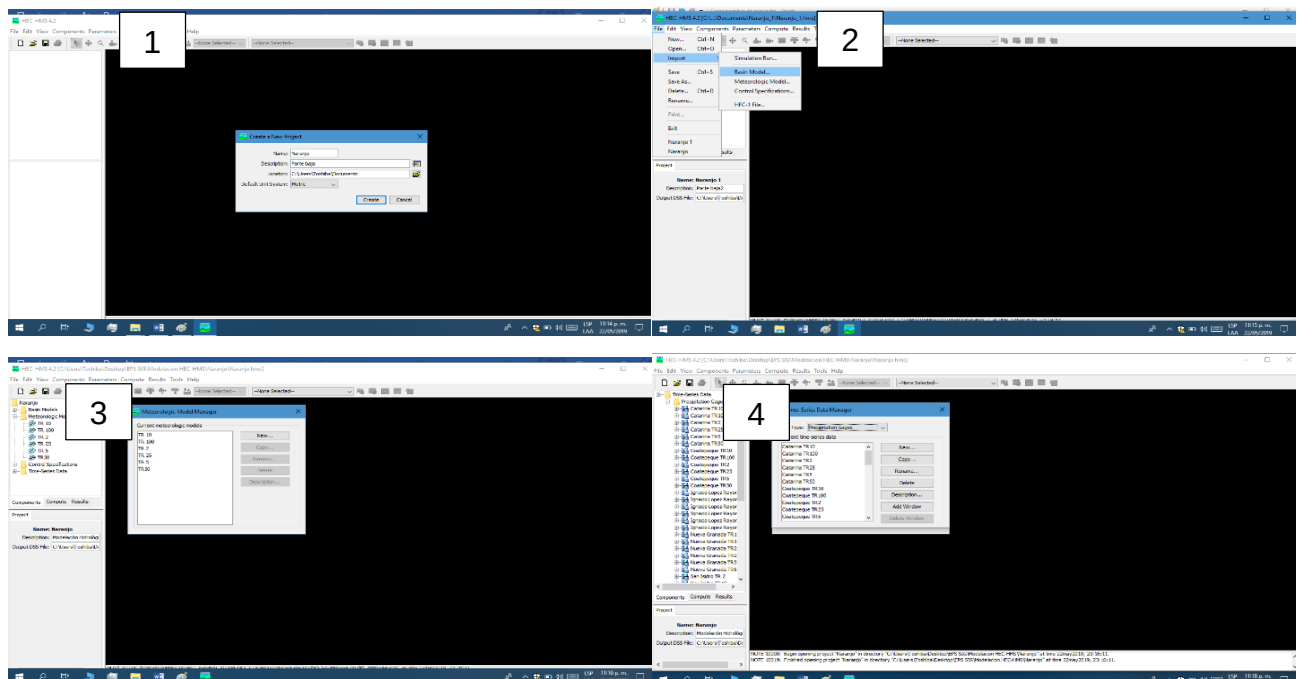
Figura 59A. Asignación de sistema de medida para la modelación hidrológica.



Fuente: elaboración propia, 2018.

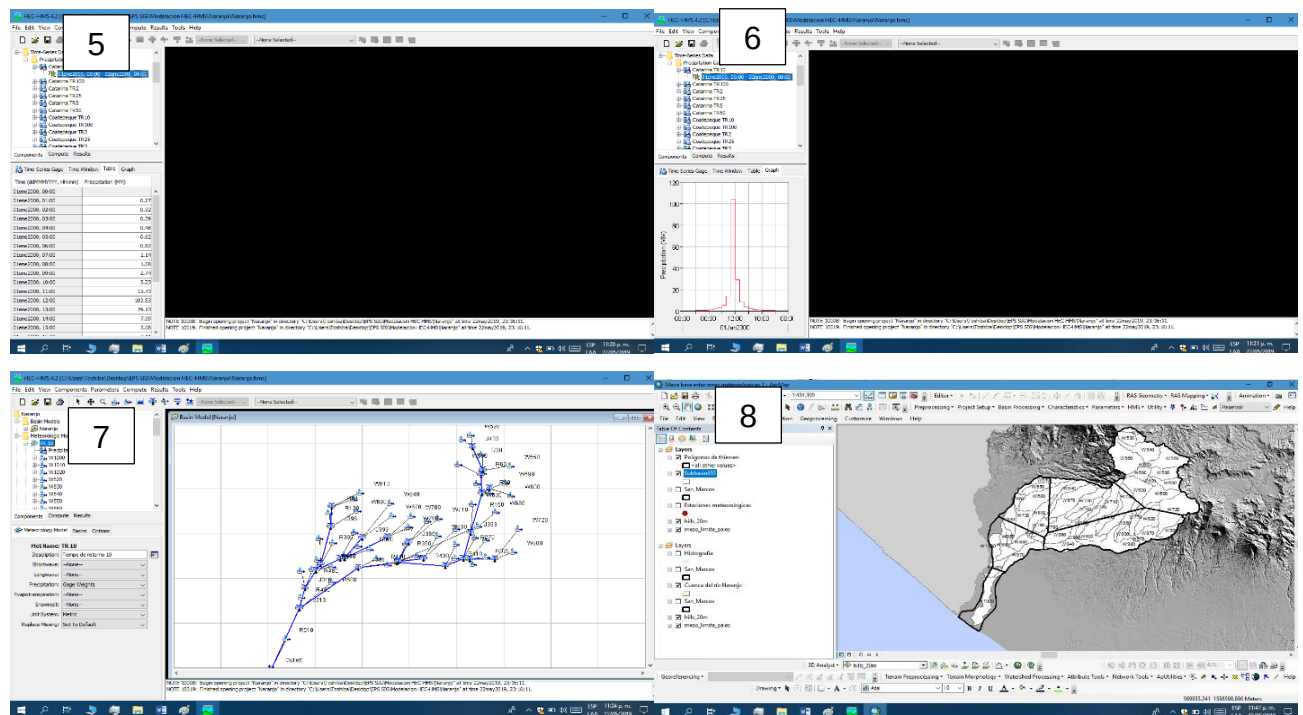
Figura 60A. Exportación de datos del HEC-GeoHMS a HEC-HMS para calcular caudales.

b. Procedimiento en HEC-HMS®



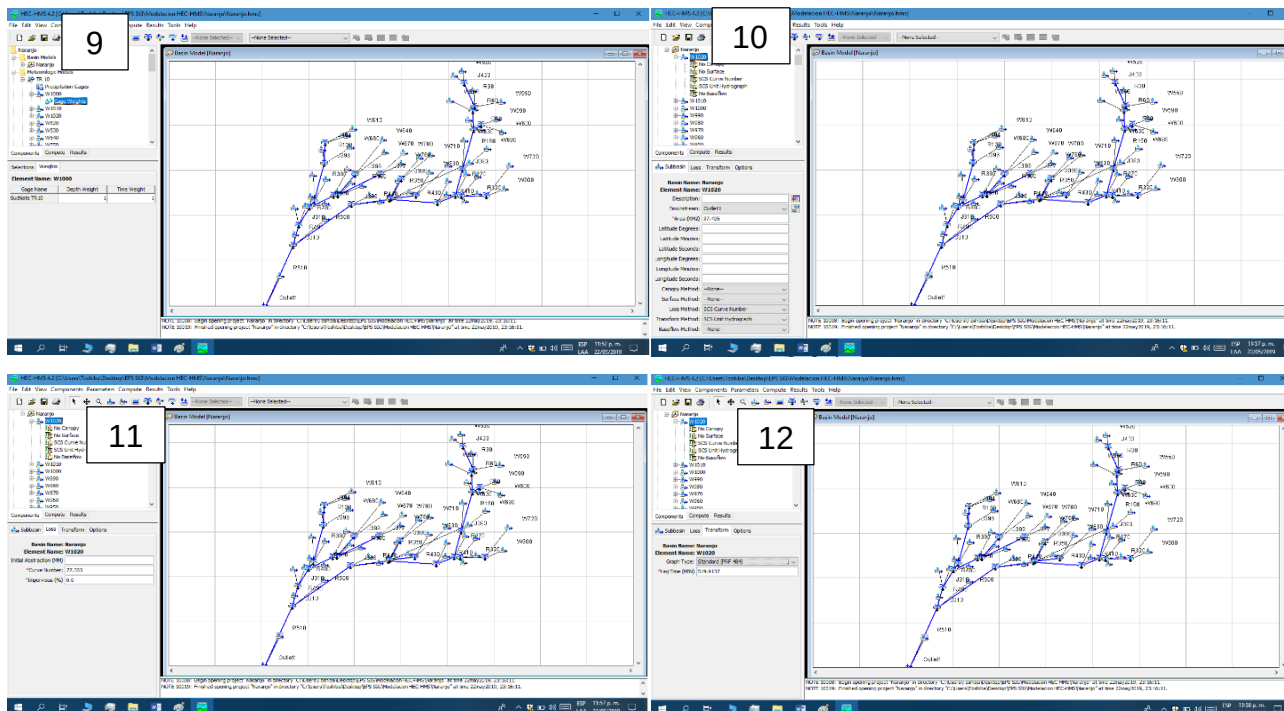
Fuente: elaboración propia, HEC-HMS®, 2018.

Figura 61A. Creación de un nuevo proyecto para la modelación hidrológica de la cuenca.



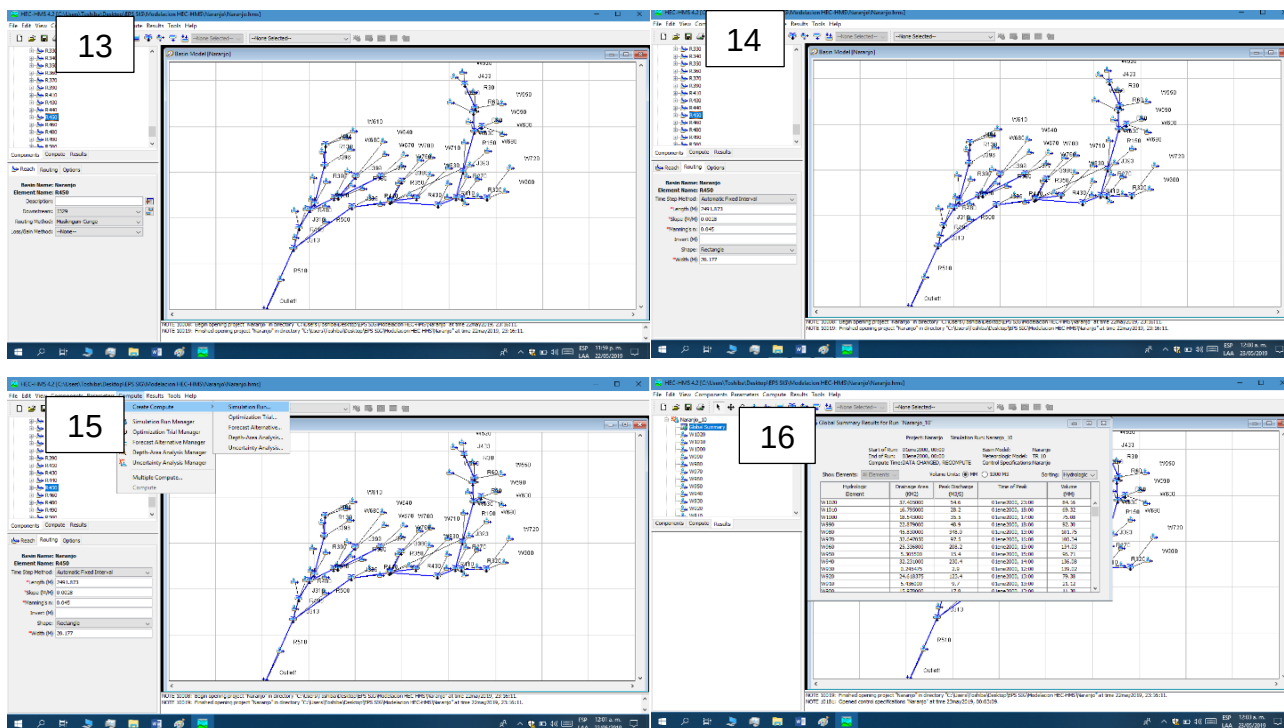
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 62A. Introducción de datos de precipitación diaria superficies de sub-cuencas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 63A. Asignación de información de superficie y números de curva.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 64A. Asignación de parámetros del cauce y estimación de caudales máximos.

Cuadro 30A. Valores de numero de curva utilizados en función del uso de la tierra.

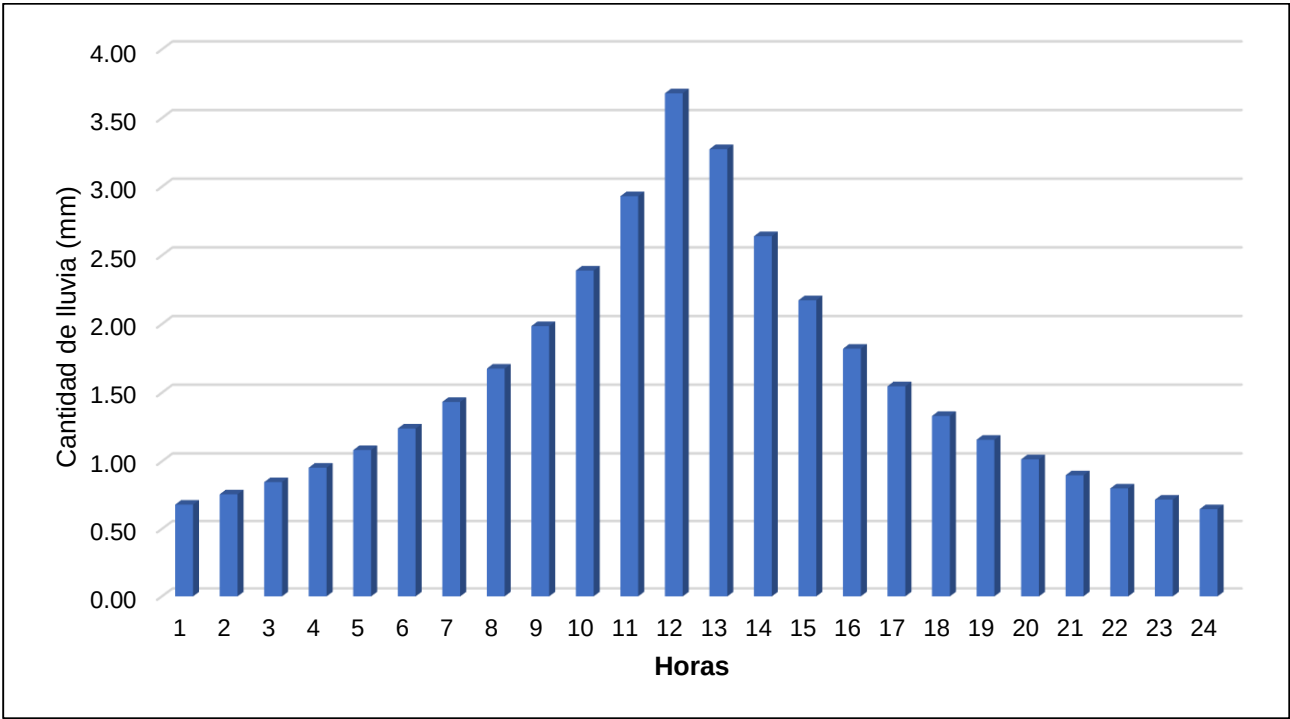
Valor	Descripción uso	A	B	C	D
1	Agua	100	100	100	100
2	Arroz	77	86	91	94
3	Banano-Plátano	64	75	82	85
4	Bosque de coníferas	43	65	76	82
5	Bosque latifoliados	43	65	76	82
6	Bosque manglar	77	86	91	94
7	Bosque mixto	43	65	76	82
8	Bosque, condiciones hidrológicas medias	43	65	76	82
9	Café	35	56	70	77
10	Caña de azúcar	64	75	82	85
11	Cultivo en línea pobre	65	76	84	88
12	Cultivo en línea, condiciones hidrológicas buenas	65	76	84	88
13	Espacio abierto, condiciones hidrológicas buenas	39	61	74	80
14	Hule	43	65	76	82
15	Palma africana	43	65	76	82
16	Plantación forestal	43	65	76	82
17	Pradera pantanosa	77	86	91	94
18	Prado	30	58	71	78
19	Ranchos, construcciones, vías de comunicación	59	74	82	86
20	Suelo desnudo	77	86	91	94
21	Suelo impermeable	77	86	91	94
22	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	35	56	70	77
23	Zona urbana, 65 % impermeable	77	85	90	92

Fuente: Service Conservation Soil, 1976.

Cuadro 31A. Clasificación de suelos según características físicas.

Grupo	A	B	C	D
Tasa de infiltración	0.80-1.10 cm/h	0.40-0.80 cm/h	0.20-0.40 cm/h	0.0-10 cm/h
Permeabilidad	Infiltración rápida incluso con humedad elevada	Infiltración moderada con humedad elevada	Infiltración lenta si presentan humedad	Infiltración muy lenta cuando están húmedos
Textura	Arenas, arenas y limos	Franco-arenosas, franco-arcilloso-arenosas, o franco-limosas	Franco-argilosas, franco-arcillo-limosas, limosas o arcillo-arenosas	Arcillosos o niveles freáticos permanente cercanos a la superficie

Fuente: Service Conservation Soil - SCS, 1976.

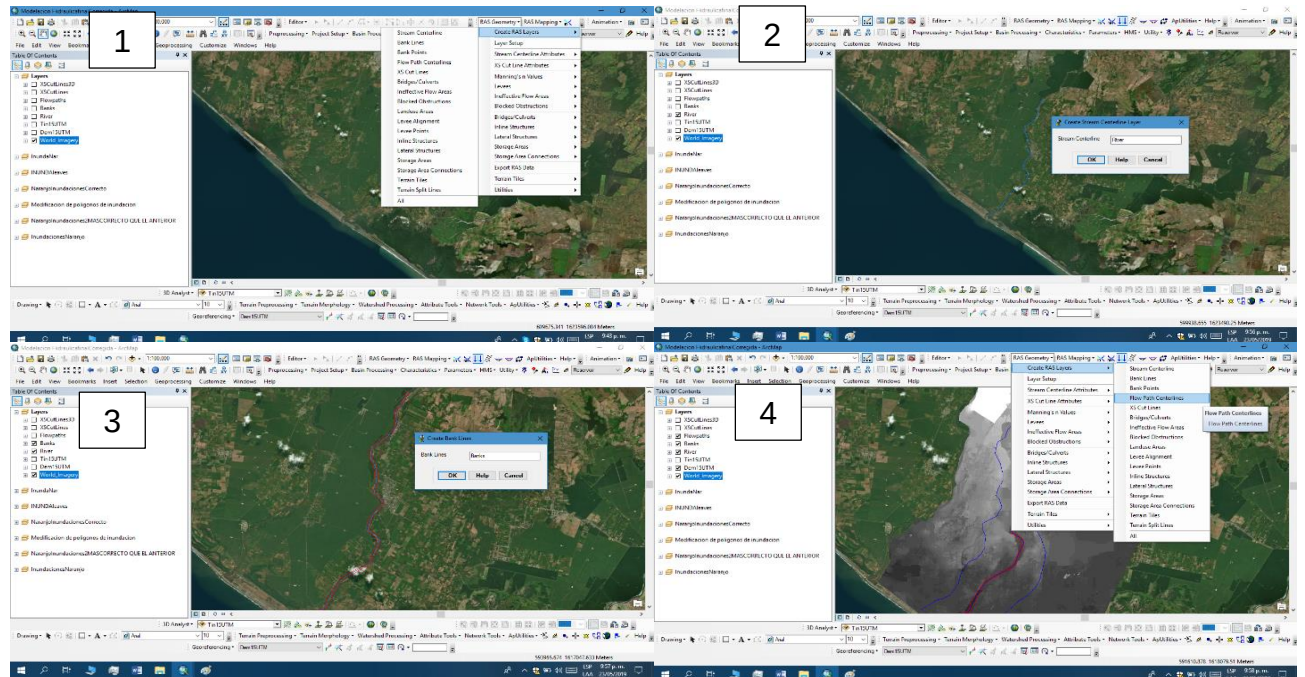


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 65A. Hietograma de la estación San Marcos (tiempo de retorno de dos años).

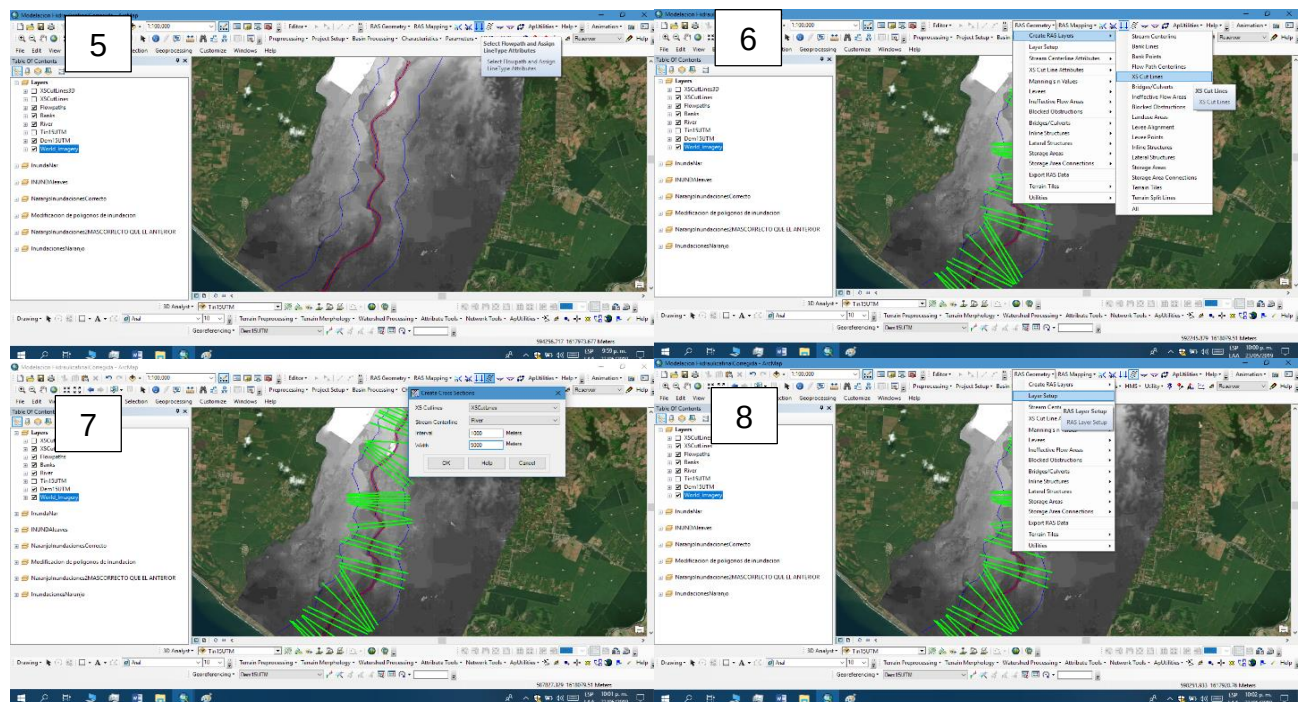
C. Modelación hidráulica

a. Procedimiento en gis con HEC-GeoRAS



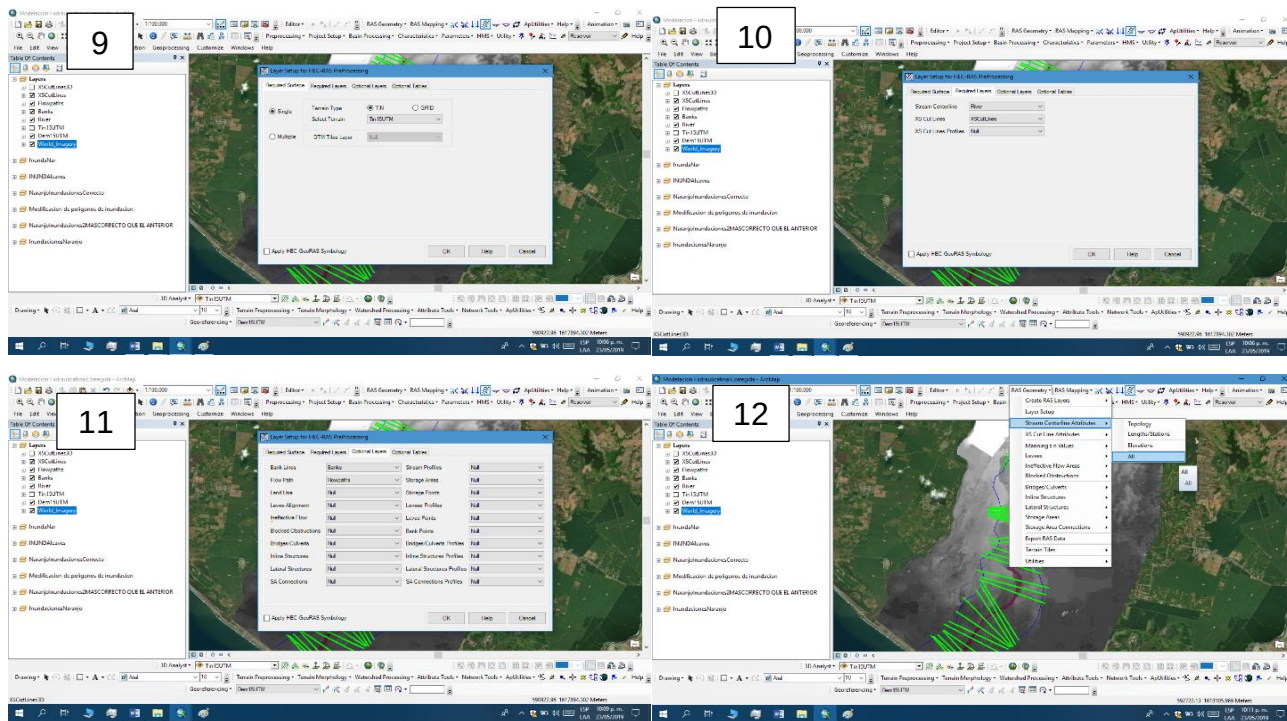
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 66A. Aspectos de geometría en la parte baja del río Naranjo, cauce y márgenes.



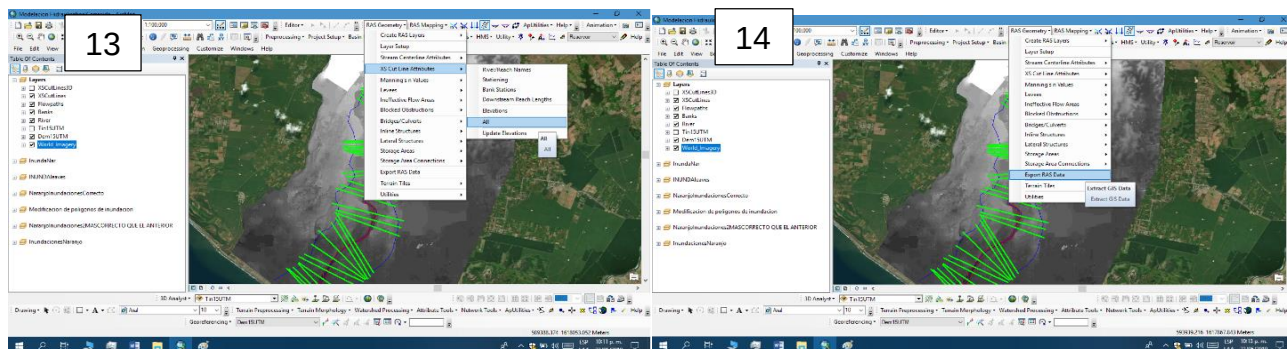
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 67A. Establecimiento de transectos para la extracción topográfica de perfiles.



Fuente: elaboración propia, 2018.

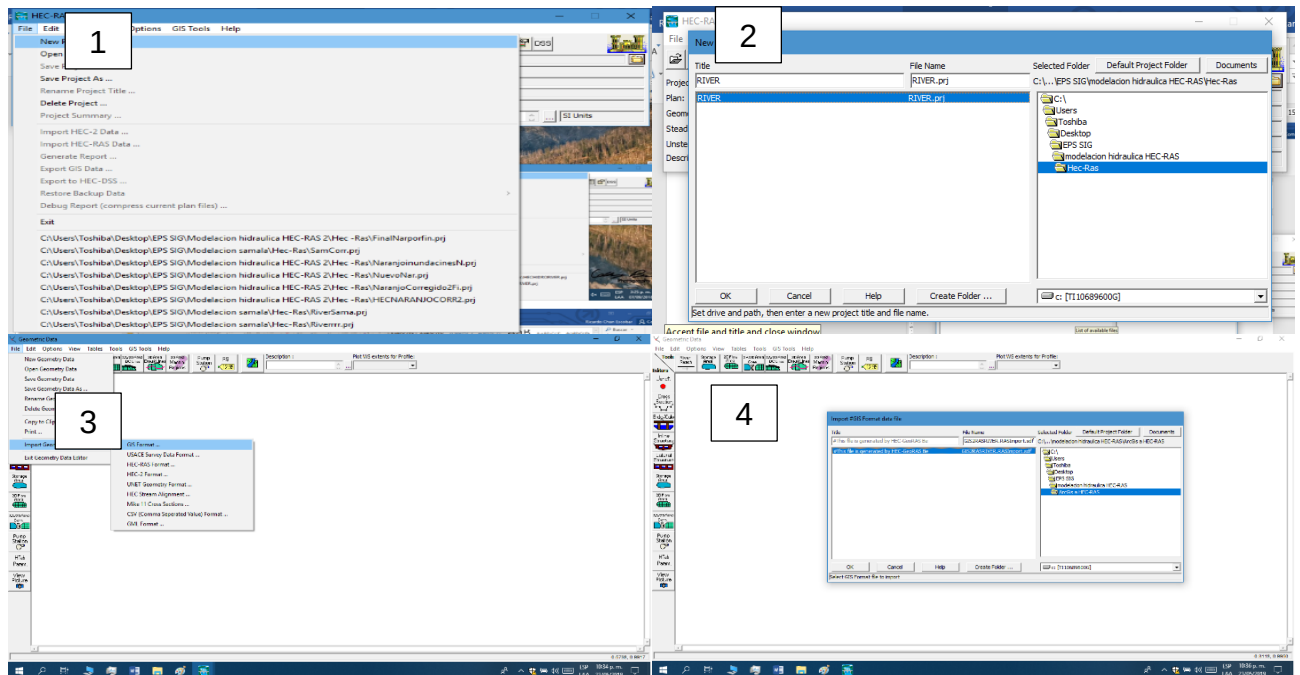
Figura 68A. Extracción de información topográfica del modelo de elevaciones digital.



Fuente: elaboración propia, 2018.

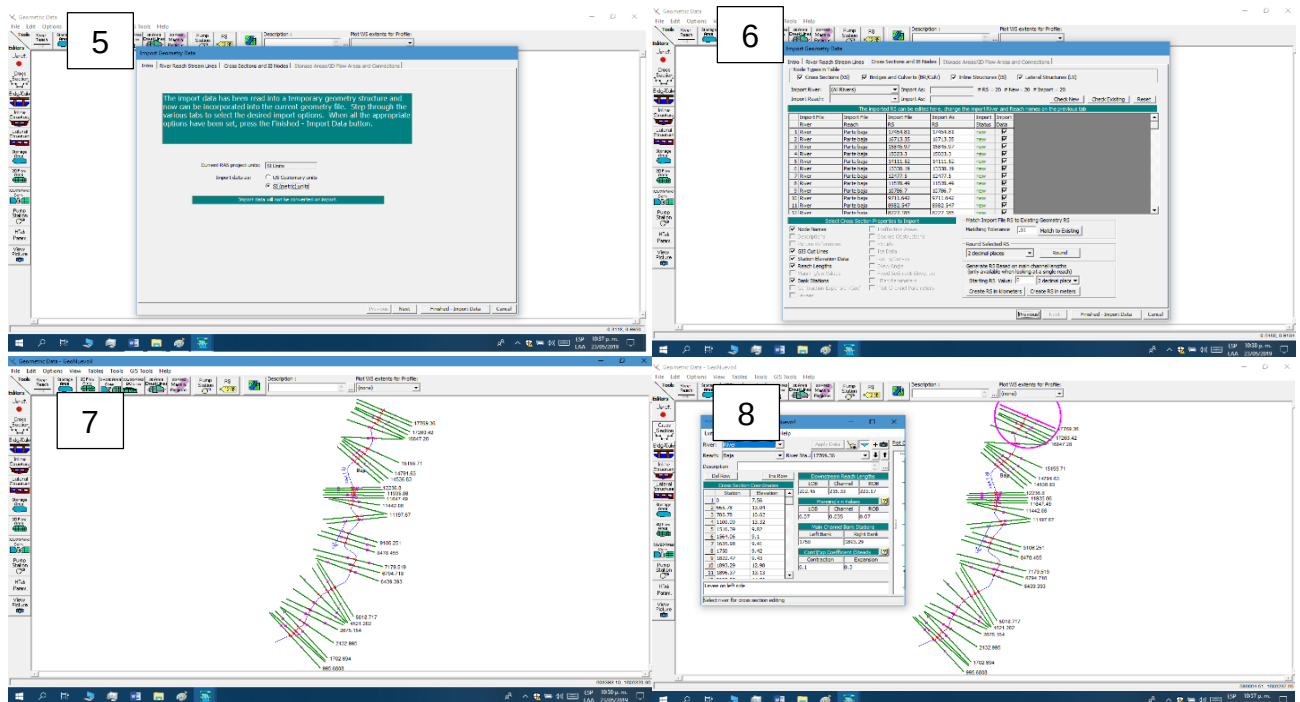
Figura 69A. Asignación de información y exportación de información al HEC-RAS®.

b. Procedimiento en HEC-RAS®



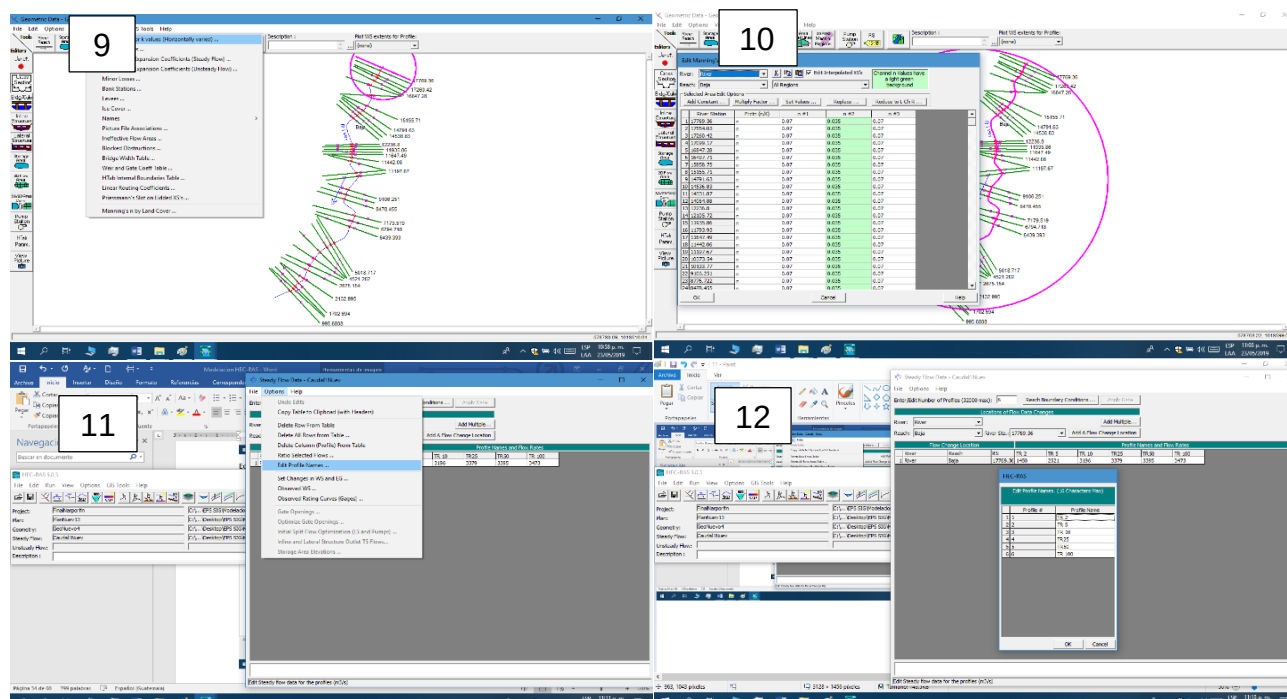
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 70A. Creación de nuevo proyecto e importación de la información al HEC-RAS®.



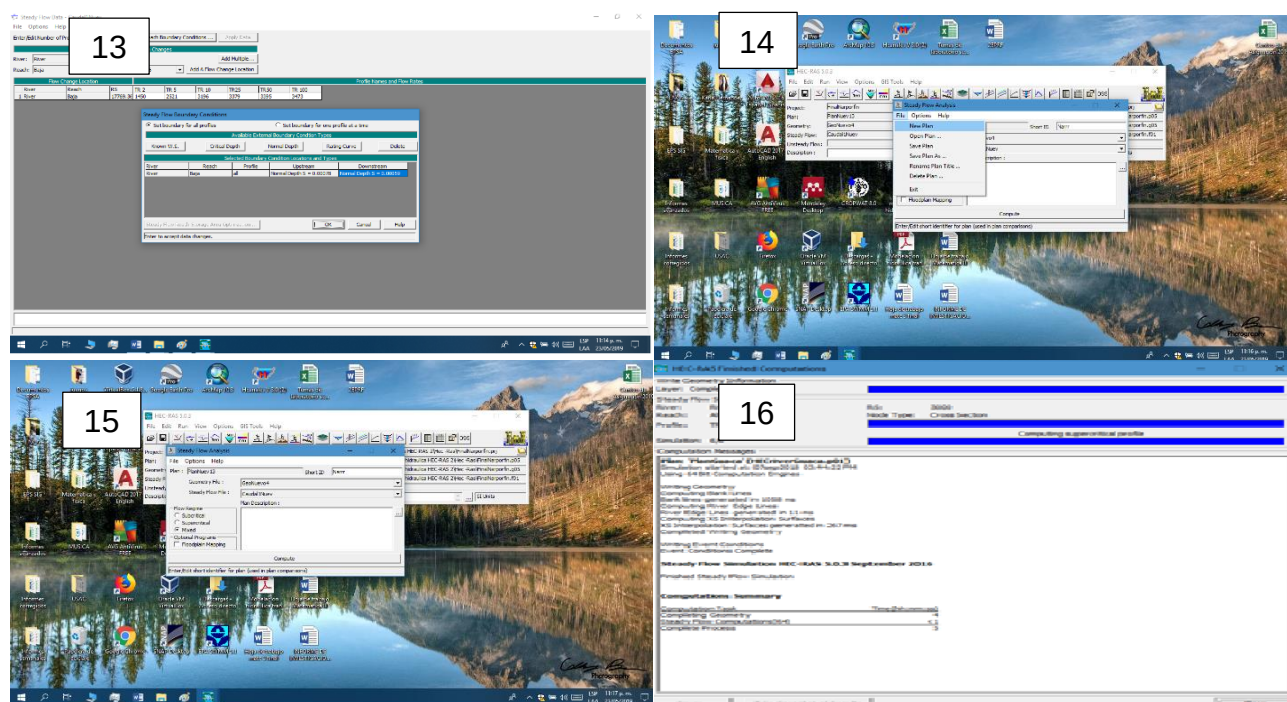
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 71A. Establecimiento de sistema de medida y revisión de sus secciones transversales.



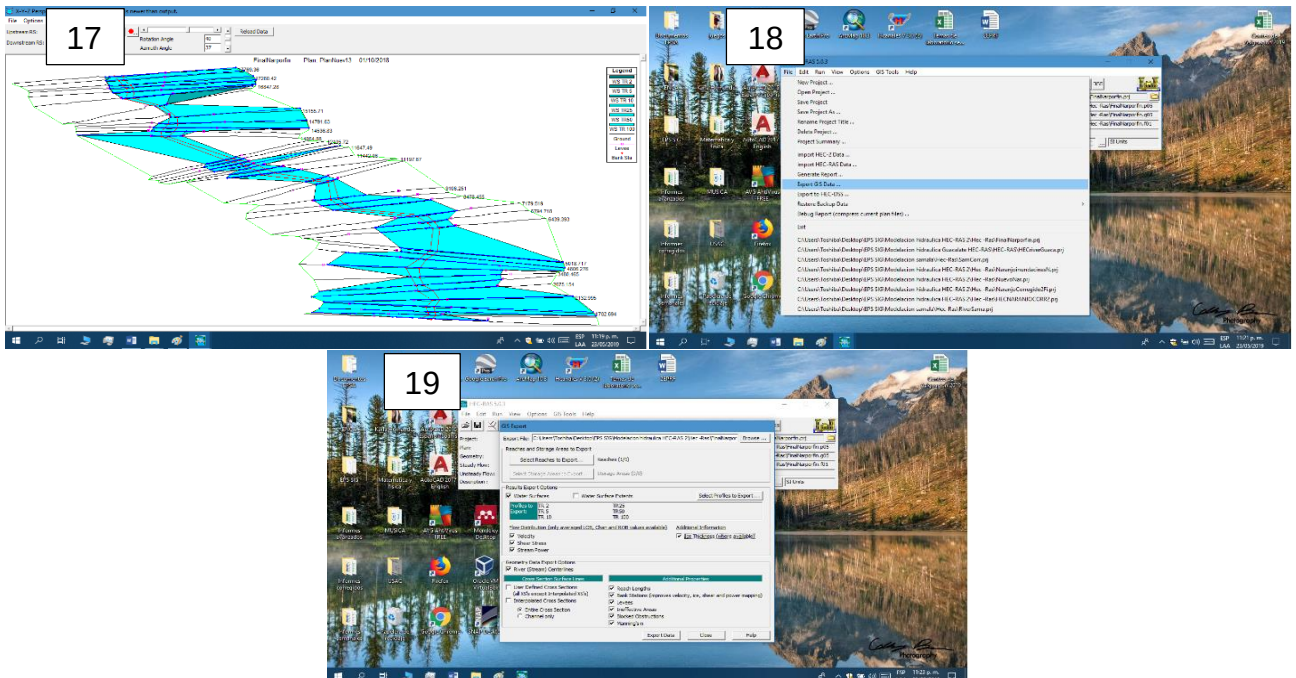
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 72A. Asignación de valores de Manning y caudales máximos por tiempo de retorno.



Fuente: elaboración propia, 2018.

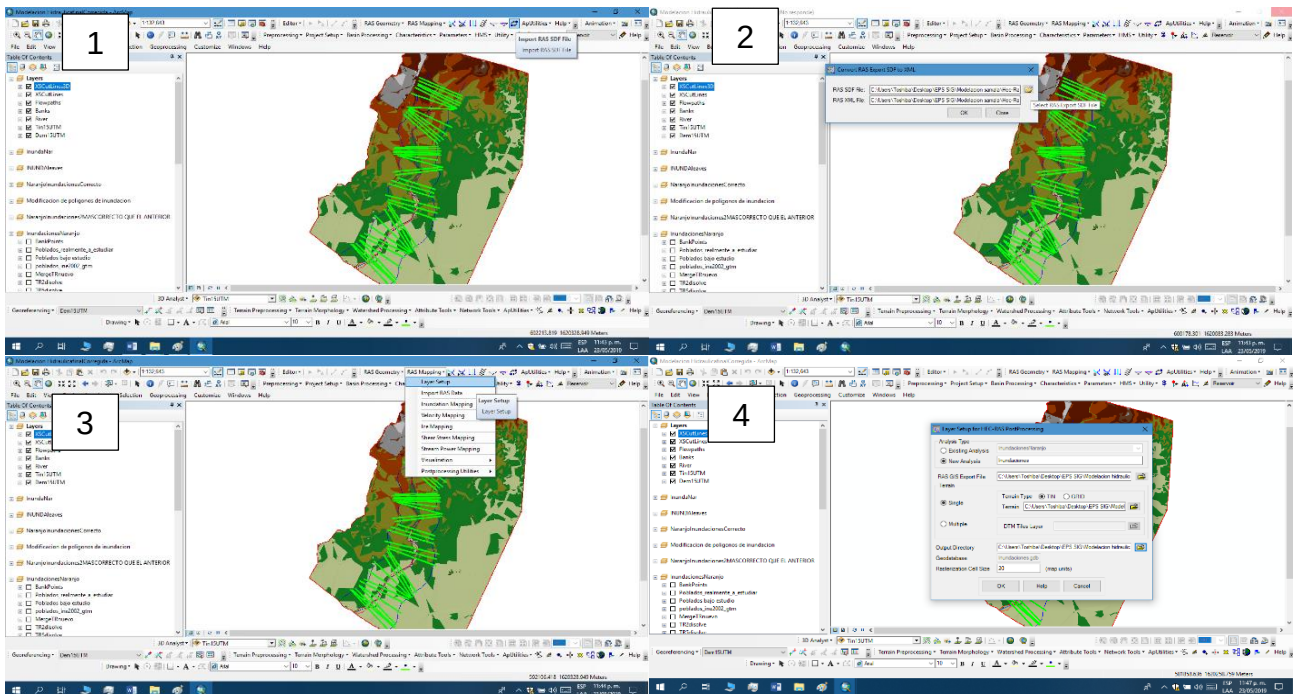
Figura 73A. Asignación de condiciones de perfil del cauce y modelación de resultados.



Fuente: elaboración propia, 2018.

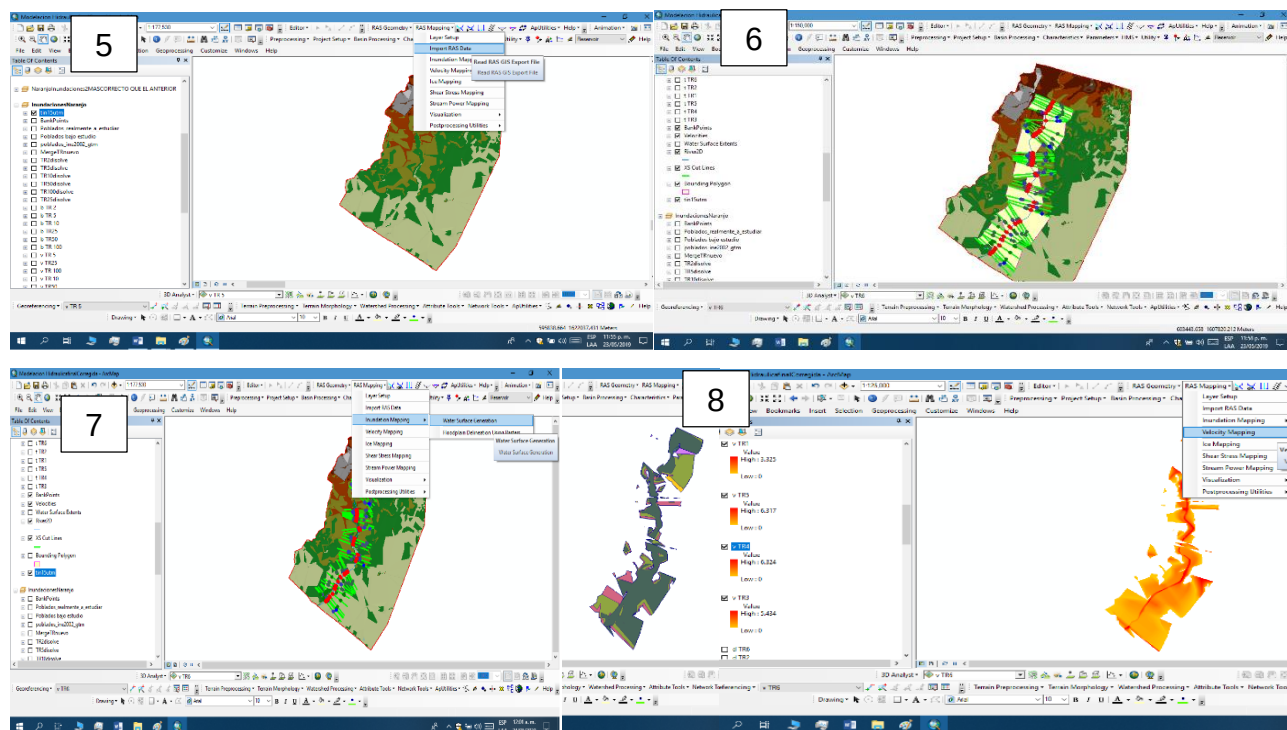
Figura 74A. Vista previa del modelo de inundaciones en la cuenca baja del río Naranjo.

c. Procedimiento post HEC-RAS® en HEC-GeoRAS®



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 75A. Conversión de formato del proyecto para su funcionamiento en ArcGIS®



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 76A. Raster del modelo de inundaciones y velocidades por tiempo de retorno.

2.12.2. Fase de campo



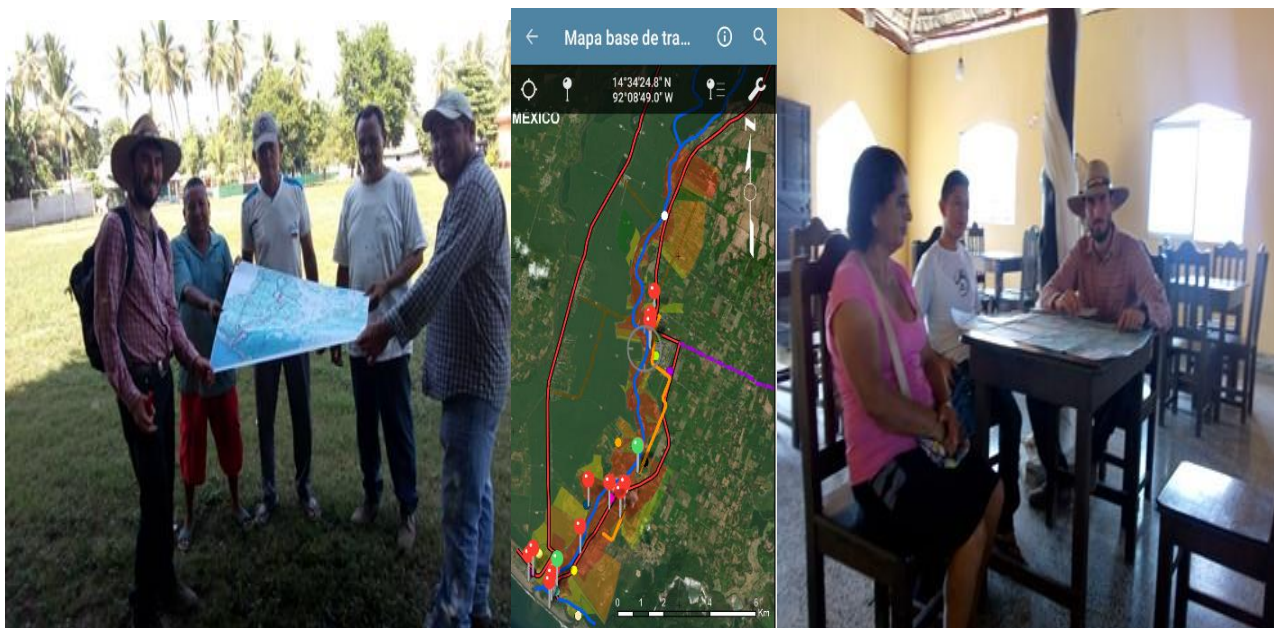
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 77A. Visita de reconocimiento de las áreas afectadas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 78A. Análisis histórico de áreas de inundación (Paso Hondo y Pueblo Nuevo).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 79A. Mapeo comunitario y validación de zonas de inundaciones.



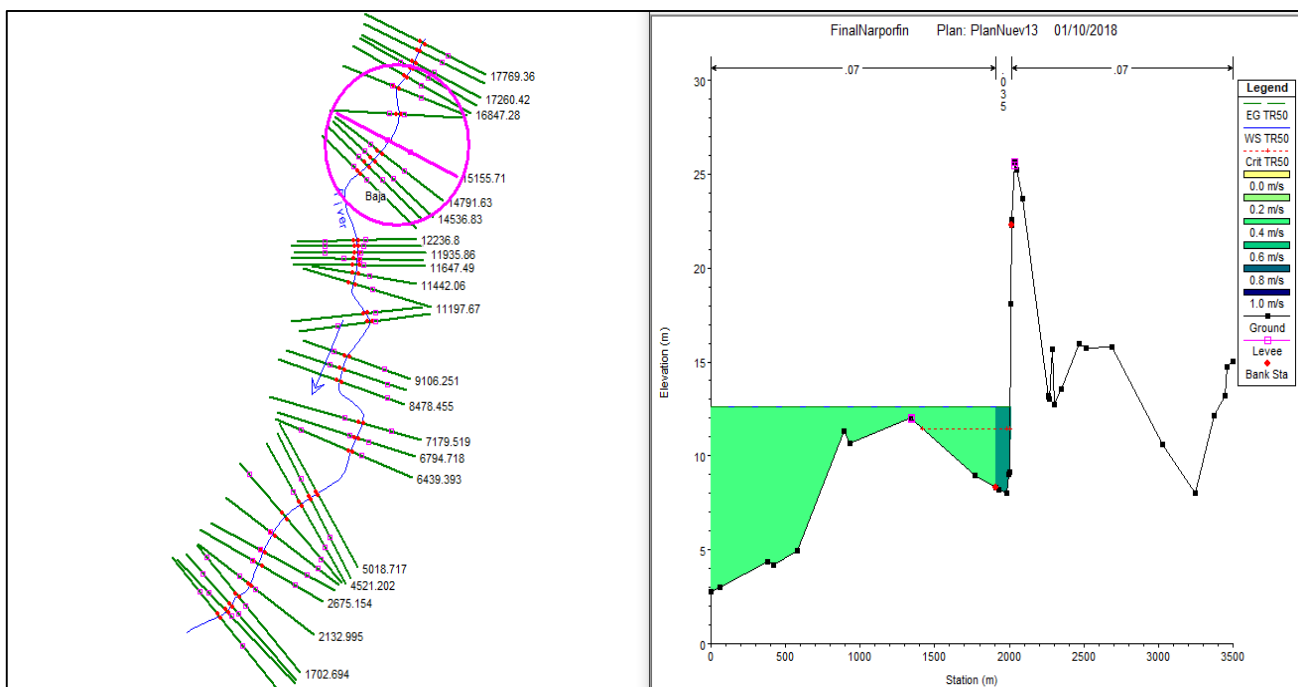
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 80A. Apoyo por parte de las municipalidades de La Blanca y Ocos.



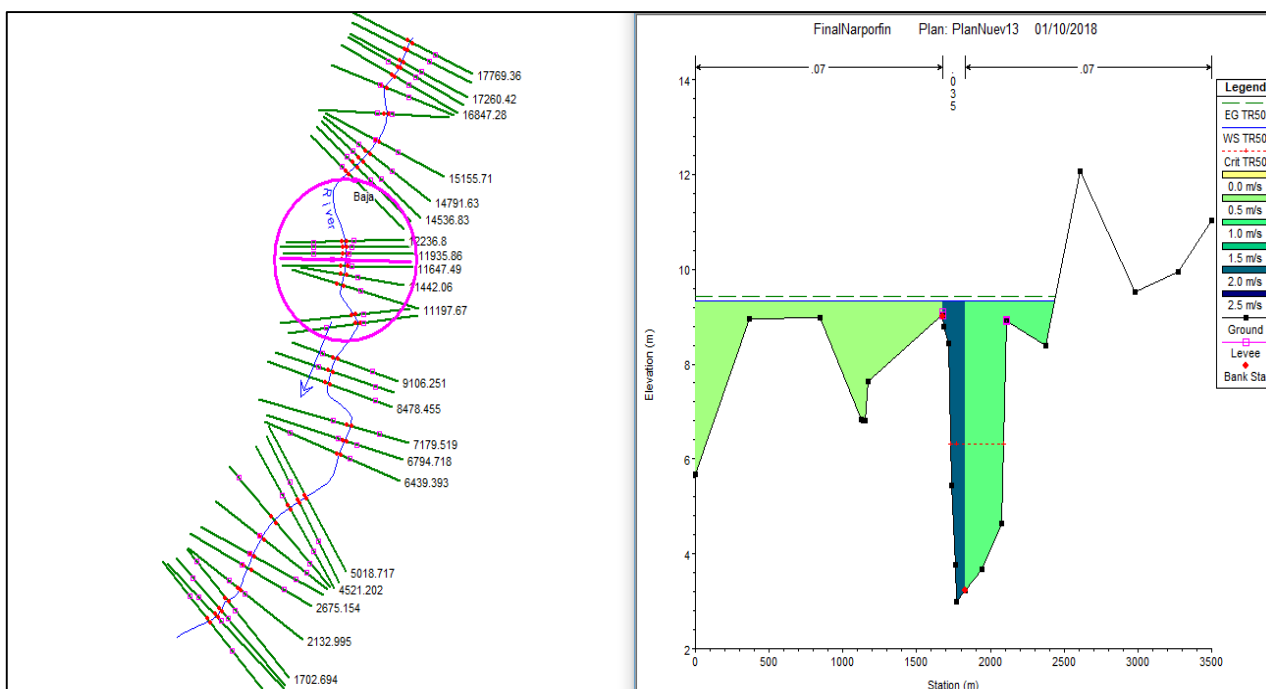
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 81A. Modificación del cauce principal desde Paso Hondo hasta La Blanca.



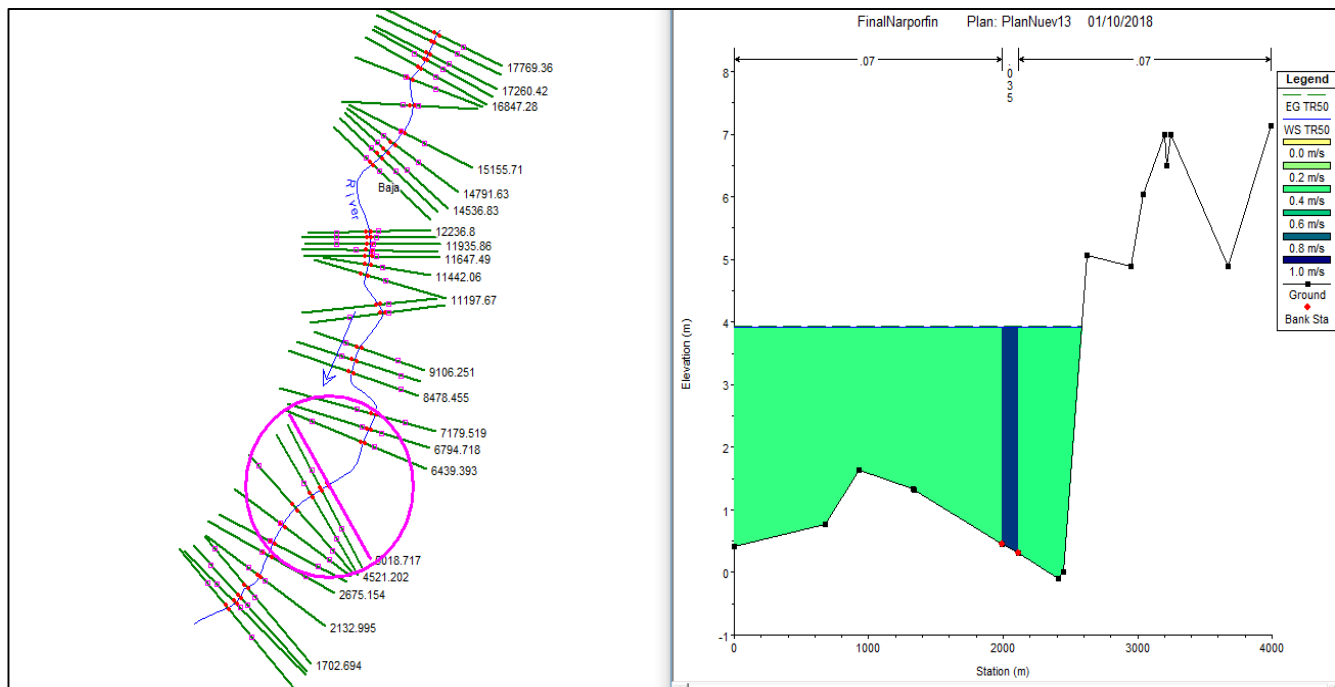
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 82A. Sección transversal trazada sobre el caserío Pueblo.



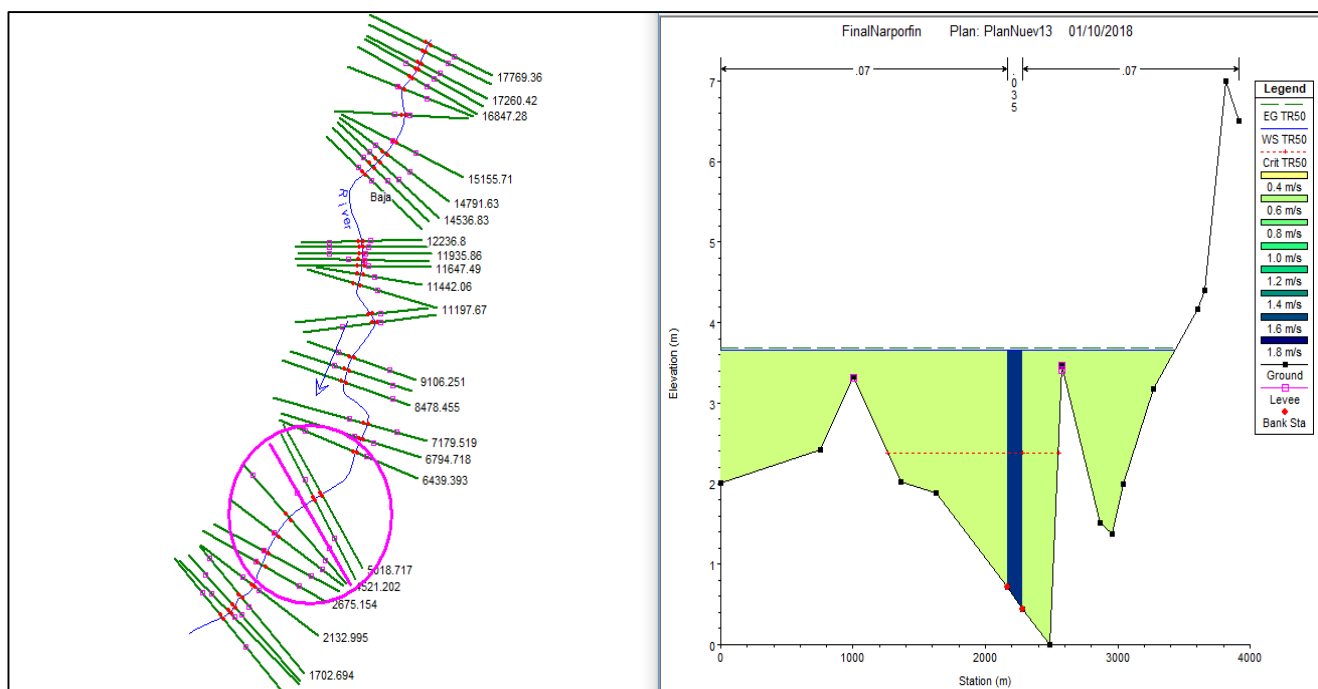
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 83A. Sección transversal trazada sobre la cabecera municipal de La Blanca.



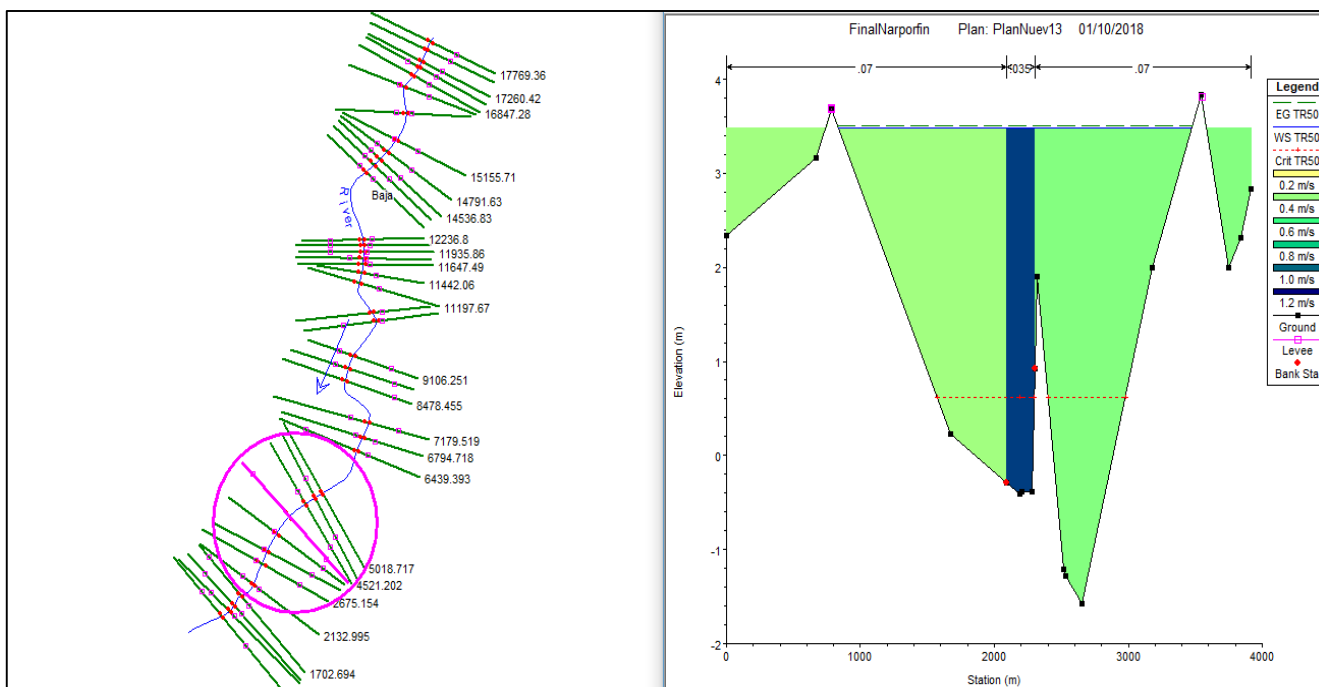
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 84A. Sección transversal trazada sobre el caserío Salinas I.



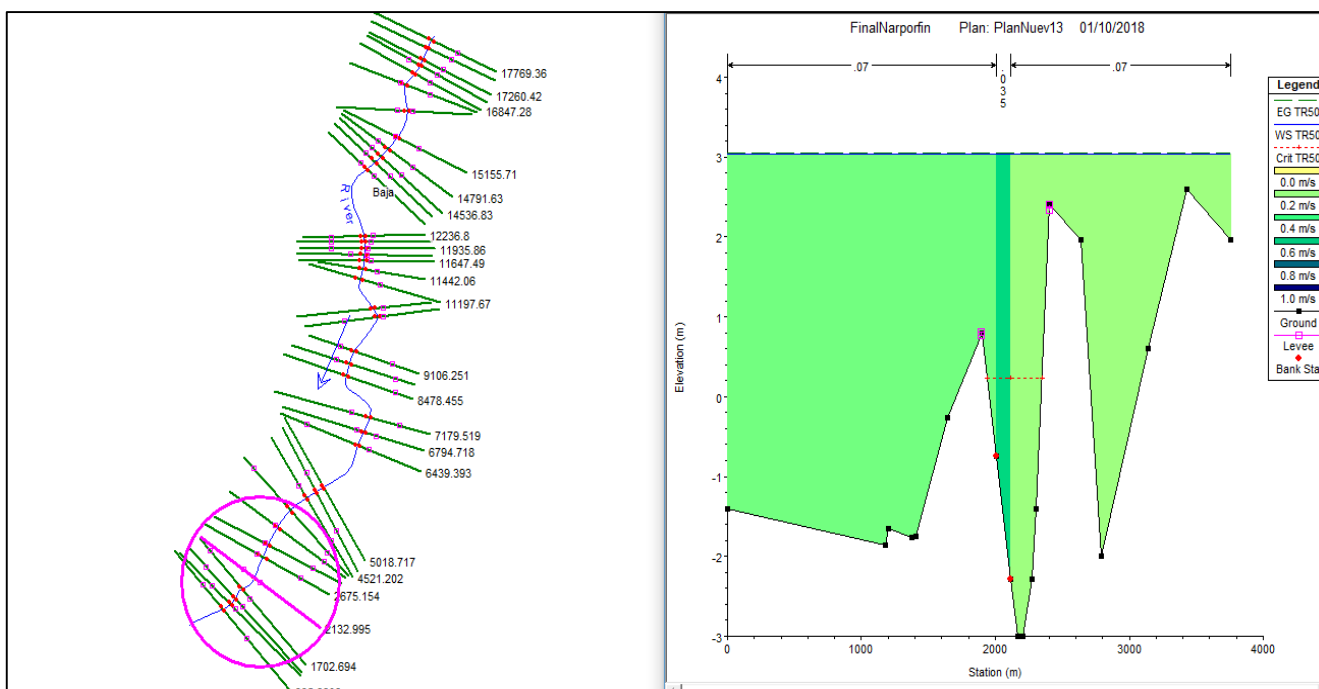
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 85A. Sección transversal trazada sobre el caserío Salinas II.



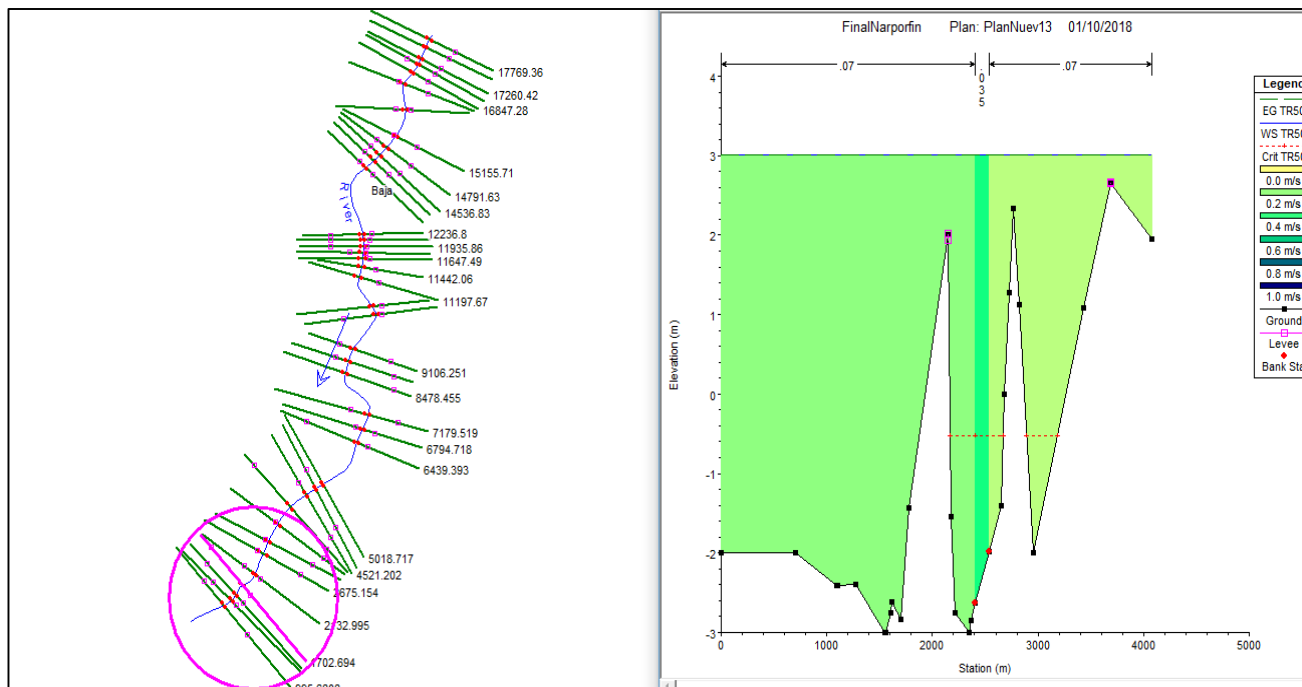
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 86A. Sección transversal trazada sobre el caserío Los Laureles.



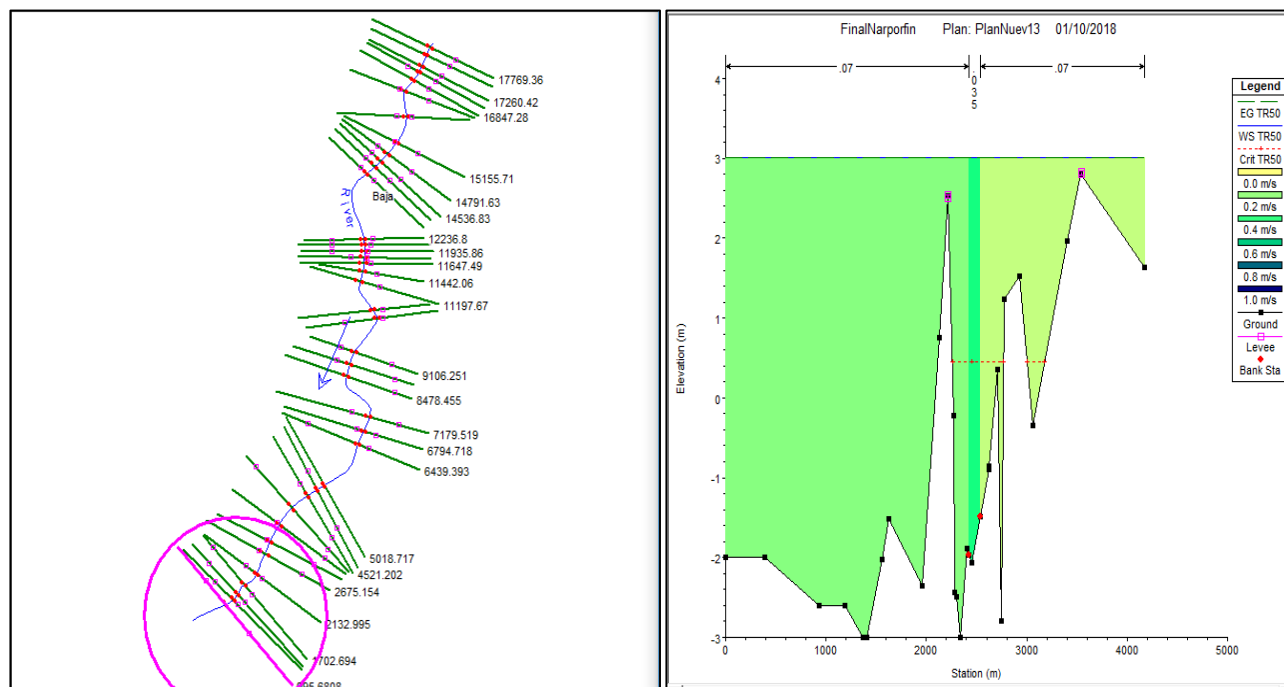
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 87A. Sección transversal trazada sobre el caserío Cerritos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 88A. Sección transversal trazada sobre el caserío Las Victorias.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 89A. Sección transversal trazada sobre el caserío de Almendrales y Tilapa.

The seal of the Academia Coahuilense de las Letras is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. Inside the shield, there is a figure of a person in a red and white robe, possibly a saint or a historical figure, holding a book. Above the figure is a golden crown. To the left and right of the figure are golden lions. Below the figure are two golden columns. The shield is set against a light blue background. The entire seal is surrounded by a grey border containing the text "ACADEMIA COAHUILENSE DE LAS LETRAS" in a circular arrangement. The text "CAROLINA CONSPICUA" is also visible at the top of the seal.

**CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROGRAMA DE GESTIÓN DE
RIESGO DE DESASTRES DEL INSTITUTO PRIVADO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO
– ICC.**

3.1. PRESENTACIÓN

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático se encarga de generar acciones para mitigar el riesgo en sistemas productivos, poblados, mediante el fortalecimiento de la resiliencia y adaptación a los efectos del cambio climático desde el 2011.

Uno de los programas de ICC es el de gestión de riesgo de desastres que se ha encargado desde entonces de evaluar, supervisar y generar información sobre inundaciones, captación y almacenamiento de agua de lluvia/niebla y transferencia de tecnología por medio de capacitaciones, talleres en donde se busca fortalecer las capacidades de las organizaciones.

El programa de gestión de riesgo de desastres concentra esfuerzos en el cumplimiento de las actividades el desarrollo de capacidades, reducción de vulnerabilidad y adaptación a efectos del cambio climático.

El plan operativo para el año 2018 contempla que las capacitaciones, talleres y transferencia de tecnología abarca un 29 % de importancia en las actividades totales, el 25 % es dirigido a temas de inundaciones que ocupan y por ultimo las actividades correspondientes a captación y almacenamiento de agua con un 8 %, el restante 38 % lo ocupan actividades correspondientes a planes, monitoreos, temas de emergencia y proyectos de distinta índole.

Por lo anterior labores que requieren apoyo y seguimiento son las relacionadas con: proyectos piloto de almacenamiento y/o cosecha de agua, estudios o caracterizaciones para la reducción de vulnerabilidades en poblados e instituciones y diversas capacitaciones o giras sobre la gestión de riesgos y otros temas a fines.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo general

Apoyar al programa de gestión de riesgos del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático en el alcance de los objetivos planteados en su plan operativo para el año 2018.

3.2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la cuenca del río Salamá en busca de amenazas potenciales para los pobladores del territorio de la cuenca media, microcuenca del río Niño y empacadora Kalel.
2. Diseñar un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para la empacadora de banano La Vega en Tiquisate, Escuintla, Guatemala C.A.
3. Capacitar a organizaciones comunitarias, COCODES, técnicos municipales, comunidades, líderes de comunidades, maestros, estudiantes, sobre gestión de riesgo a desastres y cambio climático.

3.3. SERVICIO 1: Caracterización de la cuenca de río Samalá para la identificación de amenazas en la cuenca media (microcuenca del río Niño, Santa Cruz Muluá, Retalhuleu)

3.3.1. Presentación

Guatemala por su ubicación geográfica se caracteriza por ser muy propenso a efectos de fenómenos naturales como erupciones volcánicas, eventos meteorológicos, sismas y procesos antropogénicos como la contaminación en general. Estos se convierten en amenazas directas por la ubicación de los centros poblados y la falta de planeación de ordenamiento territorial sin estudios de gestión de riesgo de desastres de las zonas elegidas para habitar.

La cuenca del río Samalá se caracteriza por tener historial de amenazas naturales a causa del volcán Santiaguito, por el desbordamiento del río Samalá que es uno que cuenta con el mayor arrastre de sedimentos y causa problemas en infraestructura en el puente Castillo Armas en la carretera CA-2 y a la carretera CA-2 en determinados tramos. Lo anterior hace necesario la integración y búsqueda de información histórica y actual que serviría como herramienta para actuar contra estos fenómenos naturales como otros eventos que pueden llegar a considerarse una amenaza para los centros poblados, cultivos e industria de la zona.

Entre las amenazas que se consideraron importantes para el estudio están las volcánicas (flujo piroclástico, Lahares), inundaciones fluviales a causa del río Samalá, antropogénicas (contaminación del agua del río Niño) y por sismos, todos focalizados para la cuenca media del río Samalá, a priori se realizó la debida caracterización biofísica de la cuenca del río Samalá, para complementar el estudio de amenazas y formar posibles relaciones.

El presente documento trata sobre una caracterización de las potenciales amenazas que pueden afectar los poblados en especial a la empacadora Kalel que se encuentran en la parte media de la cuenca del río Samalá, en el poblado de Santa Cruz Muluá y poblados cercanos, que considera la microcuenca del río Niño.

3.3.2. Objetivo

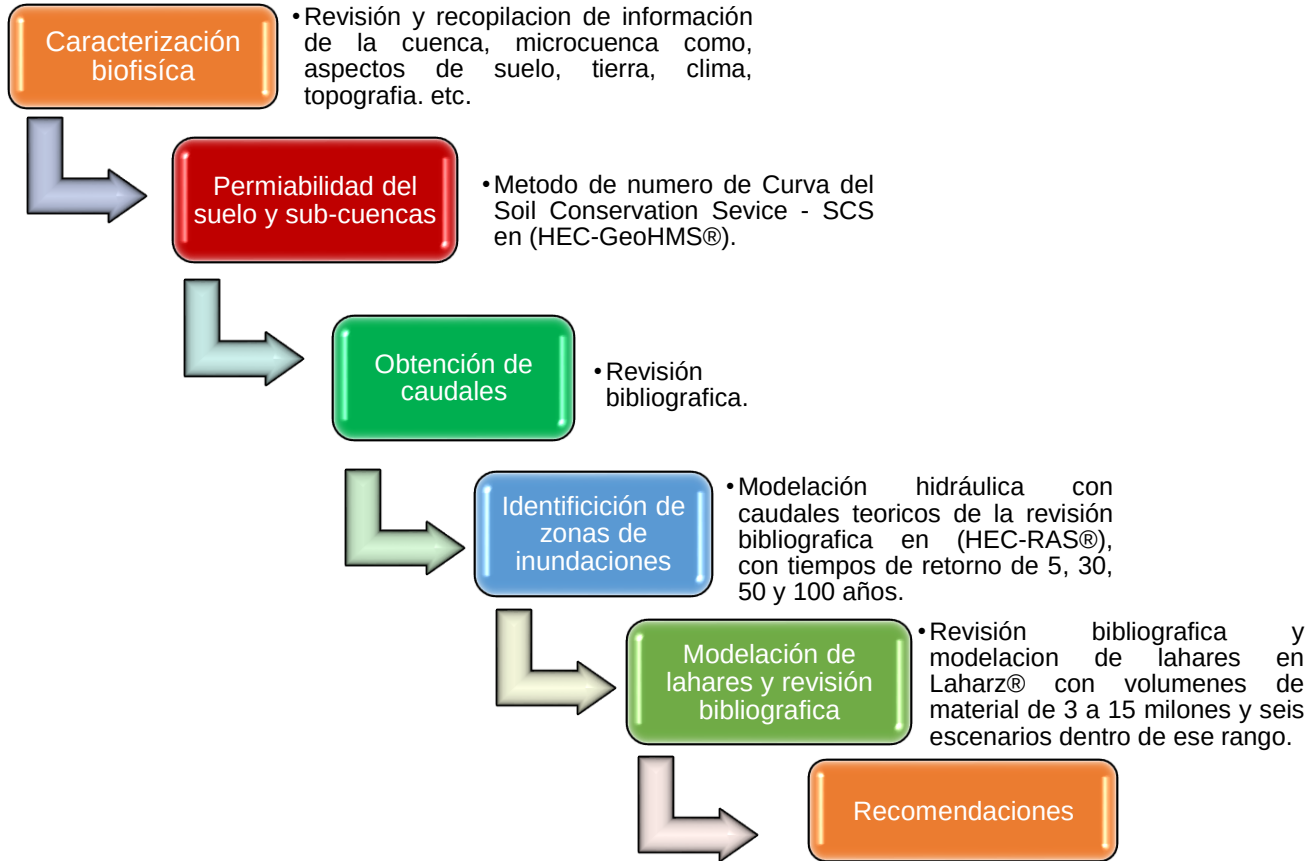
Caracterizar la cuenca del río Salamá en busca de amenazas potenciales en el territorio de la cuenca media, microcuenca del río Muluá o Niño.

3.3.3. Metas

1. Identificar las amenazas potenciales naturales y antropogénicas para la población y la empacadora Kalel en la cuenca media del río Samalá, microcuenca del río Niño.
2. Determinar si el río Samalá aporta agua al río Niño en condiciones de alta precipitación, según los resultados de una modelación hidráulica en la cuenca media con periodos de retorno de 5, 30, 50 y 100 años.
3. Identificar los cultivos agrícolas y poblados que se ven afectados por las inundaciones causadas por el río Samalá según la modelación hidráulica para tiempo de retorno de 5, 30, 50 y 100 años.

3.3.4. Metodología

En la figura 90 se muestra el proceso metodológico para la caracterización de amenazas de la cuenca media del río Samalá.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 90. Proceso metodológico para caracterización de amenazas.

3.3.5. Material y equipo

- Cañonera.
- Computadora
- Softwares ArcGis®, HEC-RAS®
- Impresora
- Libreta de campo

3.3.6. Resultados y discusión

A. Aspectos biofísicos

a. Ubicación de la cuenca del río Samalá

La cuenca del río Samalá está ubicada en la vertiente del Pacífico de Guatemala, colinda al este con la cuenca del río Sis-Icán y al oeste con la cuenca del río Ocosito, se localiza entre las coordenadas (latitud 14°35'55.39" N, longitud 91°40'17.26" O), (latitud 14°55'14.22"N, longitud 91°50'14.79"O), (latitud 14°52'59.29"N, longitud 92°01'58.63"O), (latitud 14°33'48.00"N, longitud 91°35'38.25"O), en la figura 91 se puede apreciar.

La cuenca del río Samalá tiene una superficie de 1,478.15 km² y un perímetro de 271.60 km y cuenta con un cauce principal de 145 km.

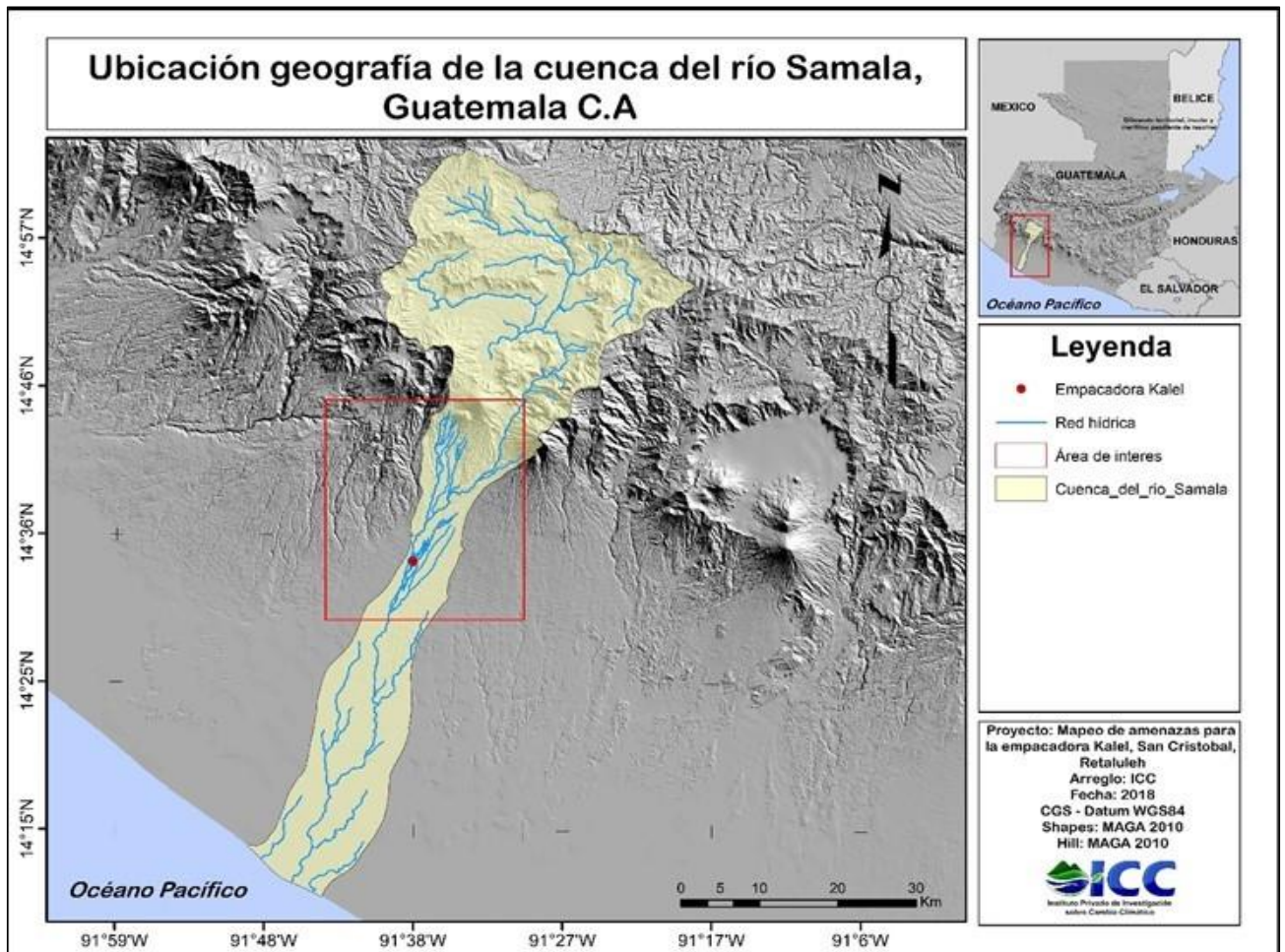


Figura 91. Cuenca del río Samalá.

Los principales ríos que alimentan el cauce principal son: río El Tambor, Ixpatz, Mesa, Nimá I, Nimá II, Oc y Xequijel, Mesá, Ajaxá, Boxona, Concepción o El Tambor, Cuache, El peraz, Ixcayá, Maricón, Mesa, Mesa Chiquito, Muluá, Pucá, Sis, Tzunumá Xorál, Xolcatá, Xeu, Xetená, Xequijel, Xecon, Xantún, Tumulá, Seco, San Jorge y demás, el resto son Zanjonés entre los cuales se pueden mencionar El Agua Dulce, Zanjón Cordoncillo, El Corcho, Florecita, Jiote, Las Hojas, Manacal, Ojo de Agua, Pixipiric, y San Juan (MAGA, 2003).

b. Ubicación de la microcuenca del río Niño

Según BdoubleVdoble (2018), la microcuenca bajo estudio cuenta con un área de 7.55 km² (polígono negro figura 92), en el shapefile del MAGA (2010), la microcuenca tiene 33.02 km², que fue la que se utilizó para el estudio presente. En la figura 92 se muestran la cuenca del río Samalá, la microcuenca trazada por el MAGA y la de BdoubleVdoble.

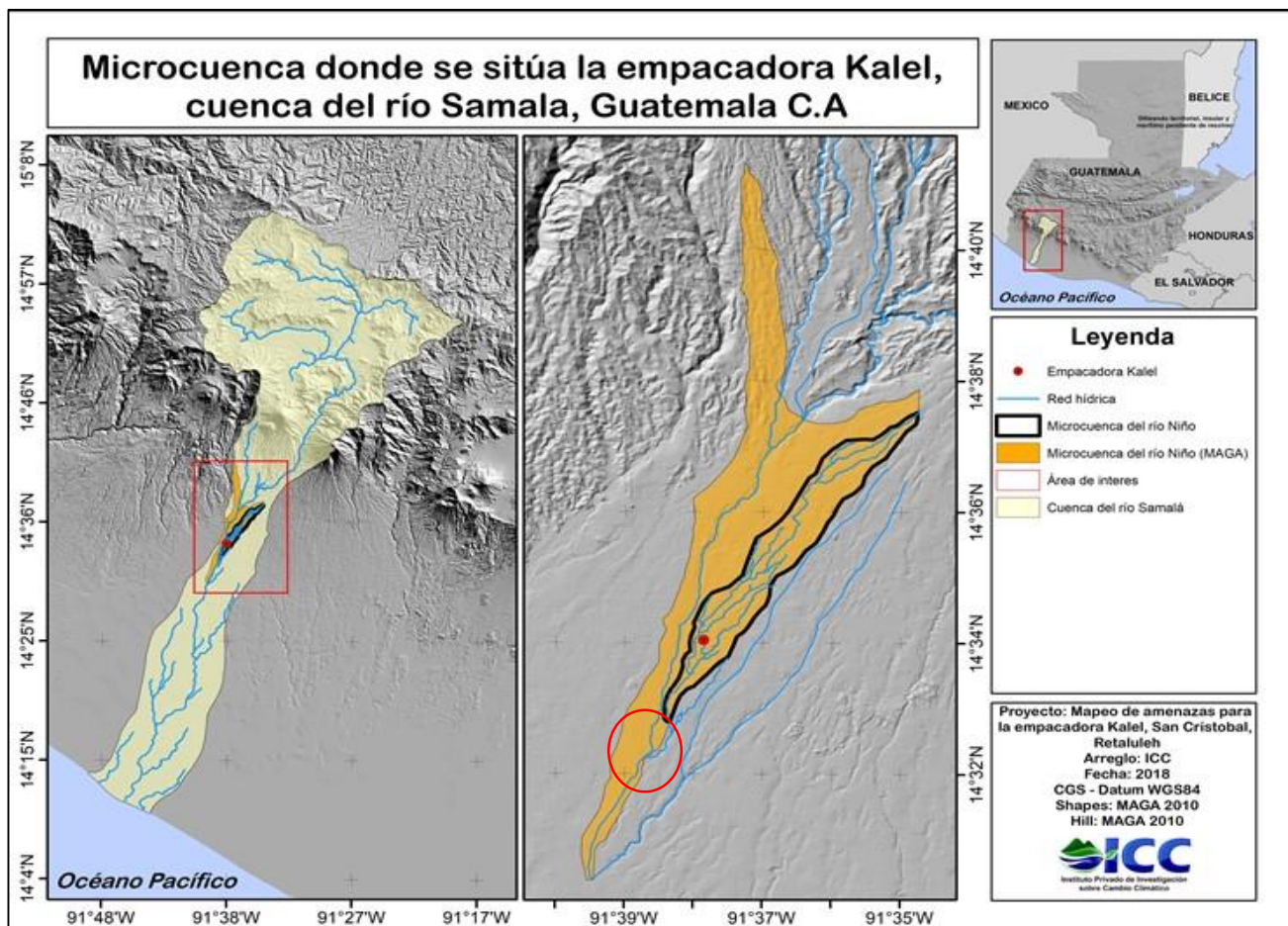


Figura 92. Microcuenca del río Niño y Samalá.

La corriente del río Niño o Muluá caracterizada como una corriente de flujo permanente de 12.61 km, para la época lluviosa es alimentado por nueve corrientes intermitentes menores de 18 m de ancho, nueve ríos perennes menor a 18 m de ancho y zanjas y acequias de flujos intermitentes (MAGA, 2010).

En la figura 92 se observa que la corriente perenne del río Niño no tiene conexión con corrientes de otras microcuencas antes y durante el paso por la empacadora Kalel, sin embargo, el círculo rojo de la figura 92 muestra que la unión de las corrientes es aguas debajo con el cauce principal el río Samalá.

c. Órdenes de suelos

En la figura 93 se muestran los distintos órdenes de suelo que predominan en la cuenca.

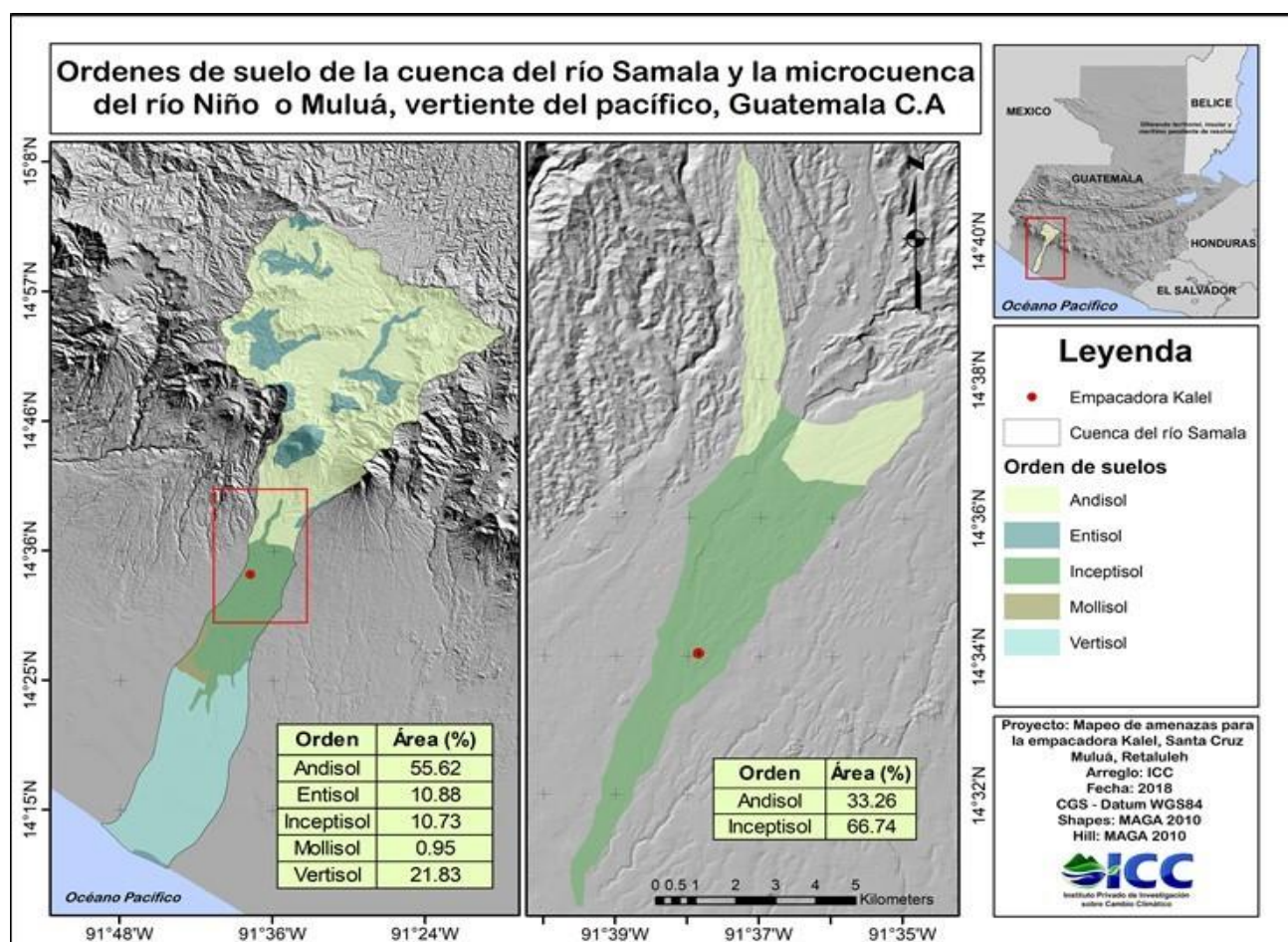


Figura 93. Orden de suelos de la cuenca del río Samalá y Microcuenca.

La cuenca del río Samalá cuenta con el 45.80 % de su superficie ocupado por suelos de orden Andisol que se caracterizan por ser suelos desarrollados sobre ceniza volcánica con densidades menores a 0.9 gr/cc y alto potencial de fertilidad, tienden a erosionarse con facilidad, generalmente están secos en el interior por más de 90 días del año incluso algunos son de texturas gruesas (arenosas) lo que significa baja retención de agua, este orden tiene el mayor porcentaje de la parte alta de la cuenca por lo que ahora se tiene una idea de las características del suelo las microcuencas aguas arriba.

Por otra parte, los suelos de tipo Inceptisol ocupan el 13.10 % de la cuenca del río Samalá, es el cuarto orden con mayor abundancia en la cuenca, pero el que mayor área ocupa en la microcuenca de interés, este orden se caracteriza por ser suelos jóvenes sin evidencia de fuerte desarrollo en sus horizontes, sin embargo, son más desarrollados que los Entisoles en su mayor parte se caracterizan por la alta retención de humedad (MAGA, 2000).

d. Texturas de suelo

Las clases texturales predominante en la cuenca del río Samalá es la arcillosa con el 21.45 % de la superficie de la cuenca, sin embargo, esta acumulación se da en la parte baja de la cuenca Samalá, las texturas predominantes en la parte alta de la cuenca del río Samalá son de texturas arenosas ocupando 35.74 % de la superficie de la cuenca lo que indica que el área de la parte alta de la cuenca cuenta con suelos permeables, lo que es favorable para reducir el escurrimiento y acumulación de agua en los cauces.

Por otra parte, la empacadora Kalel se encuentra establecida sobre suelos menos permeables que los de la parte alta de la cuenca, donde predomina la textura Franco-limosa, son texturas medias, con moderada infiltración de agua, lo que puede llegar favorecer inundaciones en la zona.

En la figura 94 se pueden apreciar las distintas clases texturales dentro de la cuenca del río Samalá.

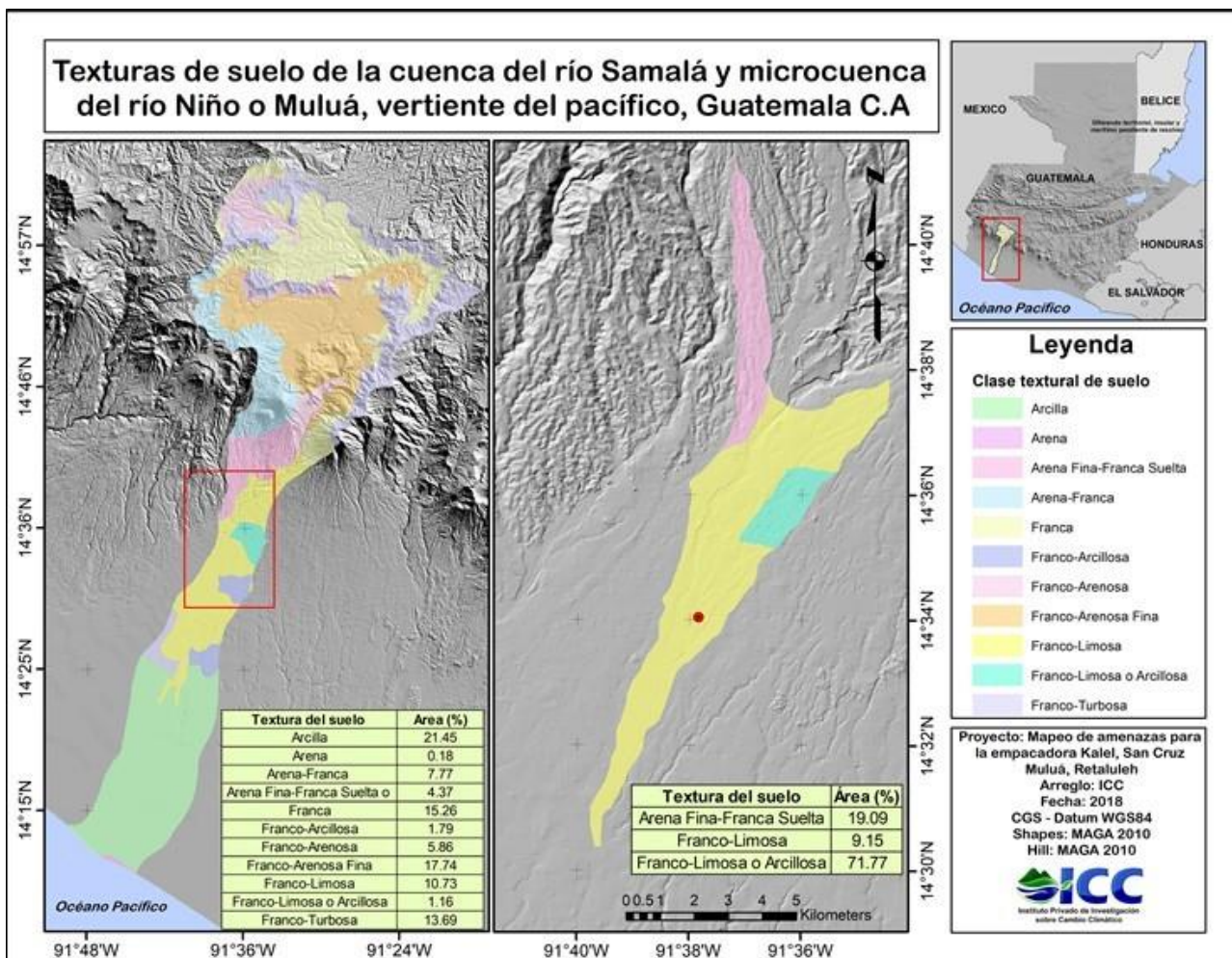


Figura 94. Clases texturales de suelo de la cuenca del río Samalá y la microcuenca del río Niño o Muluá.

e. Zonas de vida

Dentro de la cuenca del río Samalá existen variaciones climáticas de precipitación y temperatura, estas tienden a ser similares según la zona de vida (Cruz, 1982), la cuenca del río Samalá cuenta con seis zonas de vida, las cuales se pueden apreciar en la figura 95.

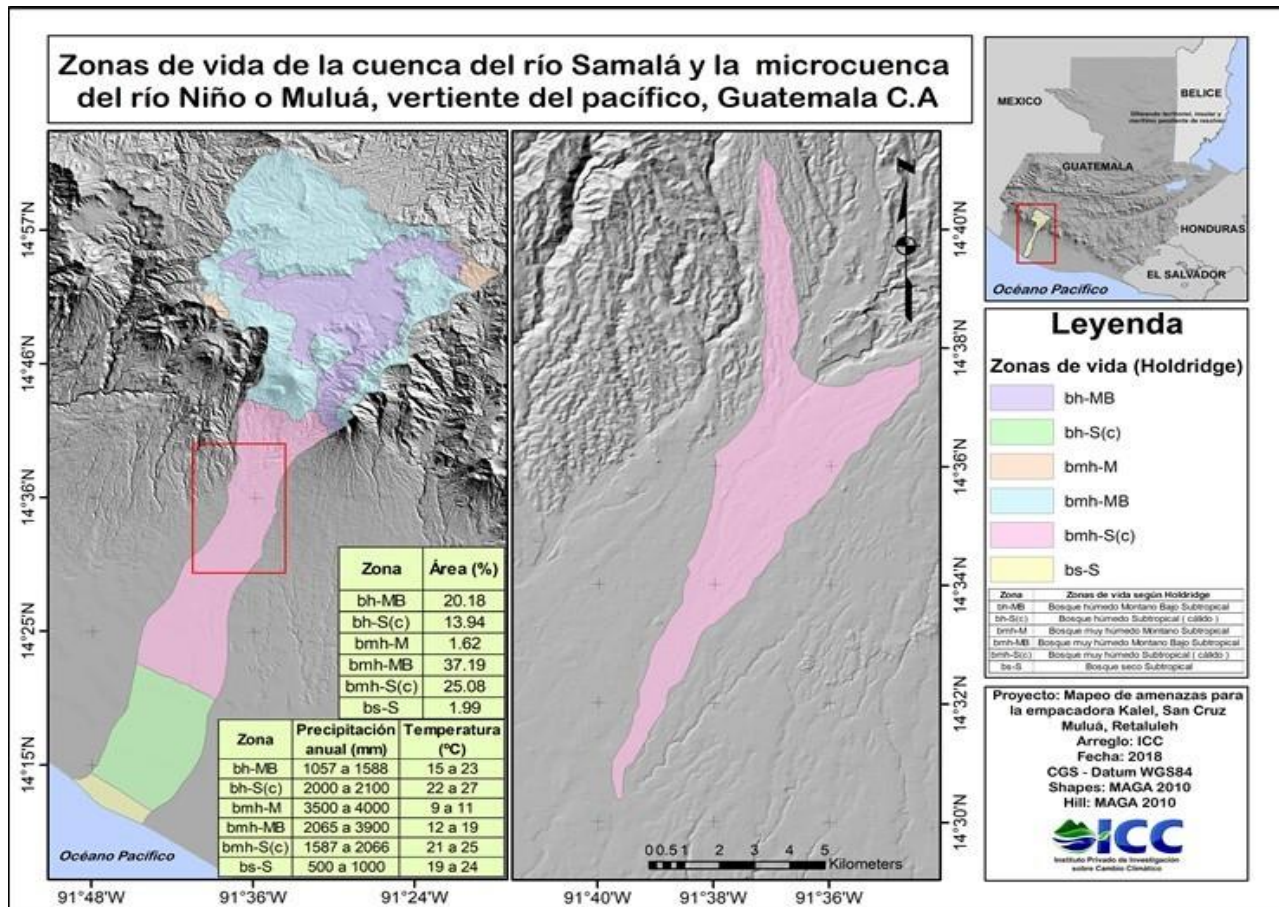


Figura 95. Zonas de vida de la cuenca del río Samalá y la microcuenca del río Niño.

El bosque muy húmedo sub-tropical (cálido) – (bmh-s(c)) ocupa el 25.08 % del área de la cuenca y el 100 % de la microcuenca del río el Niño lo que significa que en la microcuenca predominan las condiciones climáticas de esta zona de vida.

Por otra parte se tiene que en la parte alta de la cuenca predominan las zonas de vida de bosque muy húmedo montano bajo – (bmh-mb) y bosque húmedo montano bajo subtropical ocupando el 37.19 % y 20.18 % del total de la superficie de la cuenca, zonas de vida que se caracterizan por tener lluvias anuales promedios de 1,588 mm hasta 3,900 mm, agua que se acumula en cauce principal y no en el cauce del río Niño ya que los cauces que está en estas zonas de vida no tienen conexión con el río el Niño, este cauce solo es afectado por las condiciones climáticas de la zona de vida bmh-s(c).

f. Pendientes y relieve

Las pendientes predominantes en la cuenca del río Samalá son de 0 % a 24 %, lo que indica relieves suaves a moderadas en la parte baja y media de la cuenca, en la parte alta de la cuenca predominan las pendientes de 42 % a 120 % lo cual indica relieves pronunciados, muy pronunciados y escarpados en la figura 96 se muestran las pendientes.

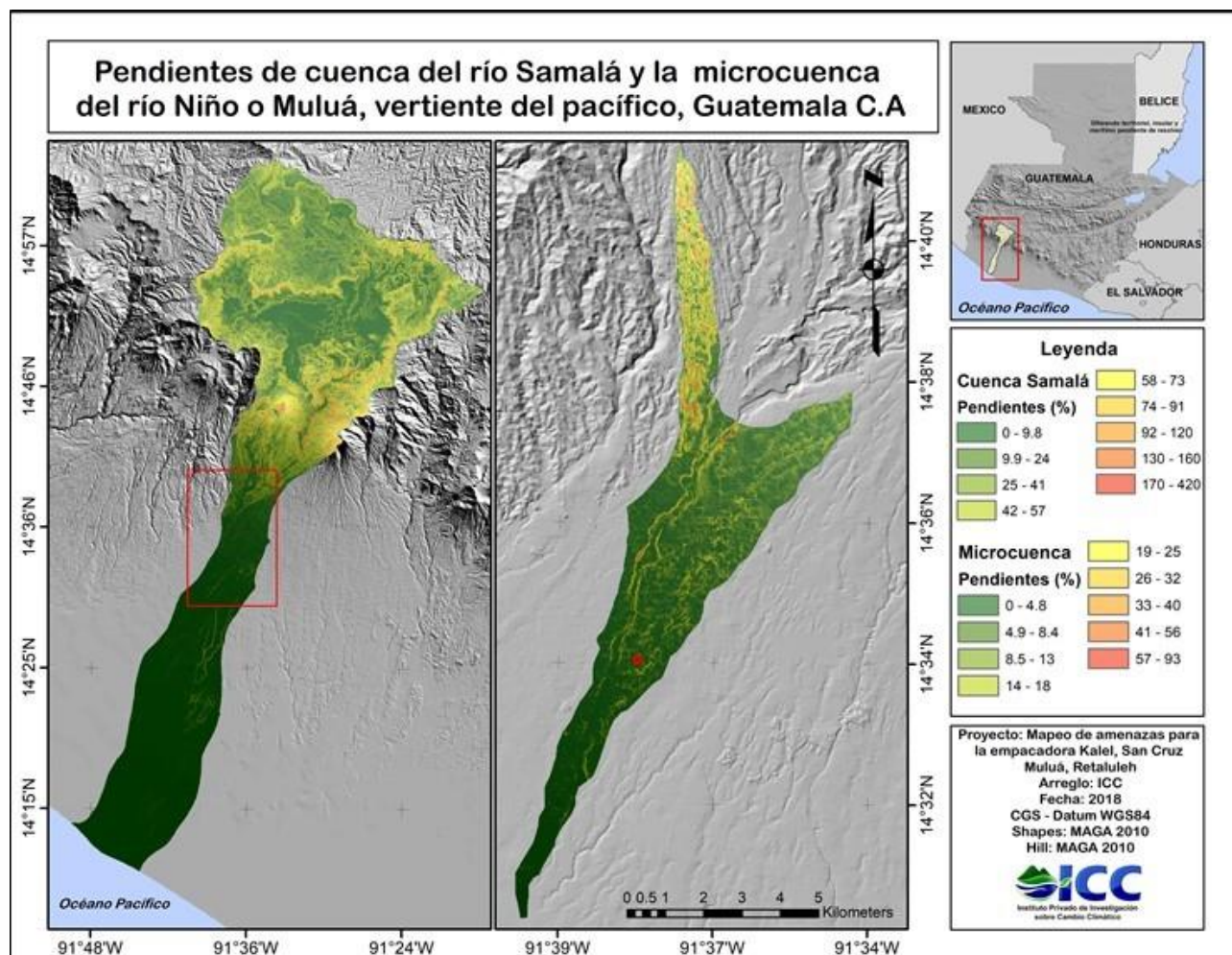


Figura 96. Pendientes de la cuenca del río Samalá y microcuenca del río Niño.

g. Usos de la tierra de la cuenca del río Samalá

En la actualidad el uso de la tierra que se da dentro de la cuenca del río Samalá se enfoca a la agricultura anual (granos básicos, hortalizas, cultivo de banano y demás), este uso es característico en la parte baja, media y alta de la cuenca ocupando el 31.67 % de la superficie de la cuenca, el uso forestal ocupa el 20.58 % y ocupa superficie en la parte alta de la cuenca junto con el café con 6.35 %, la parte media de la cuenca donde está ubicada la empacadora Kalel, esta compartida entre el cultivo de la caña de azúcar 8.09 % y el cultivo de hule con 2.52 %. En la figura 97 se muestra el mapa de uso actual de la tierra 2010 del MAGA.

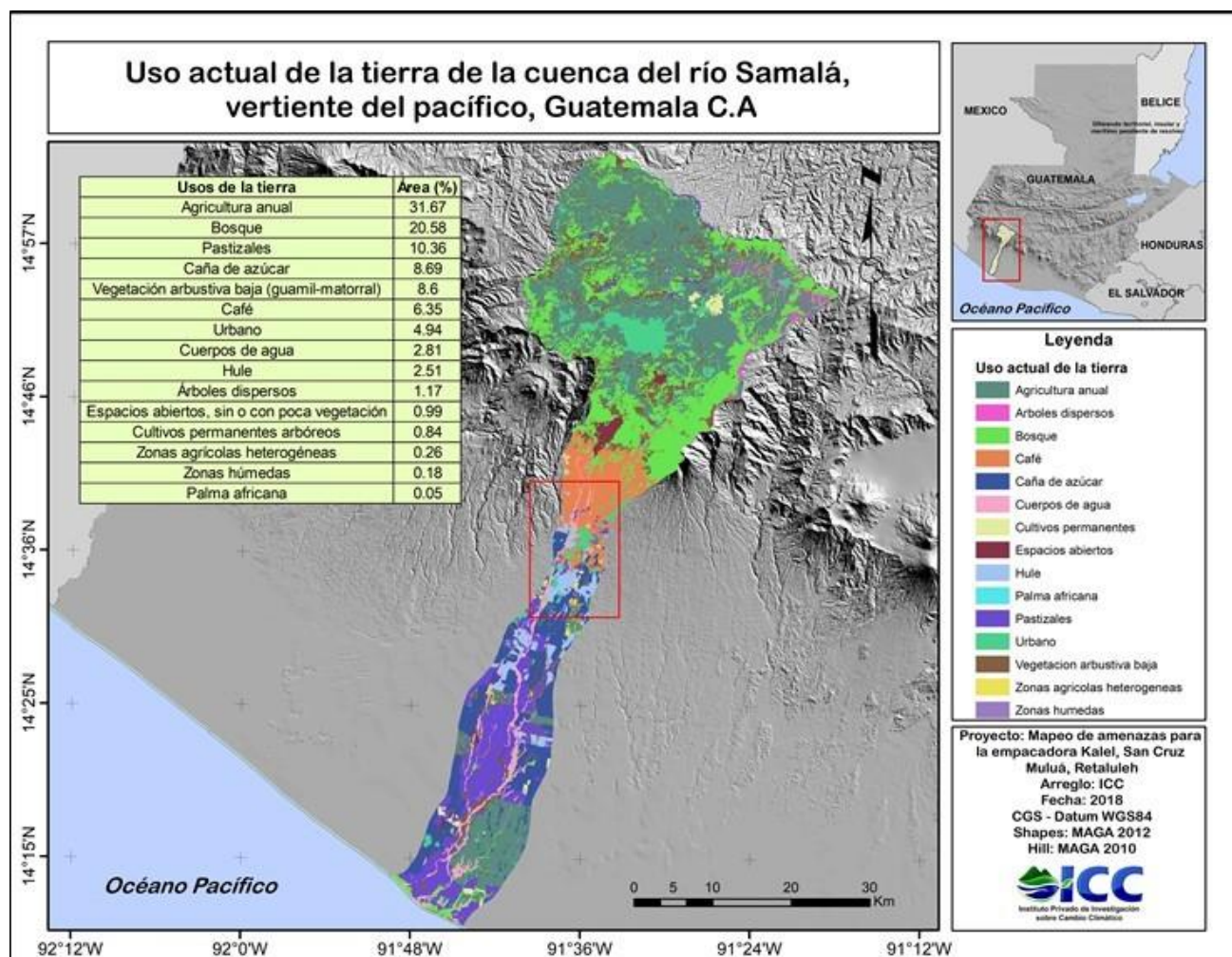


Figura 97. Uso actual de la tierra de la cuenca del río Samalá.

h. Usos de la tierra en la microcuenca del río Niño

En la figura 98 se muestran los usos de la tierra de la microcuenca del río Niño, con mayor detalle que en la figura 97, donde se puede identificar que el café es el que ocupa mayor superficie en la microcuenca con 16.78 % en la parte alta de la microcuenca al norte, el cultivo de hule con 14.50 %, pasto cultivado con 12.54 %, asocio de café y banano con 11.50 %, y zonas que pueden contribuir al aumento de escorrentía superficial como lotificaciones y tejido urbano continuo con 5.92 % y 5.07 % de la superficie de la microcuenca, cabe mencionar que esta escorrentía alimenta al flujo del río El Niño.

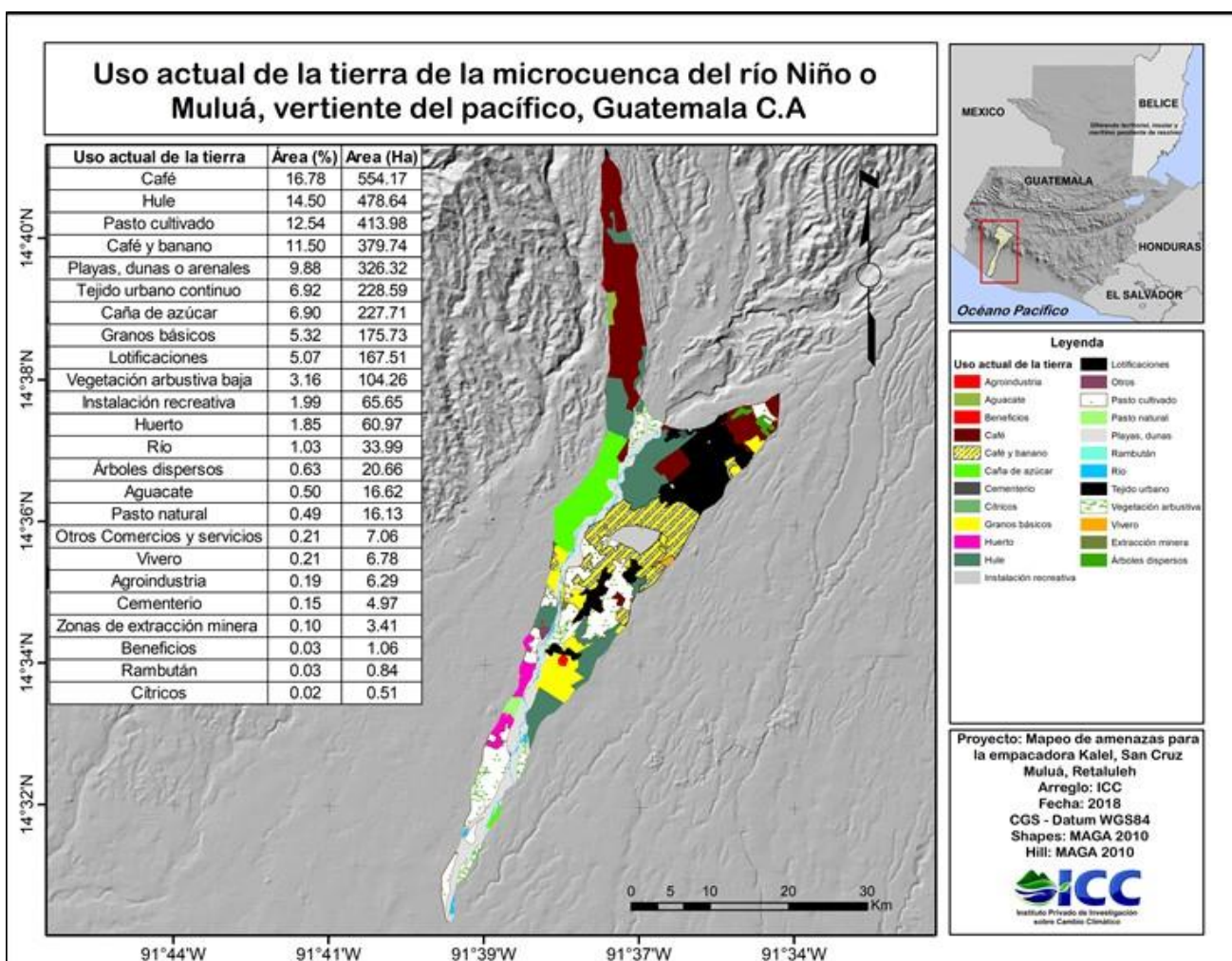


Figura 98. Uso actual de la tierra de la microcuenca del río Niño.

i. Permeabilidad del suelo

Según el mapa de la figura 99 en la parte baja de la cuenca del río Samalá se presentan los sitios con mayor número de curva lo que implica mayor escurrimiento, diferente es para la parte media y alta. En la parte media de la cuenca donde se encuentra la empacadora Kalel se observan sitios con mayor permeabilidad en comparación con la parte baja, por lo que la infiltración debe ser mayor, lo que disminuye lo escurrimiento dentro de la microcuenca, sin embargo el crecimiento urbano en la parte alta de la microcuenca del río Niño puede cambiar el escenario con zonas altamente impermeables y de alta escurrimiento que aporten al caudal base del río Niño en época lluviosa, afectando poblados, infraestructura e industria en la parte baja de su cauce.

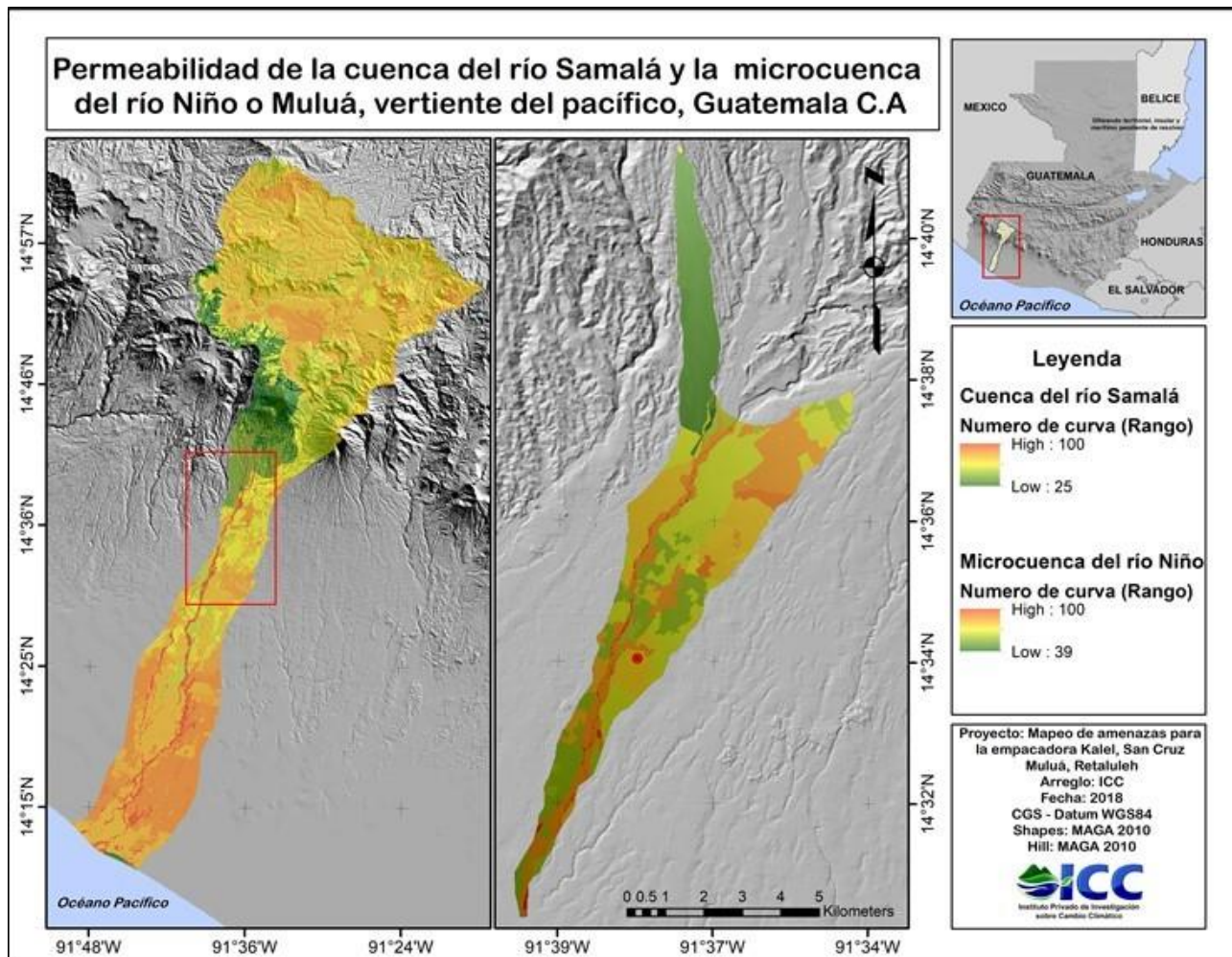


Figura 99. Permeabilidad de la cuenca de río Samalá y microcuenca de río Niño.

B. Amenaza por flujo piroclástico

Dentro de la cuenca Samalá en las regiones que comprende el departamento de Retalhuleu, las amenazas naturales con más probabilidad de ocurrencia son: inundaciones, flujos piroclástico y lahares que han causado problemas en los últimos años causando desastres en infraestructura en tramos de la carretera CA-2, puente Castillo Armas, centros poblados como San Felipe, San Sebastián y Retalhuleu, actividades agrícolas y ganaderas de la región (Barillas, et al, 2003).

En la figura 100 se muestra un mapa sobre el grado de amenaza dado por los flujos piroclásticos del volcán Santiaguito en los centros poblados de la zona. (Barillas, et al, 2003).

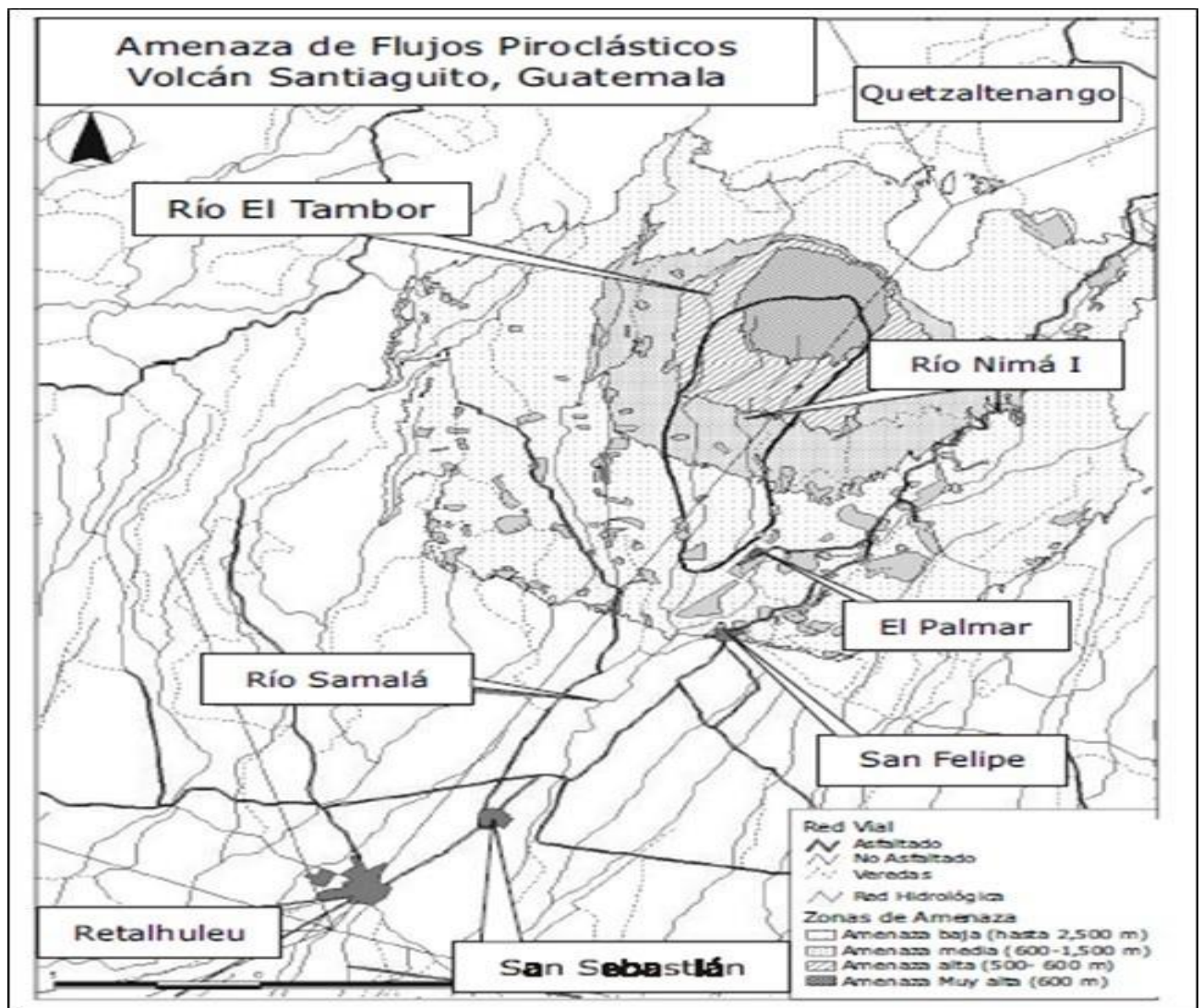


Figura 100. Amenaza por flujo piroclástico

C. Amenaza por Lahares

En la figura 101 una simulación con seis escenarios de distintos volúmenes de material expulsado por el volcán Santiaguito en donde se puede observar que al hacer la simulación con una cantidad lanzada de material volcánico de (3,000,000 m³) la empacadora Kalel no se ve afectada al igual que los otros cinco escenarios, sin embargo representa una amenaza contra ciertos tramos de la carretera Panamericana CA-2, la infraestructura del puente Carlos Castillo Armas y para los poblados colindantes a los ríos Samalá, Nimá I, Nimá II y El Tambor.

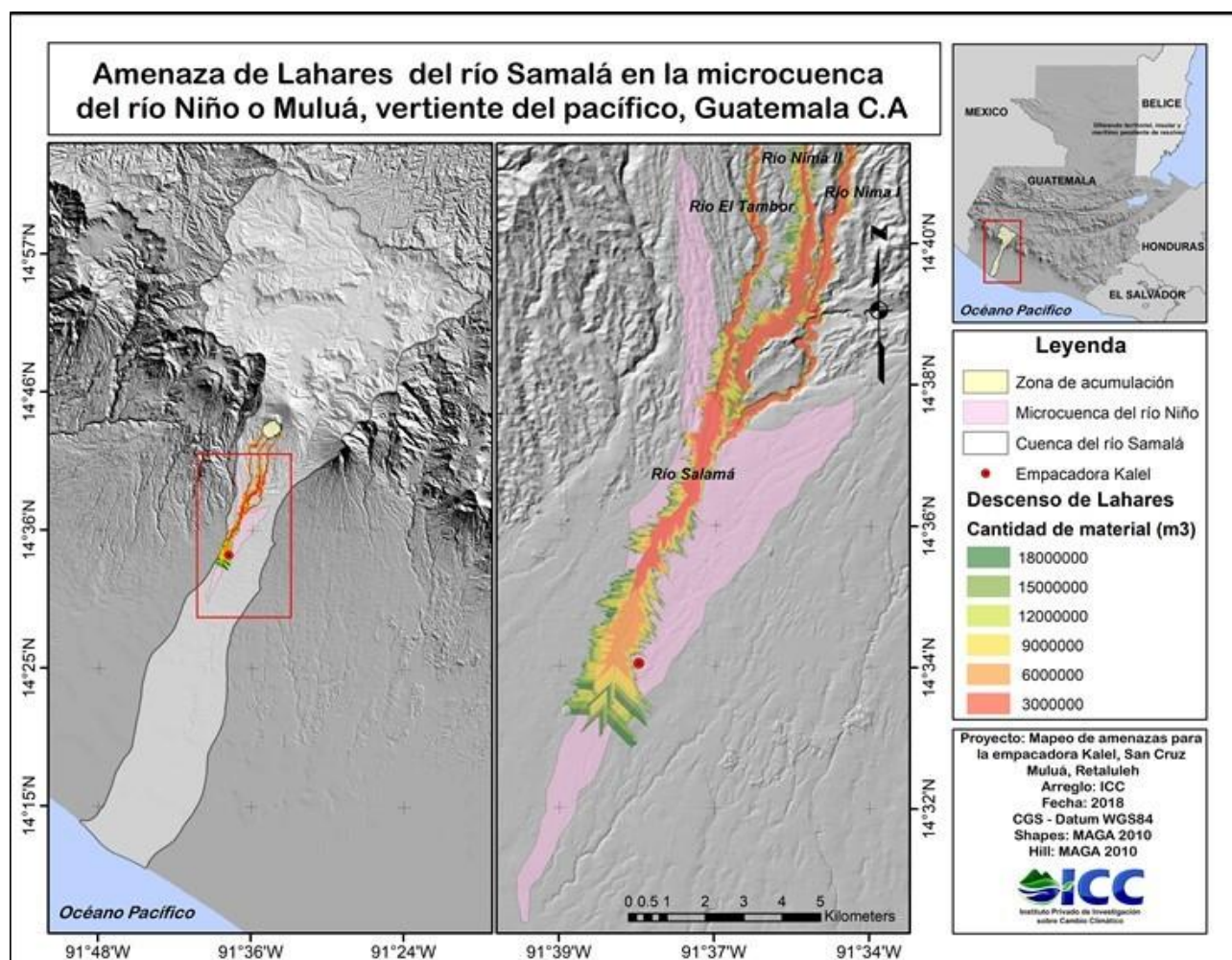


Figura 101. Amenaza de lahares modelado bajo seis escenarios posibles.

a. Comunidades e infraestructura vial afectadas por lahares

Lo concerniente a infraestructura en la figura 102 se observan con mayor riesgo a los lahares del río Salamá, en el cual se aprecia que el puente Castillo Armas y parte del tramo de la red vial de la carretera Panamericana CA-2 es alcanzado por lo lahares modelados de menor y mayor intensidad, identificado con el círculo de color rojo en el mapa, por lo que se cataloga como sitios vulnerables a lahares al igual que la empacadora Kalel que aunque este ligeramente fuera de la zona de riesgo, se debe tener cierto nivel de preparación ante eventualidades de este tipo.

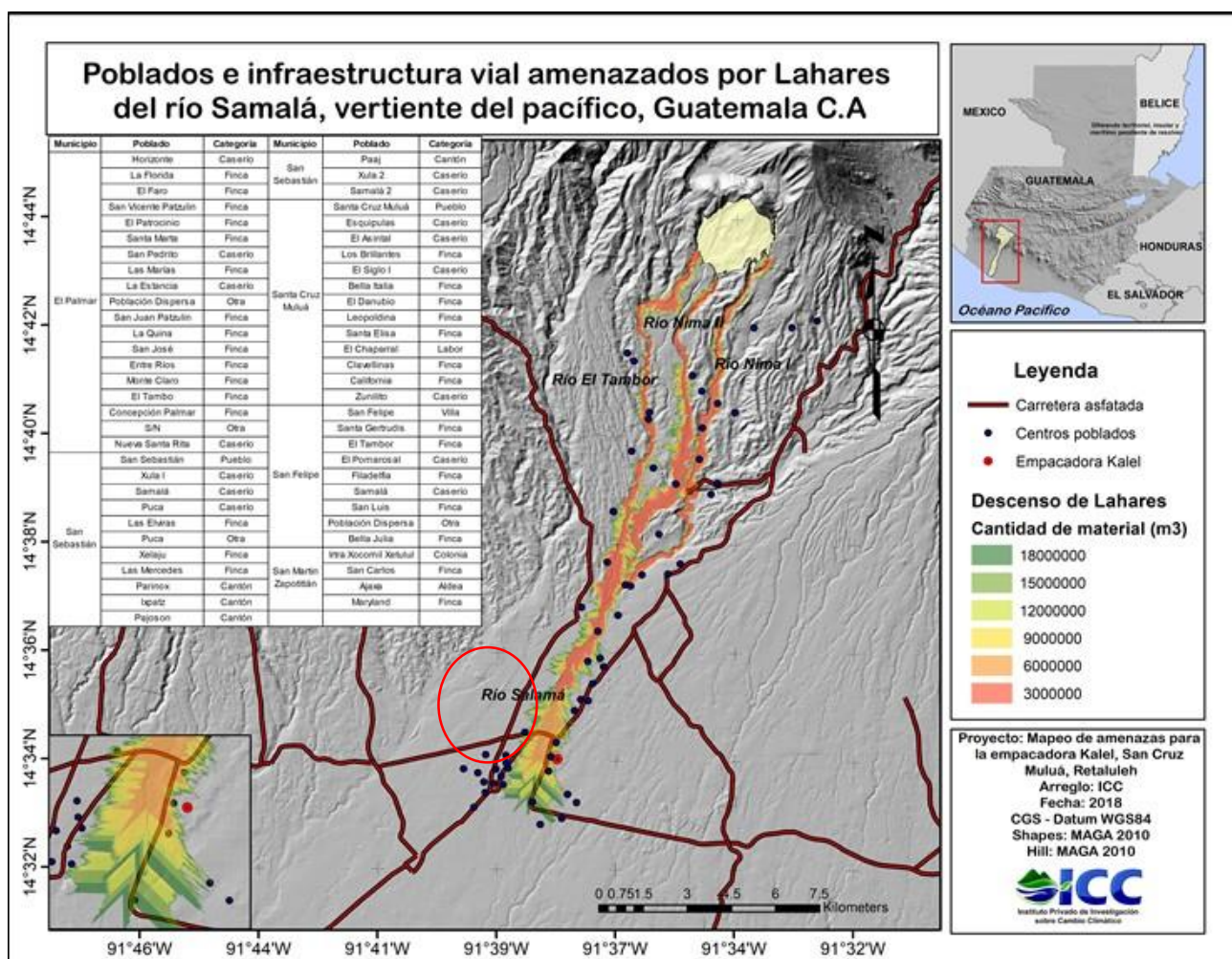


Figura 102. Poblados e infraestructura vial amenazados por descenso de lahares del volcán Santiaguito.

El historial de actividad volcánica del Complejo Santiaguito muestra que desde 1929 hasta la actualidad ha causado serio daño casi siempre en los mismos sitios que se describen en el cuadro 32 con lahares, flujo piroclástico, flujos de lava, lanzamiento de ceniza en las barrancas del río Nimá I, Nimá II y Tamborcito.

Cuadro 32. Línea del tiempo de la actividad eruptiva del volcán Santiaguito.

Año	Antecedentes de actividad volcánica	Sitios afectados
1929	Erupciones y flujo piroclástico	Finca El Patrocinio
1930	Lanzamiento de ceniza	San Marcos
1931	Flujo piroclástico en río Tambor	Obstrucción del río Nimá I, finca florida amenazada
1939	Lava	Río Concepción
1954	Lanzamiento de ceniza	Parte oriental de Quetzaltenango, San Felipe Retalhuleu y El Palmar Quetzaltenango
1978	Lahares en río Nimá II y Tambor	Causaron una muerte humana
1982	Lahares río Nimá II	Destrucción de El Palmar
1983	Lanzamiento de ceniza	El Palmar
1984	Lahares del río Nimá II	50% de destrucción de aldea las Marías
1989	Deposito laharico de 20 cm	Obstrucción de la carretera internacional del pacifico km 175
1990	Lanzamiento de ceniza	El Palmar, Chiantla y Huehuetenango
1990	Lahares del río Nimá II	Asolvamiento de 20 cm en puente La Máquina y 5 cm a inmediaciones de Aldea Las Pilas
1991	Lahar	Destrucción de puente colgante San Felipe (Finca, San Luis y Filadelfia)
1992	Lanzamiento de ceniza	Quetzaltenango, Zunil, Santa María de Jesús y San Miguel Calaguaché
1993	Lahar en río Samalá	Daños en la carretera internacional del pacifico km 175
1994	Lahar en río Samalá	Obstrucción en la carretera internacional del pacifico km 175
1994	Lahar en río Nimá II y Tamborcito	Destruye puente que comunica (Ranchería y casco de Finca Filadelfia)
1995	Lahar en río Nimá II y Tamborcito	Destrucción de escuela en Finca Filadelfia
1996	Dragado del río Samalá	Tramo de puente Carlos Castillo Armas
1998	Lahar en río Nimá II	Obstruye km 175 de carretera internacional del pacifico
1998	Lahar en río Nimá II	Daños en finca Filadelfia
1998	Lahar en río Nimá II	Destrucción de escuela, casa, lavadero público en lotificación Pomarrosal
1998	Lahar en río Nimá I	Destrucción Parcial de fincas Santa Marta y La Mosqueta
1998	Lahar en río Nimá I	El Palmar se declara como zona inhabitable
2000	Lanzamiento de ceniza y Lahares	Obstrucción de caminos a fincas Santa Marta, La Mosqueta y El Faro
2000	Lanzamiento de ceniza	Santa María de Jesús, San Miguel Calaguaché, Belén y finca la Dicha
2000	Lahar del río Nimá I	Daños en cultivos de finca Santa Marta y La Mosqueta
2000	Lanzamiento de ceniza	San Felipe, Retalhuleu
2001	Lanzamiento de ceniza	San Felipe, Retalhuleu
2001	Lanzamiento de ceniza	Quetzaltenango y Llanos del Pinal
2001	Lahar en río Nimá I	Finca Mosqueta y Santa Marta
2002	Lahar en río Nimá I	Finca La Florida y Santa Marta
2002	Dragado del río Samalá	Tramo de puente Carlos Castillo Armas
2002	Lanzamiento de ceniza	San Felipe Retalhuleu
2003	Flujo piroclástico	Finca El Faro, Florida, Pueblo Nuevo Suchitepéquez
2007	Lahar en río Samalá	Desbordamiento en puente Carlos Castillo Armas
2010	Lahar en río Samalá	Obstrucción del paso en el puente Carlos Castillo Armas
2012	Lanzamiento de ceniza	Quetzaltenango
2012	Lanzamiento de ceniza	Champerico, Coatepeque y Ocos
2014	Flujo piroclástico y Lahar	Daños en Finca EL faro

Fuente: INSIVUMEH, 2014

Para la empacadora Kalel se puede agregar de que los lahares hasta inmediaciones del puente Castillo Armas e incluso se tienen registros de los niveles de altura de los lahares

han superado y desbordado el dicho puente y la carretera panamericana CA2 a inmediaciones del kilómetro 175 hasta dejarlos obstaculizados. Otros registros que se tiene de actividad del volcán Santiaguito que tiene relación directa con poblados cercanos a Santa Cruz Muluá ha sido la caída de ceniza en el pueblo de San Felipe, Retalhuleu.

Por lo tanto, se considera que en la zona donde está ubicada la empacadora existe riesgo de lahares del río Samalá y daños por ceniza volcánica como corrosión y erosión de estructuras.

D. Amenaza de inundaciones

a. Caracterización de la precipitación

En la figura 103 se muestra el patrón de lluvia dentro de la cuenca del río Samalá.

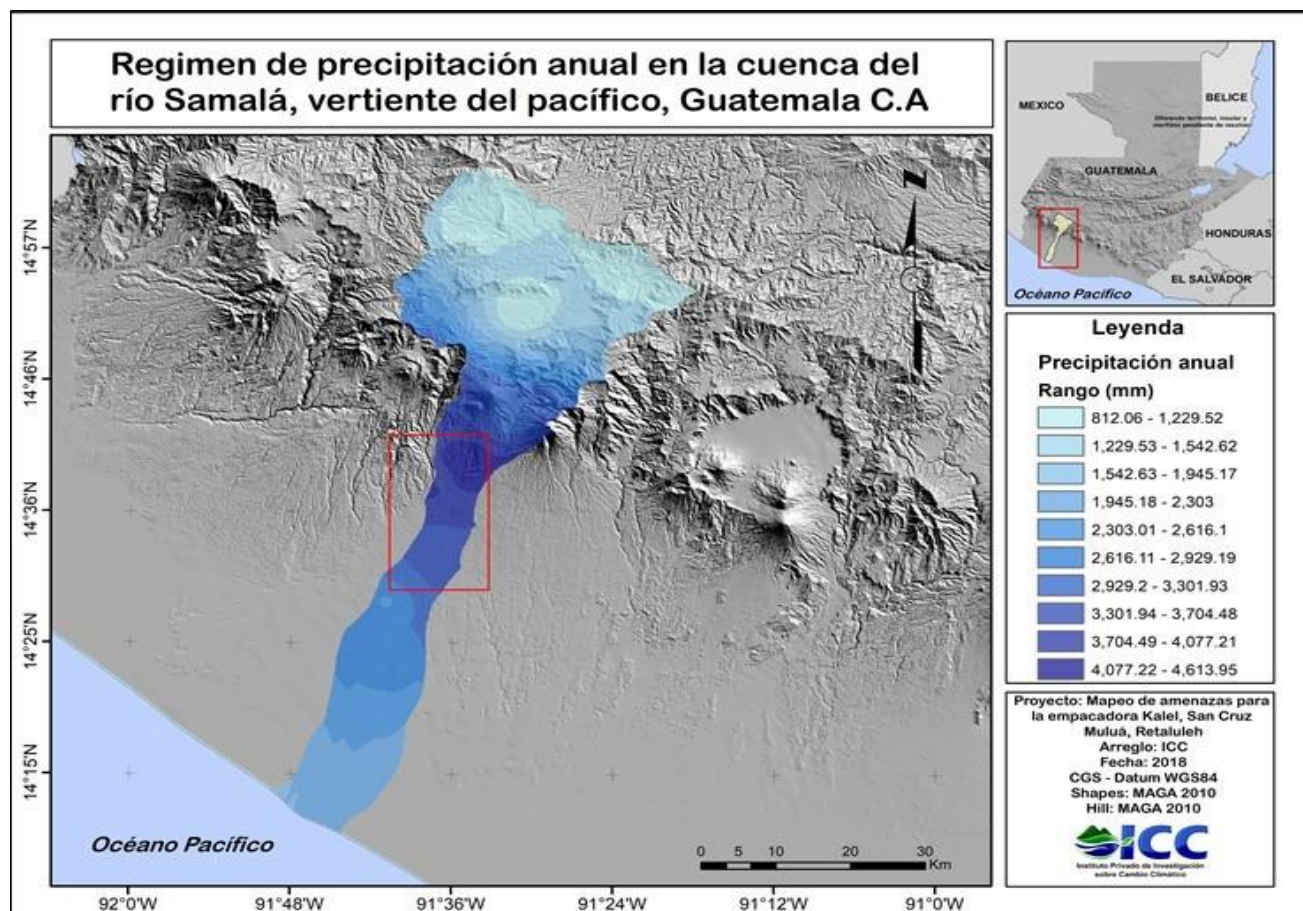


Figura 103. Caracterización de la precipitación anual en la cuenca del río Samalá.

Como se puede observar en la figura 103 dentro del recuadro de color rojo se delimita el área que ocupa la microcuenca del río Niño, sitio que presenta en su parte alta los datos de precipitación más altos los cuales van disminuyendo a medida que se acorta la distancia a la costa, por lo que en esta parte de la cuenca, donde se encuentra la empacadora Kalel se dan las precipitaciones más altas lo que contribuye aumento de caudal de los ríos.

b. Balance hídrico de la cuenca de río Samalá

En la figura 104 se muestra el balance hídrico dentro de la cuenca del río Samalá.

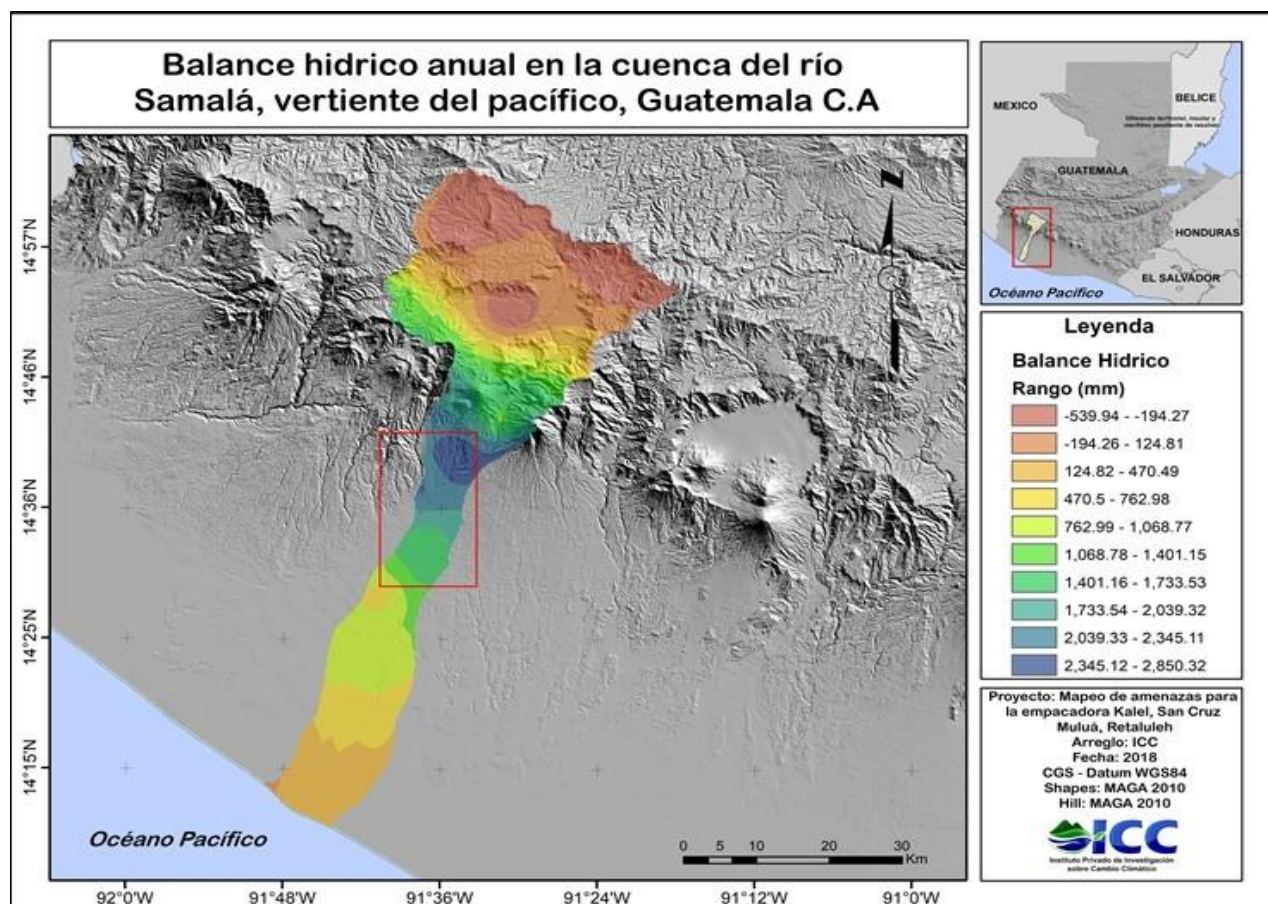


Figura 104. Balance hídrico en la cuenca del río Samalá.

En la cuenca media del río Samalá se da el mayor balance hídrico y posiblemente sean las mayores zonas de recarga hídrica. Dentro del recuadro rojo que se observa en la figura 104 está la microcuenca del río Niño y se puede apreciar que existe superávit de agua, esto se

puede asociar con crecidas rápidas dentro de la microcuenca al presentarse eventualidades de precipitación, debido a que esa zona podría estar asociada con un nivel freático muy superficial, el cual permitiría un flujo constante de agua en el río Niño y una rápida saturación del suelo, factores que contribuirían al escurrimiento superficial de agua.

c. Áreas de inundación en la cuenca media del río Samalá

En la figura 105 se puede apreciar que la empacadora Kael se ve ligeramente afectada por inundaciones en eventos de precipitación con tiempo de retorno de 30 en adelante, sin embargo, a este análisis hay que agregar que en la actualidad en dicha zona está la existencia de diques de ingeniería para evitar desbordamientos del río Samalá diseñados para periodos de retorno de 50 años, lo cual es favorable para la empacadora.

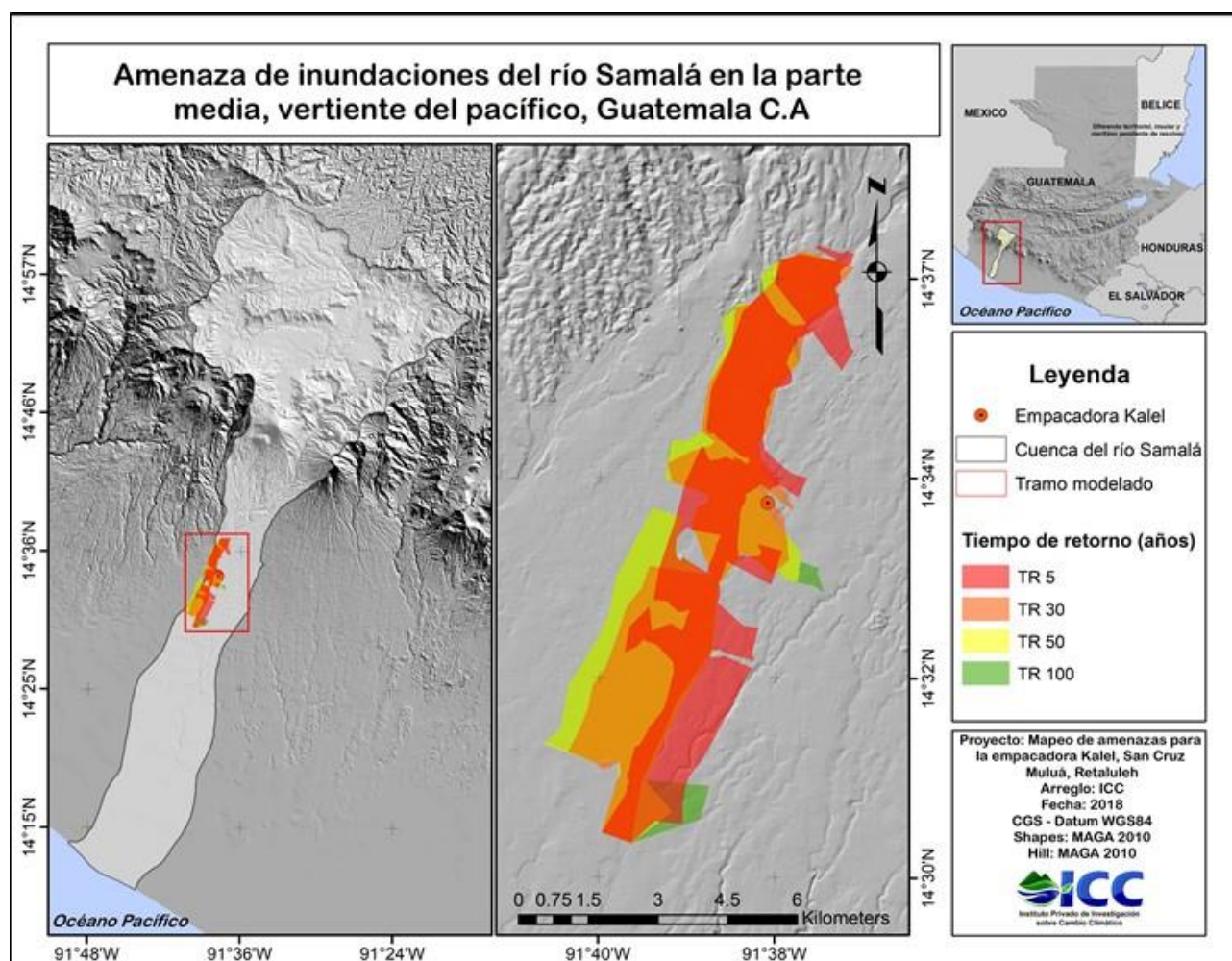


Figura 105. Modelación de la amenaza de inundaciones en la cuenca media del río Samalá.

En el cuadro 33 se muestran los caudales utilizados para la modelación de inundaciones en la cuenca media del río Samalá (Barillas et al, 2003).

Cuadro 33. Caudales utilizados para la modelación hidráulica.

Tiempo de retorno (Años)	Caudales (m³/s)	Probabilidad de ocurrencia (%)
5	911	20
30	1,403	3.33
50	1,547	2
100	1,748	1

d. Poblados e infraestructura en riesgo por inundaciones

En la figura 106 se muestran los poblados e infraestructura amenazados por las inundaciones.

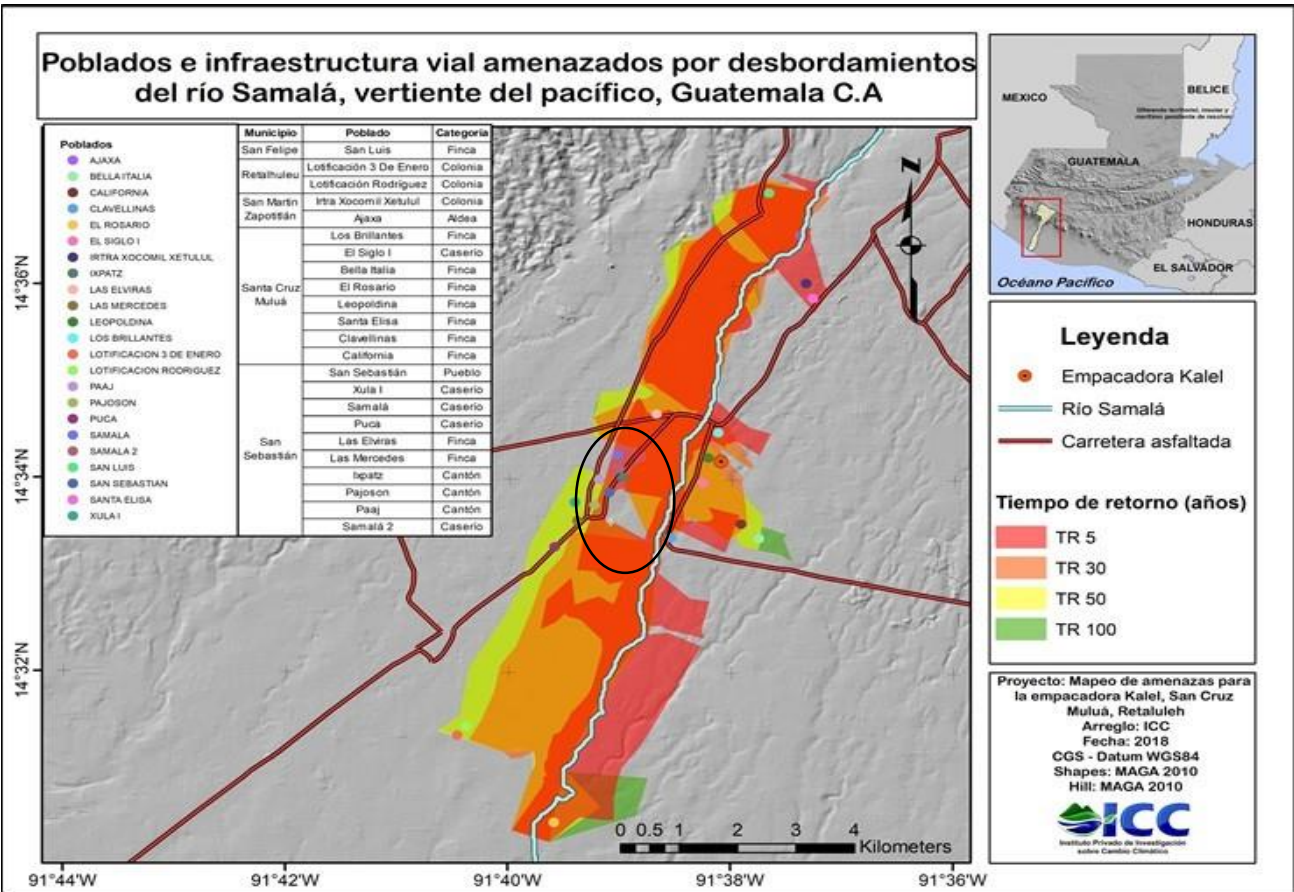


Figura 106. Poblados e infraestructura vial amenazada por inundaciones pluviales causadas por el río Samalá.

En la figura 106 se mencionan los poblados que se verían afectados por el desbordamiento del río Samalá, los que entran dentro del polígono de color verde son menos propensos a sufrir inundaciones en un corto tiempo que los poblados que están en los polígonos de color azul, anaranjado y rojo.

Los poblados con alta amenaza de inundaciones son San Sebastián (pueblo), Irtra (colonia), fincas San Luis, Los Brillantes, El Rosario, Santa Elisa, Las Elviras, la aldea, Ajaxa, los caseríos, Samalá 2, Samalá y el cantón Ixpatz. Los demás poblados que entran en los polígonos azul, naranja y rojo van de mediana a baja amenaza por inundaciones ya que estos eventos tienen menor probabilidad de suceder en un largo tiempo.

En la figura 106 se observa que dentro del mapa se hace énfasis en un tramo de la carretera señalado en un círculo, este indica la localización de los diques de ingeniería actualmente construidos los cuales pueden contener un caudal de $1,547 \text{ m}^3/\text{s}$ (tiempo de retorno 50 años) (Barillas et al., 2004). El mismo autor indica que si no estuvieran esos diques las inundaciones serían más severas en la carretera y comunidades, cultivos e industrias aledañas y que incluso podría llegar hasta el río Muluá o El Niño, dañando probablemente parte de la finca Los Brillantes.

Es importante mencionar que la topografía utilizada para la modelación hidráulica de la figura 106 esta desactualizada ya que desde el año 2006 no se ha actualizado la información oficial del territorio nacional, por lo que para el año 2006 no se contaba con esa configuración topográfica.

Los centros poblados localizados en la parte alta de la microcuenca del río Niño se deben considerar importantes por el tema de escorrentía y aporte de agua y contaminantes a dicho ya que según el Soil Conservation Service –SCS este tipo de cobertura tienen números de curva de 85 lo que significa que el 85 % del agua que precipita escurre, lo que convierte estos sitios en zonas muy impermeables con alta generación de escorrentía.

En el cuadro 34 se muestran una posible relación entre los fenómenos hidrometeorológicos y daños ocurridos en los años correspondientes, en la cual también se hace una línea del tiempo de los fenómenos naturales que han causado desastres en el municipio de Retalhuleu y a cercanía de la empacadora Kalel (elaboración propia, ICC, 2013 e INSIVUMEH, 2014).

Cuadro 34. Línea del tiempo de inundaciones en la zona de estudio.

Año	Antecedentes hidrometeorológicos	Sitos afectados
1982	Huracán Paul	Destrucción de la aldea El Palmar
1988	Época lluviosa	Daños en el pilas del puente Castillo Armas
1989	Temporal	Asolvamiento de 20 cm en puente La Máquina y 5 cm a inmediaciones de Aldea Las Pilas
1991	Altas precipitaciones	Destrucción de puente colgante San Felipe (Finca, San Luis y Filadelfia)
1993	Altas precipitaciones	Daños en la carretera internacional del pacifico km 175
1994	Altas precipitaciones	Obstrucción en la carretera internacional del pacifico km 175
1998	Huracán Mitch	Obstrucción km 175 de carretera internacional del pacifico
2005	Huracán Stan	Retalhuleu se catalogó como uno de los municipios más afectados
2007	Altas precipitaciones	Desbordamiento en puente Carlos Castillo Armas
2010	Altas precipitaciones	Obstrucción del paso en el puente Carlos Castillo Armas
2012	Depresión tropical 12-E	Retalhuleu se catalogó como uno de los municipios más afectados

e. Usos de la tierra afectado por inundaciones

En la figura 107 se muestran los usos con alto riesgo a ser afectados por inundaciones causadas por desbordamientos del río Samalá, en la parte media de la cuenca cabe resaltar que en la mayoría de casos el uso de la tierra referente a pastos cultivados y caña de azúcar se ven afectados por las inundaciones, los detalles del porcentaje de área y la superficie en hectáreas de los usos afectados por años de retorno (figura 107).

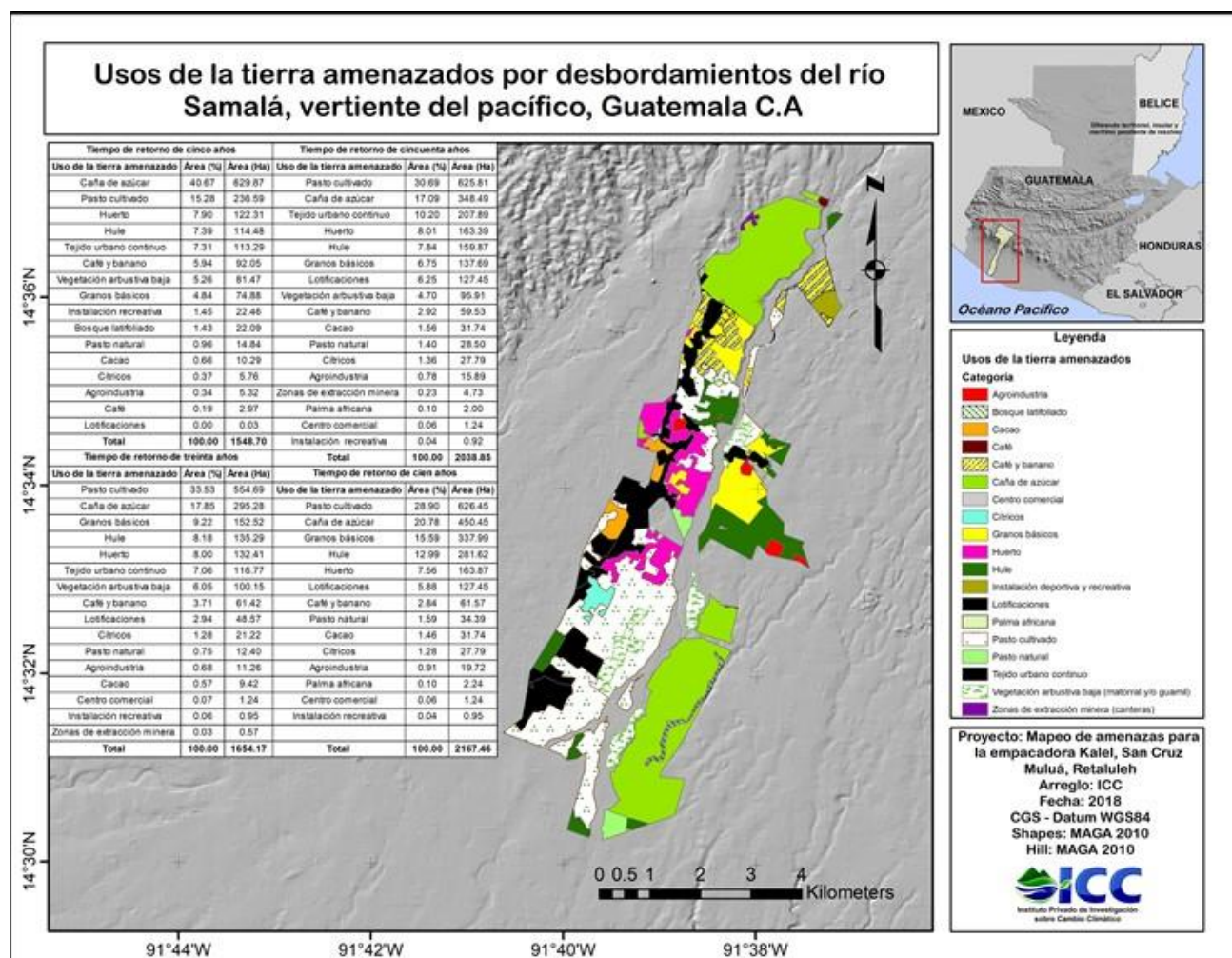


Figura 107. Usos de la tierra afectados por las inundaciones por periodo de retorno.

f. Áreas de inundación según JICA

En la figura 108 se pueden notar cambios considerables en las áreas de inundaciones con la información publicada por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA, la modelación consistió solamente en la simulación de tres tiempos de retorno para el caso de la cuenca del río Samalá, en la cual se observa que ni el tiempo de retorno de 30 años tienen alcance a la empacadora, sin embargo no se realizó con tiempos de retorno mayores, los cuales podrían cambiar el panorama de las zonas de inundación.

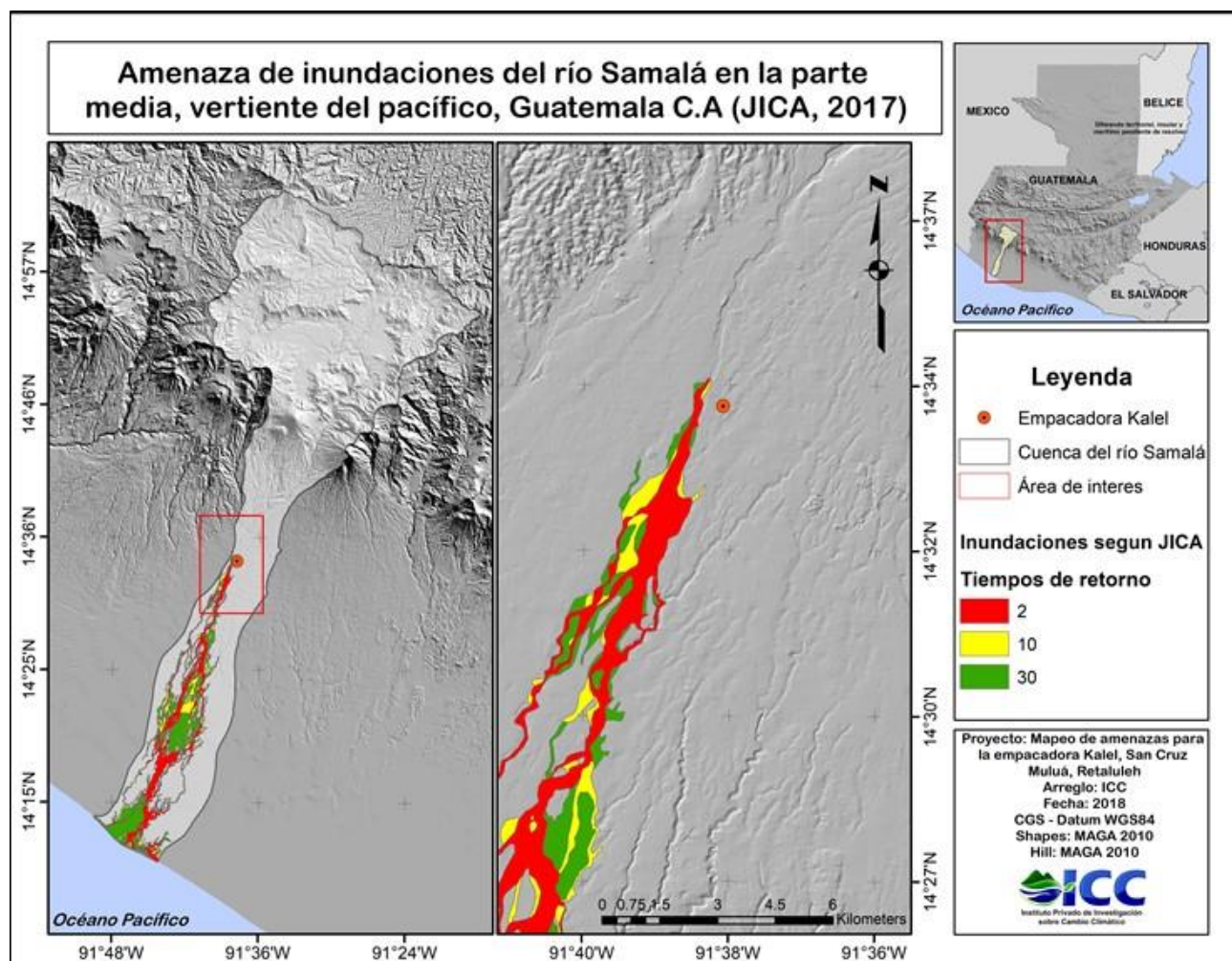


Figura 108. Mapa de inundaciones de la cuenca Samalá, según JICA, 2017.

E. Amenaza antropogénica (contaminantes)

a. División política

Para determinar el tipo de amenazas sociales se debe tener conocimiento de los municipios que se encuentran dentro de la cuenca del río Samalá, en el caso de los municipios que abarca la microcuenca del río Niño se pueden mencionar a Santa Cruz Muluá y San Martín Zapotitlán, en la figura 109 se muestran los municipios que conforma la cuenca.

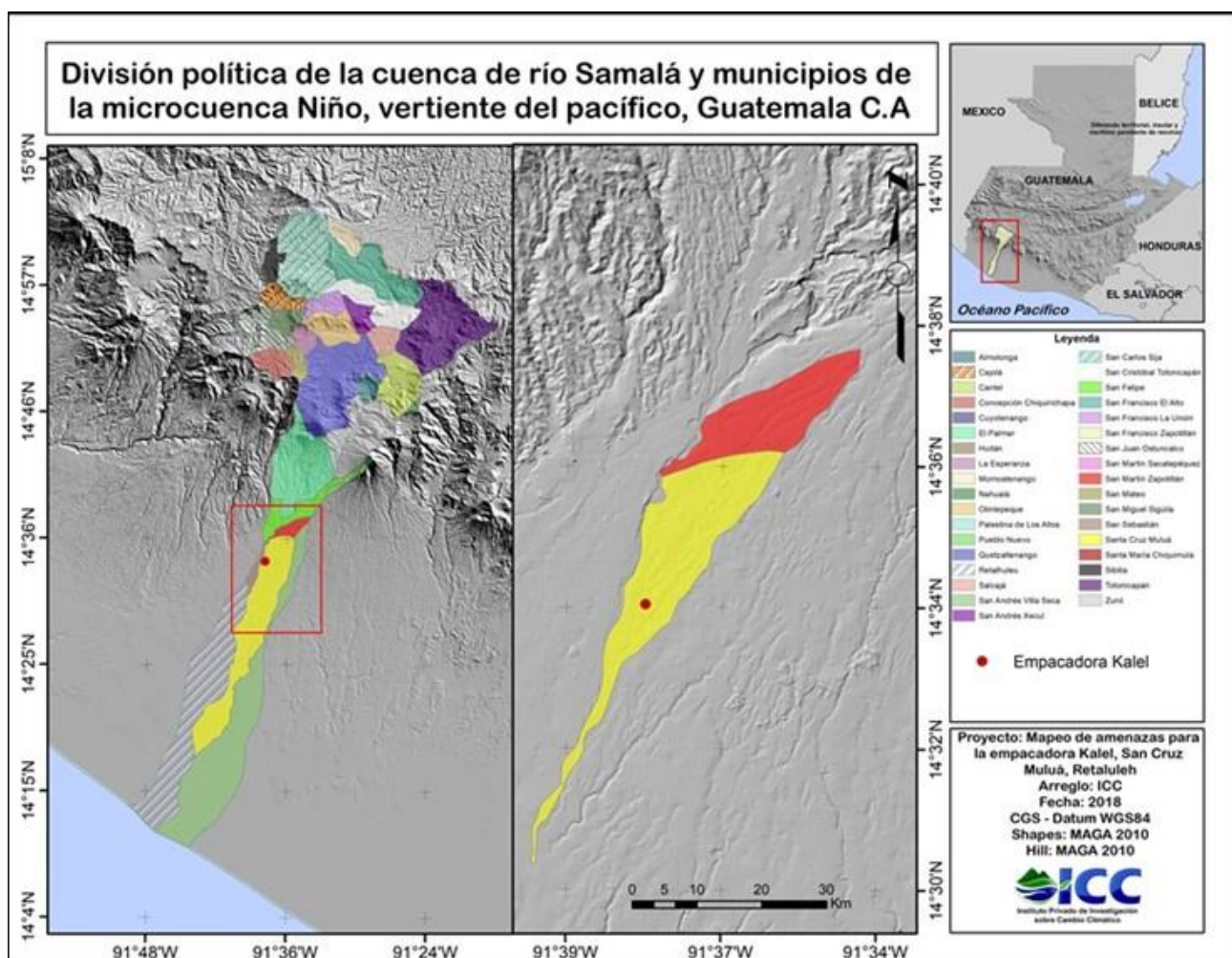


Figura 109. División política administrativa de la cuenca del río Samalá.

En el cuadro 35 se presentan los distintos municipios que están dentro de la cuenca del río Samalá con su extensión territorial.

Cuadro 35. División política de la cuenca del río Salamá.

Departamento	Municipio	Área (km²)	Área (%)	Departamento	Municipio	Área (km²)	Área (%)
Quetzaltenango	Quetzaltenango	126.61	19.1	Retalhuleu	San Andrés Villa Seca	193.04	36.46
	San Carlos Sija	97.55	14.71		Retalhuleu	165.13	31.19
	El Palmar	96.77	14.6		Santa Cruz Muluá	128.18	24.21
	Zunil	77.45	11.68		San Felipe	26.99	5.1
	Cantel	48.6	7.33		San Martín Zapotitlán	9.39	1.77
	San Juan Ostuncalco	38.97	5.88		San Sebastián	6.75	1.27
	Olintepeque	32.18	4.85		Total	529.47	100
	Concepción Chiquirichapa	21.25	3.21	Totoncapán	Totoncapán	120.74	44.35
	Cajolá	18.85	2.84		San Francisco El Alto	71.48	26.25
	San Miguel Sigüila	17.13	2.58		San Cristóbal Totoncapán	44.26	16.26
	San Francisco La Unión	16.89	2.55		Momostenango	18.91	6.95
	Salcája	16.88	2.55		San Andrés Xecul	16.49	6.06
	Sibilia	15.41	2.32		Santa María Chiquimula	0.38	0.14
	Almolonga	12.55	1.89		Total	272.28	100
	La Esperanza	12.25	1.85	Suchitepéquez	Pueblo Nuevo	5.78	86.87
	San Mateo	10.82	1.63		San Francisco Zapotitlán	0.87	13.1
	San Martín Sacatepéquez	2.22	0.33		Cuyotenango	0	0.03
	Palestina de Los Altos	0.62	0.09		Total	6.65	100
	Huitán	0	0	Sololá	Nahualá	6.82	100
	Total	662.99	100		Total	6.82	100

b. Manejo de desechos sólidos

Dentro de la cuenca del río Samalá se tiene que el mayor porcentaje de hogares maneja sus desechos sólidos mediante la quema, mientras que el 25.53 % utiliza el servicio municipal, sin embargo, el 19.89 % de hogares no realizan un debido manejo de sus desechos ya que deciden tirar la basura en cualquier sitio, esto contribuye al mal funcionamiento de la red de drenajes de cualquier zona urbana y a la contaminación de los ríos y las playas, ver figura 110 (INE, 2002).

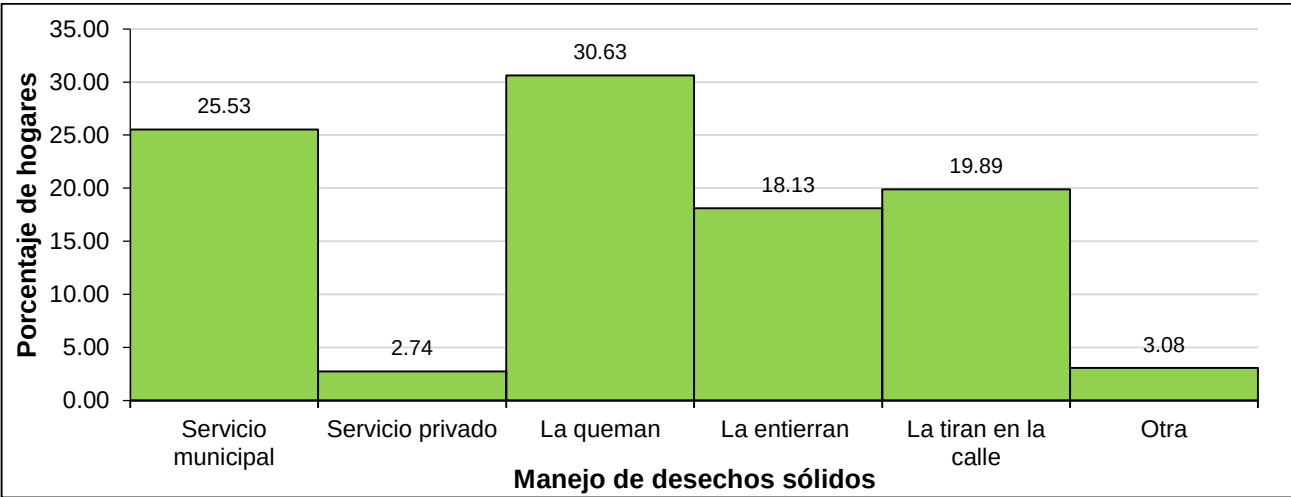


Figura 110. Manejo de desechos sólidos de los hogares en la cuenca del río Samalá.

En la figura 111 se puede apreciar que los municipios que tienen relación directa con la microcuenca del río Niño manejan sus desechos sólidos por medio de la quema, el porcentaje de hogares que no manejan sus desechos sólidos es bajo en los dos municipios de 3.81 % y 2.96 %, por lo que se podría decir que el río Niño no presenta gran cantidad de contaminantes sólidos que tapen drenajes o que causen problemas de contaminación del agua para los pobladores de la parte baja, sin embargo ese pequeño porcentaje indica que siempre la corriente tienen una baja contaminación, sin embargo la contaminación por desechos sólidos está presente (INE, 2002).

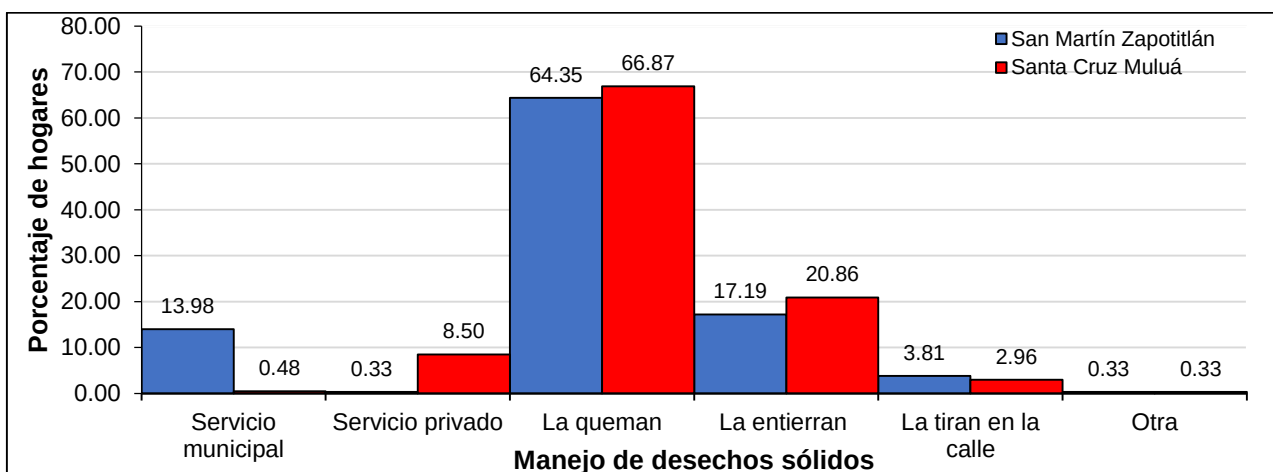


Figura 111. Manejo de desechos de los municipios de la microcuenca del río Niño.

c. Servicio sanitario

En la figura 112 se muestra el manejo de desechos fecales de los pobladores de la cuenca.

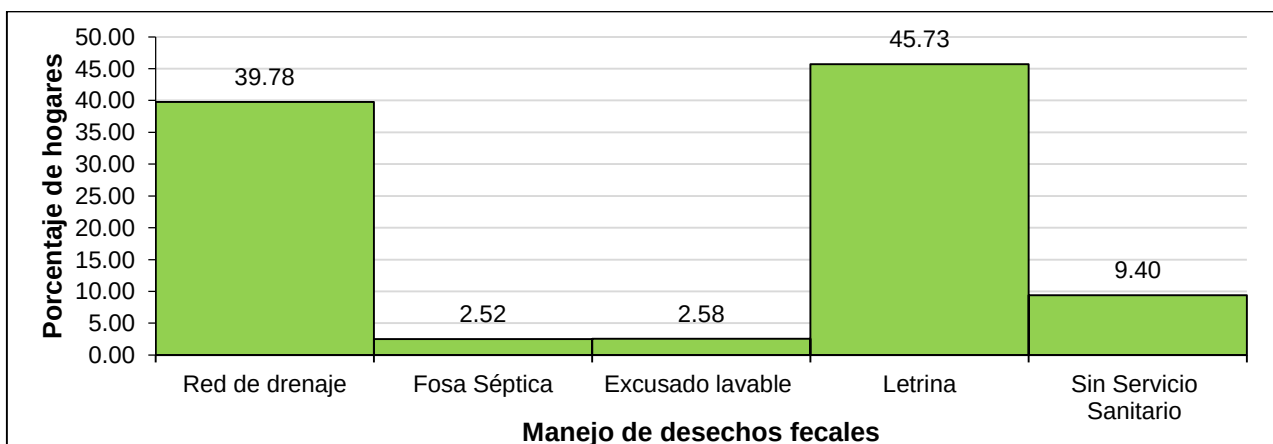


Figura 112. Manejo de desechos fecales en la cuenca del río Samalá.

En la figura 112 se observa que el 45.73 % de hogares de la cuenca del río Samalá cuenta con letrinas para depositar los desechos fecales, el 39.78 % corresponde a hogares que cuentan con red de drenaje por lo que es posible que el agua del río Samalá cuente con contaminantes de tipo biológico (INE, 2002).

En la figura 113 se muestran las estadísticas de manejo de desechos fecales de los hogares de los municipios de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá, en la cual se demuestra que el mayor porcentaje de hogares de los dos municipios cuentan en mayor cantidad con letrinas seguido por red de drenajes y en Santa Cruz Muluá el 37.32 % de hogares que no cuenta con servicio sanitario. Lo anterior es importante si se relaciona con el agua subterránea y superficial de los poblados ya que estos pueden estar contaminados con organismos biológicos como *Eschechiria coli*, por lo que el río Niño podría estar contaminado con esa bacteria (INE, 2002).

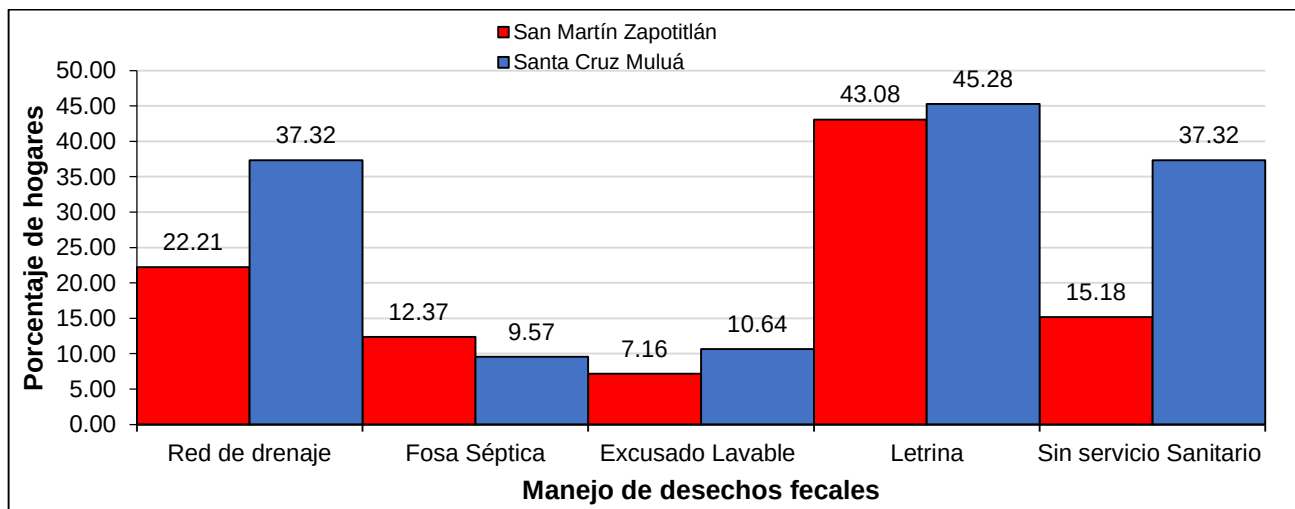


Figura 113. Manejo de desechos fecales de los municipios Santa Cruz Muluá y San Martín Zapotitlán.

d. Acceso al recurso hídrico

En la figura 114 se puede apreciar que el mayor porcentaje de hogares en la cuenca del río Salamá cuenta con servicio de chorro para el acceso al agua, lo cual es un elemento positivo ya que, en este tipo de servicios se trata el agua antes de hacer la distribución en los hogares

en la mayoría de municipios, los hogares que utilizan pozos para el acceso al agua es de 11.11 %, este porcentaje de personas que consume agua de pozo es vulnerable a enfermedades causadas por organismos como *Eschechiria Coli* (INE, 2002).

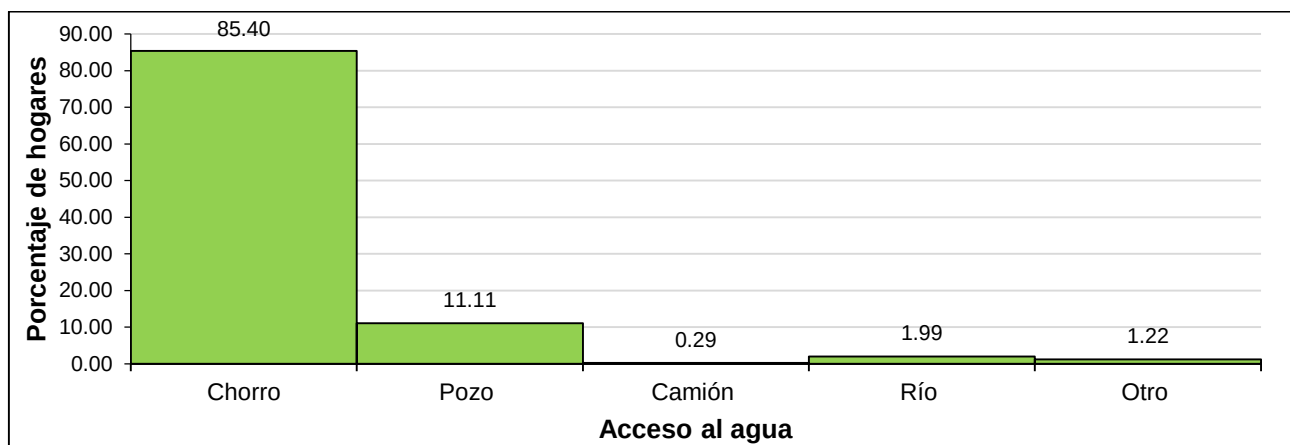


Figura 114. Acceso al agua en los hogares de la cuenca del río Samalá.

En la figura 115 se observa que el mayor porcentaje de hogares en los municipios de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá tiene acceso a “agua de chorro”, sin embargo esto no significa que el agua reciba algún tipo de tratamiento, la segunda opción para obtención de agua por parte de los pobladores son “pozos” con mayor porcentaje en el municipio de Santa Cruz Muluá, esto podría repercutir en enfermedades causadas por parásitos intestinales, diarreas y amebas que se transmiten por medio del agua sin tratamiento, ya que estas fuentes de agua podrían estar contaminadas con microorganismos, debido a la relación entre el manejo de sus heces fecales y la forma de obtención del agua. (INE, 2002).

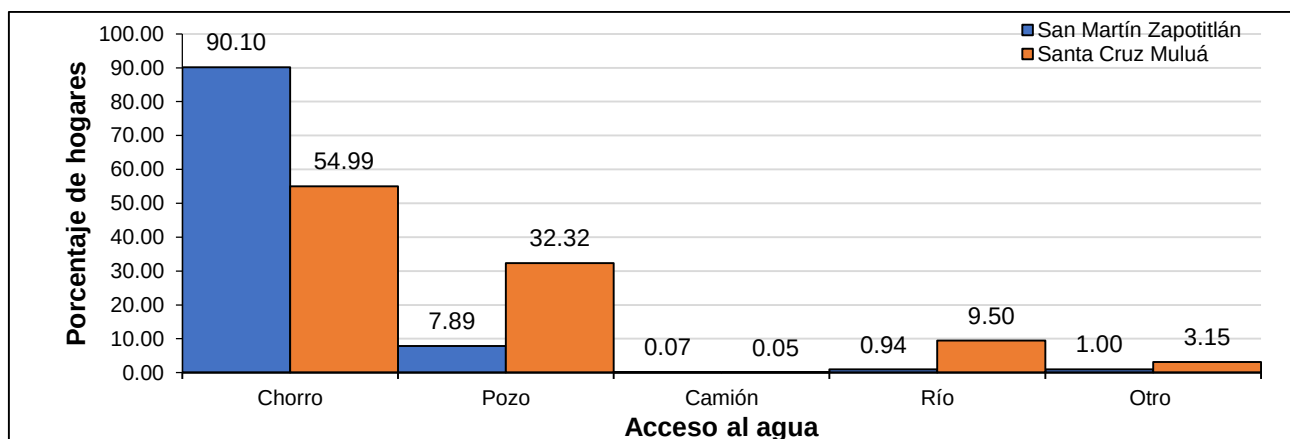


Figura 115. Acceso al agua de hogares de los municipios de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá.

e. Enfermedades

En el cuadro 36 se indican las enfermedades más comunes y las que causan la muerte con mayor frecuencia en la población general y en población infante de 1 a 5 años. En el cuadro 36 se logra apreciar que hay enfermedades que podrían estar relacionadas con el consumo de agua como los parásitos intestinales y amebiasis, sin embargo, son las menos frecuentes que las que se encuentran en la primera posición de cada municipio, esto se debe que el mayor porcentaje de hogares en esos municipios cuenta con servicio de chorro, respecto al tema de acceso al agua (Dirección municipal de planificación de los municipios de Santa Cruz Muluá y San Martín Zapotitlán, 2010).

Cuadro 36. Enfermedades de mayor a menor incidencia en el municipio de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Muluá.

Municipios	San Martín Zapotitlán		Santa Cruz Muluá	
No.	Población general		Población general	
	Morbilidad	Mortalidad	Morbilidad	Mortalidad
1	Anemia	Edema cerebral	Resfriado común	Sistema respiratorio
2	Traumatismo	Neumonía	Amigdalitis	Sistema digestivo
3	Hipertensión Arterial	Asma	Anemia	Sistema genitourinario
4	Diabetes Mellitus	Fiebre	Parasitismo intestinal	
No.	Población infante (1 a 5 años)		Población infante (1 a 5 años)	
	Morbilidad	Mortalidad	Morbilidad	Mortalidad
1	Resfrio común	Neumonía	Resfriado común	
2	Amigdalitis	Bronconeumonía	Bronquitis	
3	Amebiasis		Bronconeumonía	
4	Navarro verde		Parasitismo intestinal	
5	Infección intestinal		Amebiasis	

F. Amenaza por sismos

En la figura 116 se observa de forma general que el municipio de Santa Cruz Muluá en Retalhuleu no está directamente afectado por una falla geológica como otros municipios, por ejemplo Cuilapa del departamento de Santa, Rosa, que se ve afectado por la falla de Jalpatagua, sin embargo esto no evita que hayan sismos en zonas aledañas e incluso en el

municipio de Santa Cruz Muluá, debido a que están influenciados por la zona de Subducción de la Placa del Pacífico y actividad del volcán Santiaguito, que en la actualidad está activo.

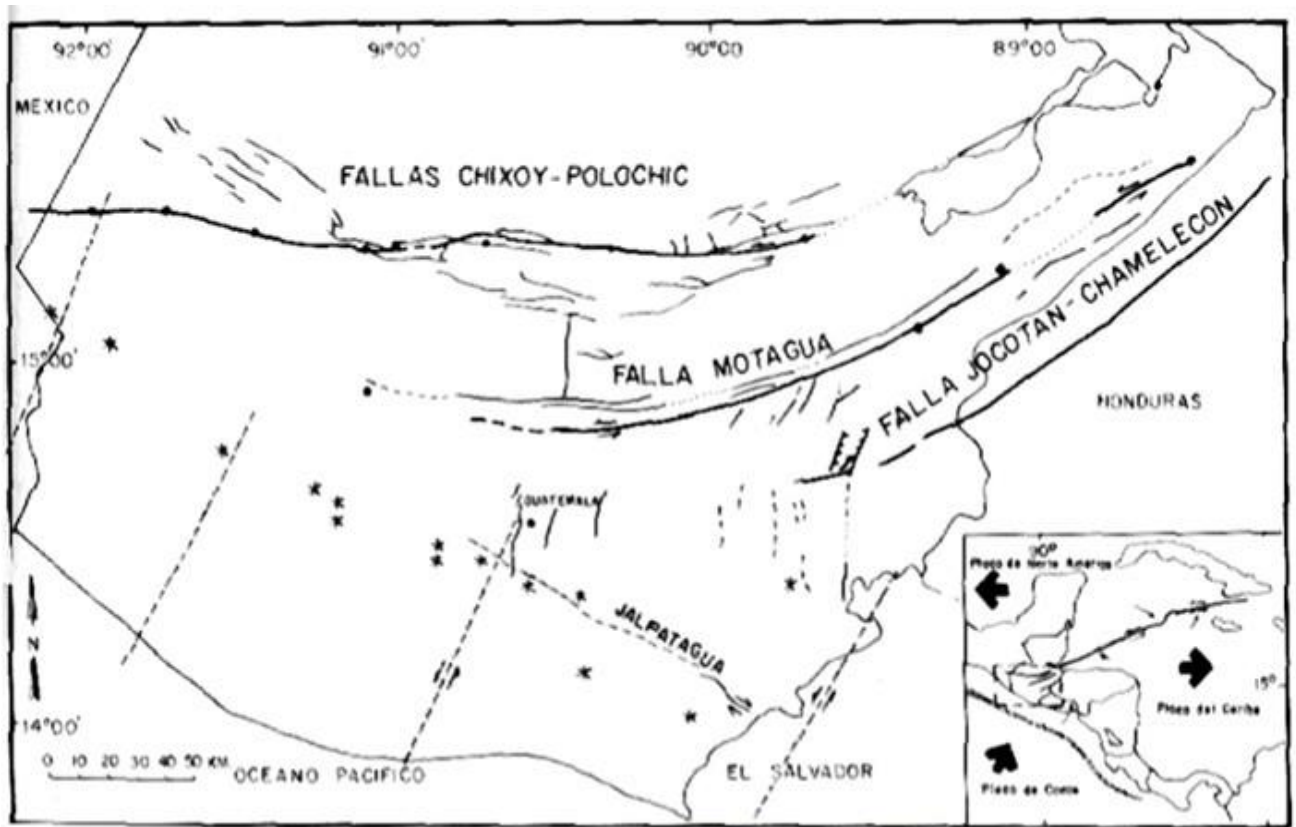


Figura 116. Localización de las fallas geológicas en el país de Guatemala.

A continuación, se presenta una línea del tiempo sobre los sismos que han afectado a los municipios del departamento de Retalhuleu (Fuente: elaboración propia, INSIVUMEH, 2016).

Cuadro 37. Línea del tiempo de la actividad sísmológica que ha causado daños en el departamento de Retalhuleu.

Año	Antecedentes de actividad sísmica	Epicentro	Sitos afectados	Reporte de daños
1998	10 enero, magnitud 5.8 en la escala Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu y Suchitepéquez	Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Escuintla y la Capital	Personas heridas, destrucción de viviendas, derrumbes, incendios y caída de postes
1998	10 enero, magnitud 4.4 en la escala de Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu y Suchitepéquez	Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Escuintla y la Capital	Personas heridas, destrucción de viviendas, derrumbes, incendios y caída de postes
1998	11 al 20 enero, sismos de 3 a 5.8 en la escala de Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu y Suchitepéquez	Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Escuintla y la Capital	Personas heridas, destrucción de viviendas, derrumbes, incendios y caída de postes
1998	2 de marzo, sismo de 5.6 en la escala de Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu y Suchitepéquez	Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos y Ciudad Capital	Destrucción de viviendas
1998	7 de marzo, sismos de 3.5 a 5.6 en la escala de Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu y Suchitepéquez	Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos y Ciudad Capital	Destrucción de viviendas
2012	7 de noviembre, sismo de 7.4 en la escala de Richter	Zona de subducción, frente a las zonas costeras de Retalhuleu	Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez, Totonicapán, Chimaltenango y Guatemala	Daños peores que el terremoto de 1976, personas fallecidas, destrucción de viviendas
2013	6 de septiembre, sismo de 6.4 en la escala de Richter	Epicentro departamento de San Marcos	San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu y Sololá	Daños en viviendas y tramos de carreteras
2014	7 de julio, sismo de 6.9 en la escala de Richter	Epicentro en el territorio mexicano cercano a la frontera con San Marcos	San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez	San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez
2014	7 de julio, sismos de 3.1 a 4.8 en la escala de Richter	Epicentro en el territorio mexicano cercano a la frontera con San Marcos	San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez	San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez

3.3.7. Conclusiones

1. Los centros poblados y la empacadora Kalel en la cuenca media del río Samalá son amenazados por: inundaciones a causa del río Samalá, lahares provenientes del volcán Santiaguito, sismos causados por las zonas de subducción frente a las costas del Pacífico en Retalhuleu, contaminantes sólidos – biológicos provenientes de la parte alta de la microcuenca del río Niño y flujos piroclástico del volcán Santiaguito.
2. Caudales mayores o iguales a 1,403 m³/s (30 años de periodo de retorno) en río Samalá puede causar desbordamiento y el aporte de agua y materiales al río Niño o Muluá, lo que puede causar un impacto negativo dentro de la empacadora Kalel y poblados aledaños.
3. Los cultivos y poblados con mayor amenaza de inundaciones fluviales son: caña de azúcar, pasto cultivado y el cultivo de hule y los poblados son: San Sebastián (pueblo), Itra (colonia), fincas San Luis, Los Brillantes, El Rosario, Santa Elisa, Las Elviras, la aldea Ajaxa, los caseríos, Samalá 2, Samalá y el cantón Ixpatz.

3.3.8. Recomendaciones

1. La modelación hidráulica no tomó en cuenta la configuración topográfica (diques de ingeniería en el lado oriente del río Samalá, carretera CA-2) y efectos de asolvamiento del lecho del mismo, por lo que se recomienda hacer una simulación hidráulica incluyendo estos factores.
2. Actualizar de la información topográfica del tramo de interés del río Salamá para hacer estudios hidráulicos de mayor precisión.
3. Elaborar un plan de respuesta a riesgos y emergencias ante las amenazas de inundaciones, lahares, sismos, contaminantes sólidos – biológicos y flujos piroclástico.

3.3.9. Bibliografía

1. BdoubleVdoble, Guatemala. 2018. Estudio hidrológico para la empacadora Kalel, datos de caudales. Guatemala. 45 p. (PDF).
2. CBNDR (Capacity Building for Natural Disaster Reduction, USA); RAPCA (Regional Action Program for Central America, Guatemala); CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, Guatemala). 2003. Zonificación de amenazas naturales en la cuenca del río samalá y análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián Retalhuleu, Guatemala, Centro América. Guatemala. 52 p. Disponible en <https://www.itc.nl/external/unesco-rapca/en/contents-%20of-%20this-cd/6-zonificacion-amenaza-san-sebastian-guatemala.PDF>
3. DMP (Dirección Municipal de Planificación, San Martín Zapotitlán, Guatemala). 2010. Epidemiología del municipio (mortalidad y morbilidad), primeras cinco causas en población general y niños de 1 a 5 años. San Martín Zapotitlán, Retalhuleu, Guatemala. 85 p.
4. DMP (Dirección Municipal de Planificación, Santa Cruz Muluá, Guatemala). 2010. Epidemiología del municipio (mortalidad y morbilidad), primeras cinco causas en población general y niños de 1 a 5 años. Santa Cruz Muluá, Retalhuleu, Guatemala. 77 p.
5. ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, Guatemala). 2013. Gestión de riesgos de desastres, historial de desastres en los últimos 40 años. Guatemala. 40 (diapositivas) (Power Point).
6. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2002. Características de la población de los locales de habitación censados: San Martín, Zapotitlán y Santa Cruz Muluá, Retalhuleu. Guatemala. 278 p. (PDF y shapes).
7. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología, e Hidrología, Guatemala). 2014. Historial sobre actividad volcánica del volcán Santiaguito. Consultado 10 oct. Disponible en: http://www.insivumeh.gob.gt/?page_id=401
8. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología, e Hidrología, Guatemala). 2016. Historial sobre sismos en el departamento de Retalhuleu. Guatemala. (PDF).
9. JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Guatemala). 2017. Mapa y zonas de inundaciones del río de la cuenca Samalá. Guatemala. (shape).
10. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala a escala 1:250,000 –Memoria técnica-. Guatemala. 48 p. (PDF).

11. _____. 2003. Información sobre cuencas, texturas de suelo, zonas de vida, de la cuenca del río Samalá vertiente del Pacífico de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. (Shape).
12. _____. 2010. Uso de la tierra y capacidad de la tierra: Municipio la cuenca del río Samalá, república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. (PDF).
13. _____. 2016. Actualización de los municipios de Guatemala: San Martín, Zapotitlán y Santa Cruz Muluá, Retalhuleu. Guatemala. (Shapes).
14. Simmons, C; Tárrano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

3.3.10. Anexos



Figura 117A. Presentación de estudio sobre amenazas en la cuenca media del río Samalá.

3.4. SERVICIO 2: Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para la empacadora La Vega en Tiquisate, Escuintla.

3.4.1. Presentación

En distintas partes del país de Guatemala el acceso al recurso hídrico es limitado por escases, contaminación o por falta de la implementación de sistemas para su obtención.

Durante el 2016 las actividades en el programa de gestión de riesgos relacionadas captación y almacenamiento de agua constituían el 44 % de actividades del programa, aportando capacitaciones, talleres y giras de campo sobre el tema para promocionar el sistema en diversas comunidades y proyectos piloto.

Para el 2017 constituyo el 14 % de actividades del programa y para la planificación del 2018 un 8 % ya que desde el 2015 que el proyecto MULTICYT (proyecto que dedica tiempo al desarrollo de temas relacionados al componente de adaptación de los efectos del cambio climático desarrollando temas sobre captación y almacenamiento de agua de lluvia-niebla) dio inicio y se ha prolongado en etapas hasta el año actual, la importancia del fortalecer el componente de adaptación del ICC en el tema ha sido de ayuda en comunidades donde se ha transferido la tecnología para fortalecer sus capacidades ante amenazas de contaminación y escases de agua.

La necesidad de agua por parte de la empacadora de banano La Vega en Tiquisate es de gran importancia para poder llevar a cabo otras actividades como para limpieza, cocina o sanitarios ya que según el programa de Sistemas de Sostenibilidad de Sistemas Productivos del ICC (2018), la demanda de agua es de 2,619.94 m³/empacadora/día, por lo tanto, el consumo de agua total en la empacadora es de 79,646.18 m³/empacadora/mes, la demanda anual es de 955,754.12 m³/empacadora/anual, lo que muestra la necesidad de obtener fuentes de agua opcionales.

3.4.2. Objetivo

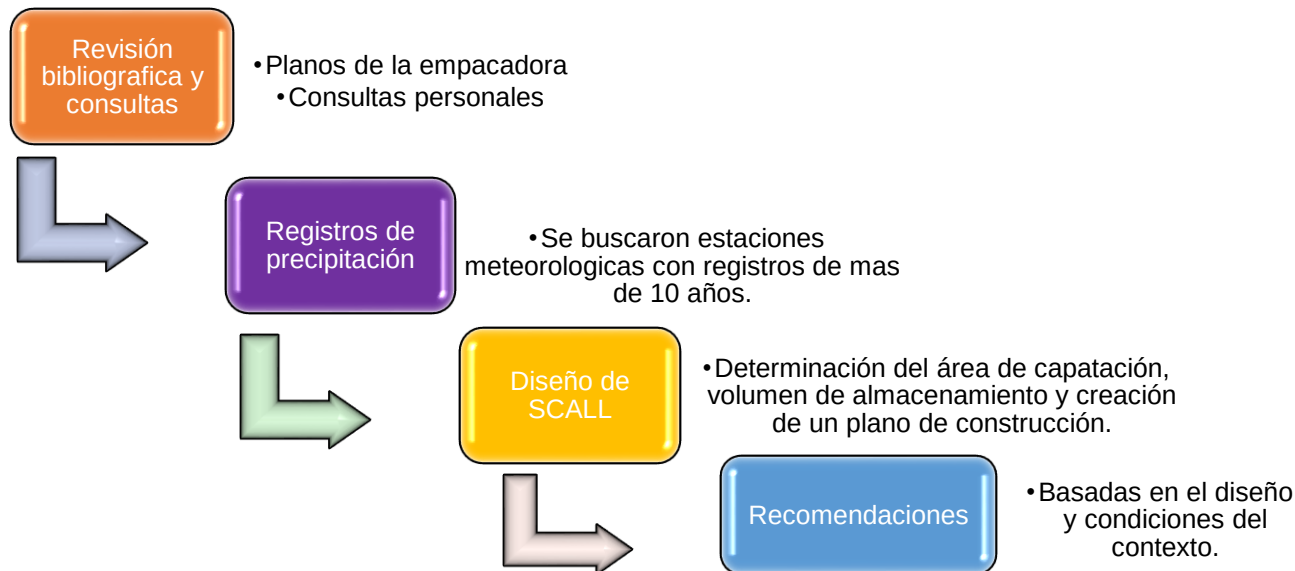
Diseñar un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para la empacadora de banano La Vega en Tiquisate, Escuintla, Guatemala C.A.

3.4.3. Metas

1. Determinar el área de captación potencial de la empacadora La Vega y los usos adecuados.
2. Identificar la oferta de agua según las condiciones pluviales de la región en la que se encuentra la empacadora La Vega en Tiquisate.
3. Determinar la capacidad de almacenamiento necesaria para satisfacer demanda de agua en la empacadora La Vega.
4. Estimar los costos de construcción del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia según el diseño.

3.4.4. Metodología

En la figura 118 se describe el proceso metodológico para el diseño de los sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 118. Proceso para el diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

3.4.5. Material y equipo

- Computadora.
- Softwares ArcGis®.
- Aplicación Google Earth®.
- Libreta de campo.
- Registros de precipitación.
- Planos de la empacadora.

3.4.6. Resultados y discusión

A. Diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia

a. Localización del sitio para construcción

La empacadora La Vega se localiza en las coordenadas 91°27'11.38"O y 14°02'9.55" N a 20 m s.n.m., en el municipio de Tiquisate, del departamento de Escuintla, figura 119.

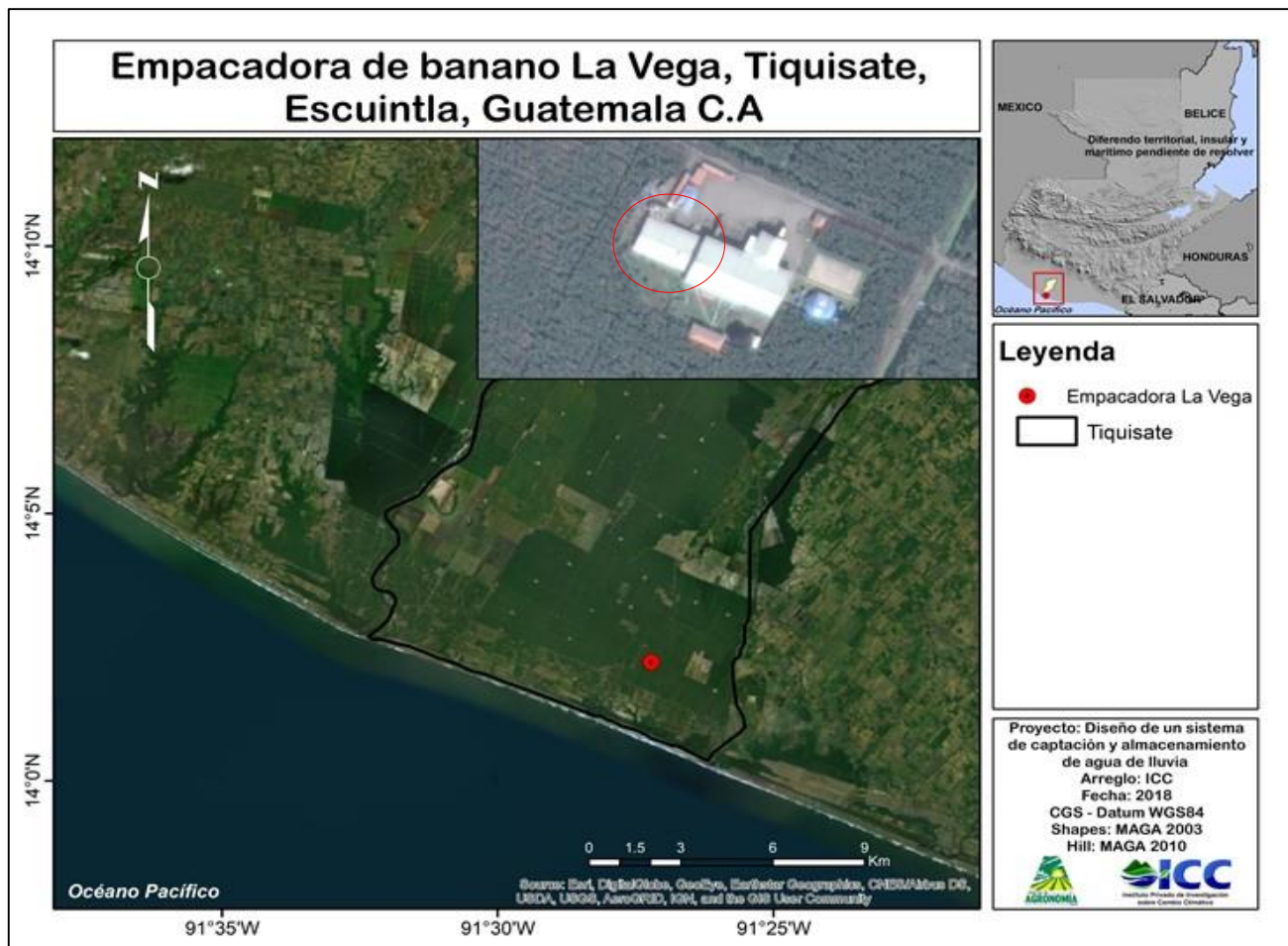


Figura 119. Ubicación de la empacadora.

b. Demanda de agua (consumo per cápita)

Según el programa de Sistemas de Sostenibilidad de Sistemas Productivos del ICC (2018), la demanda de agua es de 2,619.94 m³/empacadora/día, por lo tanto, el consumo de agua

total en la empacadora es de 79,646.18 m³/empacadora/mes, la demanda anual es de 955,754.12 m³/empacadora/anual.

Otro tipo de demanda menores que puede cubrir el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia es para: inodoros, agua potable para consumo, cocina y preparación de alimentos.

La UNESCO y la OMS recomienda 100 litros/persona/día para el consumo de agua, de los que 40 L/persona/día son para uso de inodoro y lavamanos, 2 L/persona/día para consumo de agua, 11 L/persona/día para cocina y preparación de alimentos (figura 120).

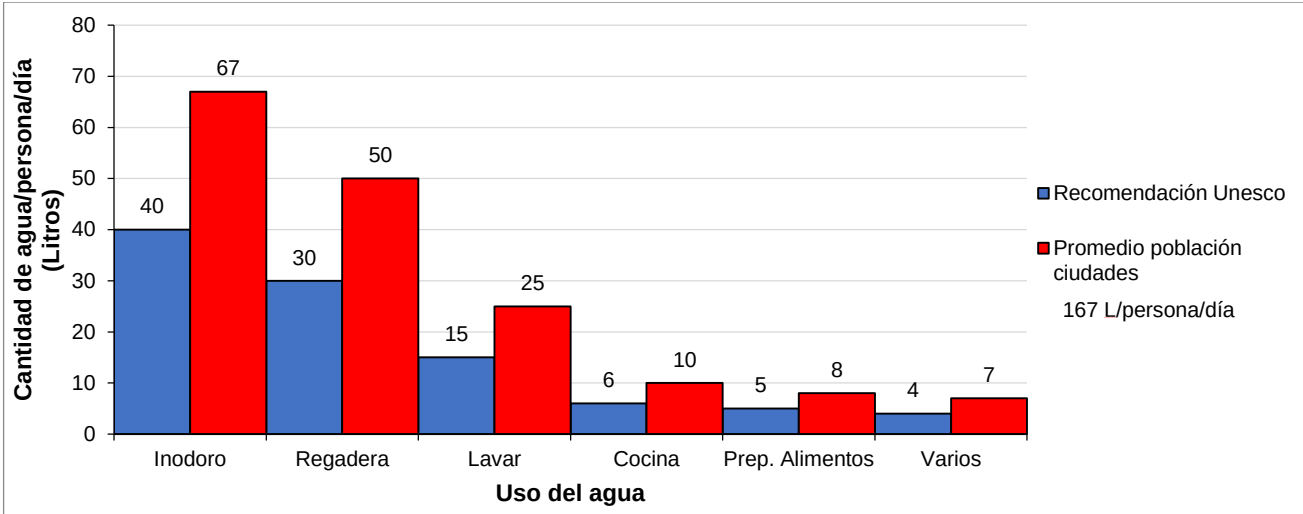


Figura 120. Distintos usos del agua y su demanda promedio en L/persona/día.

La demanda mensual y anual para satisfacer de agua el servicio sanitario, consumo de agua potable, preparación de alimentos y concina se describe en el cuadro 38 para un total de 70 personas.

Para determinar las demandas menores se utilizó la siguiente ecuación:

- **Demanda mensual** = (Consumo per cápita)(cantidad de personas)(30.4)
- **Demanda anual** = demanda mensual * 12 meses del año

En el cuadro 38 se muestran las demandas menores para el uso de sistemas de captación y almacenamiento del agua de lluvia, según las recomendaciones de la UNESCO, 2018.

Cuadro 38. Demandas menores de agua en la empacadora La Vega.

Uso del agua	Consumo per cápita (L/día/persona)	Personas/ empacadora	Demanda (L/mes)	Demanda (L/año)
Inodoro y lavamanos	40	70	85,120	102,1440
Preparación de alimentos y cocina	11		23,408	280,896
Consumo de agua potable	8		17,024	204,288
Total	59	70	125,552	1,506,624

c. Oferta de agua de lluvia

En la figura 121 se pueden apreciar que en los meses de mayo a noviembre se tienen las mayores precipitaciones, meses que corresponden a la época lluviosa en Tiquisate, Escuintla, la lámina de agua aportada por estos meses es de 1.43 m, sin embargo, la precipitación efectiva en esos meses es de 1.09 m, valor que se utilizará para el diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

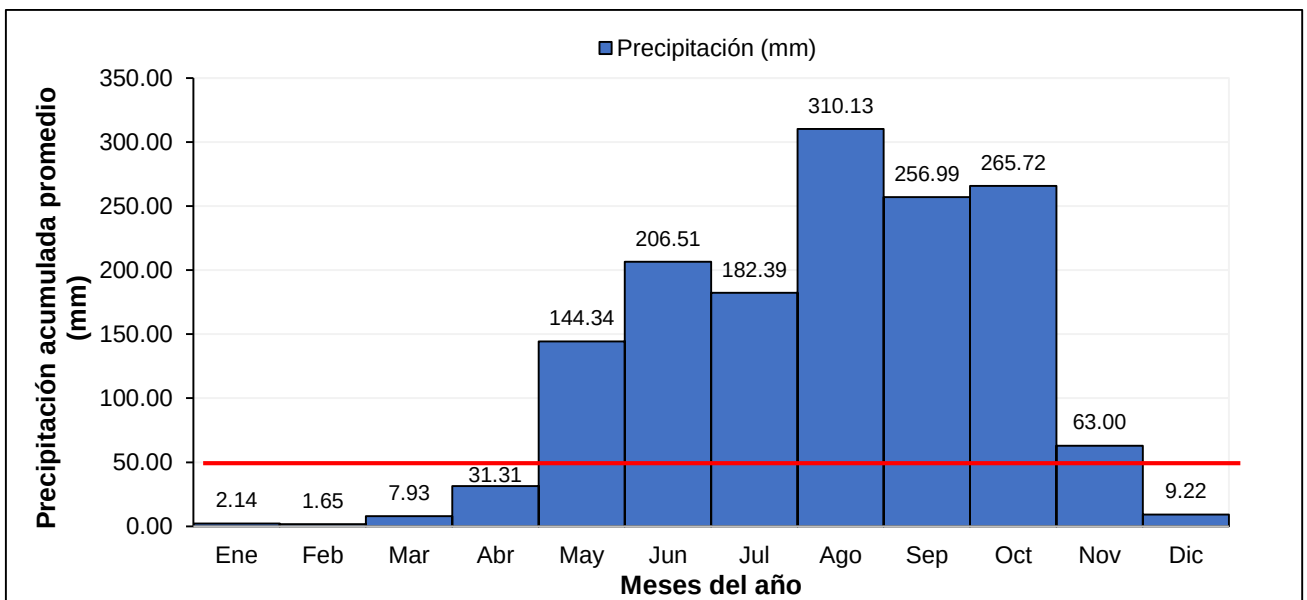


Figura 121. Promedios acumulados mensuales de precipitación.

Se recomienda que lluvias menores a 50 mm no se consideren dentro del diseño ya que la cantidad no es apropiada para su almacenamiento y también se deben de considerar por lo menos 10 años de registro de lluvia (Días 2013; Garduño & Martínez 2007), en este caso se utilizó la estación Irlanda con 15 años de registro del ICC (2003-2018).

d. Área total de captación

La empacadora La Vega cuenta con un área potencial para captación de agua de lluvia de 2,695 m², insuficiente para cubrir la demanda de agua de las cinco piletas de la empacadora ya que para satisfacer la demanda de estas se necesitarían áreas de captación de 697,630.75 m² por lo que hace falta 694,935.75 m².

Sin embargo, el área de captación de la empacadora sería capaz de cubrir por lo menos alguna demanda de los tres usos de agua descritos en el cuadro 39.

Para satisfacer los tres usos de agua descritos en el cuadro 39 son necesarios 816 m² los cuales tienen la empacadora, también cuenta con 1879 m² de otra instalación siendo un total de 2,695 m² de captación los cuales podrían ser utilizados en su totalidad, sin embargo, esto incurriría a mayores costos en el diseño y construcción del sistema de almacenamiento.

Cuadro 39. Áreas de captación recomendadas para satisfacer demandas menores de agua.

Uso del agua	Demanda época crítica (m³)	Oferta de agua/año (m)	Área de captación necesaria (m²)	Área de captación actual (m²)
Inodoro y lavamanos	595.84	1.09	546.64	816
Preparación de alimentos y cocina	163.86	1.09	150.33	
Consumo de agua potable	119.17	1.09	109.33	
Total	878.86	1.09	806.30	816

Para el cálculo del área de captación necesaria se utilizó la siguiente ecuación, donde los meses críticos para esta situación son 7 que corresponden a una época seca extendida:

$$\text{Área de captación necesaria (m}^2\text{)} = \frac{\text{Demanda mensual * meses criticos}}{\text{Oferta de agua "Precipitación efectiva en época lluviosa"}}$$

En el cuadro 40 se aprecia que con el área de captación actual se logra satisfacer la demanda de tres usos de agua (baños, cocina y consumo de agua potable), pero no de las piletas. Como área de captación disponible se tiene 9.70 m² el cual podría aprovecharse para cubrir de manera parcial la demanda de otros usos.

Cuadro 40. Comparativo del área de captación necesaria para satisfacer la demanda con el área de captación actual.

Uso recomendado de agua	Área de captación necesaria (m ²)	Área de captación actual (m ²)	Criterio
Inodoro y lavamanos	546.65	816	Satisface
Preparación de alimentos y cocina	150.34	816	Satisface
Consumo de agua potable	109.34	816	Satisface
Total	806.33	816	Satisface

e. Sistema de conducción (canales y tuberías)

Según el registro de precipitación de la estación Irlanda (2003 – 2018) se calculó que la mayor intensidad de lluvia ha sido de 96.8 mm/h, por lo tanto, los valores del cuadro 41 y 42 son válidos para la zona de estudio, ya que están diseñados para intensidades de lluvia de 100 mm/h.

En los cuadros 41 y 42 se tienen cuadros que relacionan el área de captación en metros cuadrados con el diámetro de las tuberías de conducción bajantes y colectores.

Para establecer el tipo de tubería de conducción y colectores se comparó el área de captación de 816 m² con los valores dados en los cuadros 41 y 42.

Según lo anterior si se deseara satisfacer los tres usos anteriores (baños, cocina y agua potable) se recomiendan diámetros de tubería en bajadas de 6 in en el caso que solo fuera una, sin embargo, si se hacen dos bajadas los diámetros recomendados para cada una serian de 3 in. Si se desea satisfacer uno o dos de los tres usos que se proponen se pueden comparar las áreas de captación necesarias del cuadro 40 con los valores del cuadro 41. (ICC, Soriano, 2007).

Cuadro 41. Relación entre el tamaño del área de captación en y el diámetro de la bajante con capacidad de desalojo de 100 mm/h.

Superficie (Techo m²)	Diámetro de tubería (mm)	Diámetro de tubería (in)
65	50	2
113	63	2 ½
177	75	3
318	90	3 ½
580	110	4
805	125	4 ½
1544	160	6
2700	200	8

Para determinar la longitud de tuberías y accesorios es necesario establecer el sitio donde se establecerá el tanque de almacenamiento.

Cuadro 42. Relación entre el tamaño del área de captación y el porcentaje de pendiente del canal para determinar el diámetro del colector con capacidad de desalojo 100 mm/h.

Pendiente (%) / Área de captación (m²)			Diámetro del colector (mm)	Diámetro (in)
1%	2%	4%		
125	178	253	90	3 ½
229	323	458	110	4
310	440	620	125	4 ½
614	862	1228	160	6
1070	1510	2140	200	7.87
1920	2710	3850	250	9.84
2016	4589	6500	315	12.4

El área de captación de la empacadora para satisfacer los tres usos es de 816 m² con pendiente del 4 %, por lo tanto, el colector debe de ser de 160 mm si se desean satisfacer los usos propuestos (baños, cocina y agua potable). Si se desea satisfacer uno o dos de los tres usos que se proponen se puede comparar las áreas de captación necesarias del cuadro 40 con los valores del cuadro 42, para determinar el diámetro de colector ideal.

En el cuadro 43 se presentan las dimensiones y cantidad de tuberías de conducción, colectores y bajadas que se deben de considerar según el área de captación y uso de agua.

Cuadro 43. Dimensiones de colector y bajadas del SCALL para los usos de agua recomendados y sus combinaciones.

Uso recomendado del agua	Área de captación época crítica (m ²)	Dimensiones de colector (mm)	Dimensiones de bajadas (in)	Numero de bajadas
Inodoro y lavamanos	546.64	125	2 a 4	1 a 2 bajadas
Preparación de alimentos y cocina	150.33	90	3	1 bajada
Consumo de agua potable	109.33	90	2 ½	1 bajada
Consumo de agua, P. Alimentos y cocina	259.66	90	3 ½	1 a 2 bajadas
Consumo de agua e inodoros y lavamanos	655.97	125	2 ½ a 4 ½	1 a 2 bajadas
Inodoro, lavamanos, P. alimentos y cocina	696.97	160	2 ½ a 4 ½	1 a 2 bajadas
Área de captación empacadora	864	160	3 a 6	1 a 2 bajadas

f. Almacenamiento e infraestructura

Para el almacenamiento del agua captada se pueden utilizar múltiples estructuras las más comunes son tanques polietileno, estructuras de concreto o reservorios (figura 122).



Fuente: ICC, 2013.

Figura 122. Tipos de reservorios de almacenamiento para el agua de lluvia.

La construcción de un reservorio sin revestimiento (tierra), no parece ser favorable ya que según Simmons et.al (1959) en la zona predominan los suelos de textura Franca en la superficie y la Sub-superficial se ven texturas de franca arenosa a arena franca, por lo que limita este tipo de estructuras.

Para la estimación de la capacidad que debe tener el tanque de almacenamiento del agua de lluvia se ha utilizado la siguiente formula (ICC, 2013):

- **Almacenamiento por demanda** = demanda mensual * meses de sequia + 2
- **Capacidad de captación** = lamina de lluvia anual * área de captación

En el cuadro 44 se presentan el volumen de almacenamiento que se necesita adquirir para satisfacer la demanda de los usos recomendados.

Cuadro 44. Almacenamiento recomendado según áreas de captación para las demandas menores de agua en la empacadora La Vega.

Uso recomendado del agua	Área de captación necesaria (m ²)	Demanda (L/mes)	Almacenamiento (L)
Inodoro y lavamanos	546.65	85,120	595,840
Preparación de alimentos y cocina	150.34	23,408	163,856
Consumo de agua potable	109.34	17,024	119,168
Consumo de agua, P. alimentos y cocina	259.68	40,432	283,024
Consumo de agua e inodoros y lavamanos	655.99	102,144	715,008
lavamanos e inodoro y P. alimentos y cocina	696.99	108,528	759,696
Área de captación menor de empacadora	816.00		889,440

En el cuadro 44 se observa que la capacidad de captación de los 816 m² de la empacadora es de 889,440 L y el reservorio que se debe de instalar para satisfacer los tres usos de agua recomendados durante 7 meses seria de 878,864 L (595,840 L+163,856 L+119,168 L), sin embargo, si se deseara satisfacer 12 meses la demanda de agua se necesitaría capacidad de 2,937,550 L y utilizar el área de captación de 2, 695 m². Debido a lo anterior el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia no es factible para satisfacer la demanda de las piletas que es 2,619,940 L/día.

g. Filtración y tratamiento

Para la limpieza del agua de lluvia se necesita de un sistema de filtrado y si se desea su consumo un tratamiento previo. Los filtros caseros a base de filtro de grava, filtro de carbón activado y la desinfección ultravioleta o con cloro.

El filtro debe colocarse entre el sistema de captación - conducción y el sistema de almacenamiento, este puede ser de dimensiones variables sin embargo los materiales que vayan dentro del recipiente deben ocupar el 50 % de su capacidad total y se recomienda trabajar las siguientes proporciones de material y orden, 5 % grava pequeña, 10 % gravilla, 10 % de arena gruesa y fina, 5 % de algodón, 15 % de carbón activado y 5 % de gravilla.

h. Resumen de costos estimados

Los costos para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia que sería capaz de satisfacer los tres usos de agua recomendados se pueden apreciar en el cuadro 45 en el que se pueden observar los costos estimados con dos escenarios de almacenamiento de agua, el primero con un reservorio de cemento el cual suma un valor de Q 316, 873.82 luego está el reservorio a base de geomembrana que el cual se valora en Q 18,425.82.

Cuadro 45. Costos para el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para satisfacer los tres usos recomendados (para el área de captación de 816 m²).

Insumos	Características del material	Cantidad diseñada	Dimensiones	Unidad	Precio unitario (Q.)	Costo bruto (Q.)	Costo bruto (Q.)	Costo (Q.) (descuento)	Costo (Q.) (descuento)
Tubería	PVC - 3" - Pluvial	40	m	6 m	103.85	692.33	692.33	415.40	415.40
Tubería	PVC - 2" - Pluvial	140	m	6 m	65.35	1,524.83	1,524.83	914.90	914.90
Canales	PVC - 20 cm	68	m	6 m	506.30	5,738.07	5,738.07	3,442.84	3,442.84
Uniones de canales	PVC	12	Estándar	Unidad	14.50	29.00	29.00	17.40	17.40
Tapas de canales	PVC	4	Estándar	Unidad	38.05	25.37	25.37	15.22	15.22
Bajantes	PVC - 3"	4	Estándar	Unidad	46.30	30.87	30.87	18.52	18.52
Accesorio tipo T	PVC - 3"	4	Estándar	Unidad	24.37	16.25	16.25	9.75	9.75
Reducción	PVC - 3" a 2"	4	Estándar	Unidad	10.35	6.90	6.90	4.14	4.14
Codo 90°	PVC - 2"	6	Estándar	Unidad	9.08	9.08	9.08	5.45	5.45
Tapón de rosca pluvial	PVC - 3"	8	Estándar	Unidad	7.75	10.33	10.33	6.20	6.20
Filtro de agua rustico	Polietileno	4	Estándar	Unidad	250.00	1,000.00	1,000.00	600.00	600.00
Reservorio	Cemento	519.04	m ²	m ²	600.00		311,424.00		311,424.00
Reservorio	Geomembrana	519.04	m ²	m ²	25.00	12,976.00		12,976.00	
Costos totales para la construcción del SCALL						22,059.03	320,507.03	18,425.82	316,873.82

Según Durman (2018), se aplican descuentos del 40 % en la columna costos con descuento se aprecian los costos con el 40 % aplicado sobre los costos brutos.

3.4.7. Conclusiones

1. El área de captación actual de la empacadora no es suficiente para satisfacer la demanda diaria, mensual y anual de las cinco piletas de la empacadora, sin embargo, con una fracción de 816 m² se pueden satisfacer usos como: el consumo de agua potable, lavamanos e inodoros, preparación de alimentos y cocina durante 7 meses y con un área de captación de 2, 695 m² se puede satisfacer el mismo consumo, pero durante 12 meses.
2. En los meses de mayo a noviembre se tienen las precipitaciones mayores a 50 mm aptas para captación, la lámina de agua aportada por estos meses es de 1.43 m, sin embargo, la precipitación efectiva en esos meses es de 1.09 m.
3. Se necesita un reservorio de por lo menos 878.86 m³ para satisfacer la demanda de agua durante la época seca del año de los usos recomendados (baños, cocina y agua potable), en dado caso se quisiera satisfacer la misma demanda de agua todo el año se necesitaría una capacidad de por lo menos 1,506.624 m³.
4. Los costos para el establecimiento del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia considerando como superficie de captación 816 m² y almacenamiento de 890.4 m³ son en aproximación de Q 18,425.82., si en caso se realizara un reservorio a base de geomembrana, por otra parte, si se realizara un reservorio de cemento los costos ascenderían hasta los Q 316,873.82.

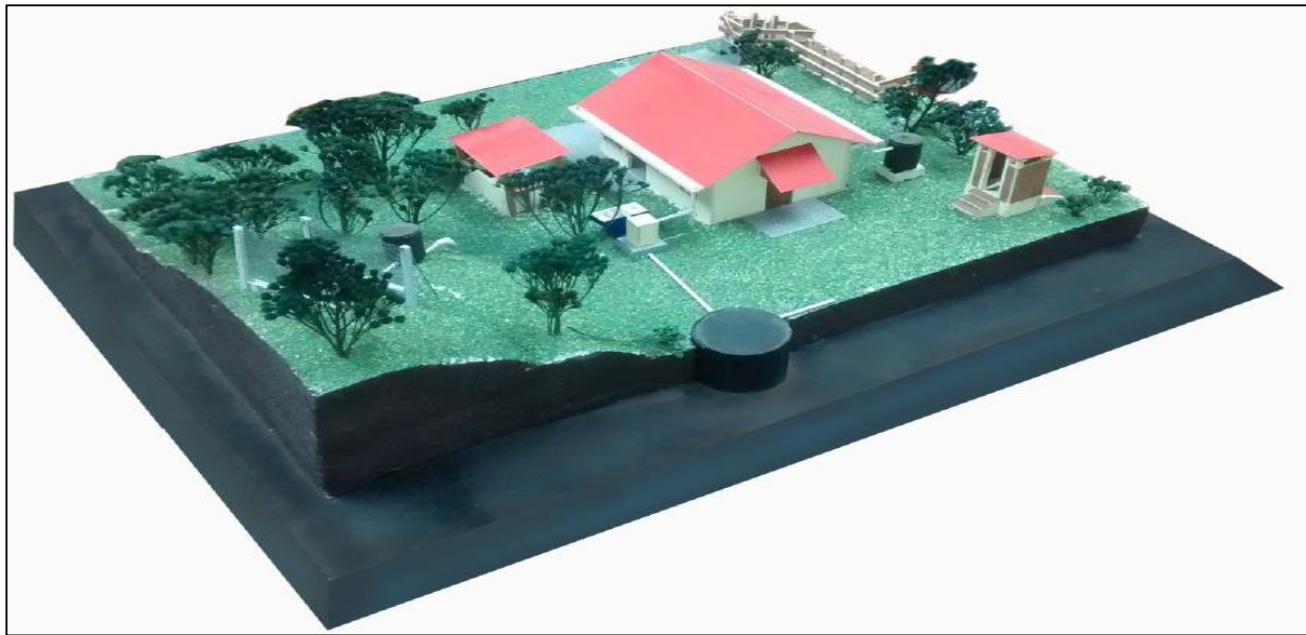
3.4.8. Recomendaciones

1. Realizar un análisis económico con la intención de conocer el costo de oportunidad durante época seca al tener un sistema de captación de agua de lluvia (inversión inicial contra ahorro en el uso del agua en las actividades recomendadas “beneficio/costo”) y al no tenerlo como aporte de agua gratuito para verificar factibilidad del proyecto.
2. Realizar mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia por lo menos una vez al mes (limpieza de filtro y de sedimentos en bajadas) (figura 126A.).
3. Para tener acceso al agua de lluvia almacenada se debe utilizar bomba (artesanal, gasolina o diésel), por lo tanto, se deben calcular sus requerimientos.
4. El reservorio de almacenamiento puede ser construido con revestimiento de cemento o geo-membrana u otros insumos afines según el presupuesto disponible.
5. Realizar un estudio detallado del suelo donde se desea establecer el reservorio de almacenamiento para tener como opción la propuesta de un reservorio de tierra compactada.
6. Al utilizar el área de captación total de la empacadora ($2,695 \text{ m}^2$), sugiere el aumento de las dimensiones del reservorio de almacenamiento a $1,506.624 \text{ m}^3$ y si en dado caso resultara antieconómico, conservar el reservorio recomendado, pero con algún tipo de desfogue para sacar el exceso de agua.

3.4.9. Bibliografía

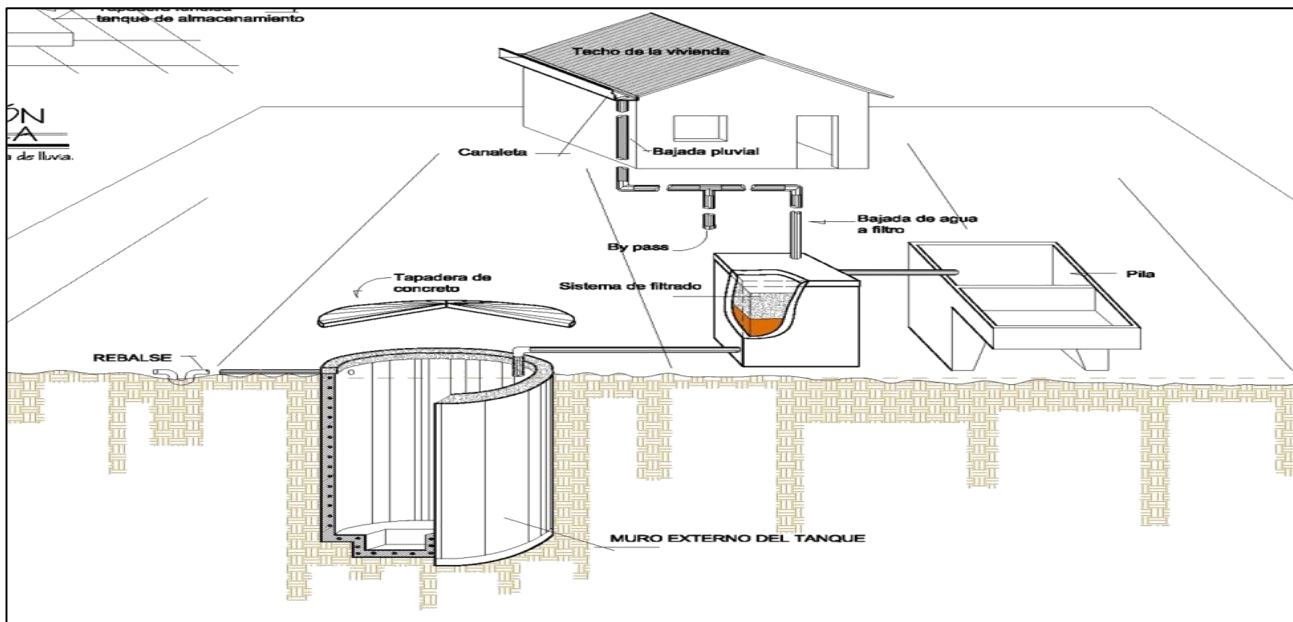
1. APIB (Asociación de Productores Independientes de Banano, Guatemala). 2018. Planos de la empacadora La Vega. Guatemala. (PDF).
2. Garduño, M; Martínez, J. 2007. Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano en América Latina y el Caribe. México, Colegio de Postgraduados.
3. Guerra, A. 2017. Agua potable para comunidades rurales y escuelas basada en el almacenamiento del agua de lluvia, un aporte del parque tecnológico de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Guatemala, CONCEYT, Proyecto Proyecto-MULTICYT no. 02-2015. 91 p.
4. ICC (Instituto Privado sobre Cambio Climático, Guatemala). 2013. Capacitaciones sobre formas de adaptación al cambio climático. Guatemala, ICC, Programa de Gestión de Riesgos a Desastres. 19 p. (PDF).
5. ICC (Instituto Privado sobre Cambio Climático, Guatemala). 2018. Registros históricos y actuales de la estación Irlanda. Guatemala. Consultado 18 ago. 2018. Disponible en <https://redmet.icc.org.gt/>

3.4.10. Anexos



Fuente: ICC, 2013.

Figura 123A. Modelo de un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.



Fuente: ICC, 2013.

Figura 124A. Componentes de un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.



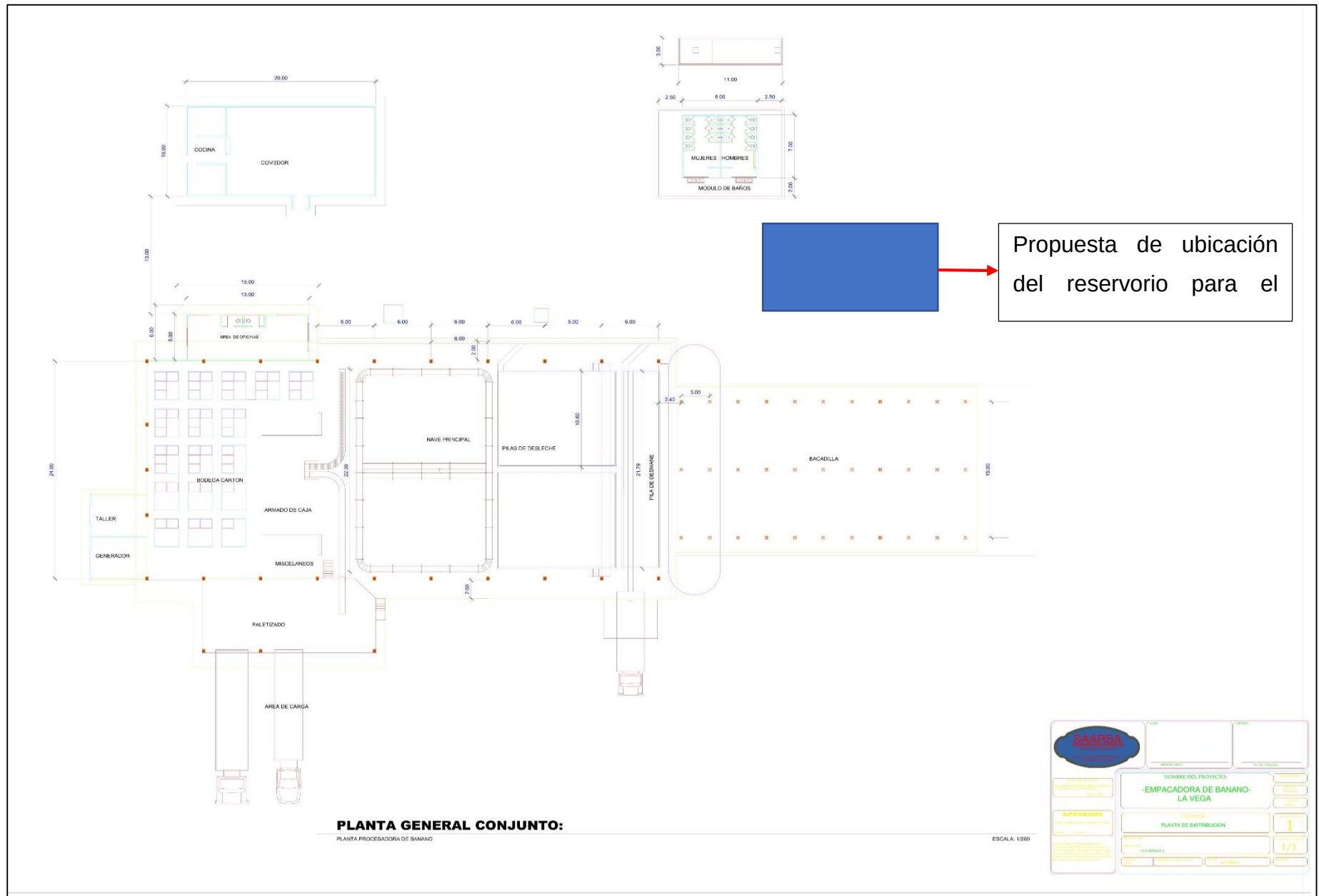
Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 125A. Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia de la Finca Camantulul, 2018.



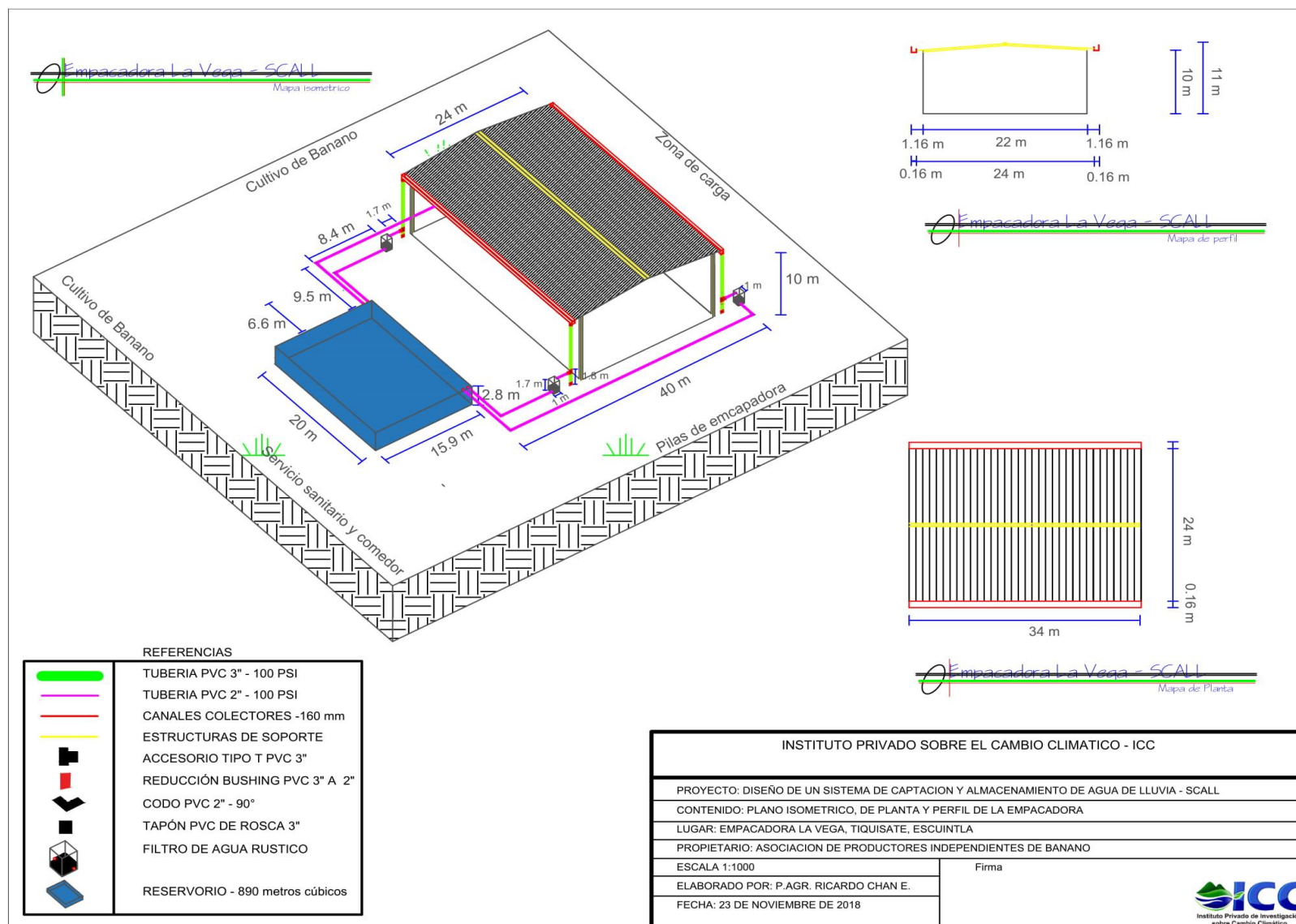
Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 126A. Limpieza de sedimentos en bajadas de un sistema de agua y almacenamiento.



Fuente: SAARSA – APIB, 2018

Figura 127A. Planta general de la empacadora La Vega.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 128A. Propuesta de diseño del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia en la empacador La Vega.

3.5. SERVICIO 3: Divulgación y desarrollo de capacidades sobre gestión de riesgo de desastres

3.5.4. Presentación

En Guatemala la mayor parte de las comunidades no cuenta con los conocimientos básicos sobre la gestión de riesgos a desastres, efectos del cambio climático y conceptos relacionados. La falta de conocimiento sobre este tipo de temas causa que las poblaciones se establezcan en cualquier sitio sin tomar en cuenta la situación de riesgos al que se exponen, al no realizar estudios del caso.

El cambio climático es una realidad que se tiene que afrontar con los recursos disponibles, la función de las capacitaciones sobre gestión de riesgo a desastres es el inicio para formar capacidades en personas y respondan a los efectos del cambio climático adaptándose a las condiciones del medio.

En Guatemala existen alrededor de 648,000 hogares en condiciones de subsistencia e infrasubsistencia son vulnerables a desastres causados por fenómenos naturales en el corredor seco se pierden al menos el 55 % de la producción de granos básicos por sequías y la rápida urbanización y la agricultura intensiva ha generado la deforestación en nuestro medio que en el 2010 la cobertura forestal era de un 34.2 %, el 15 % de las tierras del territorio nacional se encuentra en sobreuso lo que causa que las producciones no sean las ideales, las zonas urbanas no cuentan con planificación estratégica u ordenamiento territorial alguno. (Prensa libre, 2017)

Por lo tanto, las capacitaciones sobre cambio climático y gestión de riesgo a desastres son una herramienta necesaria para iniciar un proceso de reflexión en comunidades sobre el buen manejo de los recursos, la planificación, la gestión de riesgos, con esto se pretende generar conciencia en las personas y se fortalecen sus capacidades de acción contra los efectos del cambio climático, además que en el plan de operaciones de 2018 ocupa el 29 % de prioridad en el programa de gestión de riesgo a desastres.

3.5.5. Objetivo

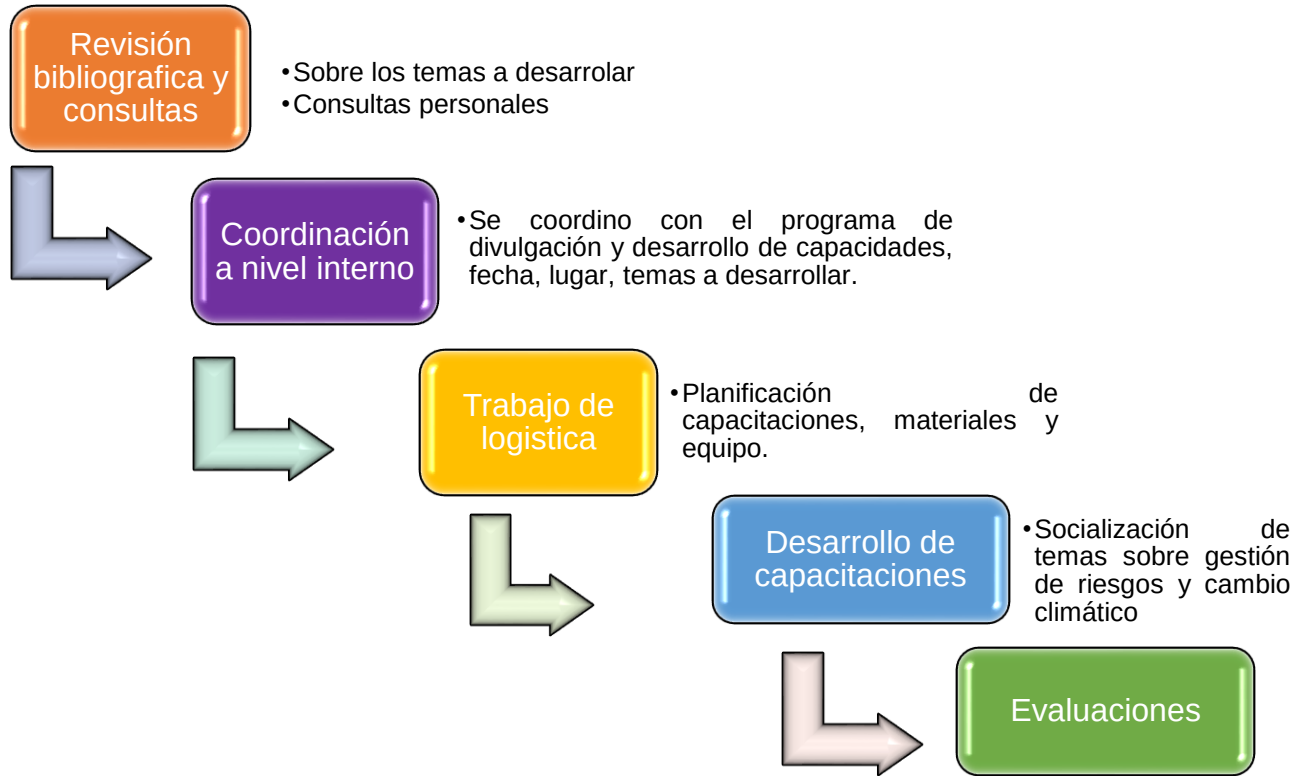
Capacitar a organizaciones comunitarias, COCODES, técnicos municipales, comunidades, líderes de comunidades, maestros, estudiantes, sobre gestión de riesgo a desastres y cambio climático.

3.5.6. Metas

1. Socializar conceptos básicos sobre gestión de riesgo de desastres para reducir vulnerabilidades y aumentar sus capacidades de los participantes.
2. Incidir en el aumento del desarrollo de capacidades en los participantes de las capacitaciones sobre conceptos referentes a gestión de riesgo de desastres.

3.5.7. Metodología

En la figura 129 se describe el proceso metodológico para el desarrollo de las capacitaciones.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 129. Proceso metodológico para la realización de las capacitaciones.

3.5.8. Materiales y equipo

- Cañonera.
- Crayones.
- Computadora.
- Power point® y Microsoft Excel®.
- Impresora.
- Libreta de campo.

3.5.9. Resultados y discusión

A. Ubicación de puntos para la divulgación y desarrollo de capacidades

Las actividades de divulgación y desarrollo de capacidades de temas múltiples se llevaron a cabo en los municipios de Nueva Concepción, Santa Lucía Cotzumalguapa y Cuilapa en la figura 130 se muestra la ubicación de los sitios donde se trabajó.

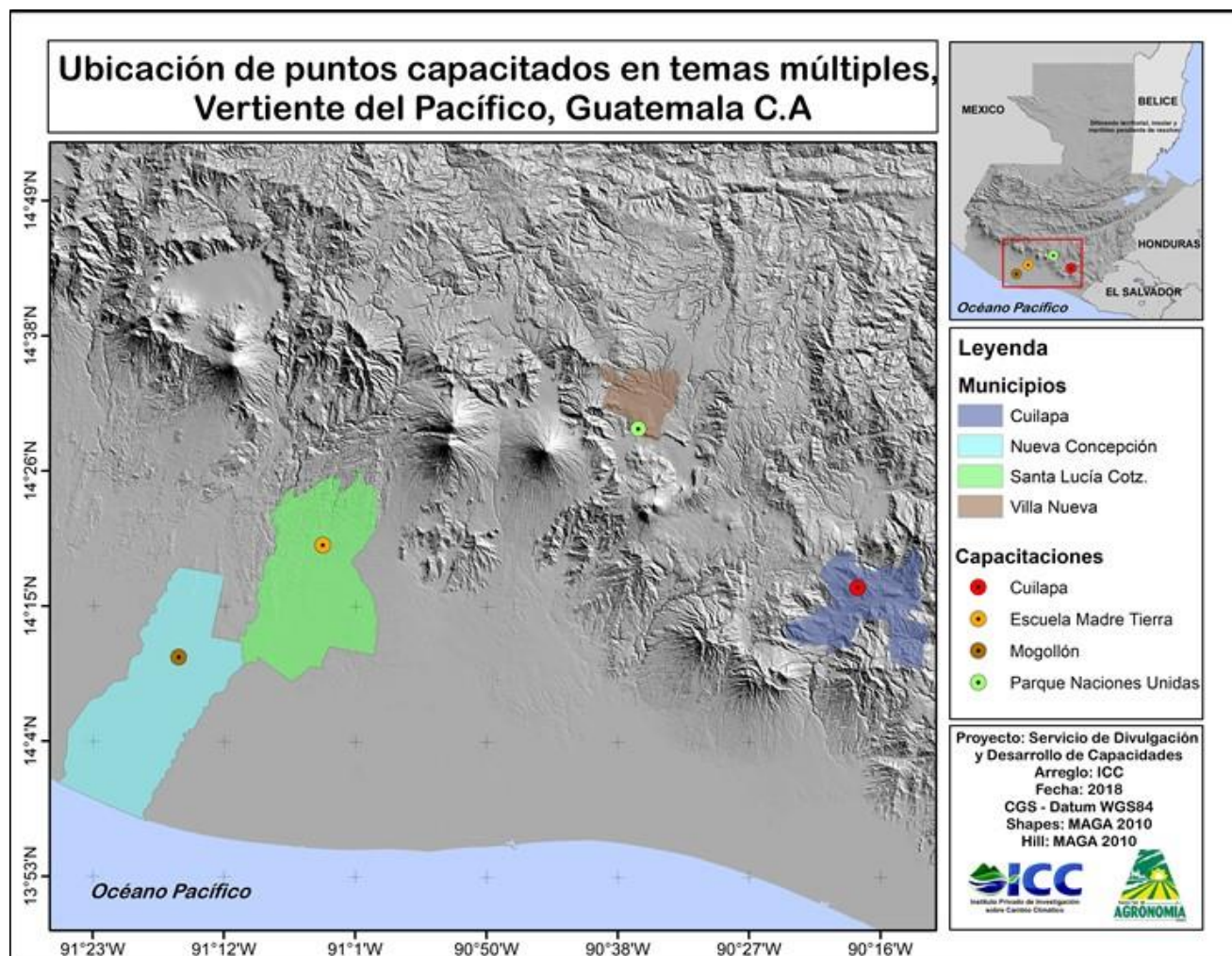


Figura 130. Sitios de influencia para la divulgación y desarrollo de capacidades sobre temas múltiples.

B. Capacitaciones sobre gestión de riesgo de desastres

En las localidades de Mogollón de Nueva Concepción, Cuilapa en Santa Rosa y la escuela Madre Tierra en Santa Lucía Cotzumalguapa se impartieron los siguientes temas sobre gestión de riesgo a desastres:

- Antecedentes.
- Inventario de eventos en los últimos 40 años.
- Desastres y desarrollo.
- Terminología de gestión de riesgos.
- Tipos de amenazas.
- Definición de desastres.

Las capacitaciones sobre gestión de riesgos a desastres tuvieron una duración de 4 horas por sitio, en total se realizaron 12 horas de capacitación sobre el tema de gestión de riesgo. Se capacitó a 92 personas sobre el tema de gestión de riesgos de las cuales se identificó 47 (17 de Santa Rosa y 30 de Santa Lucía Cotzumalguapa) personas con profesión de docentes de nivel medio y diversificado y 45 estudiantes de nivel básico.

Durante las capacitaciones se observó una mayor proporción de participantes procedentes San José Mogollón de Nueva Concepción que corresponden a estudiantes del IMEBCE, luego están los docentes del Colegio Madre Tierra procedentes de Santa Lucía Cotzumalguapa y por último los docentes del INEB con procedencia de Santa Rosa constituyendo el menor porcentaje del total de capacitados con el 17 %, en la figura 131 se muestra la cantidad de participantes y al poblado al que pertenecen.

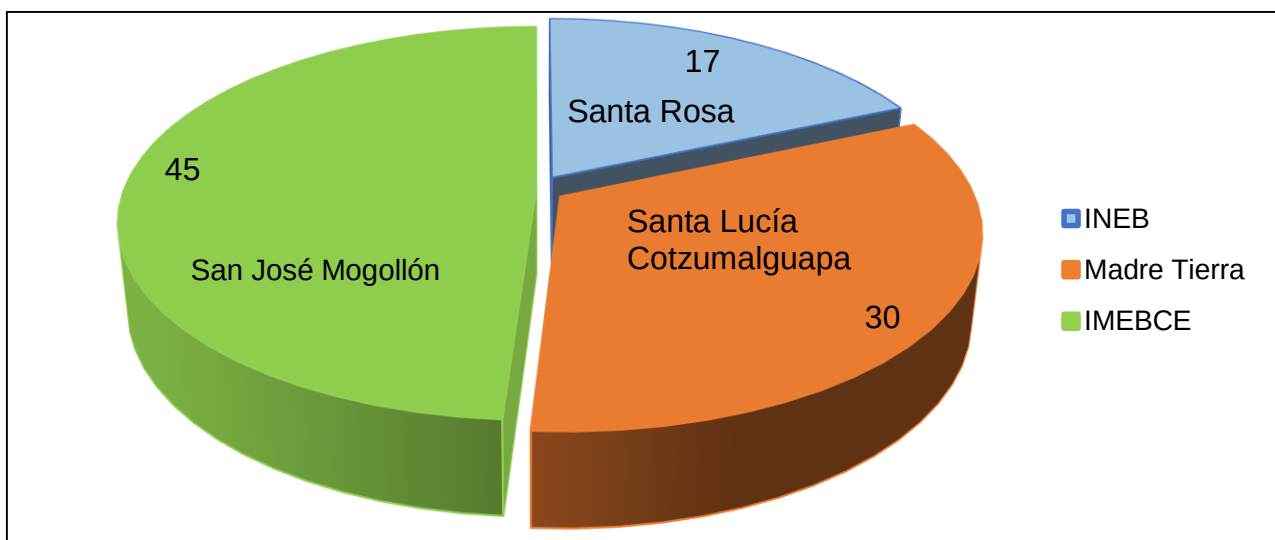


Figura 131. Número de personas en representación de establecimientos educativos y lugares de procedencia.

Notas: INEB = Instituto Nacional de Educación Básica, IMEBCE = Instituto Mixto de Educación Básica por Cooperativa San José Mogollón

La participación de 47 docentes de nivel básico y diversificado en el tema es importante ya que se consideran como líderes y orientadores de nuevas generaciones.

El 49 % de personas capacitadas se encontró en un rango de edad de 13 a 15 años y el 51 % corresponde a personas de 20 a 45 años de edad, por la que la mayor proporción de personas capacitadas corresponde adultos jóvenes y maduros. El 100 % de las personas capacitadas pertenecen a la región sur de Guatemala.

La proporción de género en las capacitaciones se puede observar en la figura 132, en general el 59 % de los participantes fueron mujeres y el 41 % hombres.

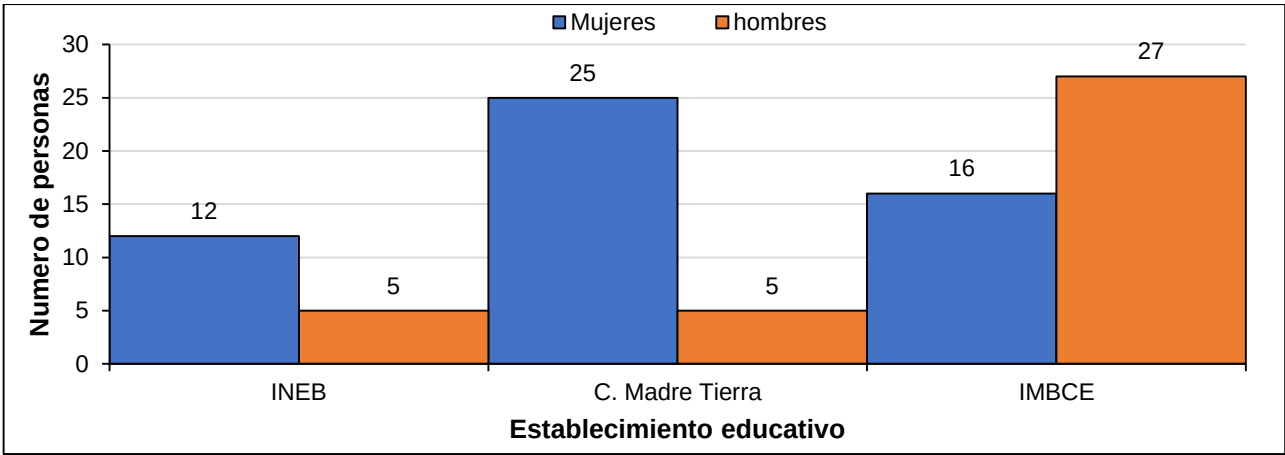


Figura 132. Proporción de género de los participantes en las capacitaciones.

En la capacitación que se impartió en Cuilapa, Santa Rosa a docentes del INEB, la proporción de mujeres fue mayor que la de hombres al igual que en el colegio Madre Tierra, sin embargo, en el Instituto Mixto Básico por Cooperativa – IMBCE, se observó mayor participación de estudiantes del género masculino con el 63 %.

Por otra parte, para evaluar el conocimiento de los participantes de cada capacitación se realizaron evaluaciones individuales a priori y pos capacitación sobre el tema de gestión de riesgos.

En la figura 133 se muestran los resultados a priori y a posteriori de las evaluaciones:

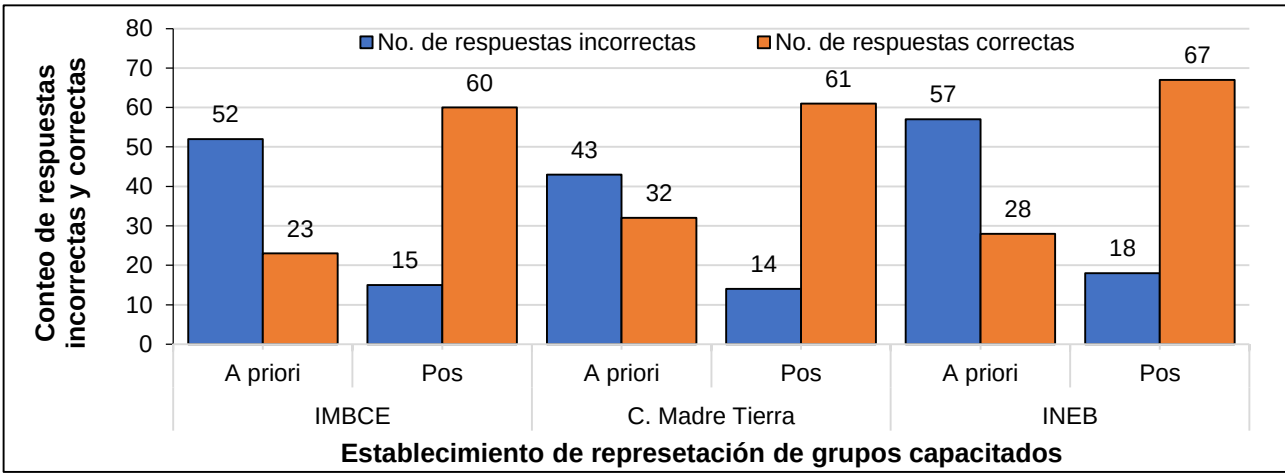


Figura 133. Comparación entre proporción de respuestas incorrectas y correctas a priori y pos capacitación.

En todos los casos se puede observar un incremento en el número de respuestas correctas y una disminución de las respuestas incorrectas luego de realizada la capacitación.

Si se analizan el conteo de respuestas correctas e incorrectas de los estudiantes del IMBCE, se nota que las respuestas incorrectas en la segunda evaluación disminuyeron en un 71 % y las respuestas correctas aumentaron en un 62 %, en el caso de los docentes del Colegio Madre Tierra se observó una disminución de respuestas incorrectas del 67 % y un incremento de respuestas correctas del 48 % y por último los docentes del INEB presentaron una reducción de respuestas incorrectas del 68 % y aumento de respuestas correctas en un 58 %.

En la figura 134 se muestra el porcentaje de preguntas erradas, en donde se observa que las personas capacitadas del IMBCE, frecuentaron errar en mayor porcentaje el concepto de vulnerabilidad, en el caso de los docentes de Madre Tierra frecuentaron errar con mayor porcentaje en el concepto de riesgo por último los docentes del INEB frecuentaron errar con mayor porcentaje en el concepto de vulnerabilidad.

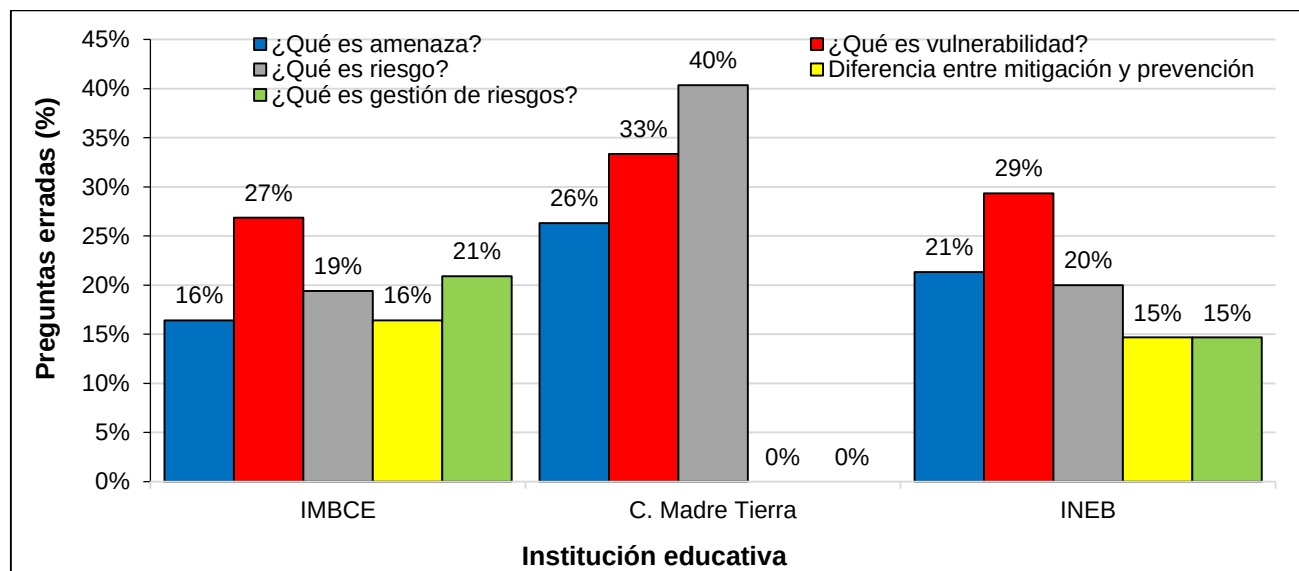


Figura 134. Porcentaje de preguntas erradas en las evaluaciones de cada institución.

A las personas capacitadas se les presento mayor dificultad para responder los conceptos de vulnerabilidad y riesgo constituyendo más del 50 % de preguntas erradas figura 135.

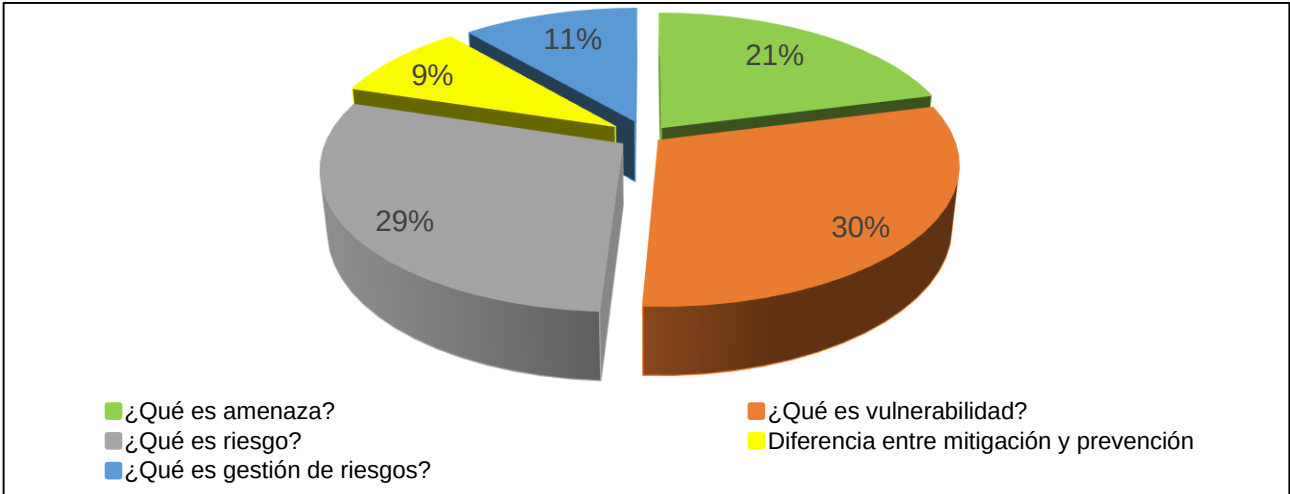


Figura 135. Conteo general de preguntas erradas o respuestas incorrectas de las evaluaciones.

Al hacer la comparación de las notas promedio A priori y pos capacitación se logran apreciar los resultados que muestra la figura 136.

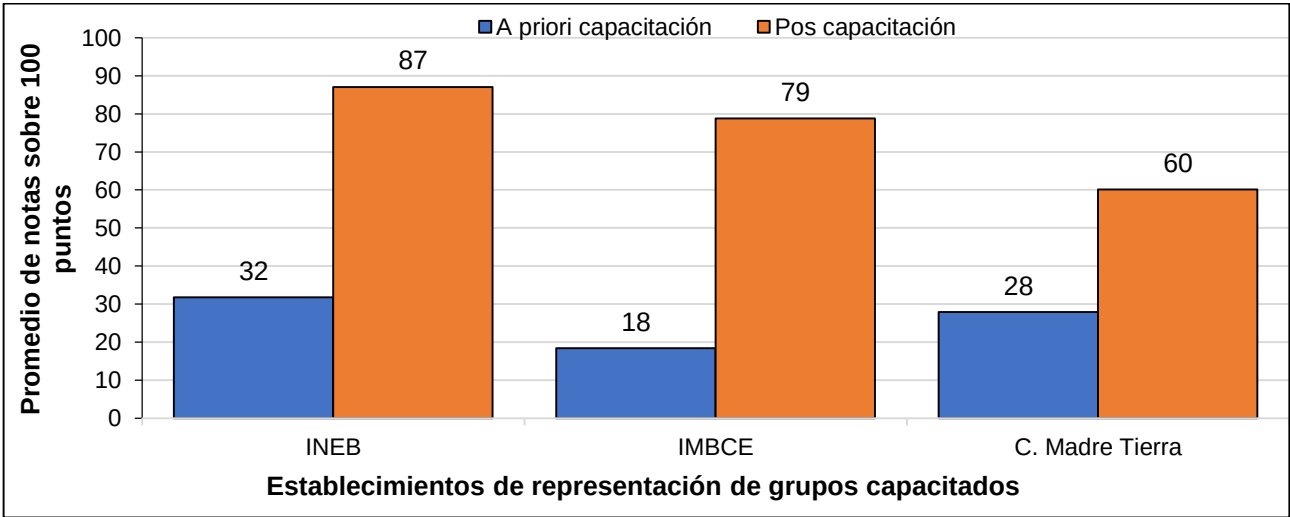


Figura 136. Comparación de notas a priori y pos capacitación.

En la figura 136 se logra apreciar que los promedios pos capacitación son mayores que los preliminares en todos los casos. Para sustentar la afirmación anterior, se presentan a continuación una prueba de hipótesis por sesión la cual busca comprobar que el promedio

de los resultados pos capacitación es estadísticamente mayor que los resultados de la evaluación a priori, en el cuadro 46 se muestran los resultados estadísticos.

Cuadro 46. Prueba de hipótesis de las evaluaciones pos capacitación y a priori.

Variables evaluadas	INEB	IMBCE	C. Madre Tierra
	Valores	Valores	Valores
Diferencia de medias (Pos – A priori)	55.29	56.4	37.36
Media 1	87.06	75.87	60.56
Media 2	31.76	19.47	23.2
Desviación estándar	19.4	14.49	25.82
Límite Superior	65.27	64.42	48.02
Límite Inferior	45.32	48.38	26.7
Valor de T	11.75	15.08	7.23
Significancia Bilateral	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**

Nota: ** = Alta significancia; nivel de confianza utilizada fue del 95 %

El resultado de la prueba de hipótesis indica que el promedio de los resultados de la prueba pos capacitación muestra diferencias altamente significativas en relación al promedio de los resultados de la prueba a priori.

Este resultado significa que los participantes adquirieron nuevos conocimientos como efectos de su participación en las capacitaciones sobre gestión de riesgo a desastres y temas relacionados.

3.5.10. Conclusiones

1. Se capacitaron a 92 personas de tres establecimientos educativos (Instituto Nacional de Educación Básicos - INEB, Instituto Mixto de Educación Básica por cooperativa San José Mogollón - IMEBCE y Colegio Madre Tierra) de los cuales el 52 % eran docentes y el 48 % eran estudiantes del cual se observó mayor participación del género femenino en las capacitaciones con el 59 % (53 participantes mujeres) y el 41 % fueron hombres (37 participantes hombres).
2. Según la prueba de hipótesis (prueba de t de Student apareada) realizada sobre las calificaciones de las evaluaciones realizadas a priori y pos capacitación, demuestran que las personas capacitadas adquirieron nuevos conocimientos sobre gestión de riesgo, sin embargo, se detectó que en conceptos como sobre vulnerabilidad y riesgo hay que mejorar para su mejor comprensión.

3.5.11. Recomendaciones

1. Realizar evaluaciones que permitan analizar a las personas capacitadas antes y después con herramientas y pruebas estadísticas para verificar el conocimiento adquirido e identificar posibles puntos débiles, en el programa de gestión de riesgo a desastres.
2. Reforzar y hacer dinámicas focalizadas a los conceptos riesgo y vulnerabilidad para las personas que están bajo capacitación, que les permita un mejor concepto de los temas.

3.5.12. Anexos



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 137A. Capacitación a docentes del INEB, Cuilapa, Santa Rosa.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 138A. Capacitación a estudiantes de básicos del IMEBCE, San José Mogollón, Nueva Concepción, Escuintla.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 139A. Capacitación a docentes del Colegio Madre Tierra, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

LISTADO DE ASISTENCIA GENERAL						
Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza Preescolar						
Número del evento (obligatorio)						
Descripción del evento						
Lugar del evento						
Fecha						
Organizador del evento						
Nombre y Apellido						
Cargo						
Firma						
Observaciones						
Programa del ICE que organizó y/o coordinó el evento						

Fuente: ICC, 2018.

Figura 140A. Listados de asistencia de la capacitación a docentes del INEB.

LISTADO DE ASISTENCIA GENERAL						
Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza Preescolar						
Número del evento (obligatorio)						
Descripción del evento						
Lugar del evento						
Fecha						
Organizador del evento						
Nombre y Apellido						
Cargo						
Firma						
Observaciones						
Programa del ICE que organizó y/o coordinó el evento						

Fuente: ICC, 2018.

Figura 141A. Listados de asistencia de la capacitación a estudiantes IMEBCE.

[illegible]

Fuente: ICC, 2018.

Figura 142A. Listados de asistencia de la capacitación a docentes del Colegio Madre Tierra.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 60/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO NARANJO"

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: RICARDO ALBERTO CHAN ESCOBAR

CARNE: 201400808

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: M.Sc. Hugo Tobías
Dr. Marvin Salguero
M.Sc. Boris Méndez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Marvin Salguero
ASESOR ESPECIFICO

M.S.c. Boris Méndez
DOCENTE ASESOR EPS

WNR/nm
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA-062.2019

Guatemala, 26 de septiembre de 2019

TRABAJO DE GRADUACIÓN: DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES, DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO –ICC, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: RICARDO ALBERTO CHÁN ESCOBAR

No. CARNÉ 201400808

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“MODELACIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO NARANJO”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. M. Sc. Hugo A. Tobías

Dr. Marvin R. Salguero Barahona

Ing. M. Sc. Boris Augusto Méndez Paiz

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. M. Sc. Boris Augusto Méndez Paiz
Docente – Asesor de EPS



Vo. Bo. Ing. Agr. Silverio A. Elías Gramajo
Coordinador Área Integrada –EPSA–



cc.archivo
SAEG/



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Hereditada Internacionalmente



No.61-2019

Trabajo de Graduación:

"DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL PROGRAMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES, DEL INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO -ICC-, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

Estudiante:

Ricardo Alberto Chán Escobar

Carné:

201400808

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nuflo Reyes
DECANO

