



Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y  
PROPUESTA DE MONITOREO DE LAHARES E  
INUNDACIONES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE  
Y ACHIGUATE.

**Guatemala, Centroamérica**





Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático

# ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y PROPUESTA DE MONITOREO DE LAHARES E INUNDACIONES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHIGUATE.

[Compañía]

**Guatemala, Centroamérica**



Elaborado por: Thylma Chamorro;ICC

Impreso:

Guatemala, 2020

Tiraje:

ISBN:

### **CITA BIBLIOGRÁFICA**

ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático) 2020. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y PROPUESTA DE MONITOREO DE LAHARES E INUNDACIONES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHIGUATE. PROYECTO PREP IN Guatemala. 86 p.





## Resumen

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) en consorcio con Acción contra el Hambre- ACH, ha iniciado una serie de estudios que buscan mejorar la información y datos sobre la amenaza y vulnerabilidad presente en el área de influencia del volcán de Fuego, y poder con ello guiar nuevas estrategias que contribuyan a que las comunidades estén mejor preparadas y cuenten con apropiados sistemas de monitoreo a nivel local, así como, mapas actualizados de las amenazas, los cuales se deben actualizar constantemente debido a la dinámica e intensidad de las lluvias en la zona. El presente documento se suma a todos los esfuerzos realizados por dichas instituciones.

La investigación tiene como objetivo general realizar un análisis y propuesta de monitoreo de Lahares e Inundaciones en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate para lo cual se realizó un diagnóstico del impacto de la amenaza de inundaciones y lahares en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate y un diagnóstico de los Sistemas de Alerta Temprana instalados en ambas cuencas. También se realizó un análisis de las cuencas de estudio según lo estipulado en el “Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones en Guatemala” y con la información obtenida se elaboró de una propuesta para fortalecer el monitoreo de los ríos Coyolate y Achiguate. De igual manera se realizó un análisis rápido de manera que se pudieron establecer algunos umbrales para la cuenca del río Coyolate, en la cuenca del río Achiguate aún no se cuenta con suficiente información para poder realizar este análisis.

En la actualidad, se ha podido observar que el funcionamiento de los Sistemas de Alerta temprana en Guatemala resulta ser deficiente debido a muchos aspectos que son relevantes para su ejecución. Se han realizado una serie de documentos que demuestran esto, entre ellos se puede mencionar el “Análisis de SAT en Escuintla”, elaborado por el Arquitecto German Alfaro.

Todos los análisis realizados sobre Sistemas de Alerta Temprana en Guatemala han concluido que el desconocimiento de las funciones de cada uno de los actores que deben involucrarse en el establecimiento de los Sistemas de Alerta Temprana, causa una serie de problemas que pueden traducirse en debilidades y por ende un mal funcionamiento del sistema y todos sus ejes transversales. Muchos de estos de igual manera se trabajan de forma separada y es necesario que se integren a las actividades de los ejes transversales del funcionamiento de los SAT.

En esta ocasión se realizó un análisis del SAT de ambas cuencas utilizando como base la Lista de Comprobación de SAT de la EIRD y el “Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones en Guatemala”.

Un sistema de alerta temprana depende de 4 componentes, y si uno de estos no funciona todo el sistema falla completamente, actualmente en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate no cuentan un SAT, ya que no están todos los componentes trabajando de forma adecuada, y es necesario reforzar algunos componentes, como los son: actualización de la dinámica de las inundaciones dentro de la cuenca, análisis topográficos e hidráulicos para el establecimiento de umbrales de niveles de río, complementar el sistema de monitoreo pluviométrico e hidrométrico en ambas cuencas y fortalecer la capacidad de respuesta complementando las capacitaciones establecidas en el Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones en Guatemala.

Según el análisis realizado en ambas cuencas se pudo observar que las cuencas presentan altas pendientes en la parte alta, y zonas con muy baja pendiente en la parte baja, esto favorece el desarrollo de meandros, estos tienden a desarrollarse en las llanuras de inundación, con el tiempo la erosión y deposición de sedimentos va modificando la forma del meandro, estas condiciones favorecen a que se presenten inundaciones en las partes bajas de la cuenca.

Debido a la recurrencia de inundaciones se identificaron los principales poblados que se encuentran susceptibles a esta amenaza, pero también por la recurrencia de lahares se incorporó esta amenaza en el análisis. Se realizó un análisis de las principales vulnerabilidades en las dos cuencas, se identificaron las principales rutas de acceso y puentes que podrían ser dañados por ambas amenazas lo que es importante determinar para poder establecer rutas de emergencia y evacuación, de igual manera se identificaron los principales edificios educativos y las principales zonas de cultivos que podrán ser dañados.

Al realizar el análisis del monitoreo dentro de la cuenca, según lo que se establece en el Manual, se concluyó que éste cumple con lo establecido por el Manual en la cuenca del río Achíguate para monitoreo de precipitación. En el caso de la cuenca del río Coyolate, aunque cumpla con el número de estaciones necesarias se propone la instalación de un pluviómetro en la parte baja de la cuenca ya que ninguna de las dos instituciones tiene alguno en esta área.

Para el caso de lahares no se cuenta con ninguna estación de monitoreo formal en ninguna de las dos cuencas. El INSIVUMEH realiza un monitoreo por infrasonido y visual de lahares, pero el tipo de datos que se tienen son cualitativos y no permiten realizar análisis estadísticos para poder predecir los eventos. Debido a esto se puede implementar algunas estaciones de monitoreo de lahares en ambas cuencas en los puntos propuestos de manera que se pueda producir información como velocidad del lahar, dimensiones y tiempo en el que ocurre.

Luego de terminado el análisis se puede observar que el trabajo en el tema de monitoreo y Sistemas de Alerta Temprana en ambas cuencas es avanzado, pero se necesita fortalecer los aspectos mencionados en el documento. Este documento servirá de base para focalizar los esfuerzos en el área.

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
SAT	Sistema(s) de Alerta Temprana
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
ONG	Organización no Gubernamental
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
SECONRED	Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
COLRED	Coordinadora Local para la Reducción de Desastres
CTE	Centro de Transmisiones de Emergencia
COE	Centro de Operaciones de Emergencia

# Contenido

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS 1</b>	
2.1.    OBJETIVO GENERAL .....	1
2.2.    OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	1
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>4. METODOS .....</b>	<b>3</b>
4.1.    FASE INICIAL DE GABINETE .....	3
4.2.    FASE DE CAMPO .....	3
4.3.    FASE FINAL DE GABINETE .....	3
4.4.    ELABORACIÓN DE INFORME .....	3
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>3</b>
5.1.    DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHIGUATE .....	3
5.1.1.    CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS .....	4
5.1.2.    SERVICIO DE SEGUIMIENTO Y ALERTA .....	8
5.1.3.    DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN.....	10
5.1.4.    CAPACIDAD DE RESPUESTA .....	12
5.2.    PPROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SAT DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS ACHIGUATE Y COYOLATE .....	14
5.2.1.    CONOCIMIENTO DEL RIESGO EN LA CUENCA COYOLATE .....	14
5.2.1.1.    CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE .....	14
5.2.1.2.    USOS DEL SUELO .....	27
5.2.1.3.    TIPOS DE SUELO .....	28
5.2.1.4.    GEOLOGÍA .....	31
5.2.1.5.    DINÁMICA FLUVIAL .....	32
5.2.1.6.    ANÁLISIS DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	33
5.2.1.7.    VULNERABILIDADES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	35
5.2.2.    CONOCIMIENTO DEL RIESGO EN LA CUENCA DEL RÍO ACHÍGUATE .....	48
5.2.2.1.    CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACHÍGUATE.....	48
5.2.2.2.    USOS DEL SUELO .....	58
5.2.2.3.    TIPOS DE SUELO .....	58
5.2.2.4.    GEOLOGÍA .....	61
5.2.2.5.    DINÁMICA FLUVIAL .....	62
5.2.2.6.    ANÁLISIS DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE .....	63
5.2.2.7.    VULNERABILIDADES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE .....	64
5.2.3.    SERVICIO DE SEGUIMIENTO Y ALERTA EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHIGUATE .....	79
5.2.3.1.    UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO PLUVIOMÉTRICO .....	79
5.2.3.2.    UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO HIDROLÓGICO.....	81
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>87</b>

## Índice de figuras

FIGURA 1. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	14
FIGURA 2. ORDEN DE CORRIENTES DE LA CUENCA COYOLATE. ....	15
FIGURA 3. CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DEL RIO COYOLATE.....	18
FIGURA 4. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA CUENCA SEGÚN LA FORMA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA.....	24
FIGURA 5. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA COYOLATE. ....	24
FIGURA 6. PERFIL HIDRÁULICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA COYOLATE.....	25
FIGURA 7. SERIES DE SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE .....	30
FIGURA 8. GEOLOGÍA DE LA CUENCA COYOLATE .....	32
FIGURA 9. AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	33
FIGURA 10. AMENAZA DE LAHARES DE A CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	34
FIGURA 11. RELACIÓN LLUVIA – NIVEL DE RÍO EN EL PUENTE COYOLATE.....	35
FIGURA 12. PRINCIPALES POBLADOS CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADOS POR INUNDACIONES Y LAHARES. ....	36
FIGURA 13. INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA CON PROBABILIDADES DE SER DAÑADA POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	40
FIGURA 14. INFRAESTRUCTURA CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADA POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	45
FIGURA 15. PUENTE CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADOS POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	46
FIGURA 16. ÁREAS DE CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR QUE PRESENTAN PROBABILIDAD DE SER DAÑADAS POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	48
FIGURA 17. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA COYOLATE .....	49
FIGURA 18. ORDEN DE CORRIENTES DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	50
FIGURA 19. CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA DE ACHIGUATE. ....	52
FIGURA 20. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA CUENCA SEGÚN LA FORMA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA.....	55
FIGURA 21. CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	56
FIGURA 22. PERFIL HIDRÁULICO DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	56
FIGURA 23. SERIES DE SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE .....	60
FIGURA 24. GEOLOGÍA DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	62

FIGURA 25. AMENAZA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE. ....	63
FIGURA 26. AMENAZA DE LAHARES DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	64
FIGURA 27. PRINCIPALES POBLADOS CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADOS POR INUNDACIONES Y LAHARES. ....	65
FIGURA 28. INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA CON PROBABILIDADES DE SER DAÑADA POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE. ....	70
FIGURA 29. INFRAESTRUCTURA CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADA POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	75
FIGURA 30. PUENTE CON PROBABILIDAD DE SER DAÑADOS POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	76
FIGURA 31. ÁREAS DE CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR QUE PRESENTAN PROBABILIDAD DE SER DAÑADAS POR INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	78
FIGURA 32. RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	80
FIGURA 33. ESTACIONES METEOROLÓGICAS INSTALADAS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE. ....	81
FIGURA 35. ESTACIÓN HIDROMÉTRICA EXISTENTE Y PROPUESTA DE UBICACIÓN PARA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA NUEVA EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	82
FIGURA 36. ESTACIÓN HIDROMÉTRICA EXISTENTE Y PROPUESTA DE UBICACIÓN PARA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA NUEVA EN LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE. ....	83
FIGURA 37. PROPUESTA PARA MONITOREO DE LAHARES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHÍGUATE. ....	84

## Índice de tablas

TABLA 1. ORDEN DE CORRIENTES Y LONGITUD POR ORDEN DE CORRIENTES PARA LA CUENCA. ....	16
TABLA 2. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD MEDIA DE CORRIENTES. ....	16
TABLA 3. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE BIFURCACIÓN Y EL RADIO DE BIFURCACIÓN DE LA CUENCA COYOLATE ....	17
TABLA 4. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE LONGITUD MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	18
TABLA 6. FORMA DE LA CUENCA EN FUNCIÓN DEL COEFICIENTE.....	19

TABLA 7. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE FORMA DE LA CUENCA COYOLATE.....	20
TABLA 8. ÍNDICE DE RELACIÓN CIRCULAR DE LA CUENCA COYOLATE .....	20
TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LA CUENCA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE COMPACIDAD. ....	20
TABLA 10. ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA CUENCA COYOLATE. ....	21
TABLA 11. ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA CUENCA COYOLATE. ....	21
TABLA 12. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DRENAJE DE LA CUENCA COYOLATE.....	22
TABLA 13. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CORRIENTES DE LA CUENCA COYOLATE.....	22
TABLA 14. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD DE LA CUENCA COYOLATE.....	22
TABLA 15. CLASIFICACIÓN DE LA PENDIENTE EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. ....	23
TABLA 17. ALTURAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA COYOLATE.....	23
TABLA 18. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA COYOLATE.....	25
TABLA 19. CLASIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE MASIVIDAD .....	25
TABLA 20. COEFICIENTE DE MASIVIDAD DE LA CUENCA COYOLATE .....	26
TABLA 21. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RELIEVE DE LA CUENCA COYOLATE.....	26
TABLA 22. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ROBUSTEZ DE LA CUENCA COYOLATE.....	26
TABLA 23. COEFICIENTE OROGRÁFICO DE LA CUENCA COYOLATE .....	27
TABLA 24. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA CUENCA COYOLATE. ....	27
TABLA 25. USO DE LA TIERRA DE LA CUENCA COYOLATE. ....	27
TABLA 26. SERIES DE SUELOS DE LA CUENCA COYOLATE.....	28
TABLA 27. CLASE TEXTURAL DE LOS SUELOS DE LA CUENCA COYOLATE.....	30
TABLA 28. GEOLOGÍA DE LA CUENCA COYOLATE. ....	31
TABLA 29. ESTIMACIONES DE INCREMENTO DE NIVELES DE RÍO. ....	35
TABLA 30. LISTADO DE POBLADOS VULNERABLES A INUNDACIONES Y LAHARES DE LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	36
TABLA 31. LISTADO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA PÚBLICA VULNERABLE A LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE .....	40
TABLA 32. LISTADO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA PÚBLICA VULNERABLE A INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	42

TABLA 32. INFRAESTRUCTURA VIAL VULNERABLE A LAHARES E INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	45
TABLA 33. LISTADO DE PUENTES VULNERABLES ANTE LAHARES E INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE. ....	46
TABLA 34. ÁREAS DE CULTIVO DE CAÑA VULNERABLES A INUNDACIONES Y LAHARES EN LA CUENCA DEL RÍO COYOLATE.....	48
TABLA 35. ORDEN DE CORRIENTES Y LONGITUD POR ORDEN DE CORRIENTES PARA LA CUENCA. ....	50
TABLA 36. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD MEDIA DE CORRIENTES. ....	50
TABLA 37. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE BIFURCACIÓN Y EL RADIO DE BIFURCACIÓN DE LA CUENCA COYOLATE .....	51
TABLA 38. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE LONGITUD MEDIA DE LA CUENCA COYOLATE.....	51
TABLA 39. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD ACUMULADA DE CORRIENTES DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	51
TABLA 40. FORMA DE LA CUENCA EN FUNCIÓN DEL COEFICIENTE. ....	53
TABLA 41. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE FORMA DE LA CUENCA COYOLATE.....	53
TABLA 42. ÍNDICE DE RELACIÓN CIRCULAR DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	53
TABLA 43. CLASIFICACIÓN DE LA FORMA DE LA CUENCA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE COMPACIDAD. ....	53
TABLA 44. ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	54
TABLA 45. ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	54
TABLA 46. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DRENAJE DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	54
TABLA 47. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CORRIENTES DE LA CUENCA ACHIGUATE .....	54
TABLA 48. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	54
TABLA 49. CLASIFICACIÓN DE LA PENDIENTE EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. ....	55
TABLA 50. ALTURAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	55
TABLA 51. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	56
TABLA 52. CLASIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE MASIVIDAD .....	57
TABLA 53. COEFICIENTE DE MASIVIDAD DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	57
TABLA 54. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RELIEVE DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	57
TABLA 55. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ROBUSTEZ DE LA CUENCA ACHIGUATE. ....	57

TABLA 51. COEFICIENTE OROGRÁFICO DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	57
TABLA 56. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	58
TABLA 57. USO DE LA TIERRA DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	58
TABLA 58. SERIES DE SUELOS DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	59
TABLA 59. CLASE TEXTURAL DE LOS SUELOS DE LA CUENCA ICBOLAY.....	60
TABLA 60. GEOLOGÍA DE LA CUENCA ACHIGUATE.....	61
TABLA 61. LISTADO DE POBLADOS VULNERABLES A INUNDACIONES Y LAHARES DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	65
TABLA 61. LISTADO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA VULNERABLE A INUNDACIONES Y LAHARES DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	71
TABLA 62. INFRAESTRUCTURA VIAL VULNERABLE A INUNDACIONES Y LAHARES DE LA CUENCA DEL RÍO ACHIGUATE.....	75
TABLA 57. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LAHARES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHÍGUATE.....	85

## **1. INTRODUCCION**

El Sistema de Alerta Temprana ante inundaciones de la cuenca del río Coyolate fue el primer SAT que se instaló en Guatemala en el año 1997, luego de este primer SAT se fomentó la instalación de más sistemas a nivel nacional y como parte de esto se instaló el SAT de la cuenca del río Achiguate en 2001.

En el marco de la gestión del riesgo, la alerta temprana es una prioridad de acción que concatena con todo lo establecido dentro de los procesos educativos que proveen herramientas para mejorar la calidad de vida del ser humano.

Los Sistemas de Alerta temprana de las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate, son sistemas que se han implementado para la utilización de estas herramientas, sin duda es necesaria su evaluación según los lineamientos establecidos por la Estrategia Internacional Para la Reducción de Desastres (EIRD) que apoya y promueve los Sistemas de Alerta Temprana a nivel internacional. La realización de un análisis comparativo en función de lo ya implementado en conjunto con el listado de comprobación de la EIRD (EWC, 2006) nos presenta un panorama mucho más amplio en el concepto de mejoramiento, actualización y funcionalidad de los sistemas de alerta temprana. Además, se consideró lo establecido en el Manual de referencia para sistemas de alerta temprana ante inundaciones en Guatemala y el análisis de los sistemas de alerta temprana que se realizó en el departamento de Escuintla.

Con la información que se tiene de campo se realizó un análisis de la información obtenida para establecer en la medida de lo posible los umbrales de crecidas del río en el caso del Coyolate y de lluvia con base a la información actual y poder realizar propuestas de fortalecimiento a los sistemas.

Este documento presenta un análisis y propuesta de monitoreo de Lahares y crecidas en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate. Tomando en cuenta todas las variables necesarias que sumen en el monitoreo y propuestas de puntos de control. Además de proponer la instrumentación necesaria y un sistema de comunicación entre los diferentes actores de la parte alta, media y baja de las cuencas, adecuándose a las condiciones de la zona. Con el propósito de proponer un sistema de monitoreo integral entre comunidades, sector público y privado, en tiempo cuasi-real.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis y propuesta de monitoreo de Lahares e Inundaciones en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar diagnóstico del impacto de la amenaza de inundaciones y lahares en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate.
- Elaboración de una propuesta sobre el monitoreo de los ríos Coyolate y Achiguate.
- Realizar análisis de monitoreo en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate.

### **3. ANTECEDENTES**

Por su ubicación geográfica ha colocado a Centroamérica como una de las regiones a nivel mundial altamente susceptible a la manifestación de fenómenos geológicos e hidrometeorológico, que, en ocasiones debido a las características de los territorios donde impactan desencadenan otros eventos como sequias, inundaciones, deslizamientos, etc.

Estas manifestaciones de la naturaleza al impactar en territorios con débiles estructuras sociales, limitada inversión en desarrollo, precarios asentamientos urbanos, infraestructura deficiente, entre otras vulnerabilidades, han derivado en grandes emergencias o desastres y un alto costo social, económico y ambiental.

Reducir el riesgo y el impacto que estos fenómenos están teniendo en las poblaciones y sus principales medios de subsistencia, implica aumentar la capacidad que tengan los diferentes actores de articular esfuerzos a fin de reducir de forma individual sus propios riesgos y en colectivo, generar condiciones de resiliencia comunitaria que disminuyan sus niveles de vulnerabilidad en los territorios.

El marco de Sendai para la Reducción de Riesgo a Desastres ( Conferencia Mundial sobre Reducción de Riesgo de Desastres celebrada en Sendai, 2015), expresa que, la base para diseñar, impulsar o promover efectivas acciones que contribuyan a generar esta condición de resiliencia que reduzca el impacto que los desastres están teniendo en la economía, la sociedad y el ambiente debe "...basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno".

Emergencias suscitadas en Guatemala como la erupción del volcán de fuego en 2018, evidencian la importancia que tiene el conocimiento, comprensión y percepción del riesgo. Análisis llevado a cabo por las autoridades y los interesados humanitarios tras esta emergencia, identifican estos elementos como una de las principales causas que limitaron la capacidad de reacción de las comunidades, autoridades locales y la población ante la amenaza que se presentaba.

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) en consorcio con Acción contra el Hambre- ACH, con el objetivo de aportar en estas condiciones, ha iniciado una serie de estudios que buscan mejorar la información y datos sobre la amenaza y vulnerabilidad presente en el área de influencia del volcán de Fuego, y poder con ello guiar nuevas estrategias que contribuyan que las comunidades estén mejor preparadas y cuenten con apropiados sistemas de monitoreo a nivel local, así como, mapas actualizados de las amenazas, los cuales se deben actualizar constantemente debido a la dinámica e intensidad de las lluvias en la zona.

## **4. METODOS**

Para realizar esta investigación se utilizó una combinación de técnicas de ciencias naturales y ciencias sociales, para lo cual se utilizó un método mixto que aborda tanto datos cualitativos como cuantitativos, para luego comparar y confirmar los resultados.

### **4.1. FASE INICIAL DE GABINETE**

Se revisó literatura correspondiente a las cuencas Coyolate y Achiguate, con el objeto de conocer toda la información generada en el área, así como la información que se requiere para realizar los análisis. La información revisada corresponde a datos hidrometeorológicos de las cuencas, información de eventos históricos y estudios realizados.

### **4.2. FASE DE CAMPO**

Se realizó visita de campo a puntos críticos de la cuenca, en especial a los puntos donde se puede hacer la propuesta de monitoreo.

Se realizaron algunas entrevistas a grupos focales con actores locales y de instituciones como CONRED e INSIVUMEH, especialmente aquellos que estuvieron participando activamente en el proceso de gestión de riesgo de las inundaciones y lahares.

### **4.3. FASE FINAL DE GABINETE**

Se realizaron todos los cálculos y análisis para desarrollar lo siguiente:

- Determinar impacto de la amenaza de inundaciones y lahares.
- Realizar el diagnóstico del Sistema de Alerta Temprana de ambas cuencas.
- Realizar una propuesta de monitoreo en ambas cuencas.

### **4.4. ELABORACIÓN DE INFORME**

Se realizaron todos los análisis, cálculos y se elaboró el informe final.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE LOS RÍOS COYOLATE Y ACHIGUATE**

En la actualidad, se ha podido observar que el funcionamiento de los Sistemas de Alerta temprana en Guatemala resulta ser deficiente debido a muchos aspectos que son relevantes para su ejecución. Se han realizado una serie de documentos que demuestran esto, entre ellos se puede mencionar el “Análisis de SAT en Escuintla”, elaborado por el Arquitecto German Alfaro.

Se comparó este funcionamiento basados en la lista de comprobación de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EWC, 2006) y el Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones en Guatemala (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2019), tomando en cuenta que ambas herramientas sirven para poder homogenizar el análisis y diagnósticos de todos los sistemas en general, ya que cada uno de ellos cuentan con parámetros y características diferentes, lo cual indica que las herramientas son completamente aplicables.

El desconocimiento de las funciones de cada uno de los actores que deben involucrarse en el establecimiento de los Sistemas de Alerta Temprana, causa una serie de problemas que pueden traducirse en debilidades y por ende un mal funcionamiento del sistema y todos sus

ejes transversales. Muchos de estos de igual manera se trabajan de forma separada y es necesario que se integren a las actividades de los ejes transversales del funcionamiento de los SAT.

La búsqueda de experiencias en buenas prácticas de implementación de Sistemas de Alerta Temprana son un buen referente para realizar un análisis comparativo con objetividad de determinación, ya que las condiciones climáticas y topográficas en la región son similares especialmente en los aspectos de la diversidad cultural, el nivel de educación y pobreza en las comunidades rurales.

La estrategia Internacional Para la Reducción de Desastres (EIRD) es una plataforma que nace de los acuerdos para la implementación del Marco de Acción de Hyogo, proporciona herramientas que resulta un apoyo para los países en vías de desarrollo enfocado en los procedimientos para reducir los riesgos basados en las comunidades. Aunque su enfoque es comunitario, pretende intervenir en todos los niveles político administrativo de los territorios.

Para el contexto de los Sistemas de Alerta Temprana, se han realizado reuniones específicas para el desarrollo de estos sistemas. Una de ellas fue la ejecutada en Bonn, Alemania en el año 2006, en donde se desarrolló la Lista de Chequeo de los Sistemas de Alerta Temprana. Esta lista tiene como función apoyar la revisión y funcionamiento de los SAT tomando en cuenta los 4 elementos importantes que habíamos mencionado con anterioridad.

Estos elementos parten desde una serie de recapitulaciones que se integran a todo un sistema desde el establecimiento de procesos sistemáticos para la recopilación, evaluación y compartir información, además de establecer servicios de seguimiento y alerta con una sólida base de carácter científico y tecnológico.

Por otro lado, nos enseña a comprender los lineamientos en el desarrollo de los sistemas de comunicación y la facilitación del intercambio de la información en todos los niveles de respuesta fortaleciendo la capacidad de las comunidades mediante el mejoramiento de la educación enfocada en los riesgos de las amenazas naturales.

La lista de comprobación fue aplicada según los procedimientos de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), por medio del trabajo entre CONRED e ICC en el año 2016. Donde se entrevistaron a líderes comunitarios, autoridades municipales que integran el SAT, con el propósito de conocer la situación de los sistemas a nivel departamental y verificar lo establecido por la EIRD en su lista de comprobación.

Este diagnóstico nos creará un marco de referencia para el análisis de los Sistemas de Alerta Temprana, cumpliendo con lo establecido en los acuerdos internacionales y regionales de manera que se puedan proponer acciones que permitan fortalecer las capacidades de respuesta en las comunidades que lo integran.

#### **5.1.1. Conocimiento de los riesgos**

Los riesgos se deben a una combinación de amenazas y vulnerabilidades en un lugar determinado. La evaluación de los riesgos requiere de la recopilación y análisis sistemáticos de información y debe tener en cuenta el carácter dinámico de las amenazas y vulnerabilidades que generan procesos tales como la urbanización, cambios en el uso de la tierra en zonas rurales, la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Las

evaluaciones y los mapas de riesgo ayudan a motivar a la población, establecen prioridades para las necesidades de los sistemas de alerta temprana y sirven de guía para los preparativos de prevención de desastres y respuesta ante los mismos.

Este componente está dirigido a conocer los arreglos organizativos establecidos en las comunidades, así como la identificación de las amenazas naturales, el análisis de las vulnerabilidades y el análisis del riesgo. Algo muy importante en este apartado es el almacenamiento de la información de manera que sea accesible para todo el que tenga interés en consultarla.

Identificar las amenazas es un punto muy importante antes de la implementación del SAT, así como el estudio detallado del fenómeno que conlleva la identificación de los precursores de este, lo que permite diseñar el sistema de monitoreo para lo cual es de vital importancia la identificación de los principales detonantes del fenómeno.

En el tema de conocimiento del riesgo se evaluaron los siguientes temas:

- a. Arreglos organizativos establecidos. Todos los líderes de las comunidades que integran el SAT de las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate, son capaces de identificar y entender las funciones de las principales instituciones gubernamentales nacionales que participan en la evaluación de las amenazas y vulnerabilidades. Entre las instituciones que se mencionaron en las entrevistas se pueden mencionar a la CONRED, La Municipalidad, el MAGA, el Ministerio de Salud, entre otros. También se puede encontrar información a nivel nacional que han generado estas instituciones dentro de las que se pueden mencionar los mapas elaborados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Ambiente MAGA del uso de la tierra y los mapas de amenaza de inundaciones y deslizamientos de la CONRED, JICA y más recientemente el ICC con las inundaciones.

En las cuencas del río Achiguate y Coyolate, el ICC ha contribuido mucho en la evaluación de amenazas y vulnerabilidades.

En estas cuencas en especial se tiene la problemática que los análisis de amenazas tienen que actualizarse por lo menos una vez después de un evento de erupción del volcán de Fuego ya que esto produce que las condiciones de amenaza cambien mucho.

Una sola organización nacional debería de tener la responsabilidad de coordinar la identificación de amenazas, y de evaluar las vulnerabilidades y los riesgos. En todos los niveles de los SAT, se reconoce a la CONRED como la institución nacional responsable de coordinar la identificación de amenazas y evaluar las vulnerabilidades y los riesgos.

El desarrollo de procesos para que expertos científicos y técnicos evalúen y examinen la precisión de la información y datos acerca de los riesgos es muy importante en el tema de SAT. Las metodologías utilizadas por la dirección de mitigación de la SE-CONRED con apoyo del personal técnico especializado en la elaboración y mapeo de las áreas de riesgo a nivel nacional con el soporte de los Sistemas de Información Geográfica es parte de los procesos que se llevan para esta finalidad. El ICC es la entidad que más aportes ha realizado en el tema de evaluar y examinar la información para riesgo en las áreas de Coyolate y Achiguate. Se han realizado otras investigaciones, pero por la cantidad de tiempo que se lleva desde que se realizaron, mucha información ya es obsoleta.

Se necesita de la elaboración de estrategias para que participen las comunidades activamente en el análisis de amenazas y vulnerabilidades locales. La estrategia utilizada por el ente rector en la temática de la gestión de riesgo en Guatemala, que está implícita en el área de organización y capacitación en los procesos educativos funciona, pero es difícil mantener las estructuras actualizadas por falta de presupuesto.

Debido a la dinámica de los ríos en estudio por la actividad del Volcán de Fuego, se deberían de establecer procesos anuales de revisión y actualización de la información sobre riesgos, incluida la información sobre cualquier nueva vulnerabilidad o amenaza o en proceso de formación. A lo largo del tiempo, el tema de actualización de información sobre riesgos está íntimamente ligada a la ejecución de algún proyecto.

Actualmente se realiza por parte del ICC la actualización de información sobre riesgo para las cuencas en estudio lo que sería funcional siempre y cuando no ocurra otro evento de erupción del volcán de Fuego.

- b. Identificación de amenazas naturales. Se han realizado análisis y evaluación de las características de las principales amenazas naturales (intensidad, frecuencia y probabilidad) y de sus datos históricos por varios actores, pero a nivel nacional las instituciones encargadas de este tema son INSIVUMEH y la SE CONRED. Existen ONG que apoyan con este punto y actualmente existen mapas de amenazas a nivel nacional de inundaciones y deslizamientos, pero no existen mapas a nivel comunitario.

El ICC ha contribuido a través del tiempo con múltiples estudios en la costa sur y especialmente en las cuencas del río Coyolate y Achíguate como por ejemplo: síntesis de información de los ríos de la costa sur en Guatemala, resúmenes meteorológicos por año, gestión de riesgo de inundaciones en el río Coyolate ejemplo de adaptación al cambio climático, estudio de regionalización climática de la vertiente del pacífico de Guatemala, caracterización de las bocabarras de la vertiente del pacífico en Guatemala, medición de la propagación de crecidas en las cuencas Coyolate, Achíguate, María Linda y Los Esclavos, estudios hidrológicos de las cuencas de los ríos Achíguate y Coyolate, estudio hidráulico para la determinación de zonas susceptibles a inundaciones en la cuenca del río Coyolate, entre otros.

En estas áreas existen mapas de amenazas para identificar las zonas geográficas y comunidades que podrían verse afectada por las amenazas naturales. La SE-CONRED ha publicado mapas de amenazas a nivel nacional de inundaciones y deslizamientos, pero no existen mapas a nivel comunitario.

En las comunidades que se visitaron se pudo visualizar croquis realizados por las personas que integran la COLRED. Estos croquis en muchas ocasiones se pueden confundir como mapas de riesgo, pero en realidad estos son dibujos abocetados que plasman de forma simplificada una imagen de un lugar y como afectan las inundaciones en la comunidad.

El ICC ha realizado mapas de amenaza por cuenca para las cuencas en estudio y se encuentran en proceso de actualización de información.

En las dos cuencas en estudio es necesario que se realicen mapas integrados de amenazas (cuando sea posible) para evaluar la interacción de diversas amenazas naturales, en especial las amenazas de origen volcánico como lahares y las inundaciones. Existen mapas de amenaza por cuenca que se encuentran en

proceso de actualización tanto para lahares como para inundaciones para las cuencas en estudio.

- c. Análisis de la vulnerabilidad en las comunidades. La evaluación de vulnerabilidad en las comunidades para todas las amenazas naturales relevantes es un trabajo que no se ha realizado, el avance en el área es de estudios de amenaza, pero actualmente, Acción Contra el Hambre - ACH realiza evaluaciones de vulnerabilidad para las cuencas de estudio.

Es necesario que se tomen en consideración factores tales como género, discapacidad, acceso a la infraestructura, diversidad económica y puntos sensibles del medio ambiente. En el proceso de organización que se ha llevado en las comunidades se han tomado en cuenta factores tales como género, discapacidad y puntos sensibles del medio ambiente.

Al momento de hacer los estudios de vulnerabilidad, se debe de documentar y elaborar mapas de vulnerabilidad (por ejemplo, representación Gráfica y localización de poblaciones que viven en las zonas costeras).

- d. Evaluación del riesgo. Al realizar los análisis de vulnerabilidad y amenaza, es necesario realizar una evaluación de la interacción entre las amenazas y las vulnerabilidades para determinar los riesgos que enfrenta cada región o comunidad. Es importante la conducción de consultas entre la comunidad y las industrias para garantizar que la información sobre los riesgos sea exhaustiva e incluya conocimientos históricos e indígenas, e información en los ámbitos local y nacional. La coordinación con la industria cañera es muy buena y están comprometidos con las comunidades. El ICC juega un papel muy importante dentro de estas coordinaciones entre comunidades e industria.

También es necesario la identificación y evaluación de actividades que incrementen el riesgo. Existen algunos análisis, pero muy escasos sobre este tema. La mayoría tiene que ver con las erupciones del volcán de Fuego, aunque existen factores antropogénicos que no se han analizado.

Al realizar los estudios, es importante realizar una Integración de los resultados de las evaluaciones de los riesgos en los planes locales de gestión de riesgos y en los mensajes de alerta. Se ha realizado a nivel local, con las capacitaciones fundamentadas en lo que la CONRED establece, pero no se integran los estudios realizados.

- e. Almacenamiento y acceso a la información. Es necesario la creación de una “biblioteca” central o de una base de datos de información geográfica para almacenar toda la información sobre los riesgos de desastres y amenazas naturales. La información generada por el ICC y por SE-CONRED es pública y se tiene acceso a ella a través de sus páginas web. Toda la información que se ha generado está a la disposición de quien la requiera.

Se debería de desarrollar de un plan de mantenimiento para asegurarse de que la información está actualizada. Esto aún no se ha logrado. Los mantenimientos siempre están en relación a proyectos con cooperación internacional en el caso de SE-CONRED.

En el caso del ICC si existe un plan de mantenimiento para sus instrumentos de medición.

Según el Manual de referencia para sistemas de alerta temprana ante inundaciones en Guatemala (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2019), la

implementación de un SAT ante inundaciones implica realizar un estudio hidrológico e hidráulico para obtener los umbrales de alerta ante lluvias máximas, crecidas e inundaciones. En las cuencas de los ríos Coyolate y Achíguate, se han realizado estudios hidrológicos y en el caso de la cuenca del río Coyolate si se ha realizado un estudio hidráulico que es necesario actualizar y completar alguna información como umbrales de alerta tanto para precipitación como niveles de río y tiempo de traslado de crecidas, incluyendo análisis de la amenaza de lahares.

### **5.1.2. Servicio de seguimiento y alerta.**

Los servicios de alerta constituyen el componente fundamental del sistema. Es necesario contar con una base científica sólida para prever y prevenir amenazas y con un sistema fiable de pronósticos y alerta que funcione las 24 horas al día. Un seguimiento continuo de los parámetros y los aspectos que antecedieron las amenazas es indispensable para elaborar alertas precisas y oportunas.

Los servicios de alerta para las distintas amenazas deben coordinarse en la medida de lo posible para aprovechar las redes comunes institucionales, de procedimientos y de comunicaciones.

En el tema de servicio de seguimiento y alerta se evaluaron los siguientes temas:

- a. Establecimiento de mecanismos institucionales El establecimiento por ley de procesos uniformizados de funciones y responsabilidades para todas las organizaciones que generen y emitan alertas está contemplado en Guatemala a nivel general en la ley de la CONRED (Decreto Ley 109-96), además, se cuenta con el Plan Nacional de Respuesta y los diversos protocolos para todas las amenazas. Es necesario adoptar acuerdos y protocolos interinstitucionales para garantizar la coherencia del lenguaje de las alertas y de los canales de comunicación, cuando diferentes agencias se encarguen de distintas amenazas. En el Sistema de Alerta Temprana de la cuenca del río Coyolate se tiene conocimiento de los protocolos de activación del mismo los cuales están descritos en los planes locales de respuesta de las comunidades, aunque falta trabajo para que cumpla con todos los requisitos para ser un SAT. En el caso de la cuenca del río Achíguate los procesos están más atrasados, pero existen los planes para reactivar el SAT.

El SAT de las cuencas de los ríos Achiguat y Coyolate está diseñado para la amenaza de inundaciones, pero es necesario la creación de un plan para todas las amenazas a fin de obtener una mayor eficiencia y eficacia entre los diversos sistemas de alerta.

En estas cuencas es importante resaltar la presencia de colaboradores de los Sistemas de alerta, incluyendo a las autoridades locales. Es importante que las mismas sepan cuáles son las organizaciones que se encargan de las alertas. Este trabajo se realiza conforme al sistema escalonado de Coordinadoras y naturalmente está implícito en el proceso de capacitación. La colaboración de las autoridades locales depende de la voluntad de los mismos.

La aprobación de protocolos para definir responsabilidades y canales de comunicación para los servicios técnicos de alerta es importante, actualmente no

existen como tal, pero se establecen y definen las responsabilidades en los planes de respuesta municipal y local de la forma más viable para las comunidades. Es necesario realizar protocolos de funcionamiento para cada Sistema de Alerta Temprana y que estos se socializan con todos los actores que intervienen en el SAT. Luego de realizar el protocolo es necesario realizar pruebas y ejercicios que abarquen todo el sistema al menos una vez al año.

Generalmente, se realizan simulacros al finalizar los procesos de capacitación, actualmente se están actualizando estos procesos por lo que se tendrá que realizar otro simulacro, pero estos ejercicios se realizan muchas veces a nivel local y no de cuenca o como sistema cada dos años o más.

Internacionalmente, se habla de la creación de un comité integrado sobre sistemas técnicos de alerta, vinculado a las autoridades nacionales encargadas de la Gestión y reducción de desastres, incluyendo una plataforma nacional para la reducción del riesgo de desastres. Debido a los acuerdos regionales, se ha creado la plataforma nacional para la reducción de desastres, aunque hasta hoy no se conoce acerca del establecimiento de sistemas técnicos de alerta.

Además, el Departamento de Sistemas de Alerta Temprana dejó de funcionar por dos años por lo que no existía un ente que vincule todo lo relacionado a SAT. Este año (2020) inició su funcionamiento nuevamente, pero es necesario fortalecerlo. El Departamento SAT en algún momento fungió como el ente que verificaba el funcionamiento del sistema y verificaba que las alertas han llegado a sus destinatarios.

Es importante que existan centros de alerta con personal en todo Momento (24 horas al día, los siete días de la semana), esto es reconocido como el Centro de Transmisiones de Emergencia CTE y el Centro de operaciones de emergencia COE permanente que recibe el reporte de los radioperadores comunitarios con atención las 24 horas los 365 días del año por lo que es necesario fortalecer la comunicación entre los radioperadores y el CTE.

- b. Desarrollo del Sistema de Seguimiento. Es necesario llevar documentación de los parámetros de medición y de las especificaciones para cada amenaza en cada punto de monitoreo. Generalmente no se ha llevado un registro de esta información ni el debido seguimiento. Además, deben de existir planes y documentos para las redes de seguimiento, disponibles y acordados con expertos y autoridades competentes. A nivel nacional se maneja por parte de la SE CONRED y las instituciones que integran el sistema algún tipo de seguimiento. También debe de existir un equipo técnico, adaptado a las condiciones y circunstancias locales y personal capacitado para usarlo y mantenerlo. Aunque el Departamento SAT no estuviera en funcionamiento en el área hay personal capacitado para dar este seguimiento.

Recepción, procesamiento y disponibilidad de información en formatos útiles en tiempo real o casi real se puede realizar a través del CTE, actualmente al migrar el equipo de radiocomunicación se espera obtener información de las condiciones del área a través de los radios sin la necesidad de que comunique el radioperador. La base de datos de la SE CONRED almacena información de emergencias, pero a través del Departamento de Sistemas de Alerta Temprana podría crearse una base de datos para que esté a la disposición cuando se necesite.

La adopción de estrategias para obtener, revisar y difundir información sobre las vulnerabilidades relacionadas con cada una de las amenazas relevantes es un proceso que va implícito en las capacitaciones, actualmente no hay registros que indiquen que esto haya sucedido en las comunidades y municipalidades en las cuales influyen los SAT.

- c. Establecimiento de sistemas de pronósticos y alertas. Al establecer un sistema de monitoreo, es necesario realizar análisis de la información, predicción y generación de alertas, basados en métodos científicos y técnicos aceptados, para lo cual se debe contar con suministro de equipo adecuado necesario para que los centros de alerta procesen la información y ejecuten modelos de predicción. Esto es necesario fortalecerlo al momento de reactivar los SAT de las cuencas en estudio.

El establecimiento de sistemas a prueba de fallas, como generadores auxiliares, duplicación de equipos y sistemas de personal en espera es importante.

El Departamento de Sistemas de Alerta Temprana recomienda equipos que no necesitan energía eléctrica, son establecidos a base de energía renovable, tales como los paneles solares, esto implica que, si existen problemas técnicos de servicios a nivel local, este sistema no fallara tan fácilmente.

La generación y difusión de alertas de forma eficiente y oportuna, en un formato adaptado a las necesidades de los usuarios es algo que se necesita fortalecer, actualmente se está migrando a radiocomunicación digital que permitirá que la difusión de las alertas sea más eficiente.

De igual manera, es necesario la implementación de un plan para el seguimiento rutinario y para la evaluación de procesos operativos, incluyendo la calidad de la información y la efectividad de las alertas.

Dentro de las cuencas se han implementado diferentes instrumentos de monitoreo, pero es necesario que esta información forme parte del SAT y que sirva para generar alertas oportunas.

Según el Manual de referencia para sistemas de alerta temprana ante inundaciones en Guatemala se establece que se debe implementar un pluviómetro por cada 250 km<sup>2</sup> de área.

En cuanto al monitoreo de los ríos es necesario realizar algunas acciones para fortalecer el monitoreo de manera que se puedan facilitar los análisis.

### **5.1.3. Difusión y comunicación.**

Las alertas deben llegar a las personas en peligro. Para generar respuestas adecuadas que ayuden a salvar vidas y medios de sustento se requieren de mensajes claros que ofrezcan información sencilla y útil. Es necesario definir previamente los sistemas de comunicación en los planos regional, nacional y local y designar portavoces autorizados.

El empleo de múltiples canales de comunicación es indispensable para garantizar que la alerta llegue al mayor número posible de personas, para evitar que cualquiera de los canales falle y para reforzar el mensaje de alerta.

En el tema de difusión y comunicación se evaluaron los siguientes temas:

- a. Establecimiento de sistemas de pronósticos y alerta. En los SAT se debe de establecer una cadena de difusión de alertas mediante políticas gubernamentales o legislación (por ejemplo, transmisión de mensajes de las autoridades públicas a los encargados de emergencias y las comunidades, etc.), desde la emergencia de la

actividad volcánica del volcán de Fuego en 2018, la SE-CONRED ha implementado medios de comunicación de emergencias con las autoridades locales.

Algo que es necesario implementar es la habilitación de las autoridades reconocidas para difundir mensajes de alerta (por ejemplo, las autoridades meteorológicas para difundir mensajes sobre el tiempo y las autoridades sanitarias para emitir alertas sobre la salud). Esto se maneja a nivel nacional en vía directa desde el INSIVUMEH a la SE CONRED. INSIVUMEH es quien da el aviso a la SE-CONRED, la cual es la encargada de difundir el mensaje a las demás autoridades integrantes del Sistema CONRED.

La definición en la legislación o las políticas gubernamentales de las funciones y responsabilidades de cada actor dentro del proceso de difusión de alertas (por ejemplo, Servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales, medios de comunicación, ONG), se regulan en el decreto ley 109-96.

Los SAT se caracterizan por la capacitación de una red de voluntarios que están facultados para recibir y difundir ampliamente alertas de amenazas a comunidades u hogares alejados.

- b. Instalación de sistemas y equipos eficaces de comunicación. Los sistemas de comunicación en los SAT a lo largo del tiempo son las bases de radio, estos sistemas garantizan la comunicación entre comunidades y autoridades, pero también es necesario adaptar los sistemas de comunicación y difusión a las necesidades de las distintas comunidades, por ejemplo, radio y televisión para las que tienen acceso a estos medios, y sirenas, banderas de alerta y mensajeros para comunidades alejadas.

En algunas comunidades se cuenta con bocinas para comunicar mensajes a todos los pobladores de esta, pero esto tiene que trabajarse en los planes de respuesta porque muchas veces la deficiencia existe en los canales de comunicación de alertas a toda la comunidad.

Utilizar múltiples medios de comunicación para la difusión de alertas (por ejemplo, medios masivos y de comunicación informal) es una buena salida a las deficiencias de comunicación. Se difunde la alerta, pero la que el INSIVUMEH genera, no precisamente se realiza para la activación del sistema de alerta temprana.

Si existe una alerta a nivel de país se comunica por medio de televisión y radio. Adopción de acuerdos para utilizar recursos del sector privado cuando sea pertinente (por ejemplo, radios de aficionados y refugios de seguridad).

- c. Reconocimiento y comprensión de los mensajes. También es necesaria la adaptación de alertas y mensajes a las necesidades concretas de las personas en riesgo (por ejemplo, para distintos grupos culturales, sociales, de género, lingüísticos y de formación educativa), en el área eso no es tan demandante ya que todos hablan el mismo idioma. La emisión de alertas específicas sobre el carácter de la amenaza y sus consecuencias es algo que no se ha trabajado del todo, en las comunidades las personas conocen sobre las amenazas de lahares e inundaciones, pero no tienen claro sobre las consecuencias al momento de emitir una alerta.

Es necesario implementar también mecanismos de cancelación de alertas ya que muchas veces se da la alerta de una posible inundación porque se generó una crecida aguas arriba, pero si este evento no causa una inundación, no existe el mecanismo para Informarle a la comunidad que la amenaza ha pasado.

En el tema de comunicación, se necesitan realizar acciones de fortalecimiento en las líneas de comunicación ya que existen actores que no se han involucrado en el

sistema. Además de incorporar alertas precisas y mecanismos de desactivación de alertas.

Otro tema importante es la comunicación dentro de la comunidad por lo que es necesario implementar bocinas para diseminar las alertas.

#### **5.1.4. Capacidad de respuesta**

Es de suma importancia que las comunidades comprendan el riesgo que corren, respeten el servicio de alerta y sepan cómo reaccionar. Al respecto, los programas de educación y preparación desempeñan un papel esencial.

Asimismo, es indispensable que existan planes de respuesta que hayan sido objeto de prácticas y sometidos a prueba. La población debe estar muy bien informada sobre las opciones en cuanto a una conducta segura, las rutas de escape existentes y la mejor forma de evitar daños y pérdidas de bienes.

En CONRED existen metodologías establecidas por la Dirección de Preparación para la organización en todos los niveles para la preparación ante algún evento. En el momento de trabajar Sistemas de Alerta Temprana es necesario contar con comunidades y gobiernos locales debidamente organizados para iniciar los procesos de capacitación en el tema de Sistemas de Alerta Temprana.

El Manual de referencia para sistemas de alerta temprana ante inundaciones en Guatemala también refiere un proceso de capacitación que complementa los procesos establecidos por la Dirección de Preparación.

En el tema de capacidad de respuesta se evaluaron los siguientes temas:

- a. Respeto a las Alertas. La generación y difusión de alertas por parte de fuentes fidedignas (autoridades públicas, líderes religiosos, respetadas organizaciones comunitarias) dirigidas a las personas en riesgo es importante por lo que todos los pobladores de las comunidades deben de conocer la información que el radioperador pueda recibir, de igual manera existe información que se envía a nivel nacional por medios de comunicación diferentes a los del SAT por lo que los pobladores deben de reconocer cuáles son esas fuentes fidedignas. Las alertas en el territorio se manejan con la información que recibe el delegado departamental y el la difunde conforme está organizada la COMRED, aunque no necesariamente esta información es dirigida a las comunidades.  
La percepción que el público tiene sobre los riesgos de las amenazas naturales y del servicio de alerta para prever las respuestas de las comunidades, es únicamente si va a existir una inundación, pero no aplica para prever una respuesta.  
Es necesario el desarrollo de estrategias para infundir credibilidad y confianza en las alertas, por ejemplo, comprender la diferencia entre pronósticos y alertas. Este tema debe ser definido en los procesos de capacitación. De esta manera, se pueden reducir al mínimo las falsas alarmas y comunicación de las mejoras para mantener la confianza en el sistema de alerta. Generalmente se difunde la información cuando se está seguro de la misma.
- b. Elaboración de planes de preparación y respuesta en caso de desastres. En Guatemala no está legislado la aprobación por ley de planes de preparación y respuesta en caso de desastres, pero este proceso está respaldado en la Ley de la

Coordinadora Nacional Para la Reducción de Desastres y dentro de la SE-CONRED está respaldado por el Manual de Organización Nacional y por el documento Guía para realizar Planes Locales de Respuesta.

Las comunidades cuando se organizan y capacitan realizan sus planes de respuesta, actualmente en los SAT, se actualizan.

Es necesario que se empleen mapas de amenazas y de vulnerabilidad para elaborar planes de respuestas en el proceso de organización y capacitación de los comunitarios.

Según el Manual de Organización de SE-CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2015), se estipula que las Coordinadoras deben ser actualizados cada dos años y esto implica que realicen pruebas de funcionamiento en este tiempo.

El Análisis de desastres y respuestas anteriores, e incorporación de las lecciones aprendidas a los planes de gestión de desastres es algo muy importante que hay que implementar ya que esto ayuda a la credibilidad de los sistemas.

Se debe de Implementar estrategias para mantener el grado de preparación ante las amenazas recurrentes y realizar periódicamente pruebas y simulacros para comprobar la eficacia de los procesos de difusión de alertas tempranas y las respuestas.

- c. Evaluación y fortalecimiento de las capacidades de respuesta de la comunidad. Luego de cada evento se recomienda realizar una evaluación de la capacidad de la comunidad para responder de forma eficaz a las alertas tempranas, de esta manera, se debe realizar un análisis de las respuestas anteriores frente a los desastres y así incorporar las lecciones aprendidas a las futuras estrategias para el desarrollo de capacidades.
- d. Incremento de la concientización y la educación pública. La forma de responder a las amenazas tras recibir una alerta temprana muchas veces es de incredulidad esperando a ver qué pasa. Es necesario implementar educación comunitaria sobre la forma en que se difundirán las alertas, sobre los medios que son fiables y sobre la forma de responder a las amenazas tras recibir mensajes de alerta Temprana. Muchas veces las personas que integran los SAT son capaces de reconocer señales sencillas que predigan la inundación, pero esto no implica que estas reaccionen de inmediato y tomen decisiones de prevención. Es por esto que es importante incorporar campañas de concientización y educación en los planes de estudio, desde la enseñanza primaria hasta la universitaria.

En el caso de la capacidad de respuesta se puede observar que las COLRED ya no se encuentran vigentes según el Manual de Organización de SE-CONRED por lo que es necesario realizar un proceso de actualización.

Dentro del proceso de actualización es necesario incluir los módulos propuestos en el Manual de referencia para sistemas de alerta temprana ante inundaciones en Guatemala y campañas de concientización y educación pública.

## 5.2. PROPOSTA DE MEJORAMIENTO DEL SAT DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS ACHIGUATE Y COYOLATE

### 5.2.1. Conocimiento del riesgo en la cuenca Coyolate

#### 5.2.1.1. Caracterización de la Cuenca del Río Coyolate

##### a. Perímetro

El perímetro consiste en la longitud del parteaguas que rodea la cuenca, este parámetro está expresado en kilómetros y su importancia radica en la forma de la cuenca. Para la cuenca del río Coyolate el perímetro tiene una longitud de 307.95 Km.



FIGURA 1. Delimitación de la cuenca del río Coyolate.

##### b. Clases de corrientes

Esta cuenca está formada por corrientes efímeras, intermitentes y permanentes. Las corrientes efímeras son aquellas que llevan agua solo después de un evento de lluvia, las corrientes intermitentes llevan agua algunos meses después de finalizada la época lluviosa y las permanentes llevan agua todo el tiempo.

### c. Orden de corrientes y la longitud media de corrientes (Lu)

El orden de las corrientes determina cuan ramificados son los cauces de una cuenca, para determinar el orden de la cuenca bajo estudio se utilizó el método de Horton - Strahler por ser uno de los más utilizados y presentar mayor facilidad respecto a otras metodologías. De acuerdo a Ven Te Chow (Chow, Maidment, Mays, & Saldarriaga, 1994), el método funciona de la siguiente forma: a los cauces que no tienen tributarios se les asigna un orden de corriente uno (Generalmente cauces efímeros), cuando dos cauces de orden 1 se unen forman un cauce de orden 2 aguas abajo; en general, cuando dos canales de orden  $i$  se unen, resulta un canal de orden  $i + 1$ . Cuando un canal de orden bajo se une con un canal de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los dos órdenes. El orden de la cuenca de drenaje es el mismo del río a su salida, el mayor orden en la cuenca.

La cuenca tiene un orden 6, lo que indica que son ríos grandes y caudalosos, sus tiempos de repuesta tienden a ser lentos al momento de las crecidas.

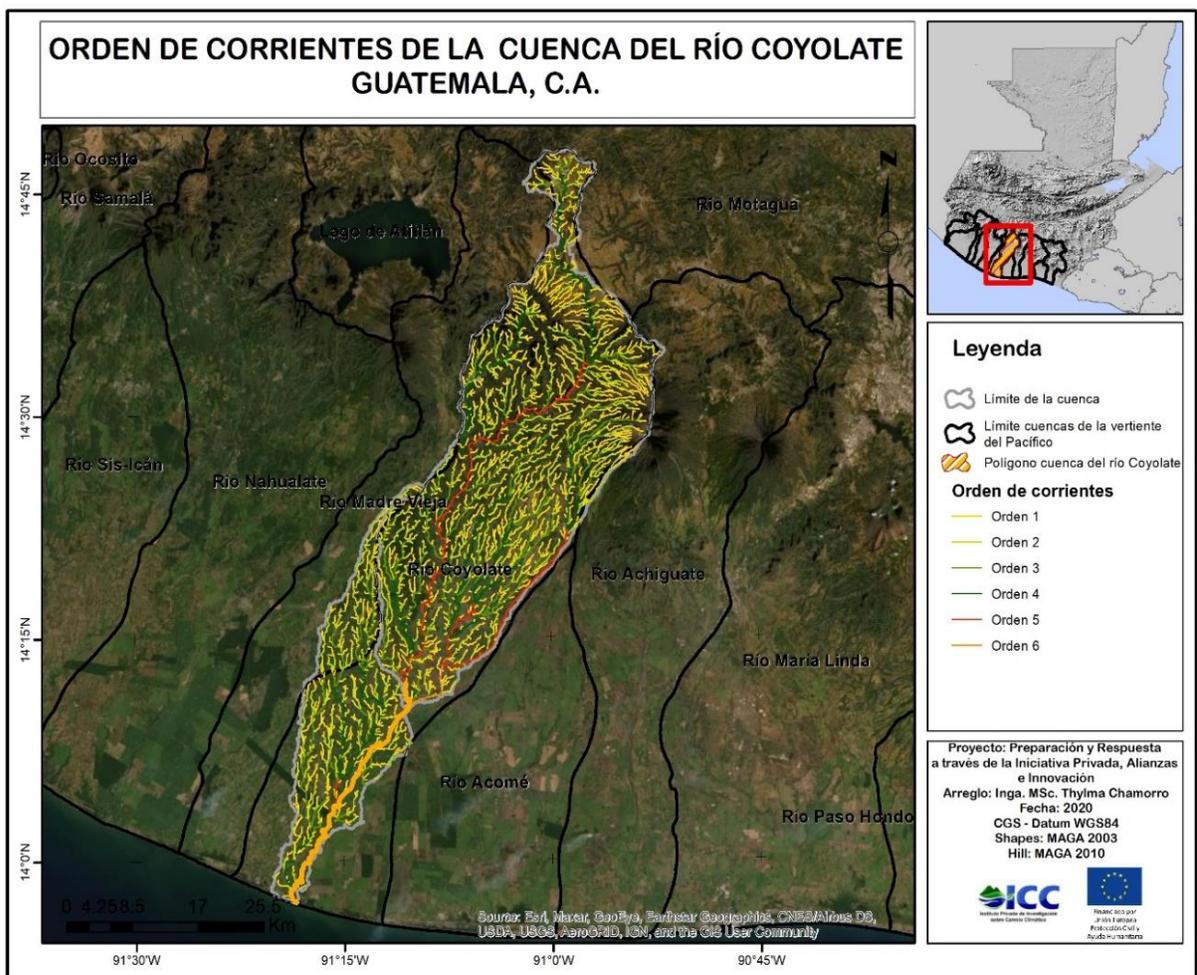


Figura 2. Orden de corrientes de la cuenca Coyolate.

**Tabla 1.** Orden de corrientes y longitud por orden de corrientes para la cuenca.

ORDEN	NO. DE DRENAJES (Nu)	LONGITUD (km)
1	1313	1041.88
2	596	546.91
3	340	297.65
4	209	178.41
5	124	120.91
6	58	41

**d. Longitud media de corrientes ( $(Lu)\bar{}$ )**

La longitud media de corrientes es aquella longitud que en promedio tienen las corrientes dependiendo de su orden. Se obtiene dividiendo la longitud total de corrientes de determinado orden entre la cantidad de corrientes; la expresión para determinar su valor es la siguiente:

$$\bar{Lu} = \frac{\sum Lu_i}{Nu}$$

Donde:

Lu = Longitud de corriente

Nu = Número de corrientes de orden u

**Tabla 2.** Determinación de la longitud media de corrientes.

Orden de corrientes (u)	Número de corrientes (Nu)	Longitud de corriente (Lu)	Longitud media de corriente ( $\bar{Lu}$ )
1	1313	1041.88	0.79
2	596	546.91	0.92
3	340	297.65	0.88
4	209	178.41	0.85
5	124	120.91	0.98
6	58	41	0.71

La longitud media de las corrientes de orden 1 es de 0.79 km, generalmente son quebradas o cauces pequeños y representan las corrientes efímeras. Las de orden 2 tiene una longitud de 0.92 kilómetros y representan quebradas y pequeños ríos, estas corrientes pueden ser intermitentes y permanentes. Y las de orden 3, 4, 5 y 6 representan los ríos medianos con longitud de 0.88, 0.85, 0.98 y 0.71 kilómetros, siendo estas las corrientes permanentes.

### e. Radio de bifurcación medio (Rb)

Es la relación entre el número de corrientes de un orden dado (u) y el del orden superior siguiente (u+1), la ecuación para determinar el radio de bifurcación entre órdenes de corrientes es la siguiente:

$$Rb_i = \frac{Nu}{N(u+1)}$$

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u

N (u+1) = Número de corrientes de orden superior

Al promedio de radio de bifurcación se le denomina radio de bifurcación medio y se calcula con la siguiente expresión:

$$Rb = \frac{\sum Rb_i}{n}$$

**Tabla 3.** Determinación del radio de bifurcación y el radio de bifurcación de la cuenca Coyolate

Orden	No. De drenajes (Nu)	Relación de Bifurcación (Rbi)
1	1313	
2	596	2.2
3	340	1.8
4	209	1.6
5	124	1.7
6	58	2.1
Promedio		1.9

El radio medio de bifurcación es de 1.9 para la cuenca, lo cual indica que por cada 2 corrientes hay una de orden superior.

### f. Radio de Longitud media (Rl)

Es el promedio de la relación entre la longitud de corrientes de orden superior (u) y la del orden inferior (u-1), la ecuación para calcularla es la siguiente:

$$\overline{Rl} = \frac{\sum \frac{Lu}{L(u-1)}}{n}$$

Donde:

Lu = Longitud de corriente

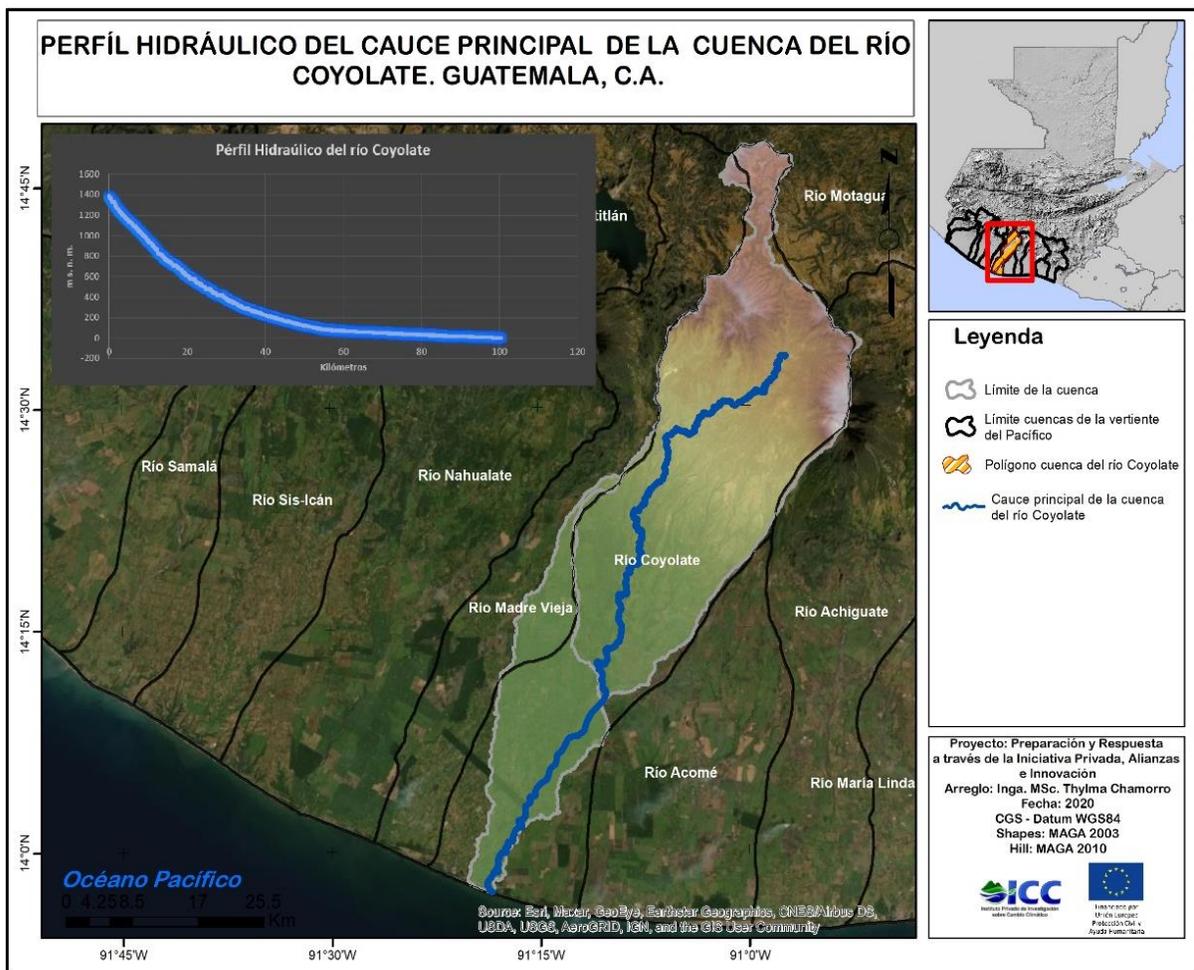
L (u-1) = Longitud de corriente de orden inferior

**Tabla 4.** Determinación del radio de longitud media de la cuenca del río Coyolate.

Orden de corrientes (u)	Longitud de corriente (Lu)	Radio de longitud media (Rli)
1	1041.88	
2	546.91	0.52
3	297.65	0.54
4	178.41	0.60
5	120.91	0.68
6	41	0.34
Promedio		<b>0.54</b>

### g. Longitud del cauce principal

Se le llama cauce principal a aquel que pasa por la salida o punto de control de la cuenca, generalmente tiene su origen en un manantial que se ubica en la parte alta. Este se caracteriza por ser el cauce más largo dentro de una cuenca. Para la cuenca Coyolate la longitud del cauce principal es de 109.93 Km.



**Figura 3.** Cauce principal de la Cuenca del río Coyolate.

#### h. Área de la cuenca (Ak)

El área de la cuenca es aquella que se encuentra encerrada dentro del parteaguas, es suma importancia ya que indica el área de captación y es muy usado en los modelos hidrológicos. Para la cuenca Coyolate es de 1484.44 km<sup>2</sup> (148444 Ha).

#### i. Forma de la cuenca

La forma de la cuenca está relacionada con la rapidez con la cual la cuenca drena la escorrentía superficial producto de los eventos de precipitación o lluvia, a su vez, se encuentra relacionado con el tiempo de concentración de la cuenca. La forma de la cuenca se puede determinar por medio de índices, los cuales establecen cuán circular es; mientras más se acerque la forma de la cuenca a un círculo, mayor será su capacidad de drenaje dado que la escorrentía superficial llegará más rápidamente hacia el punto de control o de salida de la cuenca, esto se traduce en caudales mayores si se comparan con los de una cuenca de igual área, pero cuya forma sea más alargada. Los coeficientes a utilizar para determinar la forma de la cuenca serán: La relación de forma, la relación circular y el índice de compacidad.

#### j. Relación de la forma (Rf)

Definido por Horton como la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$R_f = \frac{A_k}{L_c^2}$$

Donde:

A<sub>k</sub> = Área de la cuenca

L<sub>c</sub> = Longitud del cauce principal

Dependiendo de los valores de la relación o coeficiente de forma la cuenca puede clasificarse según se muestra en la tabla.

**Tabla 6.** Forma de la cuenca en función del coeficiente.

R <sub>f</sub>	Forma
0.73	Circular
1.00	Cuadrada con salida en el punto medio de los lados
0.50	Cuadrada con salida en una esquina
0.40 < R <sub>f</sub> < 0.50	Ovalada
R <sub>f</sub> < 0.30	Cuenca alargada

Los datos que se utilizaran para el cálculo de la relación de forma de la cuenca se muestran en la tabla.

**Tabla 7.** Determinación de la relación de forma de la cuenca Coyolate

Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud del cauce principal (Km)	Relación de forma
1484.44	109.93	<b>0.123</b>

El índice de forma para esta cuenca es de 0.123, siendo este valor característico de una cuenca alargada, y una baja susceptibilidad a crecida.

#### k. Relación de la forma circular (R<sub>c</sub>)

Es el cociente del área de la cuenca entre el área de un círculo cuyo perímetro sea igual al de la misma; si el valor del coeficiente es cercano a uno la forma de la cuenca es circular y si su valor es 0.785 se dice que la cuenca tiene una forma cuadrada. Esta relación se expresa de la siguiente forma:

$$R_c = \frac{A_k}{A_c} = \frac{4 \cdot \pi \cdot A_k}{P^2}$$

Donde:

A<sub>k</sub> = Área de la cuenca

A<sub>c</sub> = Área de un círculo de perímetro igual al de la cuenca

P = perímetro de la cuenca

**Tabla 8.** Índice de relación circular de la cuenca Coyolate

Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Área del círculo (Km <sup>2</sup> )	Relación circular
1484.44	307.95	7546.57	<b>0.197</b>

#### l. Índice de compacidad o de Gravelius (K<sub>c</sub>)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo con igual área que la de la cuenca. La clasificación de la forma de la cuenca de acuerdo a este índice se muestra en la siguiente tabla, el índice puede tener además valores en el orden de 6 cuando se trata de cuencas muy alargadas.

**Tabla 9.** Clasificación de la forma de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.

K <sub>c</sub>	Forma
K <sub>c</sub> ≤ 1.00	Circular
1.00 < K <sub>c</sub> < 1.25	Casi redonda a oval redonda
1.25 < K <sub>c</sub> < 1.50	Oval redonda a oval oblonga
1.50 < K <sub>c</sub> < 1.75	Oval oblonga a rectangular
K <sub>c</sub> > 1.75	Alargada

La expresión para determinar el valor del índice de compacidad de una cuenca es la siguiente:

$$K_c = \frac{P_k}{P_c} = \frac{P_k}{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot A_k}}$$

Donde:

$P_k$  = perímetro de la cuenca

$A_k$  = área de la cuenca

$P_c$  = perímetro de un círculo con un área igual al área de la cuenca

**Tabla 10.** Índice de compacidad de la cuenca Coyolate.

Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Índice de compacidad
1484.44	307.95	<b>2.25</b>

El índice de compacidad de la cuenca Coyolate es de 2.25, esta lo clasifica como una cuenca alargada.

#### **m. Radio de elongación (Re)**

Definido por Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima (Lm) de la cuenca medida desde la desembocadura hasta la divisoria en sus límites extremos sobre una línea recta paralela al eje del río principal.

$$R_e = \frac{D}{L_m} = \frac{4 \cdot A_k}{\pi \cdot L_m}$$

**Tabla 11.** Índice de compacidad de la cuenca Coyolate.

Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud máxima (Km)	Radio de elongación
1484.44	100.13	<b>18.9</b>

#### **n. Densidad de drenaje (D)**

Son los kilómetros de cauce o corriente que hay en la cuenca por unidad de área; al igual que la densidad de corrientes, las cuencas con densidad de drenaje bajas tendrán caudales de crecida menores si se comparan con cuencas similares, pero con mayor densidad de drenaje. La ecuación utilizada para calcular la densidad de drenaje de una cuenca es la siguiente:

$$D = \frac{La}{A_k}$$

Donde:

La = Longitud acumulada de corrientes

$A_k$  = Área de la cuenca

**Tabla 12.** Determinación de la densidad de drenaje de la cuenca Coyolate.

Longitud acumulada de corrientes (Km)	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Densidad de drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )
2226.76	1484.44	<b>1.50</b>

El valor obtenido corresponde a una cuenca medianamente drenada, dado que el resultado se encuentra entre 0.5 y 3.5 Km/Km<sup>2</sup>, lo cual implica que tiende a presentar problemas de erosión a causa de escorrentía.

**o. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)**

Es la cantidad de corrientes o cauces que existen en la cuenca por unidad de área, en el caso de la cuenca en estudio se utilizara como unidad de área el kilómetro cuadrado.

**Tabla 13.** Determinación de la densidad de corrientes de la cuenca Coyolate.

Número total de corrientes	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Densidad de corrientes (corrientes/km <sup>2</sup> )
2640	1484.44	<b>1.78</b>

Una cuenca con densidad de corrientes mayor tendrá una respuesta rápida ante eventos de lluvia, debido a la mayor concentración de cauces por unidad de área, la escorrentía superficial llegará más rápido al punto de control y por lo tanto tendrá caudales pico o de crecida mayores que si dicha cuenca tuviera una densidad de corrientes menor. Para esta cuenca la densidad de corrientes es moderada, motivo por el cual hay problema con las crecidas.

**p. Coeficiente de torrencialidad**

Relaciona el número de cauces de primero orden definido por el método de Horton y el área total de la cuenca. Este índice es utilizado para definir el carácter torrencial de una cuenca.

**Tabla 14.** Determinación del coeficiente de torrencialidad de la cuenca Coyolate.

Número de corrientes de orden 1	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente de torrencialidad (corrientes de orden 1/km <sup>2</sup> )
1313	1484.44	<b>0.88</b>

Este es un indicador de la erodabilidad lineal y de la capacidad de descarga de una cuenca. Debido a que los cursos de primer orden son de génesis erosiva, altos valores indican elevada susceptibilidad a la erosión, menores tiempo de llegada al pico y alta torrencialidad. En otras palabras, los cursos de orden 1 son los de mayor importancia en la generación de flujos torrenciales y de inundaciones aluvionales veloces. Este parámetro permite interpretar el comportamiento del flujo de agua en la cuenca.

#### q. Pendiente media de la cuenca (Sc)

Es la pendiente que en promedio la superficie de la cuenca tiene, de acuerdo a la pendiente media de la cuenca el terreno puede clasificarse como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Clasificación de la pendiente en las cuencas hidrográficas.

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

La pendiente media de la cuenca del río Coyolate es de 22.37 % que podría tomarse como fuertemente accidentado.

#### r. Elevación media (Elev)

Se trata de las principales alturas en la cuenca, para la cuenca en estudio las alturas mínima y máxima se relacionan con el perfil del cauce principal del inciso previo. La altura media de la cuenca representa la elevación en la cual el área aguas arriba de dicho punto es la misma área que la que se ubica aguas abajo (50 % del área de la cuenca). Los valores de estas alturas pueden observarse en el siguiente cuadro.

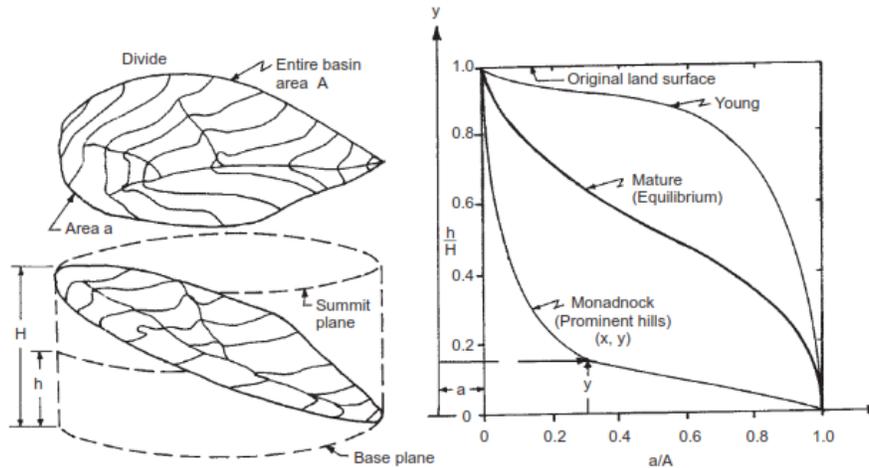
**Tabla 17.** Alturas características de la cuenca Coyolate.

Min	Max	Rango
0	3973	3973

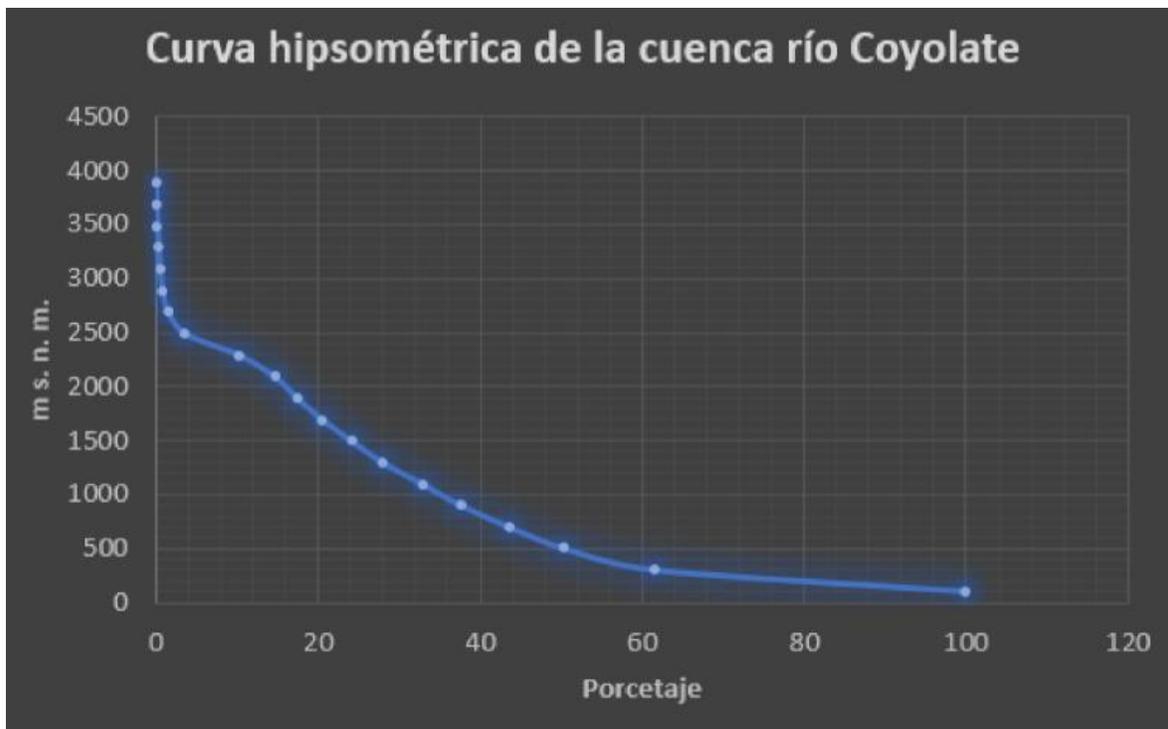
#### t. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica representa el porcentaje de área de la cuenca que se ubica aguas arriba de cada altura o elevación. La curva hipsométrica también es de utilidad para determinar el valor de la altura media del inciso anterior a través de la mediana, al ubicar la coordenada vertical correspondiente al 50 % del área. Otra de sus funciones es también determinar el comportamiento del cauce en cuanto a la deposición de sedimentos y la erosión de la cuenca; como se observa en la siguiente figura donde se clasifica el comportamiento de la cuenca en función de la forma de la curva (Cuenca jóvenes con gran capacidad erosiva, cuencas en fase de madurez o de equilibrio y cuencas en etapa de vejez, las cuales se denominan también cuencas sedimentarias).

La forma de la curva hipsométrica de la cuenca Coyolate, muestra que es una cuenca vieja, en las cuales predominan la geología sedimentaria, tal es el caso de esta cuenca, alta deposición de sedimentos en la parte baja, además también influye el alto transporte de sedimentos por la actividad volcánica del Volcán de Fuego.



**Figura 4.** Clasificación del estado de la cuenca según la forma de la curva hipsométrica.



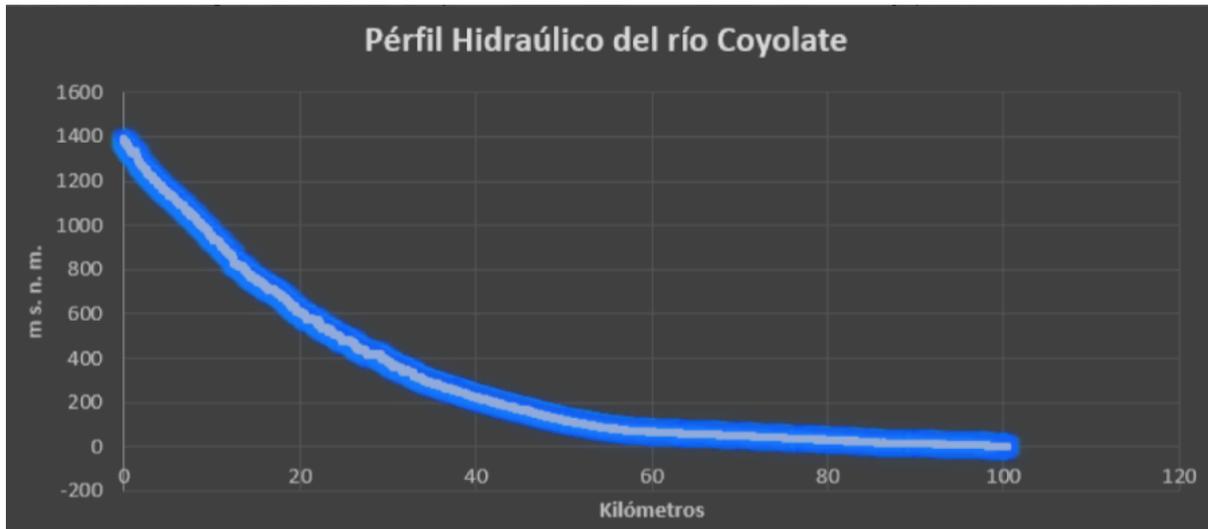
**Figura 5.** Curva hipsométrica de la cuenca Coyolate.

#### **u. Pendiente del cauce principal (Scp)**

Por medio de sistemas de información geográfica, se calculó la pendiente existente entre tramos uniformes del cauce principal de la cuenca, posterior a ello se calculó el promedio de las pendientes entre tramos dando como resultado una pendiente media del cauce principal. De manera complementaria se adjuntará una figura con el perfil del cauce principal.

**Tabla 18.** Pendiente media del cauce principal de la cuenca Coyolate.

Mínima	Máxima	Media
0	1,403	0.01



**Figura 6.** Perfil hidráulico del cauce principal de la cuenca Coyolate.

**v. Coeficiente de masividad ( $K_m$ )**

Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie. Permite diferenciar cuencas con igual altura media pero distinto relieve.

$$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca}}{\text{Área de la cuenca}}$$

Donde:

h = altura media de la cuenca (m)

Ak = área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Este coeficiente toma valores bajos para cuencas planas y valores altos para cuencas montañosas.

**Tabla 19.** Clasificación del coeficiente de masividad

Rango de $K_m$	Clases de masividad
0-35	Moderadamente montañosa
35-70	Montañosa
70-104	Muy Montañosa

Los resultados de la cuenca Coyolate la clasifican como moderadamente montañosa.

**Tabla 20.** Coeficiente de masividad de la cuenca Coyolate

Elevación media (m.s.n.m.)	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente de masividad (m/Km <sup>2</sup> )
779.13	1484.44	0.52

**w. Coeficiente de relieve (Rh)**

Determina cuan accidentado es el terreno. La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$Rh = \frac{\Delta h}{1000 * Ltc}$$

Donde:

$\Delta h$  = Diferencia de elevación entre el punto más alto y el punto de aforo de la cuenca

Ltc = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca

**Tabla 21.** Determinación del coeficiente de relieve de la cuenca Coyolate.

Intervalo de elevación (m)	Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (Km)	Coeficiente de relieve
3973	19069	0.00020

**x. Coeficiente de robustez (Rr)**

$$Rh = \frac{\Delta h * D}{1000}$$

Donde:

$\Delta h$  = Diferencia de elevación entre el punto más alto y el punto de aforo de la cuenca

D = Intervalo entre curvas de nivel

**Tabla 22.** Determinación del coeficiente de robustez de la cuenca Coyolate.

Intervalo de elevación (m)	Intervalo entre las curvas de nivel dentro de la cuenca (m)	Coeficiente de robustez
3973	20	198.65

**y. Coeficiente orográfico (Co)**

Esta relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie de la cuenca. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón si el coeficiente orográfico es menor a 6 el relieve de la cuenca es poco accidentado, característico de cuencas extensas y de baja pendiente, y si el coeficiente es mayor a 6 representa cuencas muy accidentadas.

$$C_o = \frac{h^2}{A_k}$$

Donde

Co= coeficiente orográfico

h = altura media de la cuenca (m)

Ak = área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

**Tabla 23.** Coeficiente orográfico de la cuenca Coyolate

Altura media de la cuenca	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente orográfico (m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )
779.13	1484.44	<b>408.93</b>

Implica que la cuenca es muy accidentada

**z. Tiempo de concentración de Kirpich.**

Se refiere al tiempo que tarda una gota que cae en la parte más alejada de la cuenca hasta llegar el punto de control. Este es una información indispensable al momento de realizar estudios de crecidas e inundaciones, y a partir de este modelo se pueden establecer sistemas de alerta temprana.

$$T_c = \frac{3.9888 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal (m)

S = pendiente medio del cauce principal (m/m)

**Tabla 24.** Tiempo de concentración de la cuenca Coyolate.

Longitud del cauce principal (Km)	Pendiente media del cauce principal (m/m)	Tiempo de concentración (min)
109.93	0.01	875.00

### 5.2.1.2. Usos del suelo

Según el Mapa de Bosques y uso de la Tierra 2012 y el Mapa de Cambios de uso de la Tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero realizado por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra -GIMBOT-, el 49.6 % de la cuenca se encuentra ocupada por bosque coníferos y latifoliados, el 23 % del área de la cuenca está ocupada por vegetación arbustiva baja o Guamil, el 12.9 % por cultivos de granos básicos (maíz y frijol), el 4.7 % por pastos naturales y cultivados, el 7.7 % está ocupado por café y cardamomo, el 0.9 % por cultivos perennes, el 0.3% por tejido urbano y el resto por cuerpos de agua y humedales.

**Tabla 25.** Uso de la tierra de la cuenca Coyolate.

Uso de la Tierra	Área (Ha)	Porcentaje
Urbano	47.71	3.21
Bosques	216.30	14.56
Humedales	51.85	3.49
Cuerpos de Agua	34.33	2.31
Cultivos permanentes de plantas o tallos	85.48	5.76
Agricultura Anual	105.91	7.13

Sabanas	3.52	0.24
Sin información	32.01	2.16
Cultivos permanentes herbáceos	1.75	0.12
Arboles dispersos	11.17	0.75
Espacios abiertos sin o con poca vegetación	285.86	19.26
Hule	6.02	0.41
Pastizales	130.67	8.80
Café	108.83	7.33
Cultivos permanentes arbustivos	44.79	3.02
Palma Africana	3.08	0.21
Zonas agrícolas heterogéneas	125.42	8.45
Caña	189.92	12.79

### 5.2.1.3. Tipos de suelo

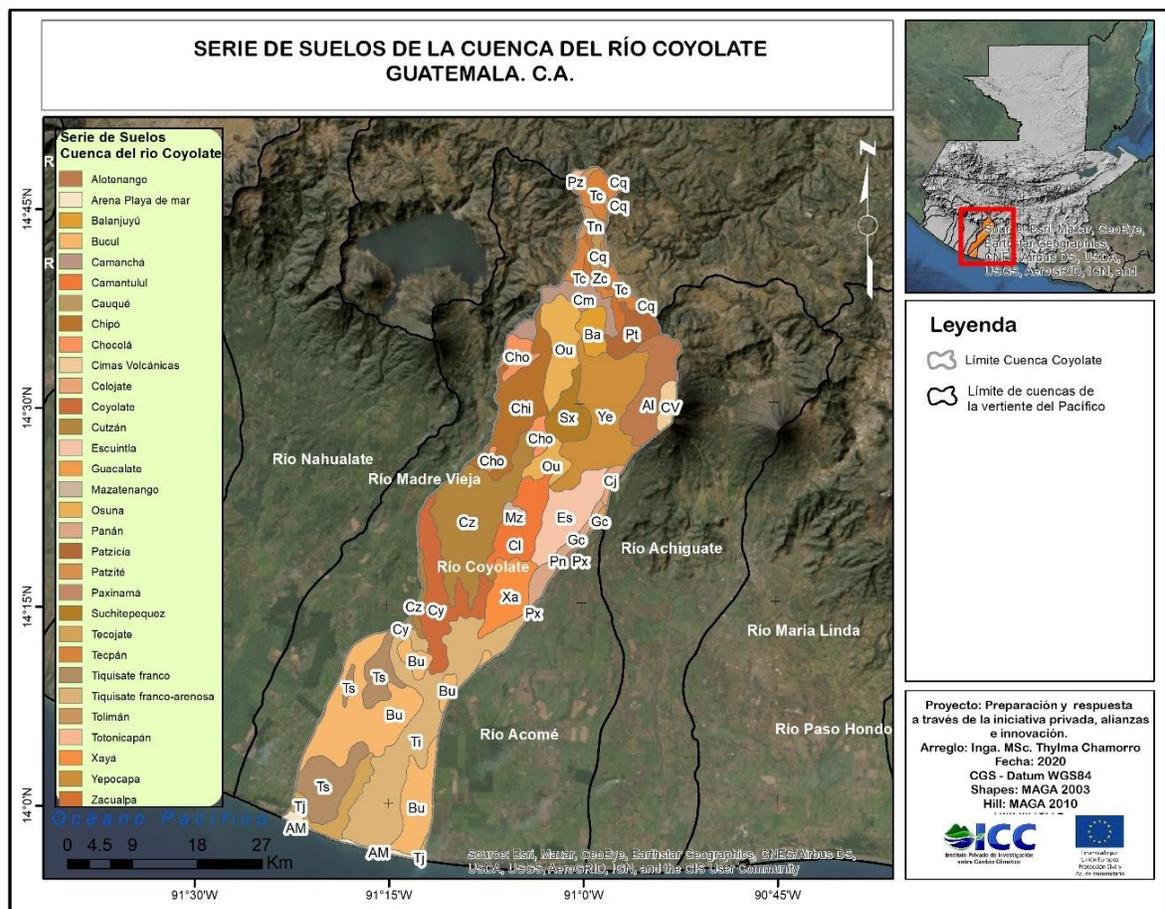
La serie de suelos según el mapa de serie de suelos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- elaborado en el año 2006, la serie Cutzán abarca el 11% del área de la cuenca, luego está la serie de Yepocapa con el 8.97 %, la Bucul ocupa el 7.08%, Tiquisate franco arenosa con el 6.8%, Tiquisate franco el 6.6%, Coyolate con el 6.30 %. El tipo de suelo que ocupa la cuenca del río Coyolate es muy variado y está compuesto por 32 clases diferentes.

**Tabla 26.** Series de suelos de la cuenca Coyolate.

Serie de suelos	Area (Ha)	Porcentaje
Totonicapán	352.35	0.24
Patzité	742.98	0.50
Cauqué	840.07	0.57
Tecpán	2374.35	1.60
Zacualpa	1530.21	1.03
Tolimán	1043.87	0.70
Camanchá	3440.40	2.32
Patzicía	3020.33	2.03
Osuna	8076.94	5.44
Balanjuyú	2304.80	1.55
Chipó	9299.32	6.26
Alotenango	6546.67	4.41
Chocolá	3387.86	2.28
Yepocapa	13327.99	8.97
Suchitepéquez	3670.93	2.47
Cimas volcánicas	1408.05	0.95

Cutzán	16877.00	11.36
Suelos aluviales	992.91	0.67
Colojate	991.03	0.67
Escuintla	6661.72	4.49
Camantulul	5507.50	3.71
Mazatenango	739.54	0.50
Coyolate	9855.85	6.64
Tiquisate franco	10211.31	6.88
Panán	2001.63	1.35
Guacalate	50.04	0.03
Paxinamá	42.14	0.03
Xayá	5148.28	3.47
Bucul	12975.39	8.74
Tiquisate franco arenosa	10113.56	6.81
Tecojate	2479.60	1.67
Arena playa de mar	21.17	0.01
<b>Total</b>	<b>148518.60</b>	<b>100.00</b>

La clase textural según el mapa de serie de suelos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- elaborado en el año 2006 indica que los suelos predominantes en la cuenca, son la Ceniza volcánica, con un 8.97 %, luego están la textura Franco-Arcillosa a Arcilla con el 8.96 % del área de la cuenca, Arcilla con el 8.84 % y el restante son franco limosas, franco arenosas, arenas. Este tipo de clases texturales pertenece al grupo hidrológico B, con excepción de los suelos arcillosos que pertenecen al D.



**Figura 7.** Series de suelos de la cuenca del río Coyolate

Los suelos francos se caracterizan por tener un buen drenaje superficial, mientras los suelos arcillosos tienen limitantes con el drenaje; pero favorecen la escorrentía.

**Tabla 27.** Clase textural de los suelos de la cuenca Coyolate.

Clase textura	Área (Ha)	Porcentaje
Arcilla	2479.60	8.84
Arcilla o Franco Arcillosa	8076.94	5.44
Arena	21.173	0.01
Arena Gruesa-Franca o Franco-Arenosa	991.03	0.67
Arena Franca	42.14	0.03
Ceniza volcánica	13327.99	8.97
Franca a Franca-Arcillosa	6661.72	4.49
Franca a Franco-Arenosa	9299.32	6.26
Franca o Franco-Arcillosa	50.04	0.03
Franca o Franco-Arenosa a Arena-Franca	10211.31	6.88
Franco-Arcillo-Arenosa o Franco-Arenosa	1043.87	0.70
Franco-Arcillo-Limosa a Arcilla	3387.86	2.28
Franco-Arcillosa	7992.06	5.38
Franco-Arcillosa a Arcilla	13296.25	8.96

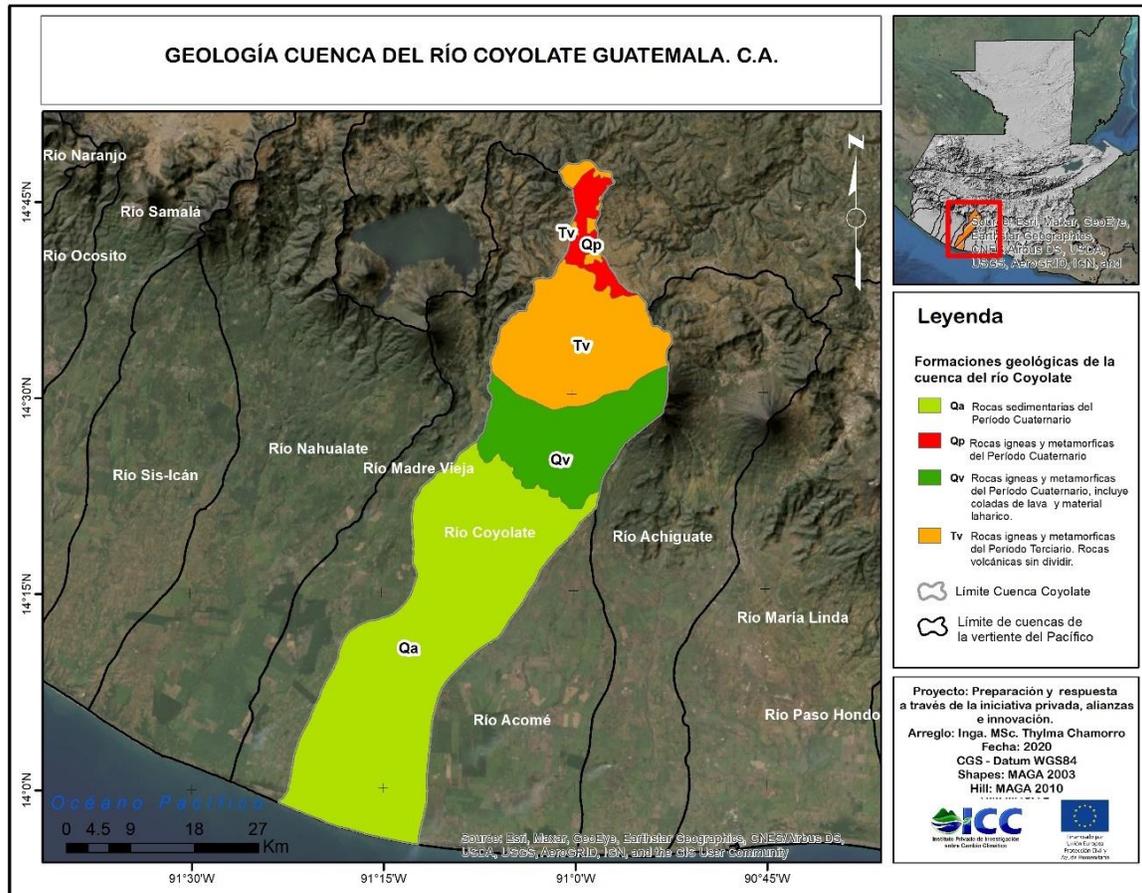
Franco-Arcillosa a Arcilla-Arenosa	12975.39	8.74
Franco-Arcillosa a Franco-Arcillo-Limosa	352.35	0.24
Franco-Arcillosa o Franco-Arcillo-Arenosa	742.98	0.50
Franco-Arenosa	3541.84	2.38
Franco-Arenosa o Franco-Arcillosa	3020.33	2.03
Franco-Arenosa-Fina	10113.56	6.81
Franco-Limosa	739.54	0.50
Franco-Limosa a Franco-Arcillo-Limosa	3670.93	2.47
<b>Total</b>	<b>148518.60</b>	<b>100</b>

#### 5.2.1.4. Geología

En las unidades geológicas de la cuenca del río Coyolate, predomina los Aluviones Cuaternarios (Qa), con un 53.10 %, los cuales se encuentran en la parte sur del territorio de Guatemala, seguido por las rocas volcánicas sin dividir (Tv) 24.34% y las rocas volcánicas (Qv) 19.04%. Lo cual la caracteriza por el porte de material del cinturón volcánico en las partes más elevadas de la cuenca. Esta información ha sido tomada del mapa general geológico de Guatemala en la hoja de referencia: ND-15-8G del Instituto Geográfico Nacional del año 1991 a escala 1: 250,000. La actividad volcánica ha arrojado y depositado materiales compuestos por depósitos de arenas, cenizas, tobas, lahares y sedimentos piroclásticos. Según (ICC (Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático) , 2011), los materiales que conforman la llanura se encuentran no consolidados y presentan permeabilidades elevadas, presentando en el cauce del río condiciones de resistencia y compactación muy bajas debido a las condiciones de depósito

**Tabla 28.** Geología de la cuenca Coyolate.

Geología	Periodo	Área (Ha)	Porcentaje
Tv	Terciario	36161.11	24.34
Qa	Aluviones cuaternarios	78870.21	53.10
Qp	Cuaternario	5195.91	3.49
Qv	Cuaternario	28291.35	19.04
<b>Total</b>		<b>148518.60</b>	<b>100</b>



**Figura 8. Geología de la cuenca Coyolate**

### 5.2.1.5. Dinámica fluvial

La curva hipsométrica de la cuenca del río Coyolate muestra pendientes altas en zonas de la parte alta de la cuenca, principalmente por la influencia y ubicación de los volcanes de Fuego y Acatenango. La reducción abrupta de las alturas se da desde los 3,973 m s. n. m. hasta los 2,500 m s. n. m. los que favorece a la rapidez del recorrido de las corrientes que nacen en el volcán de Fuego y los afluentes que provienen de la cuenca alta. Esta dinámica incrementa el arrastre de sedimentos que se depositan a lo largo del cauce, iniciando esta deposición aproximadamente a los 800 m s. n. m. El cambio de niveles incide en el tipo del cauce principal, siendo este semirrecto, lo cual es una característica de los ríos de la vertiente del Océano Pacífico.

Las características de la llanura de inundación, como las diferencias locales en la topografía, la composición de los sedimentos y la vegetación, pueden alterar localmente el flujo del banco, promoviendo o inhibiendo la erosión. En consecuencia, no solo el tipo de incisión en el conducto, sino también su inicio y posterior desarrollo pueden variar considerablemente entre diferentes configuraciones de llanuras de inundación.

### 5.2.1.6. Análisis de inundaciones en la cuenca del río Coyolate

La cuenca del río Coyolate es monitoreada actualmente por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). En materia hidrológica se utilizaron los datos de la estación Puente Coyolate por ser la estación con más datos históricos. En el tema de estaciones meteorológicas existen varias estaciones tanto de INSIVUMEH como de ICC, pero muchas son relativamente nuevas por tal razón para el análisis se utilizaron datos de la estación Camantulul del INSIVUMEH.

De acuerdo a los registros que se tienen vinculados a problemas de inundaciones, la cuenca del río Coyolate es una de las que más recurrencia de eventos de inundación ha tenido, en este documento se realizó un análisis de las áreas susceptibles a inundaciones utilizando la información de amenaza de inundaciones de SE-CONRED y la información del Estudio hidráulico del río Coyolate para la determinación de zonas susceptibles a inundación, esto se puede observar en la Figura 9.

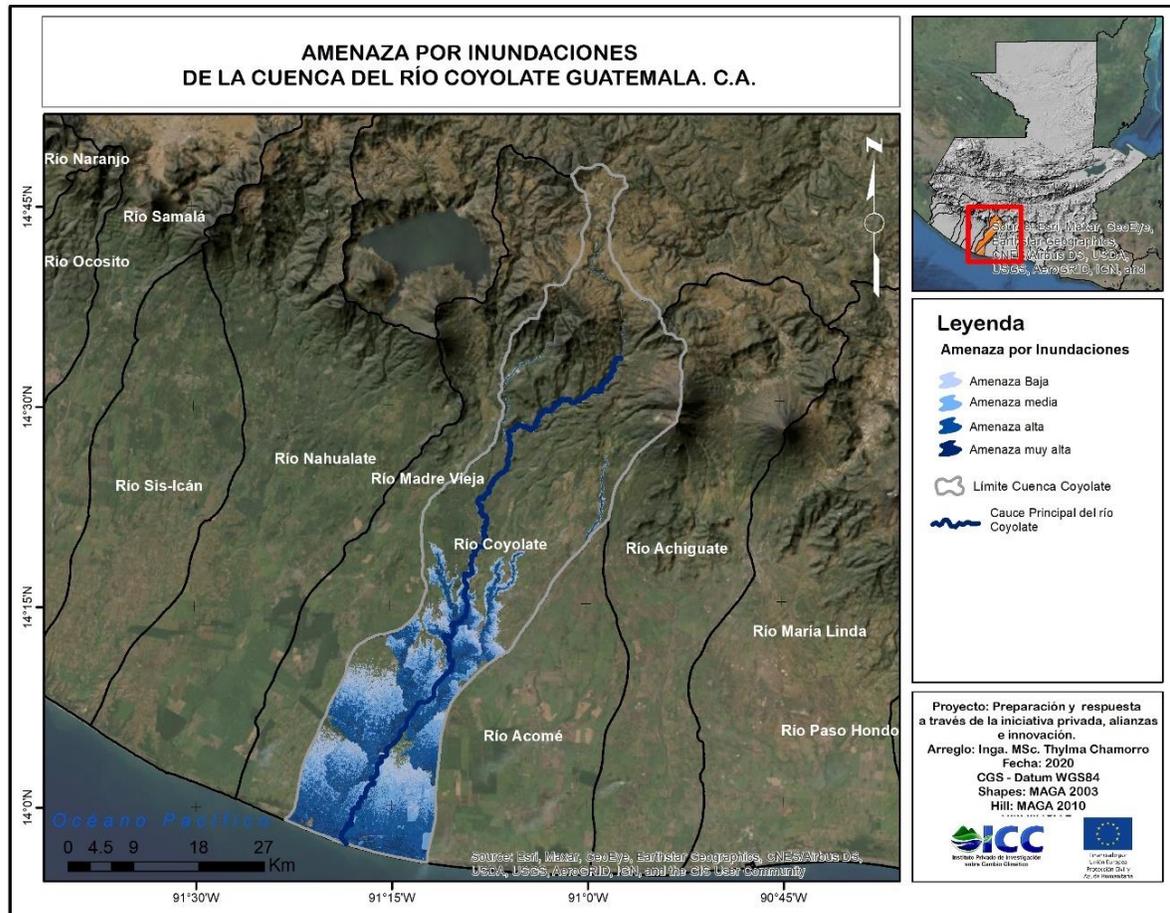
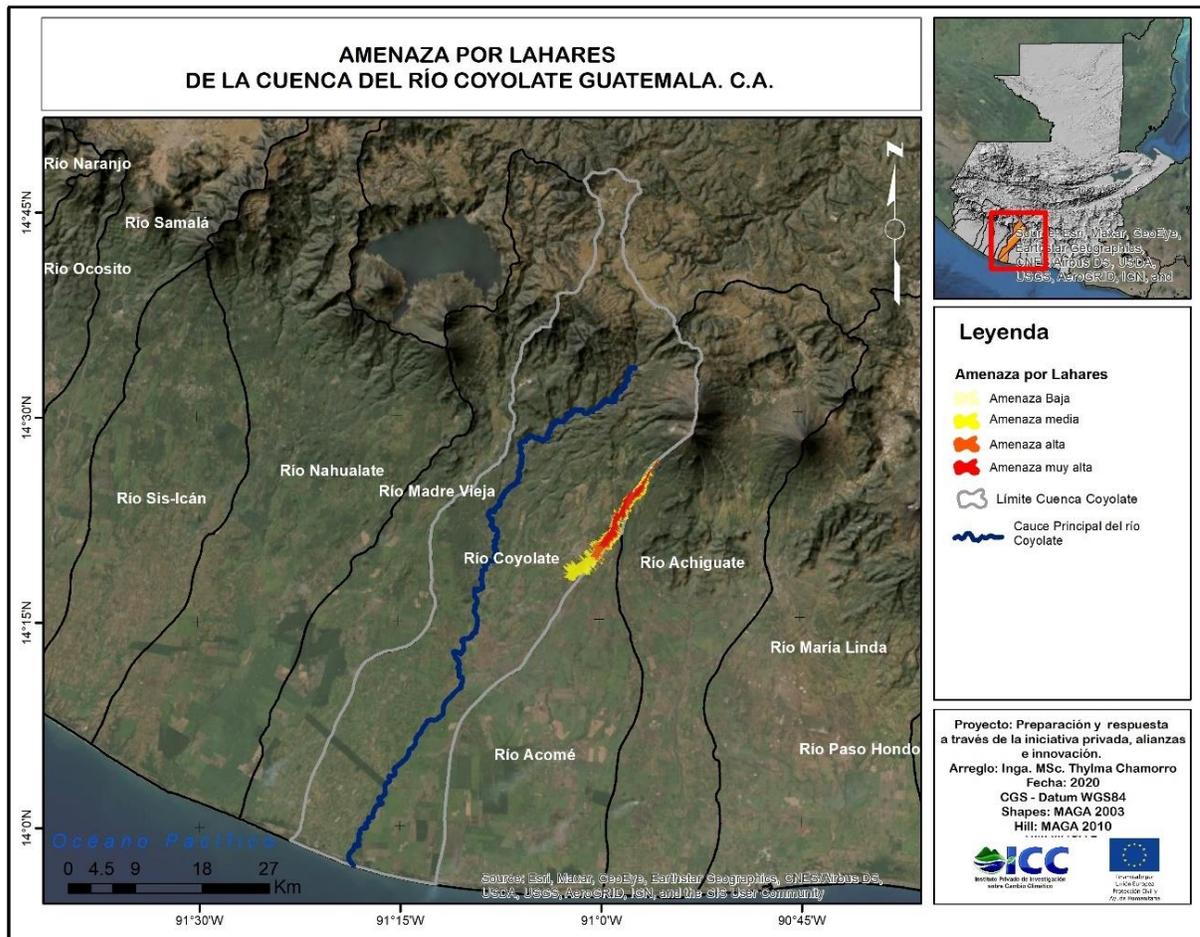


Figura 9. Amenaza de inundaciones en la cuenca del río Coyolate.

La incidencia de lahares, que son una mezcla de rocas volcánicas y agua que fluye rápidamente por las laderas del volcán, es muy recurrente en esta cuenca y afecta los procesos de inundaciones en el área. Las lluvias erosionan los depósitos de material volcánico y transportan el material a las partes bajas del volcán, arrastra rocas de diversos tamaños, árboles y ramas. Estos descienden a altas velocidades y en ocasiones a altas

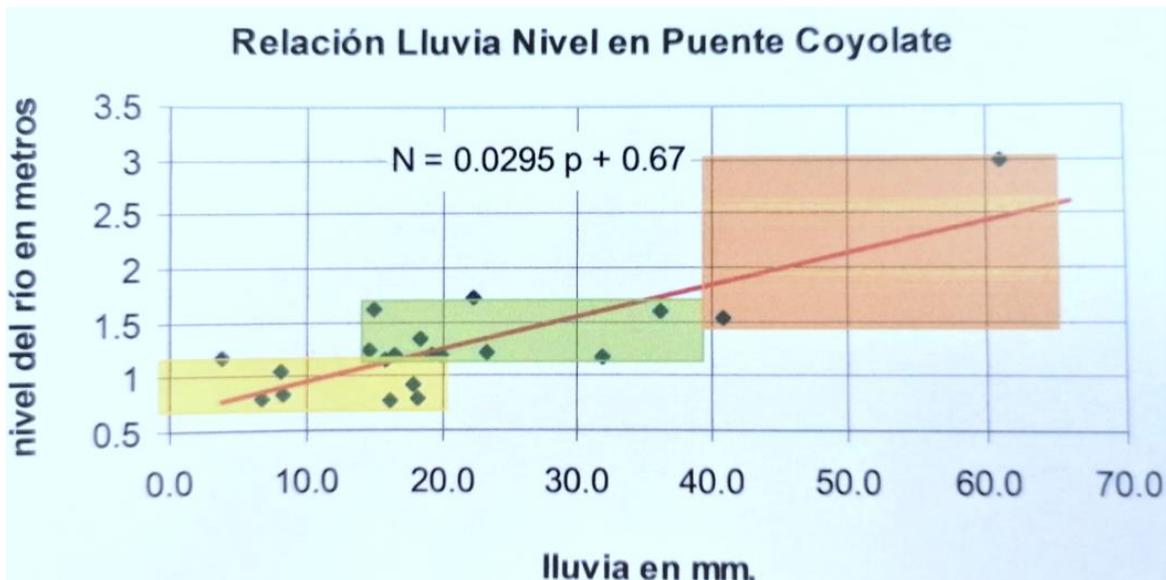
temperaturas. En la Figura 10 se puede observar cómo se desarrolla la amenaza de lahares dentro de la cuenca.



**Figura 10.** Amenaza de lahares de a cuenca del río Coyolate.

Para poder entender el análisis de ocurrencia de crecidas de la cuenca del río Coyolate se utilizó información proporcionada por el Departamento de Sistemas de Alerta Temprana sobre eventos de inundación históricas, se revisó la información de las crecidas de estas fechas según la estación puente Coyolate y la precipitación según la estación Camantulul.

Los niveles registrados en la estación hidrométrica, en las fechas de eventos elegidos según la información proporcionada por el Departamento de SAT de SE-CONRED, se correlacionaron con los eventos de lluvia registrados en la estación Camantulul, determinando un modelo lineal que permite estimar el nivel a subir el río Coyolate en función de la precipitación. En la Figura 11, se muestra los resultados.



**Figura 11.** Relación lluvia – nivel de río en el puente Coyolate.

A manera de tener un incremento del nivel del río Coyolate de acuerdo a la precipitación en la parte alta de la cuenca, se pueden tomar preliminarmente los siguientes rangos, los cuales deben irse validando y ajustando a medida que se tenga nueva información.

**Tabla 29.** Estimaciones de incremento de niveles de río.

Rango de Lluvia (mm)	Rango de incremento de nivel de río (m)
0 – 20	67 – 1.26
20 – 40	1.26 – 1.85
40 – 65	1.85 – 2.59
Mayor de 65	Mayor de 2.59

Para poder tener mayor certeza de los niveles de inundación se tendría que realizar un análisis hidráulico para poder estimar el punto de cero lluvias y estimar los niveles de alerta en cada área de monitoreo. Además, es necesario tomar en cuenta que este análisis solo se realizó para la subcuenca del río Coyolate y es necesario realizar el análisis para los demás afluentes principales de la cuenca, esto implica que es necesario fortalecer el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca.

#### 5.2.1.7. Vulnerabilidades en la cuenca del río Coyolate

La vulnerabilidad es la probabilidad que una persona, sistema u objeto puede sufrir daños frente a peligros inminentes, sean ellos amenazas de origen natural o provocado.

Se realizó un análisis para la cuenca del río Coyolate sobre comunidades, áreas de cultivo de caña de azúcar y principales infraestructuras que pudieran resultar dañados por las amenazas de inundaciones y lahares en la cuenca.

Por la recurrencia de inundaciones en la cuenca del río Coyolate, existen muchos centros poblados que tienen probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares en la cuenca. Como se puede observar en la Figura 12 la mayoría de los centros poblados vulnerables a

inundaciones están ubicados en la parte baja de la cuenca y en la parte alta se encuentran los poblados con posibilidad de ser afectados por lahares.

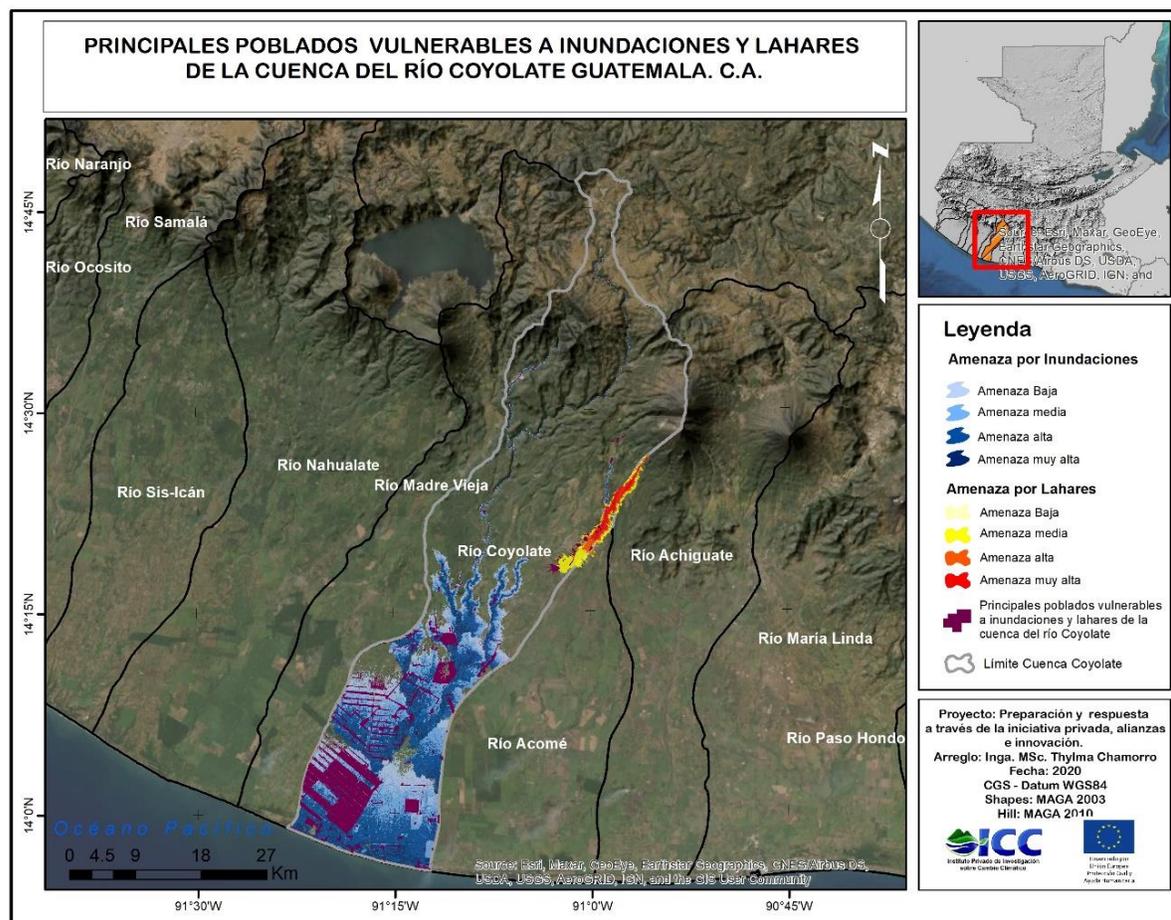


Figura 12. Principales poblados con probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares.

Tabla 30. Listado de poblados vulnerables a inundaciones y lahares de la cuenca del río Cuyulatl.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	NOMBRE	Área (Has)
1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	ADELINA	7.1487
2	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	BUENA VISTA QUELEYA	24.0415
3	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	COLONIA LAS ILUSIONES	3.1014
4	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	COLONIA MANANTIAL	348.4140
5	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	COLONIA MANANTIAL	23.8716
6	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	CRUZ DE LA ESPERANZA	17.0642
7	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL CASTILLO	8.5404
8	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL CERRITO	25.4280
9	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL CERRITO	18.0430

10	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL CERRITO	12.2023
11	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL CERRITO	3.0874
12	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL NIAGARA	1.6354
13	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL PORVENIR	5.9724
14	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL PORVENIR	3.2062
15	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL PORVENIR	1.1596
16	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL RECREO	7.1004
17	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL RECUERDO	25.1966
18	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL RECUERDO	18.3120
19	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	EL ROSARIO	50.1613
20	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	EL SENDERO	2.8002
21	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	FLORES DE MIRIAM	3.2357
22	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	KARICHEL	0.7428
23	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA CONCHITA	5.8134
24	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA CUCHILLA DEL CHINO	4.4330
25	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA CUCHILLA DEL CHINO	2.8590
26	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LA ESPERANZA	1.2298
27	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA GIRALDA	6.5645
28	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LA LUCERNA	2.8344
29	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA PASTORCITA	12.8109
30	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA PASTORCITA	4.8774
31	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LA PASTORCITA	0.9244
32	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LAS JOYAS	2.9729
33	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LAS MARIAS	0.4717
34	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LAS MERCEDES	12.1928
35	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LAS MERCEDES	2.3966
36	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LAS MERCEDES	0.5874
37	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	LOS TARROS	18.1229
38	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LOS YUCALES	20.5779
39	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LOS YUCALES	16.0663
40	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LOS YUCALES	12.3444
41	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	LOS YUCALES	8.1173
42	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	MIRIAM	229.3991
43	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	MONTE DE LOS OLIVOS	19.2294
44	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	MORELIA	29.2963
45	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	MORELIA	2.6638
46	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	MORELIA	1.6099
47	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	OJO DE AGUA	20.6472
48	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PALO VERDE	21.7127

49	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PALO VERDE	20.4039
50	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PANIMACHE	22.6679
51	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PANIMACHE	15.0219
52	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PANIMACHE	11.7401
53	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	PANIMACHE	1.3892
54	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	RIO SANTIAGO	57.1164
55	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN ANTONIO EL ENCANTO	3.3722
56	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN FRANCISCO LA CUCHILLA	0.5309
57	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN FRANCISCO PANIMACHE	3.8257
58	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN FRANCISCO PANIMACHE	0.1972
59	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN JOSE LA UNION	9.7793
60	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN JOSE LA UNION	8.3559
61	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SAN JUDAS	86.4477
62	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SAN JUDAS	0.1128
63	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SAN RAFAEL CHICALES	3.5364
64	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN RAFAEL LA CUCHILLA	12.9692
65	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN RAFAEL LA CUCHILLA	2.9084
66	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SAN RAFAEL LA CUCHILLA	0.1032
67	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANGRE DE CRISTO	59.3049
68	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SANTA CLARA	1.8828
69	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA CRISTINA	8.3061
70	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA EMILIA EL COYOLAR	15.3455
71	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA EMILIA EL COYOLAR	9.4340
72	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA EMILIA EL COYOLAR	5.1674
73	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA ISABEL	9.2863
74	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SANTA RITA	7.1072
75	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SANTA RITA	0.2835
76	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA SOFIA	22.1445
77	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA SOFIA	19.6539
78	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA SOFIA	10.7301
79	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	SANTA SOFIA	4.6875
80	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	SANTIAGUITO	1.6350
81	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	VERSALLES EL TIGRE	11.4078
82	CHIMALTENANGO	YEPOCAPA	VERSALLES EL TIGRE	10.2803
83	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	VISTA LINDA	37.2532
84	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	VISTA LINDA	12.3925
85	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	VISTA LINDA	0.0335
			<b>TOTAL DE HECTAREAS</b>	<b>1,578.0348</b>

En cuanto a principales obras de infraestructura que tienen posibilidades a ser dañadas por las amenazas de lahares e inundaciones, se tomaron en cuenta infraestructura vial, puentes e infraestructura educativa.

Los edificios escolares están diseñados para el proceso educativo y aunque por lo general no están acondicionados para albergar a poblaciones, es la infraestructura más utilizada para albergues en caso de emergencia. Estos edificios en algunas ocasiones están ubicados en lugares susceptibles a amenazas o su infraestructura no está en buenas condiciones, y por esto es un tema controversial su utilización en casos de emergencias, crisis o desastres.

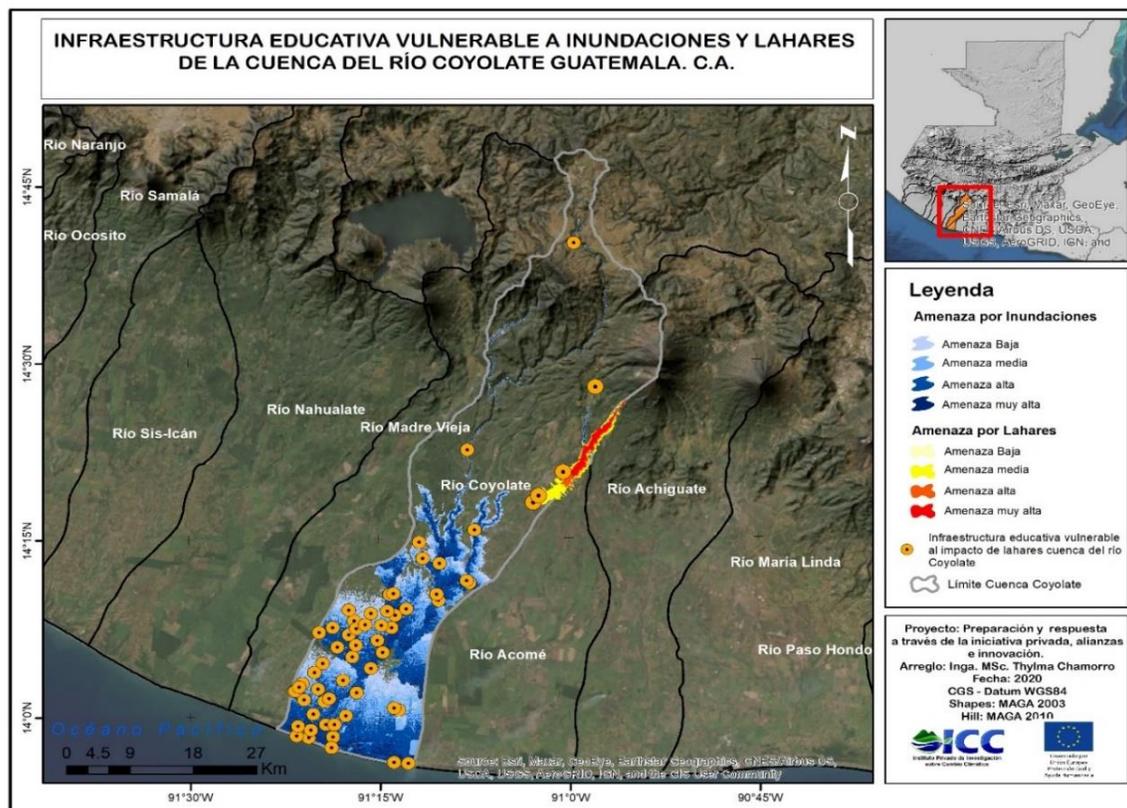
Los esfuerzos e iniciativas para que no se use la infraestructura escolar en emergencias o estar preparados por si esto ocurre, siguen siendo un tema de debate, sobre todo cuando la población requiere seguridad, abrigo y protección en momentos críticos.

Son las escuelas, en las comunidades más pobres, las que muchas veces brindan las mínimas condiciones para albergar a los afectados, ya sea porque la propia población la percibe como área segura o porque en la comunidad no existe otro local que cuente con los mínimos requerimientos sanitarios, de espacio y cocina, cuando se tiene.

Las escuelas son lugares, en la mayoría de los casos, donde la comunidad se reúne, se realizan festividades y se utilizan como centros de votación y de capacitación para adultos y como refugios en emergencias cotidianas. Son espacios que brindan bienestar a la comunidad y educación, seguridad y protección.

En la Figura 13, se muestran la infraestructura educativa con probabilidades de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Coyolate.

En la tabla 31, se puede observar que dentro de la zona de análisis se encuentran 65



**Figura 13.** Infraestructura educativa con probabilidades de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Coyolate.

**Tabla 31.** Listado de la infraestructura educativa pública vulnerable a lahares en la cuenca del río Coyolate

No.	NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
1	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA LOS YUCALES	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
2	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA PANIMACHE	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
3	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	COMUNIDAD AGRARIA SANTA SOFIA	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
4	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	COMUNIDAD AGRARIA MORELIA	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
5	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO PORVENIR	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
6	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA MONTE DE LOS OLIVOS	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
7	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA PANIMACHE II	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
8	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA OJO DE AGUA	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
9	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA SANGRE DE CRISTO	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
10	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA MONTE DE LOS OLIVOS	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
11	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA OJO DE AGUA	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA
12	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE- ANEXA	ALDEA PANIMACHE II	CHIMALTENANGO	SAN PEDRO YEPOCAPA

13	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM JUAN FRANCISCO DAVILA RANGEL	ALDEA EL ROSARIO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
14	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA JUAN FRANCISCO DAVILA RANGEL	ALDEA EL ROSARIO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
15	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL TRANSITO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
16	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA 'RODRIGO GARCIA VALDIZAN'	ALDEA MIRIAM II CAMINO A SAN FELIPE	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
17	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	LOTIFICACION TARDE LINDA I	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
18	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO SAN JUDAS	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
19	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA '25 DE JUNIO'	CAMPO DE LA FERIA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
20	ESCUELA OFICIAL URBANA DE VARONES 'JOSE MILLA Y VIDAURRE'	CALZADA 15 DE SEPTIEMBRE	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
21	ESCUELA OFICIAL URBANA DE NIÑAS 'CENTRO AMERICA'	3A. AVE. 7-81 ZONA 1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
22	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM 'FUNDACION POR LA VIDA'	5A.CALLE 1-68 ZONA 1 CANTON EL PALMAR	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
23	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'FUNDACION POR LA VIDA'	5A. CALLE 1-68 ZONA 1 CANTON EL PALMAR	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
24	ESCUELA PRIVADA URBANA MIXTA 'FUNDACION POR LA VIDA'	5A. CALLE 1-68 ZONA 1 CANTON EL PALMAR	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
25	INSTITUTO NACIONAL EDUCACION BASICA CON ORIENTACION COMERCIAL MARIA JOSEFA ROSADO LARA	5A. CALLE 5-251 CALZADA 15 DE SEPTIEMBRE ZONA 1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
26	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA	INTERIOR CAMPO DE LA FERIA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
27	ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS COMERCIALES ADSCRITA A INMDEB CON ORIENTACION OCUPACIONAL MARIA JOSEFA ROSADO LARA	CALZADA 15 DE SEPTIEMBRE	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
28	INEB JORNADA VESPERTINA		ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
29	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL TRANSITO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
30	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'JOSE MILLA Y VIDAURRE'	CALZADA 15 DE SEPTIEMBRE	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
31	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA '25 DE JUNIO'	CAMPO DE LA FERIA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
32	ESCUELA OFICIAL URBANA DE NIÑAS 'CENTRO AMERICA'	3A. AVENIDA 7-81 ZONA 1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
33	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM RODRIGO GARCIA VALDIZAN	ALDEA MIRIAM 2	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
34	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	CASERIO SAN JUDAS	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
35	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	LOTIFICACION TARDE LINDA I	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
36	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA EORM	LOTIFICACION 8 DE FEBRERO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
37	EORM 8 DE FEBRERO		ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
38	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	ALDEA CRUCE LA ESPERANZA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
39	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	COLONIA SAN MARTIN	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
40	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA JUAN FRANCISCO DAVILA RANGEL	ALDEA EL ROSARIO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
41	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE- ANEXA	ALDEA CRUCE LA ESPERANZA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA

42	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO SAN JUDAS	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
43	ESCUELA PRIVADA DE PARVULOS ANEXA A EPUM 'FUNDACION POR LA VIDA'	5A CALLE 1-68 ZONA 1 CANTON EL PALMAR	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
44	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	COLONIA SAN MARTIN	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
45	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	COLONIA CAÑAVERAL II	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
46	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	COLONIA CAÑAVERAL II	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
47	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE- ANEXA	COLONIA VISTA LINDA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
48	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	COLONIA VISTA LINDA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
49	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU PARA NIÑAS 'CENTRO AMERICA'	3A. AVENIDA SUR 7-81 ZONA 1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
50	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU '25 DE JUNIO'	CAMPO DE LA FERIA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
51	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM 'JUAN FRANCISCO DAVILA RANGEL'	ALDEA EL ROSARIO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
52	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE- ANEXA	LOTIFICACION EL TRIUNFO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
53	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA - PRONADE-	LOTIFICACION EL TRIUNFO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
54	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU 'JOSE MILLA Y VIDAURRE'	CALZADA 15 DE SEPTIEMBRE	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
55	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU PARA NIÑAS 'CENTRO AMERICA'	3A. AVENIDA 7-81 ZONA 1	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA

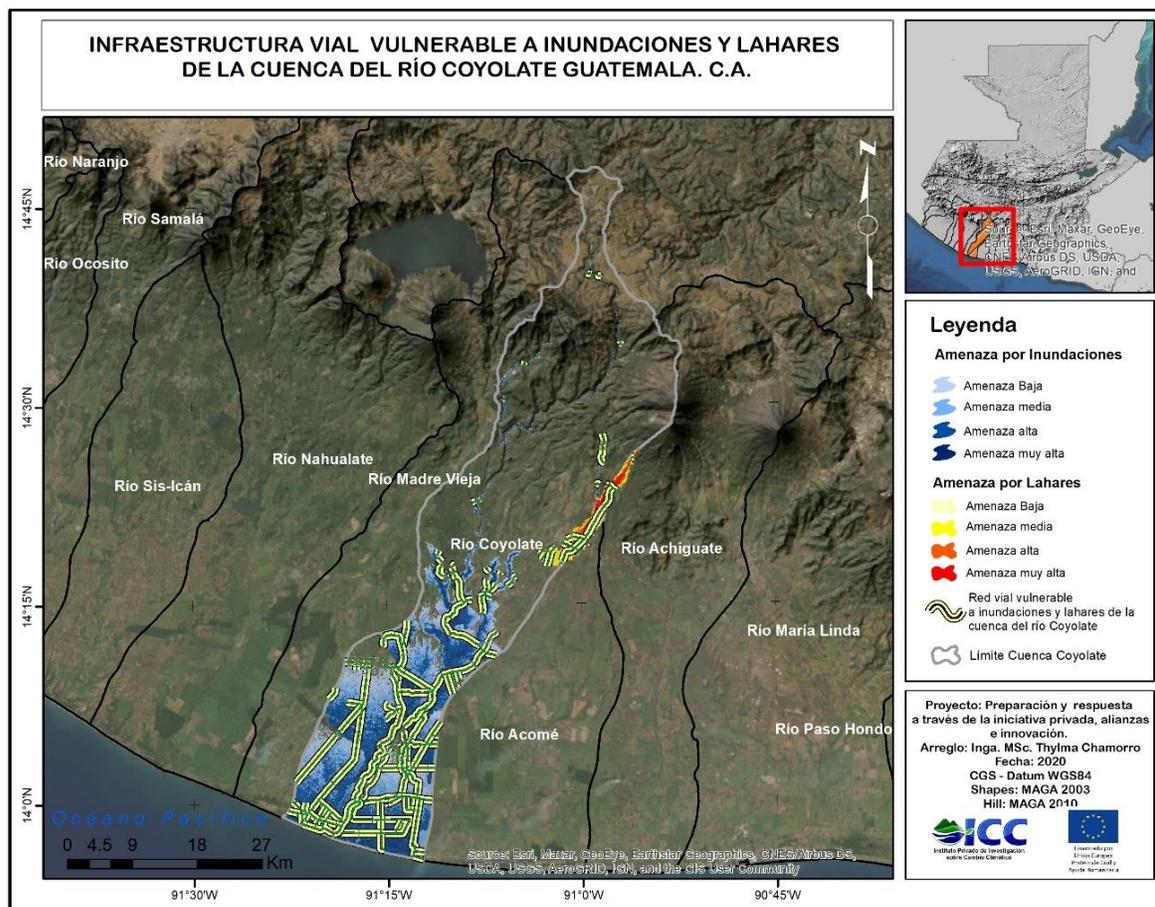
**Tabla 32.** Listado de la infraestructura educativa pública vulnerable a inundaciones en la cuenca del río Coyolate

No.	NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
1	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	PARCELAMIENTO EL NARANJO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
2	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA XAYA	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
3	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
4	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA LAS PLAYAS	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
5	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL CARRIZAL	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
6	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CANTON EL AMATILLO ALDEA JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
7	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA LAS PLAYAS	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
8	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
9	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	PARCELAMIENTO EL NARANJO	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
10	EOP ANEXA A EORM		ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
11	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL CARRIZAL	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
12	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	CANTON EL AMATILLO ALDEA EL JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
13	INSTITUTO NACIONAL EDUCACION BASICA DE TELESECUNDARIA	ALDEA JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA

14	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CANTON FILIPINAS PARCELAMINETO EL JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
15	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CANTON FILIPINAS PARCELAMIENTO EL JABALI	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
16	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM REGIONAL 'TECUN UMAN'	ALDEA CENTRO DOS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
17	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA 'TECUN UMAN'	ALDEA CENTRO DOS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
18	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA 'RAFAEL ALVAREZ OVALLE'	ALDEA EL CHIRIVISCO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
19	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	TROCHA 3 CALLE 11	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
20	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA 'ATANASIO TZUL'	TROCHA EL TIGRE CALLE 11	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
21	EORM ALDEA LA SABANA		ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
22	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA CANOGUITAS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
23	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SANTA ODILIA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
24	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO CENTRO AMERICA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
25	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SANTA ANA MIXTAN	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
26	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA MONTE LEON	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
27	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO EL MORA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
28	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	TROCHA EL TIGRE CALLE VIEJA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
29	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA 'MARIO E. ARANGO'	ALDEA EL NOVILLERO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
30	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CALLE FLECHA ROJA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
31	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA COSTA SUR	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
32	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL REPARO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
33	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL REPARO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
34	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SANTA MARTA EL MAR	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
35	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	TROCHA 8 CALLE COYOLATE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
36	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A ESC. OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SANTA ANA MIXTAN	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
37	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA	TROCHA TRES, CALLE VIEJA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
38	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A ESCUELA RURAL MIXTA	TROCHA TRES CALLE ONCE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
39	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A ESCUELA RURAL MIXTA	CASERIO CENTRO AMERICA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
40	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A ESCUELA RURAL MIXTA	ALDEA EL NOVILLERO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
41	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA SANTA ODILIA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
42	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	CASERIO EL MORA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
43	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	TROCHA 11 CALLE 12 EL FLOR	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
44	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA EORM	CALLE EL CHIRIVISCO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
45	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA EORM	ALDEA CANOGUITAS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
46	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA COSTA SUR	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
47	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA LA SABANA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
48	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	PARCELAMIENTO MONTE LEON	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
49	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	TROCHA EL TIGRE CALLE VIEJA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
50	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO SANTO DOMINGO LOS COCOS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
51	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO BARRA DE COYOLATE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION

52	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO EL CHARRO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
53	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO EL CHARRO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
54	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO BARRA DE COYOLATE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
55	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA	ALDEA EL REPARO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
56	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO SANTO DOMINGO LOS COCOS	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
57	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	CASERIO LA ESTRELLA DEL SUR CALLE ONCE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
58	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	TROCHA DOS CALLE DIEZ	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
59	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	TROCHA DOS CALLE DIEZ	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
60	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	CASERIO ESTRELLA DEL SUR CALLE ONCE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
61	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	CASERIO TROCHA 10 CALLE DOCE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
62	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	CASERIO TROCHA DIEZ CALLE DOCE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
63	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	CALLE EL TESORO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
64	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	CALLE EL TESORO	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
65	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	TROCHA EL TIGRE CALLE 11 CASERIO COYOLATE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
66	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	ALDEA POSA VERDE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
67	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	ALDEA POSA VERDE	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
68	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO EL TESORO TIERRA LINDA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION
69	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO EL TESORO TIERRA LINDA	ESCUINTLA	NUEVA CONCEPCION

Otro factor importante para identificar en las vulnerabilidades es las rutas de acceso, ya que al ocurrir un evento es necesario identificar rutas de evacuación y posibles problemas en los accesos a los diferentes centros poblados. En la Figura 14 se puede observar la infraestructura vial con probabilidad de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Coyolate.



**Figura 14.** Infraestructura con probabilidad de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Cuyolá.

**Tabla 32.** Infraestructura vial vulnerable a lahares e inundaciones en la cuenca del río Cuyolá.

Tipo de red vial	Longitud en kilómetros	Vulnerabilidad
Asfaltado	24.05	Lahares
	79.86	Inundaciones
No asfaltado	24.64	Lahares
	129.06	Inundaciones
Veredas	45.36	Lahares
	297.80	Inundaciones
<b>Total de kilómetros</b>	<b>600.77</b>	

El área de la cuenca del río Cuyolá tiene una gran vulnerabilidad a sufrir eventos naturales extraordinarios capaces de ocasionar grandes daños, como se ha observado con las precipitaciones pluviales extremas ocurridas en eventos como los ciclones tropicales Mitch, Stan, Agatha, entre otros que han llegado a afectar notablemente a las comunidades de la cuenca.

La infraestructura vial y los puentes en especial son importantes para llevar el auxilio que demandan los amplios sectores de la población afectados. Estas circunstancias de

vulnerabilidad a sufrir desastres y la importancia de restablecer en poco tiempo la transpirabilidad de los tramos carreteros hacen indispensable la elaboración de rutas de emergencia en la cuenca. En la Figura 15 se identifican los principales puentes que pueden ser afectados por inundaciones y lahares en la cuenca.

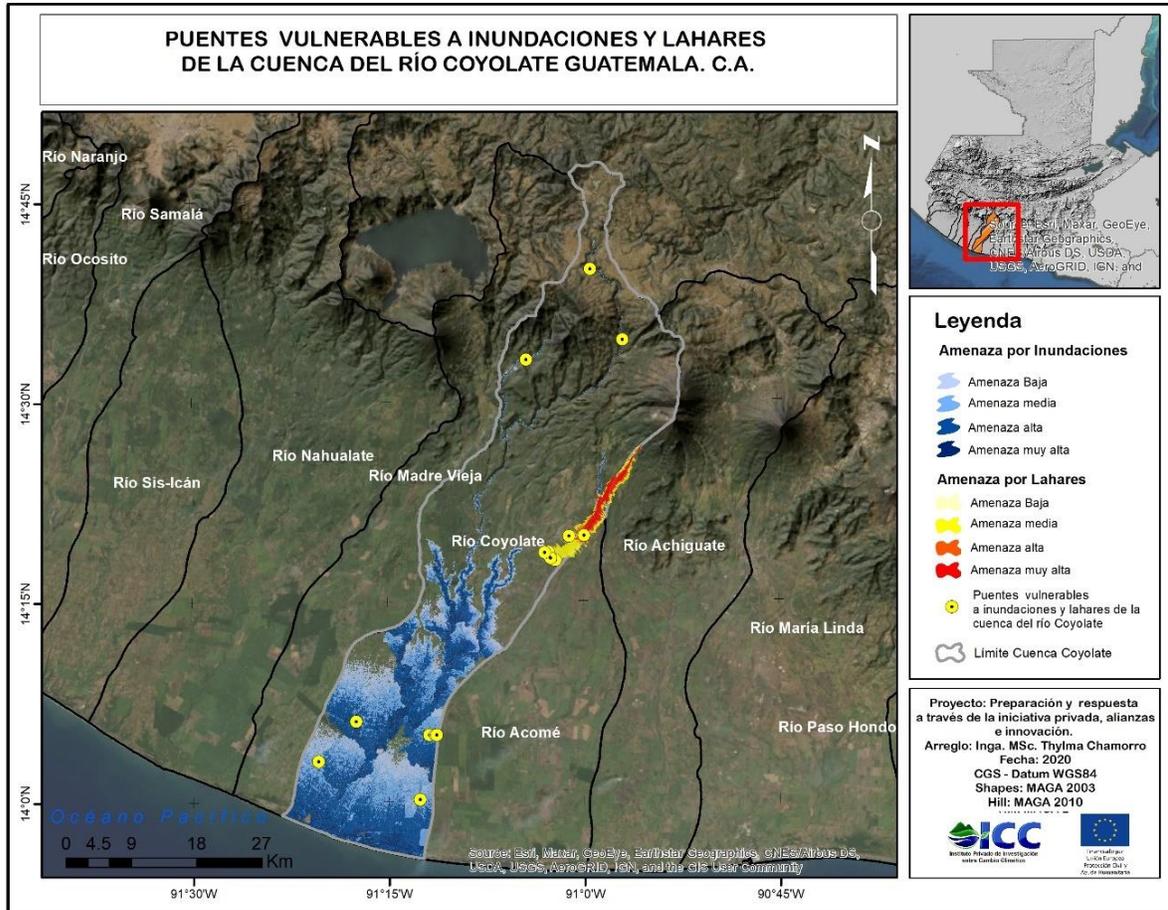


Figura 15. Puente con probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares en la cuenca del río Cuyolate.

Tabla 33. Listado de puentes vulnerables ante lahares e inundaciones en la cuenca del río Cuyolate.

### Lahares

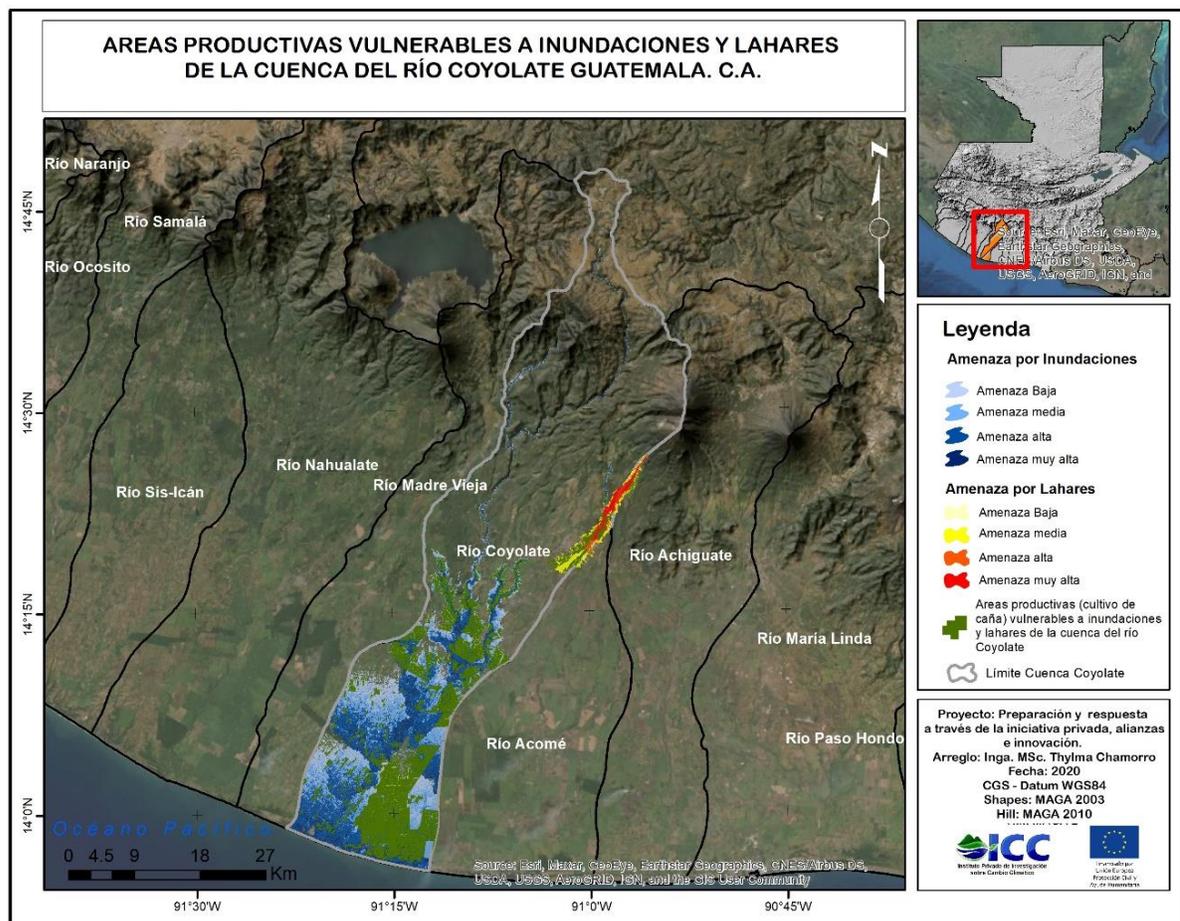
No.	Nombre	Información
1	PETAYA	RUTA: CA 02 OCC-TRAMO: BIF.CA-02- OCCIDENTE-D - SIQUINALA - STA. LUCIA COTZ. - CA-02-OCCIDENTE-D-TIPO: CONCRETO-ESTACION: 88+230-LONGITUD (mts): 10-ANCHO (mts): 8.3-VIGA: VIGA ARMADA-TIPO DE ESTRUCTURA: LOSA Y VIGAS-DEPARTAMENTO:
2	Pantaleón	RUTA: CA 02 OCC-D-TRAMO: CA-02-Occidente KM 81 Siquinala - CA-02-Occidente, KM 93, Santa Lucia Cotz.-TIPO: CONCRETO-ESTACION: 89+075-LONGITUD (mts): 30-ANCHO (mts): 7.5-VIGA: VIGA ARMADA-TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS-DEP
3	SIN NOMBRE	RUTA: RE ESC05-TRAMO: CA-2-OCC (SANTA LUCIA COTZ) - PUENTE DON GENARO-TIPO: CONCRETO-ESTACION: 92+410.00-LONGITUD (mts): 20-ANCHO (mts): -VIGA: VIGA ARMADA-TIPO DE ESTRUCTURA: -DEPARTAMENTO: ESCUINTLA-TREN DE CARGA: -Full Ad
4	Petaya	RUTA: CA 02 OCC-D-TRAMO: CA-02-Occidente KM 81 Siquinala - CA-02-Occidente, KM 93, Santa Lucia Cotz.-TIPO: CONCRETO-ESTACION:

		89+880 LONGITUD (mts): 30 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA<b
5	Ajaxa	RUTA: CA 02 OCC-D TRAMO: CA-02-Occidente KM 81 Siquinala - CA-02-Occidente, KM 93, Santa Lucia Cotz. TIPO: CONCRETO ESTACION: 91+190 LONGITUD (mts): 30 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA<b
6	PANTALEON II	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: BIF.CA-02- OCCIDENTE-D - SIQUINALA - STA. LUCIA COTZ. - CA-02-OCCIDENTE-D TIPO: METAL ESTACION: 86+000 LONGITUD (mts): 60 ANCHO (mts): 8 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DE

## Inundaciones

No.	Nombre	Información
1	SIN NOMBRE	RUTA: RN01 TRAMO: BIF.CA-01-OCCIDENE PATZICIA-PATZUN TIPO: CONCRETO ESTACION: 79+075.00 LONGITUD (mts): 2 ANCHO (mts): 6.7 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: BOVEDA DEPARTAMENTO: CHIMALTENANGO TREN DE CARGA: SIN DATO Full
2	SIN NOMBRE	RUTA: CPR-ESC-04 TRAMO: LAS CRUCES - TEXCUACO TIPO: CONCRETO ESTACION: 132+950 LONGITUD (mts): 5 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.0833333 -91.1975
3	SIN NOMBRE	RUTA: CPR-ESC-04 TRAMO: LAS CRUCES - TEXCUACO TIPO: CONCRETO ESTACION: 132+100 LONGITUD (mts): 7 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.0833333 -91.19 <b
4	SIN NOMBRE	RUTA: CPR-ESC-04 TRAMO: LAS CRUCES - TEXCUACO TIPO: CONCRETO ESTACION: 131+100 LONGITUD (mts): 8 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.0834722 -91.18777
5	S/N	RUTA: RN11 TRAMO: MONUMENTO CAMINERO- TECOJATE TIPO: CONCRETO ESTACION: 158+800.00 LONGITUD (mts): 10 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.0508333 -91.
6	S/N	RUTA: RN11 TRAMO: MONUMENTO CAMINERO- TECOJATE TIPO: METAL ESTACION: 151+020.00 LONGITUD (mts): 10 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.1005556 -91.291
7	SIN NOMBRE	RUTA: CPR-ESC-08 TRAMO: RD-ESC-02 (GUAPA) - ALDEA CHONTEL TIPO: CONCRETO ESTACION: 135+900 LONGITUD (mts): 13.5 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.00
8	CALIFORNIA	RUTA: RD CHM10 TRAMO: BIF. RD-CHM-05 (ACATENANGO) - SAN MIGUEL POCHUTA TIPO: METAL ESTACION: 125+590.00 LONGITUD (mts): 32 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: CHIMALTENANGO TREN DE CARGA:  Fu
9	RIO XAYA	RUTA: RD CHM10 TRAMO: BIF. RD-CHM-05 (ACATENANGO) - SAN MIGUEL POCHUTA TIPO: METAL ESTACION: 80+975.00 LONGITUD (mts): 30.6 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: CHIMALTENANGO TREN DE CARGA:  F
10	CALIFORNIA (MISMO 716)	RUTA: RD CHM10 TRAMO: SAN MIGUEL POCHUTA - HACIA RN-11 INICIA ASFALTO (PATULUL) TIPO: METAL ESTACION: 125+574.00 LONGITUD (mts): 33.25 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: CHIMALTENANGO TREN DE C
11	PANTALEON II	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: BIF.CA-02- OCCIDENTE-D - SIQUINALA - STA. LUCIA COTZ. - CA-02-OCCIDENTE-D TIPO: METAL ESTACION: 86+000 LONGITUD (mts): 60 ANCHO (mts): 8 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DE

La costa sur se caracteriza por ser un área muy productiva y el cultivo de la caña de azúcar puede representar la mayor cantidad de área de cultivos. Dentro de la cuenca del río Coyolate existen áreas de cultivo de caña de azúcar que tienen una alta susceptibilidad a inundaciones y lahares como se muestra en la Figura 16.



**Figura 16.** Áreas de cultivo de caña de azúcar que presentan probabilidad de ser dañadas por inundaciones y lahares en la cuenca del río Coyolate.

**Tabla 34.** Áreas de cultivo de caña vulnerable a inundaciones y lahares en la cuenca del río Coyolate.

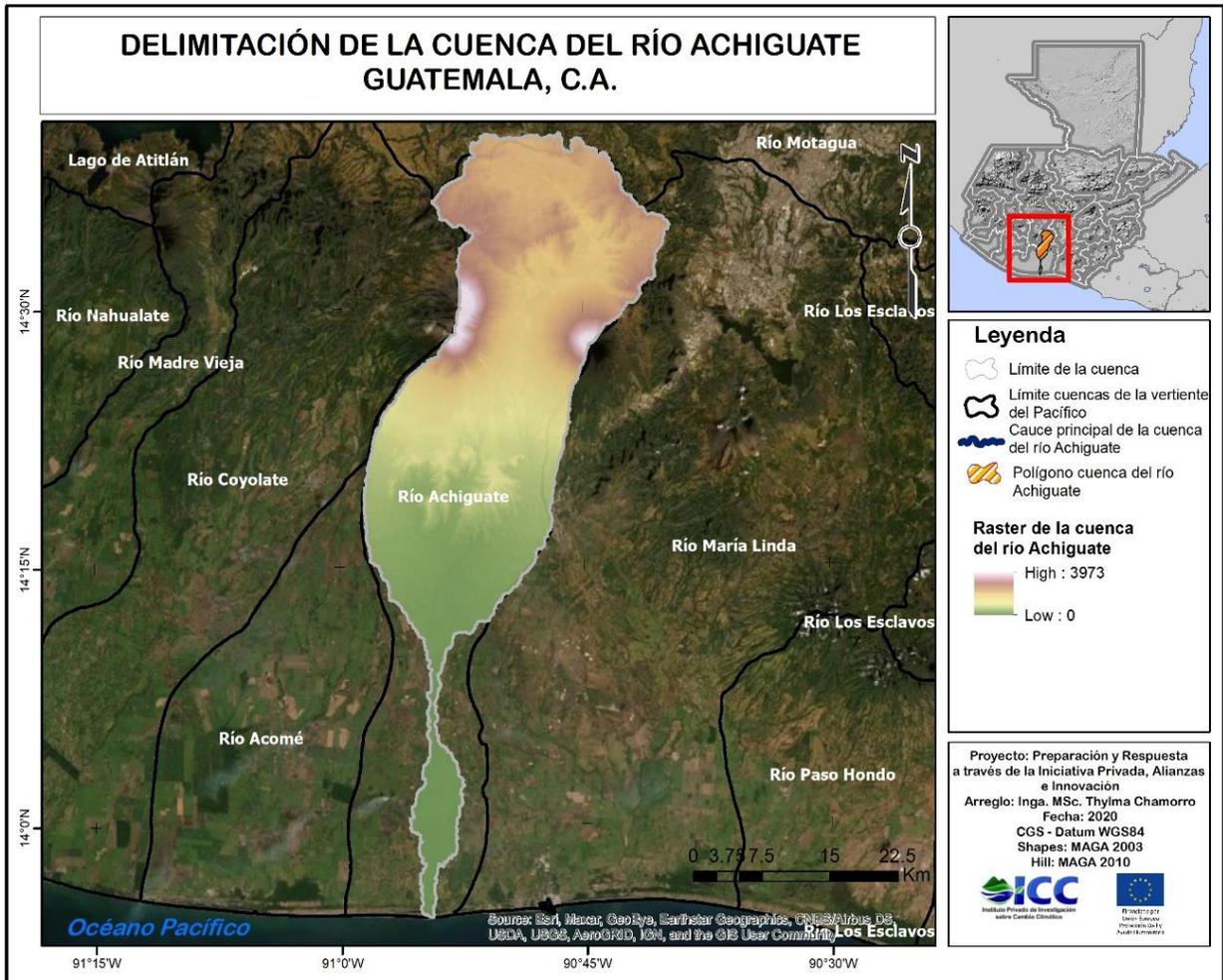
	<b>Hectáreas</b>
Área de cultivo de caña vulnerable ante inundaciones	20,857.75
Área de cultivo de caña vulnerable ante lahares	1,002.01
<b>Total de hectáreas</b>	<b>21,859.76</b>

## 5.2.2. Conocimiento del riesgo en la cuenca del río Achiguate

### 5.2.2.1. Caracterización de la cuenca del río Achiguate

#### a. Perímetro

Para la cuenca del río Achiguate el perímetro tiene una longitud de 245 Km.



**Figura 17. Delimitación de la cuenca Achiguate**

**b. Clases de corrientes**

Esta cuenca está formada por corrientes efímeras, intermitentes y permanentes. Las corrientes efímeras son aquellas que llevan agua solo después de un evento de lluvia, las corrientes intermitentes llevan agua alguno meses después de finalizada la época lluviosa y las permanentes llevan agua todo el tiempo.

**c. Orden de corrientes y la longitud media de corrientes (Lu)**

La cuenca tiene un orden 6, lo que indica que son ríos grandes y caudalosos, sus tiempos de repuesta tienden a ser lentos al momento de las crecidas.

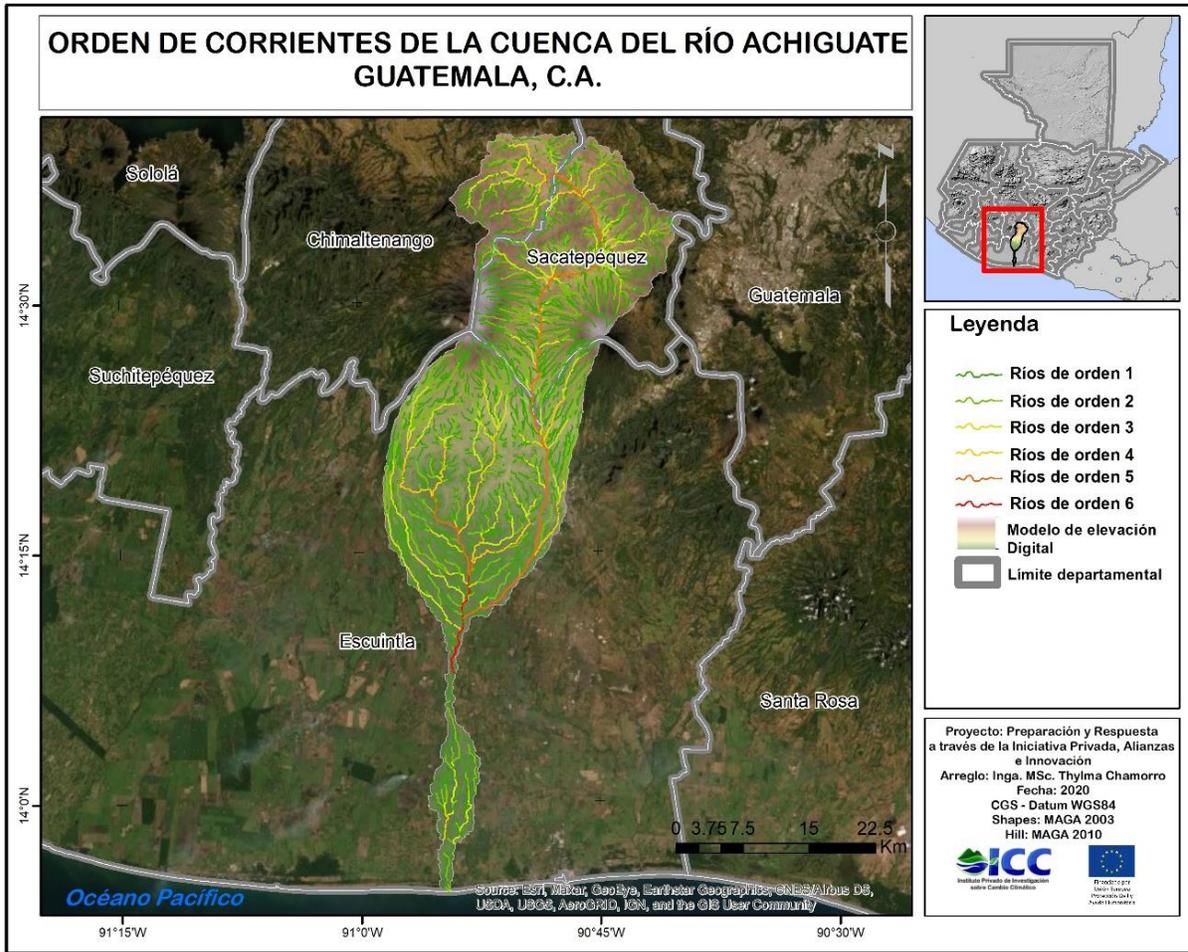


Figura 18. Orden de corrientes de la cuenca Achiguate

Tabla 35. Orden de corrientes y longitud por orden de corrientes para la cuenca.

ORDEN	NO. DE DRENAJES (Nu)	LONGITUD (km)
1	1193	1080.35
2	584	532.00
3	332	287.76
4	111	75.97
5	130	84.77
6	46	37.88

d. Longitud media de corrientes  $(\overline{Lu})$

Tabla 36. Determinación de la longitud media de corrientes.

Orden de corrientes (u)	Número de corrientes (Nu)	Longitud de corriente (Lu)	Longitud media de corriente $(\overline{Lu})$
1	1193	1080.35	0.91
2	584	532.00	0.91

3	332	287.76	0.87
4	111	75.97	0.68
5	130	84.77	0.65
6	46	37.88	0.82

La longitud media de las corrientes de orden 1 es de 0.91 km, generalmente son quebradas o cauces pequeños y representan las corrientes efímeras. Las de orden 2 tiene una longitud de 0.91 kilómetros y representan quebradas y pequeños ríos, estas corrientes pueden ser intermitentes y permanentes. Y las de orden 3, 4 y 5 representan los ríos medianos con longitud de 0.87, 0.68, 0.65 y 37.88 kilómetros, siendo estas las corrientes permanentes.

#### e. Radio de bifurcación medio (Rb)

**Tabla 37.** Determinación del radio de bifurcación y el radio de bifurcación de la cuenca Coyolate

Orden	No. De drenajes (Nu)	Relación de Bifurcación (Rbi)
1	1193	
2	584	2.0
3	332	1.8
4	111	3.0
5	130	0.9
6	46	2.8
<b>Promedio</b>		<b>2.1</b>

El radio medio de bifurcación es de 2.1 para la cuenca, lo cual indica que por cada 2 corrientes hay una de orden superior.

#### f. Radio de Longitud media (RI)

**Tabla 38.** Determinación del radio de longitud media de la cuenca Coyolate

Orden de corrientes (u)	Longitud de corriente (Lu)	Radio de longitud media (Rli)
1	1080.35	
2	532.00	0.48
3	287.76	0.46
4	75.97	0.42
5	84.77	0.37
6	37.88	0.74
<b>Promedio</b>		

#### g. Longitud acumulada de corriente (La)

**Tabla 39.** Determinación de la longitud acumulada de corrientes de la cuenca Achiguate

Número de corrientes (Nu)	Longitud media de corriente ( $\bar{Lu}$ )	Longitud acumulada de corrientes (La)
1193	0.91	1080.35
584	0.91	532

332	0.87	287.76
111	0.68	75.97
130	0.65	84.77
46	0.82	37.88
<b>Sumatoria</b>		<b>2098.73</b>

#### h. Longitud del cauce principal

Para la cuenca Achiguate la longitud del cauce principal es de 70.26 Km.

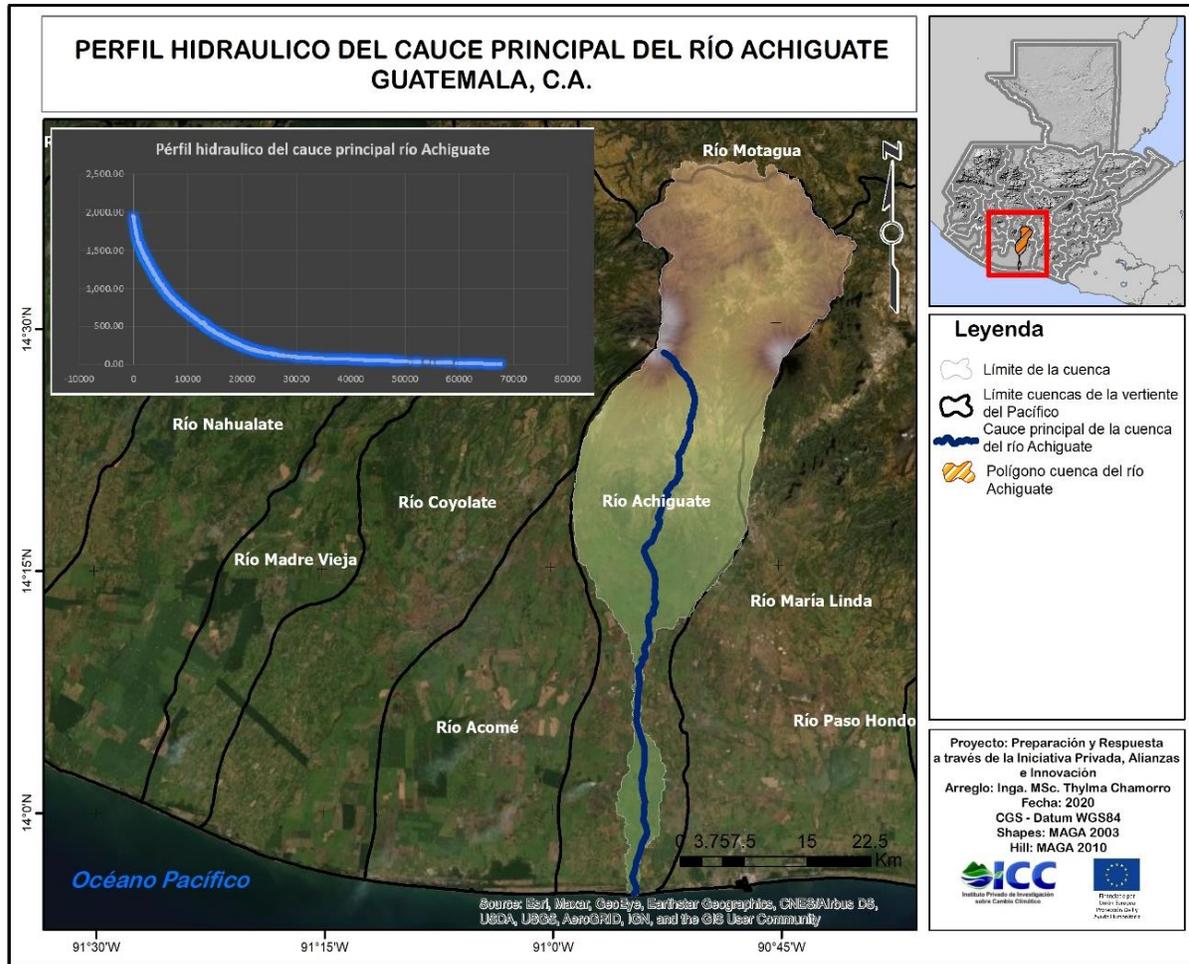


Figura 19. Cauce principal de la Cuenca de Achiguate.

#### i. Área de la cuenca (Ak)

Para la cuenca Achiguate es de 1049.00 km<sup>2</sup> (104900 Ha).

#### j. Forma de la cuenca

La forma de la cuenca está relacionada con la rapidez con la cual la cuenca drena la escorrentía superficial producto de los eventos de precipitación o lluvia, a su vez, se encuentra relacionado con el tiempo de concentración de la cuenca. La forma de la cuenca se puede determinar por medio de índices, los cuales establecen cuan circular es; mientras

más se acerque la forma de la cuenca a un círculo, mayor será su capacidad de drenaje dado que la escorrentía superficial llegará más rápidamente hacia el punto de control o de salida de la cuenca, esto se traduce en caudales mayores si se comparan con los de una cuenca de igual área, pero cuya forma sea más alargada. Los coeficientes a utilizar para determinar la forma de la cuenca serán: La relación de forma, la relación circular y el índice de compacidad.

#### k. Relación de la forma ( $R_f$ )

**Tabla 40.** Forma de la cuenca en función del coeficiente.

$R_f$	Forma
0.73	Circular
1.00	Cuadrada con salida en el punto medio de los lados
0.50	Cuadrada con salida en una esquina
$0.40 < R_f < 0.50$	Ovalada
$R_f < 0.30$	Cuenca alargada

Los datos que se utilizaran para el cálculo de la relación de forma de la cuenca se muestran en la tabla.

**Tabla 41.** Determinación de la relación de forma de la cuenca Coyolate

Área ( $Km^2$ )	Longitud del cauce principal (Km)	Relación de forma
1049	70.26	<b>0.21</b>

El índice de forma para esta cuenca es de 0.21, siendo este valor característico de una cuenca alargada, y una baja susceptibilidad a crecida.

#### l. Relación de la forma circular ( $R_c$ )

**Tabla 42.** Índice de relación circular de la cuenca Achiguaté

Área ( $Km^2$ )	Perímetro (Km)	Área del círculo ( $Km^2$ )	Relación circular
1049	245	60025.00	<b>0.2196</b>

#### m. Índice de compacidad o de Gravelius ( $K_c$ )

**Tabla 43.** Clasificación de la forma de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.

$K_c$	Forma
$K_c \leq 1.00$	Circular
$1.00 < K_c < 1.25$	Casi redonda a oval redonda
$1.25 < K_c < 1.50$	Oval redonda a oval oblonga
$1.50 < K_c < 1.75$	Oval oblonga a rectangular
$K_c > 1.75$	Alargada

**Tabla 44.** Índice de compacidad de la cuenca Achiguat

Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Índice de compacidad
1049	245	<b>2.13</b>

El índice de compacidad de la cuenca Achiguat es de 2.13, esta lo clasifica como una cuenca alargada.

**n. Radio de elongación (Re)**

**Tabla 45.** Índice de compacidad de la cuenca Achiguat

Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud máxima (Km)	Radio de elongación
1049	85.16	<b>15.7</b>

**o. Densidad de drenaje (D)**

**Tabla 46.** Determinación de la densidad de drenaje de la cuenca Achiguat

Longitud acumulada de corrientes (Km)	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Densidad de drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )
2098.73	1049	<b>2.00</b>

El valor obtenido corresponde a una cuenca medianamente drenada, dado que el resultado se encuentra entre 0.5 y 3.5 Km/Km<sup>2</sup>, lo cual implica que tiende a presentar problemas de erosión a causa de escorrentía.

**p. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)**

**Tabla 47.** Determinación de la densidad de corrientes de la cuenca Achiguat

Número total de corrientes	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Densidad de corrientes (corrientes/km <sup>2</sup> )
2396	1049	<b>2.28</b>

Para esta cuenca la densidad de corrientes es moderada, motivo por el cual hay problema con las crecidas.

**q. Coeficiente de torrencialidad**

**Tabla 48.** Determinación del coeficiente de torrencialidad de la cuenca Achiguat.

Número de corrientes de orden 1	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente de torrencialidad (corrientes de orden 1/km <sup>2</sup> )
1193	1049.00	<b>1.14</b>

**r. Pendiente media de la cuenca (Sc)**

Es la pendiente que en promedio la superficie de la cuenca tiene, de acuerdo a la pendiente media de la cuenca el terreno puede clasificarse como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 49.** Clasificación de la pendiente en las cuencas hidrográficas.

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

La pendiente media de la cuenca del río Achiguate es de 12.67 % que podría tomarse como accidentado.

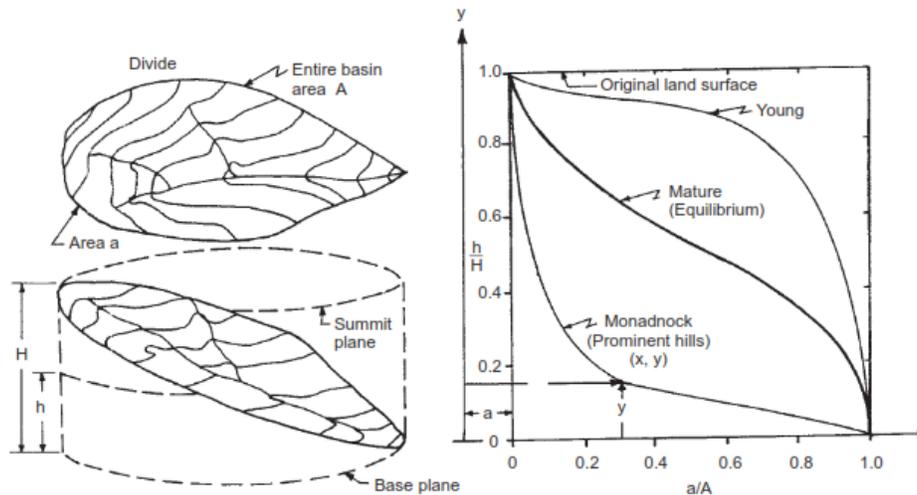
#### s. Elevación media (Elev)

**Tabla 50.** Alturas características de la cuenca Achiguate.

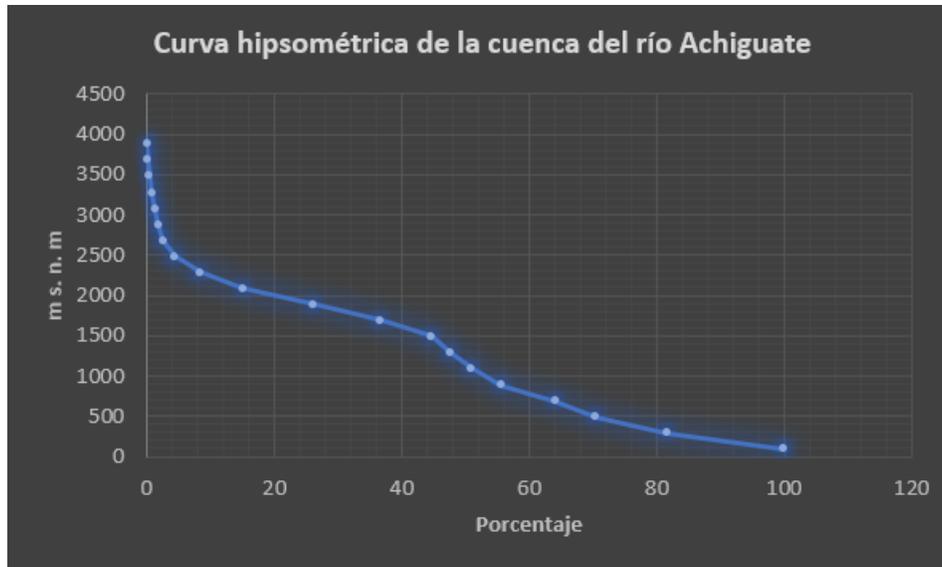
Min	Max	Rango
0	3973	3973

#### t. Curva hipsométrica

La forma de la curva hipsométrica de la cuenca Achiguate, muestra que es una cuenca vieja, en las cuales predominan la geología sedimentaria, tal es el caso de esta cuenca, alta deposición de sedimentos en la parte baja, además también influye el alto transporte de sedimentos por la actividad volcánica del Volcán de Fuego.



**Figura 20.** Clasificación del estado de la cuenca según la forma de la curva hipsométrica.

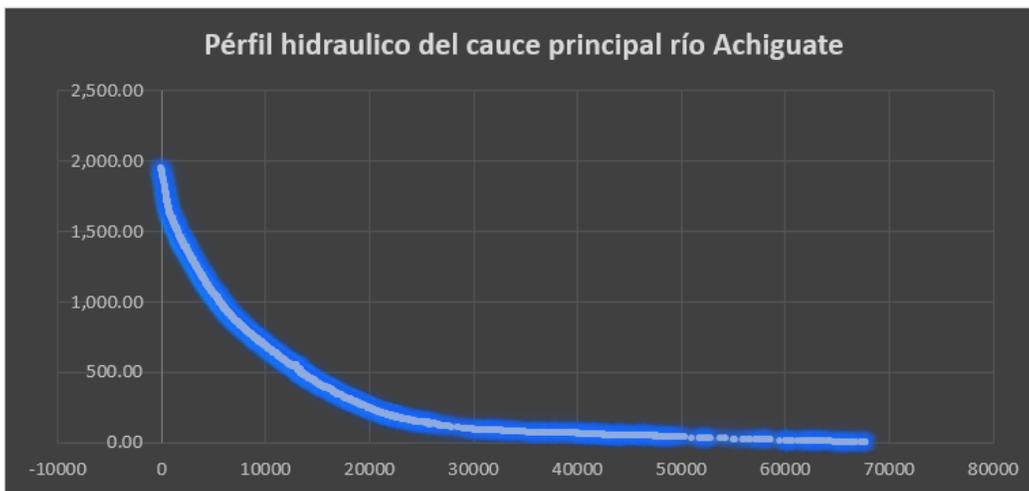


**Figura 21.** Curva hipsométrica de la cuenca Achiguate.

**u. Pendiente del cauce principal (Scp)**

**Tabla 51.** Pendiente media del cauce principal de la cuenca Achiguate.

Pendiente (%)			
Mínima	Máxima	Media	Desviación estándar
0	44.7	9	9.21



**Figura 22.** Perfil hidráulico del cauce principal de la cuenca Achiguate

#### v. Coeficiente de masividad (Km)

**Tabla 52.** Clasificación del coeficiente de masividad

Rango de Km	Clases de masividad
0-35	Moderadamente montañosa
35-70	Montañosa
70-104	Muy Montañosa

Los resultados de la cuenca Achiguate la clasifican como moderadamente montañosa.

**Tabla 53.** Coeficiente de masividad de la cuenca Achiguate.

Elevación media (m.s.n.m.)	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente de masividad (m/Km <sup>2</sup> )
1116.52	1049.00	1.06

#### w. Coeficiente de relieve (Rh)

**Tabla 54.** Determinación del coeficiente de relieve de la cuenca Achiguate.

Intervalo de elevación (m)	Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (Km)	Coeficiente de relieve
3973	14538.75	0.00027

#### x. Coeficiente de robustez (Rr)

**Tabla 55.** Determinación del coeficiente de robustez de la cuenca Achiguate.

Intervalo de elevación (m)	Intervalo entre las curvas de nivel dentro de la cuenca (m)	Coeficiente de robustez
3973	20	79.46

#### y. Coeficiente orográfico (Co)

**Tabla 51.** Coeficiente orográfico de la cuenca Achiguate.

Altura media de la cuenca	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Coeficiente orográfico (m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )
1116.52	1049	1188.38

Implica que la cuenca es muy accidentada

## z. Tiempo de concentración de Kirpich.

**Tabla 56.** Tiempo de concentración de la cuenca Achiguate.

Longitud del cauce principal (Km)	Pendiente media del cauce principal (m/m)	Tiempo de concentración (min)
70.26	0.03	405.30

### 5.2.2.2. Usos del suelo

El 49.6 % de la cuenca se encuentra ocupada por bosque coníferos y latifoliados, el 23 % del área de la cuenca está ocupada por vegetación arbustiva baja o Guamil, el 12.9 % por cultivos de granos básicos (maíz y frijol), el 4.7 % por pastos naturales y cultivados, el 7.7 % está ocupado por café y cardamomo, el 0.9 % por cultivos perennes, el 0.3% por tejido urbano y el resto por cuerpos de agua y humedales.

**Tabla 57.** Uso de la tierra de la cuenca Achiguate

Uso de la Tierra	Área (Ha)	Porcentaje
Caña	28,074.44	26.75
Urbano	6,538.81	6.23
Bosques	25,031.92	23.85
Humedales	71.43	0.07
Cuerpos de agua	1,578.28	1.50
Cultivos permanentes de plantas o tallos	14,067.44	13.40
Cultivos permanentes herbáceos	10,628.06	10.13
No info	109.30	0.10
Vegetación arbustiva baja	292.05	0.28
Espacios abiertos sin o poca vegetación	2,713.23	2.59
Hule	56.35	0.05
Pastizales	6.90	0.01
Café	13,546.88	12.91
Cultivos permanentes arbustivos	2,203.20	2.10
Cultivos permanentes arbóreos	33.89	0.03
Total	<b>104,900</b>	<b>100</b>

### 5.2.2.3. Tipos de suelo

La serie de suelos Alotenango abarca el 27.02% del área de la cuenca, luego está la serie Siquinalá con 7.98% seguida por la serie Cauqué con el 7.05 %, la serie Yepocapa con

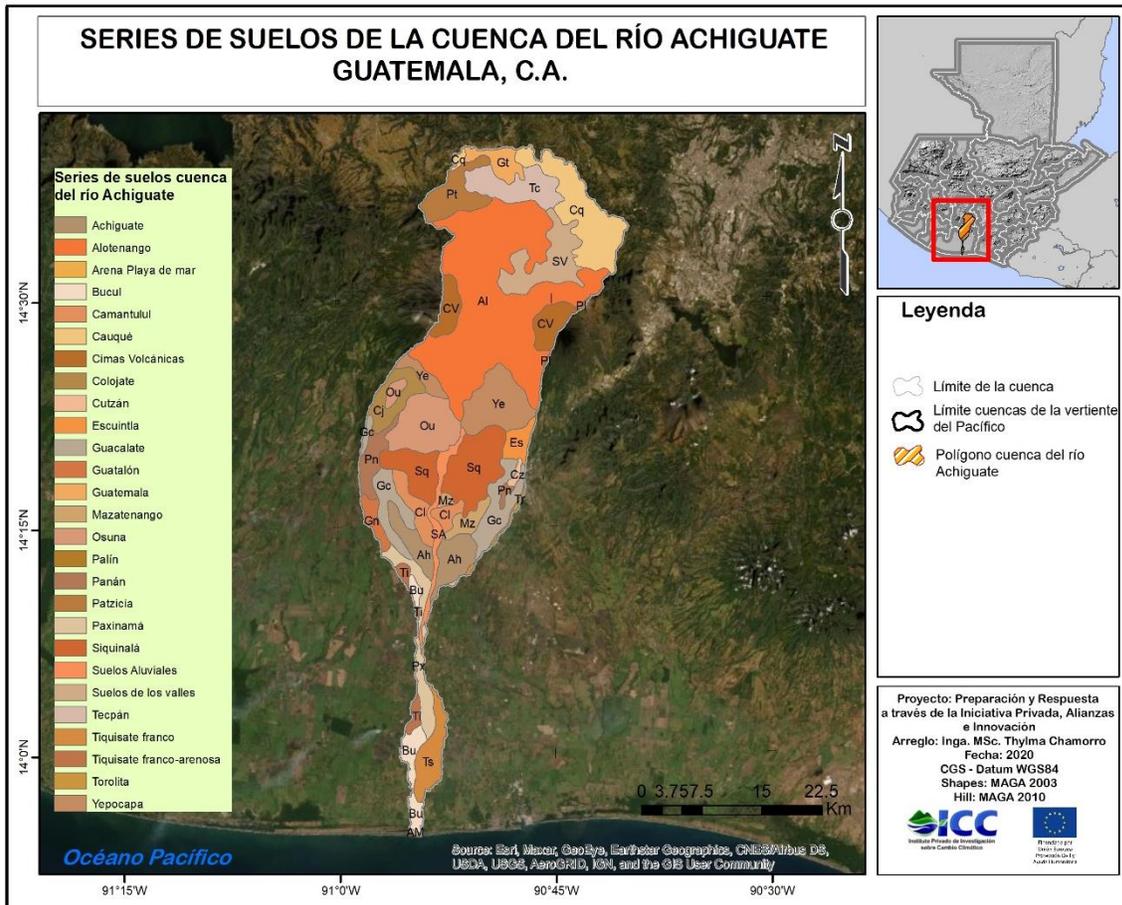
5.78% y así sucesivamente. El tipo de suelo que ocupa la cuenca del río Achiguate es muy variado y está compuesto por 27 clases diferentes.

**Tabla 58.** Series de suelos de la cuenca Achiguate

Serie de suelos	Area (Ha)	Porcentaje
Achiguate	4,311.39	4.11
Alotenango	28,380.59	27.02
Arena Playa de mar	41.01	0.04
Bucul	2,085.51	1.99
Camantulul	2,553.12	2.43
Cauqué	7,402.54	7.05
Cimas volcánicas	3,559.75	3.39
Colojate	2,382.59	2.27
Cutzan	251.23	0.24
Escuintla	1,235.46	1.18
Guacalate	5,783.23	5.51
Guatalón	1,018.17	0.97
Guatemala	1,654.63	1.58
Mazatenango	1,444.56	1.38
Osuna	5,483.82	5.22
Palín	101.86	0.10
Panán	2,127.99	2.03
Patzicia	3,268.48	3.11
Paxinamá	2,909.69	2.77
Siquinalá	8,378.75	7.98
Suelos aluviales	1,909.77	1.82
Suelos de los valles	4,835.58	4.60
Tecpán	3,999.58	3.81
Tiquisate Franco	2,893.23	2.75
Tiquisate franco-arenosa	836.06	0.80
Torolita	105.06	0.10
Yepocapa	6,068.94	5.78
<b>Total</b>	<b>104,900</b>	<b>100.00</b>

La clase textural de suelos predominante en la cuenca es la Ceniza volcánica, con un 8.97 %, luego están la textura Franco-Arcillosa a Arcilla con el 8.96 % del área de la cuenca, Arcilla con el 8.84 % y el restante son franco limosas, franco arenosas, arenas. Este tipo de

clases texturales pertenece al grupo hidrológico B, con excepción de los suelos arcillosos que pertenecen al D.



**Figura 23.** Series de suelos de la cuenca del río Achiguate

Los suelos francos se caracterizan por tener un buen drenaje superficial, mientras los suelos arcillosos tienen limitantes con el drenaje; pero favorecen la escorrentía.

**Tabla 59.** Clase textural de los suelos de la cuenca Icbolay

Clase textura	Área (Ha)	Porcentaje
Arcilla	2479.60	8.84
Arcilla o Franco Arcillosa	8076.94	5.44
Arena	21.173	0.01
Arena Guesa-Franca o Franco-Arenosa	991.03	0.67
Arena Franca	42.14	0.03
Ceniza volcánica	13327.99	8.97
Franca a Franca-Arcillosa	6661.72	4.49
Franca a Franco-Arenosa	9299.32	6.26

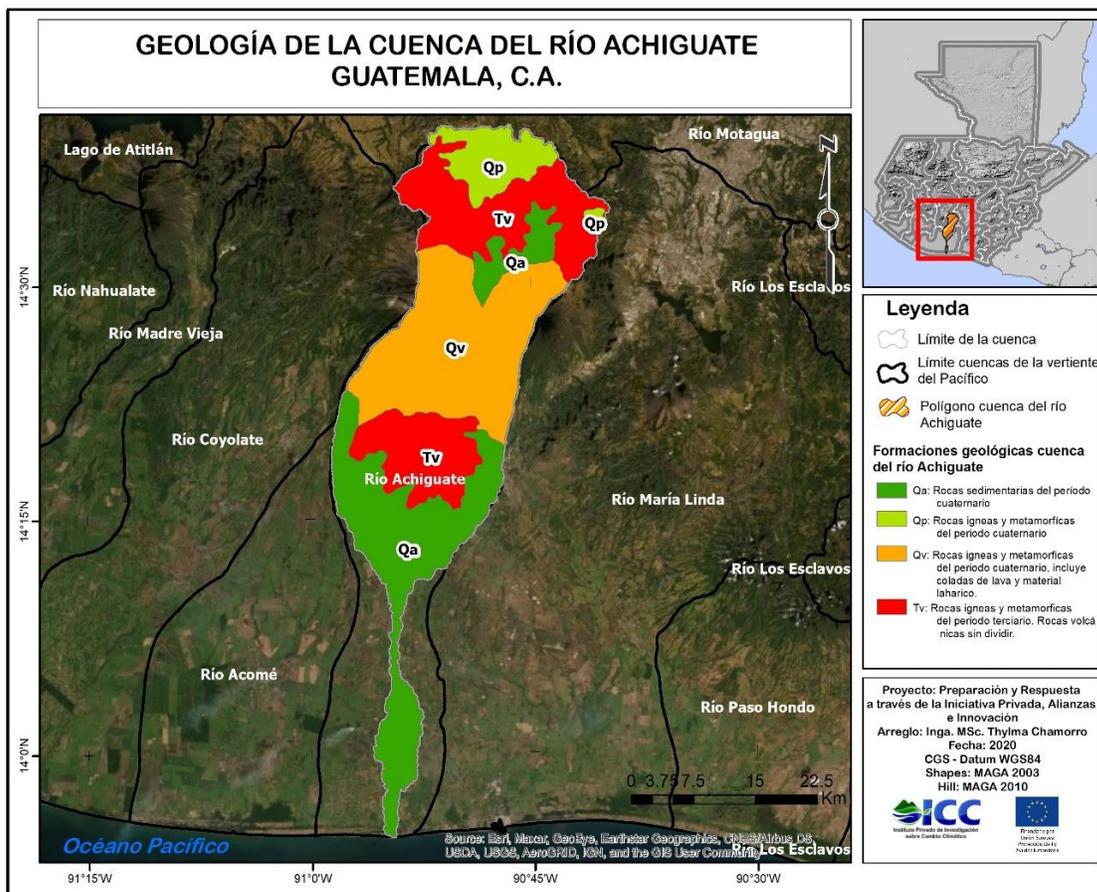
Franca o Franco-Arcillosa	50.04	0.03
Franca o Franco-Arenosa a Arena-Franca	10211.31	6.88
Franco-Arcillo-Arenosa o Franco-Arenosa	1043.87	0.70
Franco-Arcillo-Limosa a Arcilla	3387.86	2.28
Franco-Arcillosa	7992.06	5.38
Franco-Arcillosa a Arcilla	13296.25	8.96
Franco-Arcillosa a Arcilla-Arenosa	12975.39	8.74
Franco-Arcillosa a Franco-Arcillo-Limosa	352.35	0.24
Franco-Arcillosa o Franco-Arcillo-Arenosa	742.98	0.50
Franco-Arenosa	3541.84	2.38
Franco-Arenosa o Franco-Arcillosa	3020.33	2.03
Franco-Arenosa-Fina	10113.56	6.81
Franco-Limosa	739.54	0.50
Franco-Limosa a Franco-Arcillo-Limosa	3670.93	2.47
<b>Total</b>	<b>104900.00</b>	<b>100</b>

#### 5.2.2.4. Geología

En las unidades geológicas de la cuenca del río Achiguate, predominan las rocas ígneas y metamórficas del periodo cuaternario (Qv), con un 31.53 %, los cuales se encuentran en la boca costa del territorio de la cuenca, seguido por las rocas sedimentarias del periodo de los Aluviones Cuaternarios (Qa) con un 30.77%, las rocas volcánicas sin dividir que incluye tobas, coladas de lava, material y sedimentos volcánicos (Tv), con un 29.48%, los cuales se ubican en la boca costa y altiplano de la cuenca. Por último, se la unidad geológica (Qp) con un 8.22%, compuestos por rocas ígneas metamórficas del periodo cuaternario que incluye rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diversos, se ubica especialmente en la parte norte noreste de la cuenca, en el altiplano. Lo cual la caracteriza por el porte de material del cinturón volcánico en las partes más elevadas de la cuenca. La actividad volcánica ha arrojado y depositado materiales compuestos por depósitos de arenas, cenizas, tobas, lahares y sedimentos piroclásticos. Según (ICC (Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático) , 2011), los materiales que conforman la llanura se encuentran no consolidados y presentan permeabilidades elevadas, presentando en el cauce del río condiciones de resistencia y compactación muy bajas debido a las condiciones de depósito

**Tabla 60.** Geología de la cuenca Achiguate

Geología	Periodo	Área (Ha)	Porcentaje
Tv	Terciario	30960.55	29.48
Qa	Aluviones cuaternarios	32310.29	30.77
Qp	Cuaternario	8634.28	8.22
Qv	Cuaternario	33117.16	31.53
<b>Total</b>		<b>104900.00</b>	<b>100</b>



**Figura 24.** Geología de la cuenca Achiguate

### 5.2.2.5. Dinámica fluvial

En la curva hipsométrica se observó que la cuenca presenta altas pendientes en la parte alta, y zonas con muy baja pendiente en la parte baja, esto favorece el desarrollo de meandros, estos tienden a desarrollarse en las llanuras de inundación, con el tiempo la erosión y deposición de sedimentos va modificando la forma del meandro.

Las características de la llanura de inundación, como las diferencias locales en la topografía, la composición de los sedimentos y la vegetación, pueden alterar localmente el flujo del banco, promoviendo o inhibiendo la erosión. En consecuencia, no solo el tipo de incisión en el conducto, sino también su inicio y posterior desarrollo pueden variar considerablemente entre diferentes configuraciones de llanuras de inundación.

En realidad, se reconoce ampliamente que los pequeños canales que cruzan la barra juegan un papel clave en la formación de canales, ya que proporcionan vías preferenciales donde se concentra el flujo de sobre banco, aumentando el esfuerzo cortante y, por lo tanto, el poder de erosión. Además de los surcos de la barra de desplazamiento, también la presencia de meandros paleo y canales abandonados, pero no completamente llenos de sedimentos, puede promover la formación de cortes de canal.

### 5.2.2.6. Análisis de inundaciones en la cuenca del río Achiguate

La cuenca del río Achiguate actualmente no cuenta con una estación que tenga datos públicos. En materia hidrológica se tienen algunos datos de una estación del INSIVUMEH ubicada en Alotenango que monitoreaba el caudal del río Guacalate, además, el ICC actualmente se encuentra en proceso de calibración de una estación hidrométrica. En el tema de estaciones meteorológicas existen varias estaciones tanto de INSIVUMEH como de ICC, pero muchas son relativamente nuevas dificultando la realización del análisis de inundación para esta cuenca.

De acuerdo a los registros que se tienen vinculados a problemas de inundaciones, la cuenca del río Achiguate tiene alta susceptibilidad a inundaciones, en este documento se realizó un análisis de las áreas susceptibles a inundaciones utilizando la información de amenaza de inundaciones de SE-CONRED y la información del Estudio hidráulico del río Coyolate para la determinación de zonas susceptibles a inundación, esto se puede observar en la Figura 24.

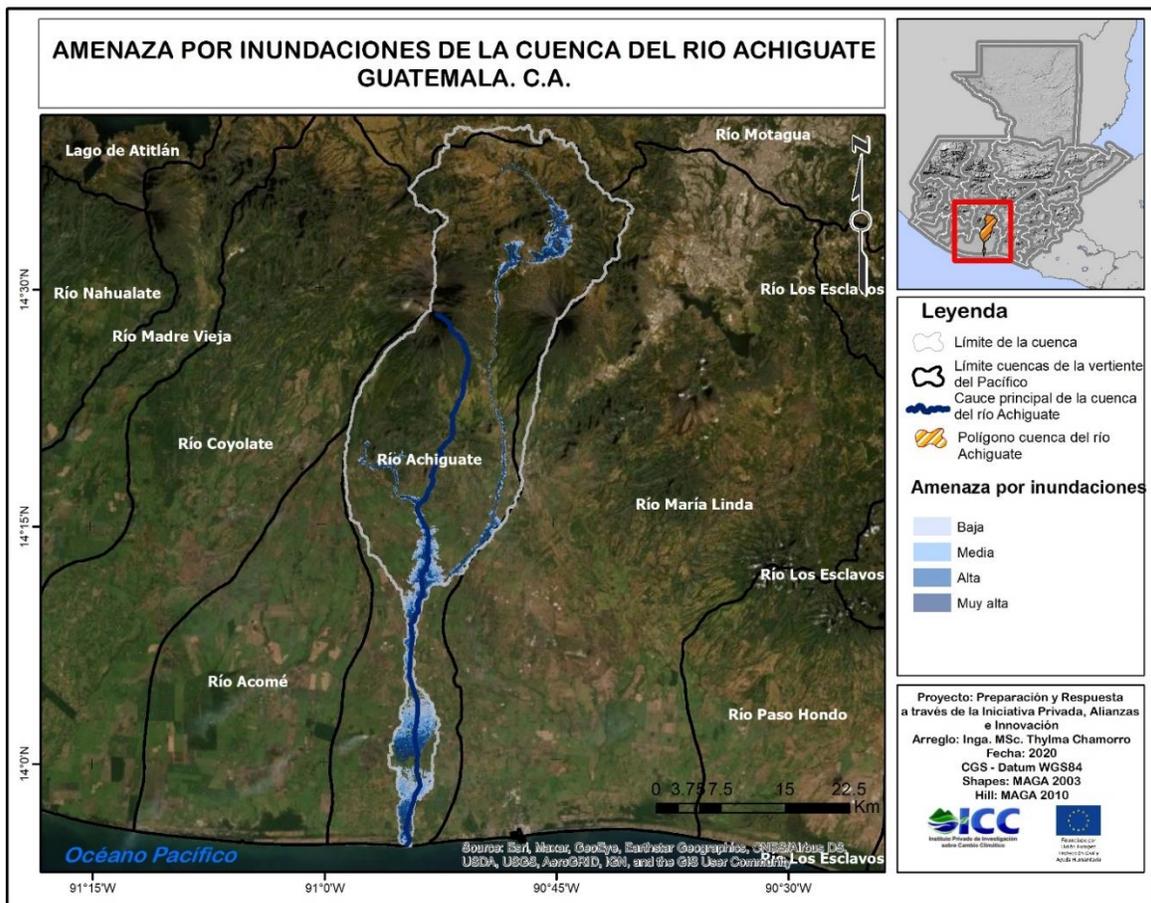
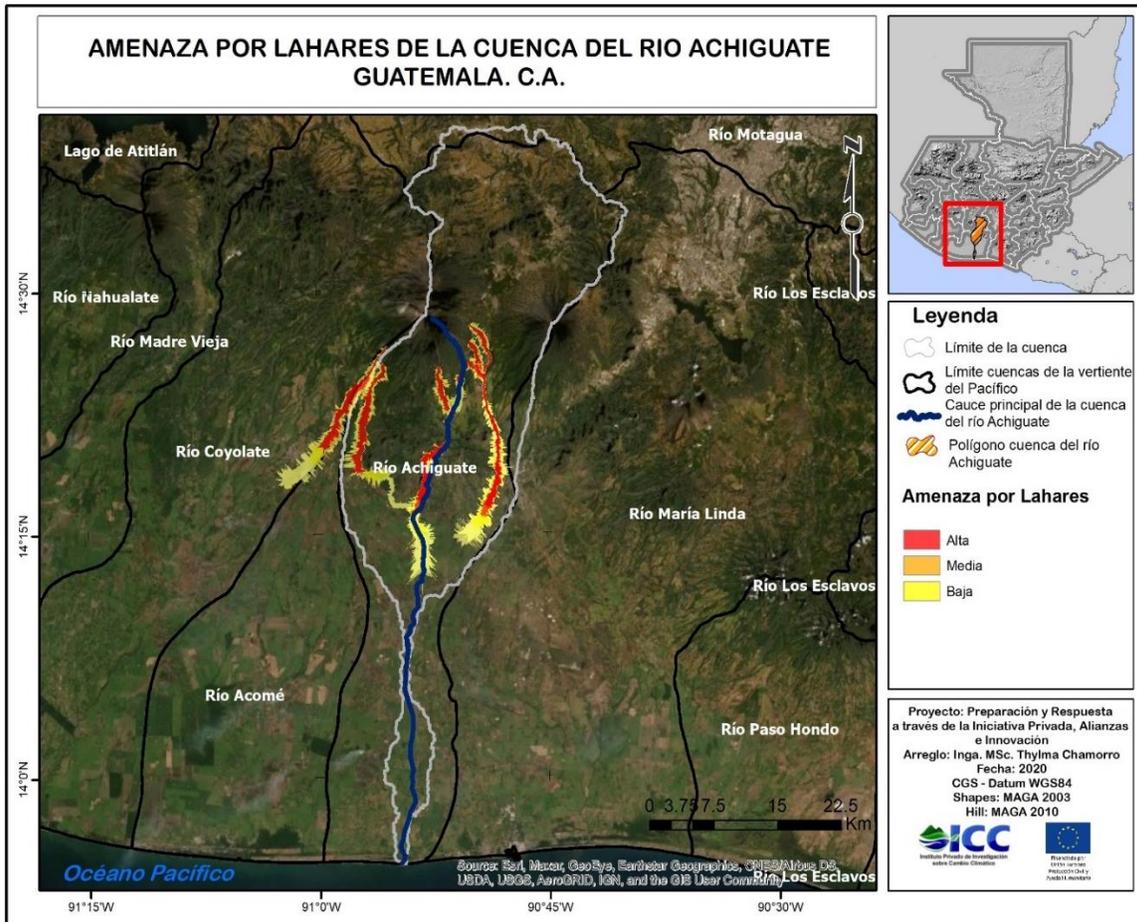


Figura 25. Amenaza de inundaciones en la cuenca del río Achiguate.

Según el mapa de amenaza de inundaciones en la cuenca, es necesario determinar el objetivo del Sistema de Alerta Temprana, como se puede observar se tienen tres áreas de inundación ubicada en la cuenca alta, media y baja. Esto determina que se debe instalar monitoreo para las tres áreas de inundación.

La incidencia de lahares, que son una mezcla de rocas volcánicas y agua que fluye rápidamente por las laderas del volcán, es muy recurrente en esta cuenca y afecta los procesos de inundaciones en el área. Las lluvias erosionan los depósitos de material volcánico y transportan el material a las partes bajas del volcán, arrastra rocas de diversos tamaños, árboles y ramas. Estos descienden a altas velocidades y en ocasiones a altas temperaturas. En la Figura 26 se puede observar cómo se desarrolla la amenaza de lahares dentro de la cuenca.

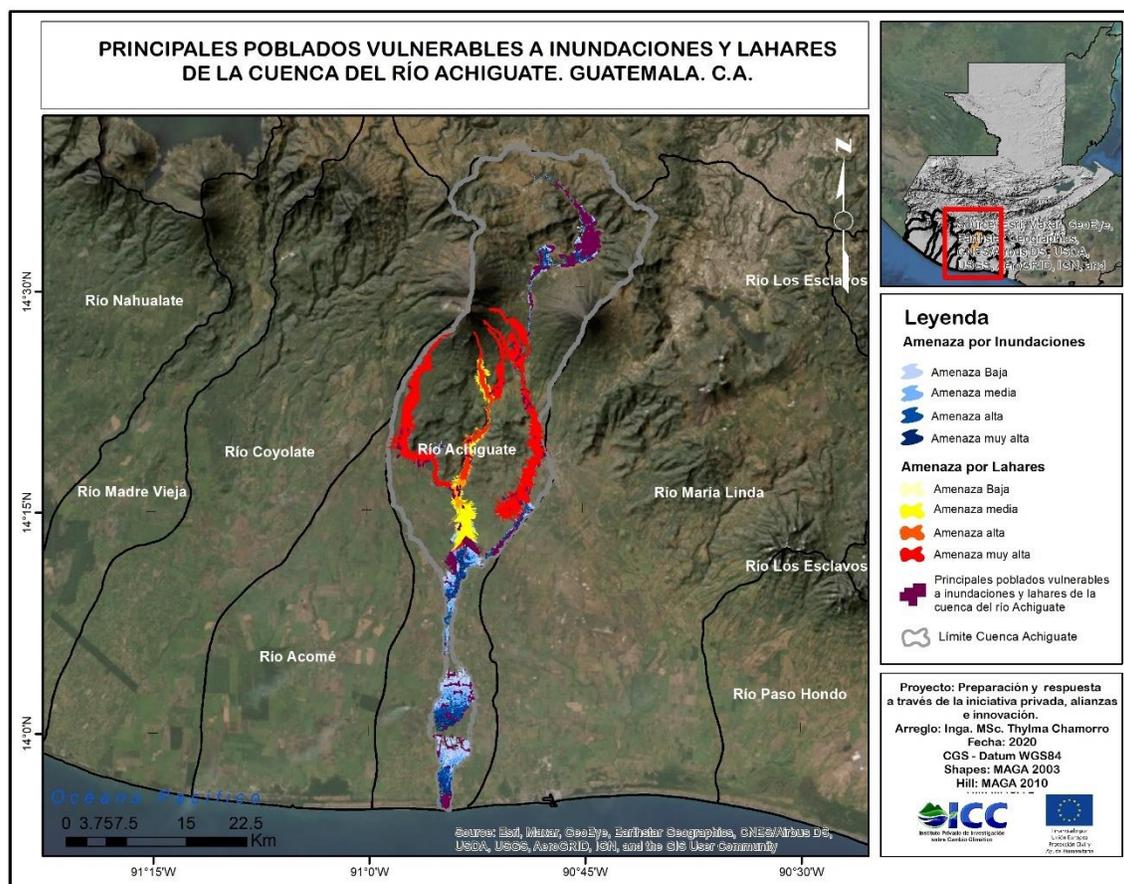


**Figura 26.** Amenaza de lahares de la cuenca del río Achiguate.

### 5.2.2.7. Vulnerabilidades en la cuenca del río Achiguate

Se realizó un análisis para la cuenca del río Achiguate sobre comunidades, áreas de cultivo de caña de azúcar y principales infraestructuras que pudieran resultar dañados por las amenazas de inundaciones y lahares en la cuenca.

Por la recurrencia de inundaciones en la cuenca del río Achiguate, existen muchos centros poblados que tienen probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares en la cuenca. Como se puede observar en la Figura 27 en la cuenca del río Achiguate se pueden encontrar varios poblados distribuidos en toda la cuenca que son susceptibles a inundaciones y lahares.



**Figura 27.** Principales poblados con probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares.

**Tabla 61.** Listado de poblados vulnerables a inundaciones y lahares de la cuenca del río Achiguate.

INUNDACIONES				
No.	DEPARTAMEN	MUNICIPIO	NOMBRE	Area_Has
1	CHIMALTENANGO	CHIMALTENANGO	QUINTAS 2 LOS APOSENTOS	0.832674
2	SACATEPEQUEZ	PASTORES	CHUITO	0.375281
3	SACATEPEQUEZ	PASTORES	SAN LORENZO EL TEJAR	16.908833
4	SACATEPEQUEZ	PASTORES	SAN LUIS LAS CARRETAS	16.170682
5	SACATEPEQUEZ	PASTORES	PASTORES	36.075867
6	SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO	COLONIA LOS ANGELES	123.708237
7	SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO	FILADELFIA	1.202527
8	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	COLONIA BERNABE	40.349073
9	SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO	LA AZOTEA	5.944885
10	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	ANTIGUA GUATEMALA	576.962625
11	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES	SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES	26.845997
12	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	SAN BARTOLOME BECERRA	63.332228
13	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	RETANA	4.991218

14	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES	SANTIAGO ZAMORA	0.955901
15	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	SAN CRISTOBAL EL BAJO	5.0092
16	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES	SAN ANDRES CEBALLOS	9.895164
17	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA	SAN LORENZO EL CUBO	22.292824
18	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	SIN NOMBRE	20.962429
19	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA	EL POTRERO	71.672039
20	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA GUATEMALA	SAN SEBASTIAN EL CERRITO	19.018647
21	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	ARCHI	2.576606
22	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA	CIUDAD VIEJA	63.823923
23	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	VENECIA	2.981911
24	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	SAN MIGUEL DUEÑAS	62.9336
25	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	SAN RAFAEL URIAS	23.190184
26	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	EL RECREO	0.599677
27	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	MICHIGAN	2.673319
28	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	EL LLANO	5.631756
29	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEÑAS	TEMPISQUE	2.288609
30	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	EL CAPETILLO	4.867144
31	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	ALOTENANGO	30.520765
32	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	SANTA IZABEL	0.163795
33	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	SAN NICOLAS	1.386968
34	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	SANTA AUGUSTA	5.018673
35	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	SAN CAYETANO	0.002896
36	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LOS CUATRO	8.377968
37	ESCUINTLA	ESCUINTLA	ALSACIA	0.40092
38	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MONTIJO	0.116494
39	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN JERONIMO PUNTA BAJA	2.987061
40	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MIRANDILLA	0.509483
41	ESCUINTLA	SIQUINALA	LOS LIMONARES	0.124357
42	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL CAPULIN	6.181684
43	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL PEÑON	0.466139
44	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN LUIS URRUELA	0.114174
45	ESCUINTLA	ESCUINTLA	ENTRE RIOS	14.676773
46	ESCUINTLA	SIQUINALA	SANTA TERESA	9.584166
47	ESCUINTLA	ESCUINTLA	EL GUACHIPILIN	1.236727
48	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	LA ISLA	8.025742
49	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LOS CERRITOS	0.064309
50	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN BERNARDO	3.042423
51	ESCUINTLA	ESCUINTLA	EL DORADO	4.551681
52	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LA TOMA	1.191528
53	ESCUINTLA	MASAGUA	EL CLAVO	2.841452
54	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	CUNCUN	15.89377
55	ESCUINTLA	MASAGUA	TURICENTRO EL COQUITO	1.565939

56	ESCUINTLA	MASAGUA	EL COCO	4.562276
57	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN JUAN MIXTAN	13.853106
58	ESCUINTLA	MASAGUA	SANTA ELIGIA	0.085147
59	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	CUNCUNCITO	2.311666
60	ESCUINTLA	MASAGUA	EL MILAGRO	152.714737
61	ESCUINTLA	MASAGUA	EL NOGAR	2.621078
62	ESCUINTLA	MASAGUA	YON	1.768141
63	ESCUINTLA	MASAGUA	SANTA MARIA	0.747387
64	ESCUINTLA	MASAGUA	EL DULCE NOMBRE	5.13898
65	ESCUINTLA	MASAGUA	LOS LIRIOS	18.249716
66	ESCUINTLA	MASAGUA	MASAGUA	48.332262
67	ESCUINTLA	MASAGUA	EL RECUERDO	2.657907
68	ESCUINTLA	MASAGUA	EL MILAGRO	2.298017
69	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	CUNCUN	195.647283
70	ESCUINTLA	MASAGUA	TOLEDO	0.888401
71	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	LA REINITA	1.416579
72	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	LA CORONA II	14.485348
73	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	EL PILAR	0.649574
74	ESCUINTLA	MASAGUA	EL ACHIGUATE	0.111218
75	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	SAPILANDIA	3.902342
76	ESCUINTLA	MASAGUA	LAS GUACAS	0.03559
77	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN MARTIN	0.044984
78	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	SAN JOSE LAS FLORES	24.646115
79	ESCUINTLA	MASAGUA	ANABELLA	0.428726
80	ESCUINTLA	MASAGUA	CAMPO LIBRE	13.198857
81	ESCUINTLA	MASAGUA	LA PAMPA	3.187503
82	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	LAS ACACIAS	1.731974
83	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	EL CENICERO	21.576775
84	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN JOSE LAS FLORES	14.307601
85	ESCUINTLA	MASAGUA	VILLA ALEGRE	2.47787
86	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN JOSE LAS FLORES	0.279274
87	ESCUINTLA	MASAGUA	EL CENICERO	22.95927
88	ESCUINTLA	MASAGUA	SAMARIA	0.430658
89	ESCUINTLA	MASAGUA	ESPERANZA	0.951148
90	ESCUINTLA	MASAGUA	EL ANGEL	1.163131
91	ESCUINTLA	MASAGUA	SIN NOMBRE	0.734038
92	ESCUINTLA	MASAGUA	DEVACAN	1.912326
93	ESCUINTLA	MASAGUA	SANTA LEONOR	2.873289
94	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN PEDRO	2.661759
95	ESCUINTLA	MASAGUA	EL OASIS	9.337848
96	ESCUINTLA	MASAGUA	LA PROVIDENCIA	1.817171
97	ESCUINTLA	MASAGUA	SANTA CLARA	3.361713
98	ESCUINTLA	MASAGUA	LAS GOLONDRINAS	2.810662

99	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	VARSOVIA	19.781186
100	ESCUINTLA	MASAGUA	EL ROSARIO	3.371547
101	ESCUINTLA	MASAGUA	SAN FELIPE	1.248324
102	ESCUINTLA	MASAGUA	EL JAZMIN	1.620118
103	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	JOSEFINA	10.858825
104	ESCUINTLA	SAN JOSE	VARSOVIA	2.202337
105	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	MERIDA	34.03361
106	ESCUINTLA	SAN JOSE	MERIDA (ANEXO)	0.270262
107	ESCUINTLA	SAN JOSE	SANTA ISABEL	6.187364
108	ESCUINTLA	SAN JOSE	DINAMARCA	0.605196
109	ESCUINTLA	SAN JOSE	EL PRADO	15.293697
110	ESCUINTLA	SAN JOSE	SANTA TERESA	10.282112
111	ESCUINTLA	SAN JOSE	LOS ENCUENTROS	2.735899
112	ESCUINTLA	SAN JOSE	EL RECUERDO	13.661229
113	ESCUINTLA	SAN JOSE	BOTON BLANCO	0.472113
114	ESCUINTLA	SAN JOSE	SAN ISIDRO	0.052719
115	ESCUINTLA	SAN JOSE	SAN FRANCISCO BOTON BLANCO	2.190509
116	ESCUINTLA	SAN JOSE	LA GIRALDA	22.010258
117	ESCUINTLA	SAN JOSE	LA ESPERANZA	0.307382
118	ESCUINTLA	SAN JOSE	LAS PILAS	2.139134
119	ESCUINTLA	SAN JOSE	LA ESMERALDA	4.143058
120	ESCUINTLA	SAN JOSE	YOLANDA	11.507537
121	ESCUINTLA	SAN JOSE	SAN CRISTOBAL	2.428434
122	ESCUINTLA	SAN JOSE	SAN CARLOS FLORES	11.119255
123	ESCUINTLA	SAN JOSE	BARRITA VIEJA	48.300782
124	ESCUINTLA	SAN JOSE	AREA NACIONAL	3.628229
125	ESCUINTLA	SAN JOSE	LA BARRITA	86.890852
<b>TOTAL HECTAREAS</b>				<b>2,276.83036</b>
<b>LAHARES</b>				
<b>No.</b>	<b>DEPARTAMEN</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>Area (Has)</b>
1	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	LA REUNION	10.604413
2	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	LA CANDELARIA	1.999279
3	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	EL PORVENIR	10.829991
4	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	LA UNION	8.056763
5	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	SAN JOSE LAS LAJAS	9.826192
6	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	LAS LAJITAS	1.705071
7	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LA FLOR	3.333723
8	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN MIGUEL	0.876027
9	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN JAIME	0.423869
10	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LA REINA	1.176602
11	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO	MONTE MARIA	2.162807
12	ESCUINTLA	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	ASUNCION OSUNA	8.291162

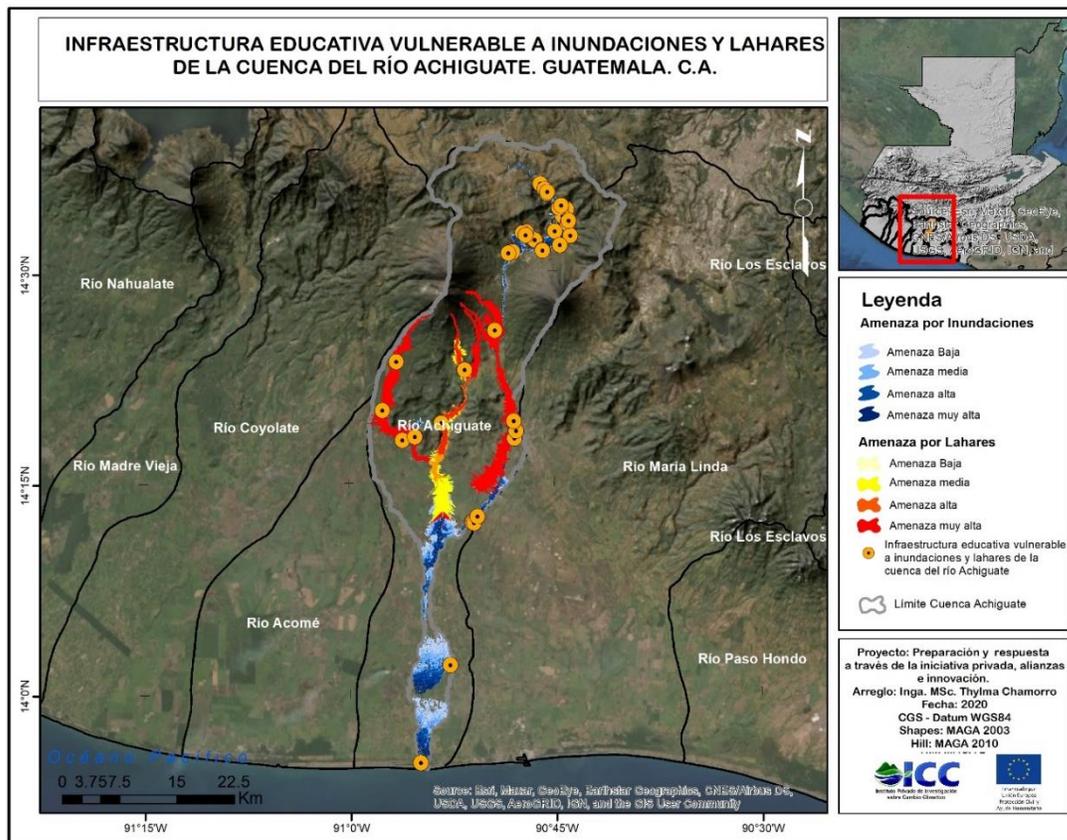
13	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LAS LAGUNAS	5.064615
14	ESCUINTLA	ESCUINTLA	TROPICANA	4.400095
15	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LAS CAÑAS	3.918655
16	ESCUINTLA	ESCUINTLA	DON PANCHO	1.114545
17	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LA TRINIDAD	5.898696
18	ESCUINTLA	ESCUINTLA	BARCELONA	1.23483
19	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LOS CUATRO	14.257444
20	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SANTA MARTHA	0.50059
21	ESCUINTLA	ESCUINTLA	ALSACIA	17.476678
22	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN DIEGO	0.468231
23	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MONTIJO	13.856766
24	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN JERONIMO PUNTA BAJA	4.240531
25	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN RAFAEL	1.492692
26	ESCUINTLA	SIQUINALA	LAS PALMAS	14.678108
27	ESCUINTLA	SIQUINALA	BENEFICIO SAN VICENTE	4.958698
28	ESCUINTLA	SIQUINALA	LA CUCHILLA	6.547507
29	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MIRANDILLA	5.873461
30	ESCUINTLA	SIQUINALA	LAS VICTORIAS	10.385791
31	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MUSUNGA	1.63704
32	ESCUINTLA	SIQUINALA	LA PROVIDENCIA	19.448102
33	ESCUINTLA	ESCUINTLA	CAÑAVERAL	0.82792
34	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL PEÑON	13.843203
35	ESCUINTLA	ESCUINTLA	MAGNOLIAS	1.478898
36	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SANTO DOMINGO ACAPULCO	15.238567
37	ESCUINTLA	ESCUINTLA	HUNAPU	11.463185
38	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL COCO	10.939399
39	ESCUINTLA	SIQUINALA	LAS VIOLETAS	0.062605
40	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL DURAZNAL	12.983821
41	ESCUINTLA	SIQUINALA	LA FELICIDAD	0.724207
42	ESCUINTLA	SIQUINALA	EL RETIRO	0.040593
43	ESCUINTLA	SIQUINALA	SANTA ANA	2.687276
44	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN LUIS URRUELA	2.760358
45	ESCUINTLA	SIQUINALA	AZULINA	10.586203
46	ESCUINTLA	SIQUINALA	DULCE MARIA	0.58249
47	ESCUINTLA	SIQUINALA	SAN JOSE LOS MANANTIALES	0.261979
48	ESCUINTLA	ESCUINTLA	ENTRE RIOS	19.535201
49	ESCUINTLA	ESCUINTLA	CENTRO RECREATIVO GUACALATE	10.938078
50	ESCUINTLA	SIQUINALA	SANTA TERESA	7.448463
51	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAGITARIO	0.4615
52	ESCUINTLA	ESCUINTLA	EL GUACHIPILIN	13.382489
53	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	LA ISLA	14.527446
54	ESCUINTLA	ESCUINTLA	LOS CERRITOS	23.711693
55	ESCUINTLA	ESCUINTLA	RANCHO MARIA	11.602886

56	ESCUINTLA	ESCUINTLA	SAN BERNARDO	8.53254
57	ESCUINTLA	ESCUINTLA	INGENIO SANTA ANA	3.437759
58	ESCUINTLA	MASAGUA	EL CLAVO	0.0426
59	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	CUNCUN	17.539601
60	ESCUINTLA	MASAGUA	EL MILAGRO	124.934636
61	ESCUINTLA	LA DEMOCRACIA	CUNCUN	2.644902
<b>TOTAL HECTAREAS</b>				<b>539.959472</b>

En cuanto a principales obras de infraestructura que tienen posibilidades a ser dañadas por las amenazas de lahares e inundaciones, se tomaron en cuenta infraestructura vial, puentes e infraestructura educativa.

Los edificios escolares están diseñados para el proceso educativo y aunque por lo general no están acondicionados para albergar a poblaciones, es la infraestructura más utilizada para albergues en caso de emergencia. Estos edificios en algunas ocasiones están ubicados en lugares susceptibles a amenazas o su infraestructura no está en buenas condiciones, y por esto es un tema controversial su utilización en casos de emergencias, crisis o desastres.

En la Figura 28, se muestran la infraestructura educativa con probabilidades de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.



**Figura 28.** Infraestructura educativa con probabilidades de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.

**Tabla 61.** Listado de la infraestructura educativa vulnerable a inundaciones y lahares de la cuenca del río Achiguate.

<b>INUNDACIONES</b>				
<b>No.</b>	<b>NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>MUNICIPIO</b>
1	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM 'TIPO MINIMO'	CANTON EL LLANO ZONA 2 ALDEA SAN FELIPE DE JESUS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
2	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	PRIMER CANTON ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
3	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS 'CAYETANA ECHEVERRIA'	3A. CALLE ORIENTE N-14	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
4	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU PARA VARONES NO.3 'MARIANO NAVARRETE'	CALLE DEL MANCHEN NO.4	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
5	ESCUELA OFICIAL URBANA DE NIÑAS 'PEDRO BETHANCOURT'	6A. CALLE ORIENTE ENTRE 1A. Y 2A. AVENIDA SUR	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
6	ESCUELA OFICIAL URBANA DE VARONES NO.3 'MARIANO NAVARRETE'	CALLE DEL MANCHEN	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
7	ESCUELA OFICIAL URBANA DE VARONES NO.2 'LUIS MENA'	1A. AVENIDA NORTE N-25	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
8	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	1ER. CANTON ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
9	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA TIPO MINIMO	CANTON EL LLANO, ZONA 2 ALDEA SAN FELIPE DE JESUS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
10	ESCUELA OFICIAL PARA ADULTOS 'OBREROS'	CALLE DEL MANCHEN N-4	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
11	INSTITUTO NACIONAL EDUCACION BASICA NOCTURNO PARA OBREROS	5A. CALLE ORIENTE N-17	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
12	ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS COMERCIALES SECCION NOCTURNA	5A. CALLE ORIENTE N-17	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
13	INSTITUTO NACIONAL EDUCACION BASICA ADSC. AL INSTITUTO NORMAL P/SEÑORITAS 'OLIMPIA LEAL'	5A. CALLE ORIENTE N-15	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
14	INSTITUTO NORMAL P/SEÑORITAS 'OLIMPIA LEAL'	5A. CALLE ORIENTE N-15	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
15	INSTITUTO EXPERIMENTAL DE EDUCACION BASICA	FINCA LA PRIMAVERA, SALIDA A SANTA MARIA DE JESUS KM. 2	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
16	INSTITUTO NORMAL PARA VARONES 'ANTONIO LARRAZABAL'	FINCA LA PRIMAVERA SALIDA A SANTA MARIA DE JESUS KM.2	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
17	INSTITUTO EXPERIMENTAL DE EDUCACION BASICA ANTONIO LARRAZABAL	SALIDA SANTA MARIA DE JESUS KM.2	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
18	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS	ALDEA SAN BARTOLOME BECERRA	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
19	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SAN BARTOLOME BECERRA	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
20	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA	1RA. AVENIDA NORTE N. 25 ANTIGUA GUATEMALA	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
21	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	PRIMER CANTON ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
22	CENTRO DE EDUCACION ESPECIAL ANEXA A EORM	1ER CANTON ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA

23	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	PRIMER CANTON ALDEA SAN PEDRO LAS HUERTAS	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
24	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOUV LUIS MENA	1ERA. AVENIDA NORTE N. 25	SACATEPEQUEZ	ANTIGUA
25	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS		SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO
26	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'RAFAEL ROSALES'		SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO
27	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS 'LOS LLANOS'	8A. CALLE ENTRE 2A Y 3A AVENIDAS, COLONIA LOS LLANOS	SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO
28	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'DR. VICTOR MANUEL ASTURIAS CASTAÑEDA'	8A. CALLE ENTRE 2A. Y 3A. AVENIDAS, COLONIA LOS LLANOS	SACATEPEQUEZ	JOCOTENANGO
29	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS	ALDEA SAN LUIS LAS CARRETAS	SACATEPEQUEZ	PASTORES
30	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO EL TIZATE SAN LUIS LAS CARRETAS	SACATEPEQUEZ	PASTORES
31	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CANTON ZACATECAS	SACATEPEQUEZ	PASTORES
32	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA DE ENSEÑANZA	PASTORES	SACATEPEQUEZ	PASTORES
33	INSTITUTO DIVERSIFICADO POR COOPERATIVA		SACATEPEQUEZ	PASTORES
34	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS	CANTON LA VEGA	SACATEPEQUEZ	PASTORES
35	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU DE NIÑAS 'FRANCISCO MARROQUIN'	3A. CALLE 1-97 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
36	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU PARA VARONES 'FRAY MATIAS DE PAZ'	ZONA 4 CIUDAD VIEJA	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
37	ESCUELA OFICIAL URBANA DE NIÑAS 'FRANCISCO MARROQUIN'	3A. CALLE 1-97 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
38	ESCUELA OFICIAL URBANA DE VARONES 'FRAY MATIAS DE PAZ'	ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
39	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA SAN LORENZO EL CUBO	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
40	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SAN LORENZO EL CUBO	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
41	ESCUELA OFICIAL PARA ADULTOS LIC. LUIS ARTURO HERRERA MUÑOZ	3A. CALLE 1-97 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
42	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA DE ENSEÑANZA	ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
43	INSTITUTO DIVERSIFICADO POR COOPERATIVA DE ENSEÑANZA 'CIENCIAS COMERCIALES ALMOLONGA'	3A. AV. 2-14 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
44	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA	3A. CALLE 1-97 ZONA 4, CIUDAD VIEJA	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
45	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EOU	3A. CALLE 1-97 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
46	ESCUELA MUNICIPAL URBANA MIXTA	3A. AV. 3-56 ZONA 4	SACATEPEQUEZ	CIUDAD VIEJA
47	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'CARLOS WYLD OSPINA'	4A. AVENIDA 1-11 ZONA 1	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEAS
48	ESCUELA MUNICIPAL NOCTURNA PARA ADULTOS 'SAN MIGUEL'	4A. AV. 1-11 ZONA 1	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEAS
49	EUMP MARIA LUISA RAMIREZ ZUÑIGA		SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEAS
50	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 'CARLOS WYLD OSPINA' JV	5A. AVENIDA 1-01 ZONA 2 VILLAS DE DUEÑAS	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEAS

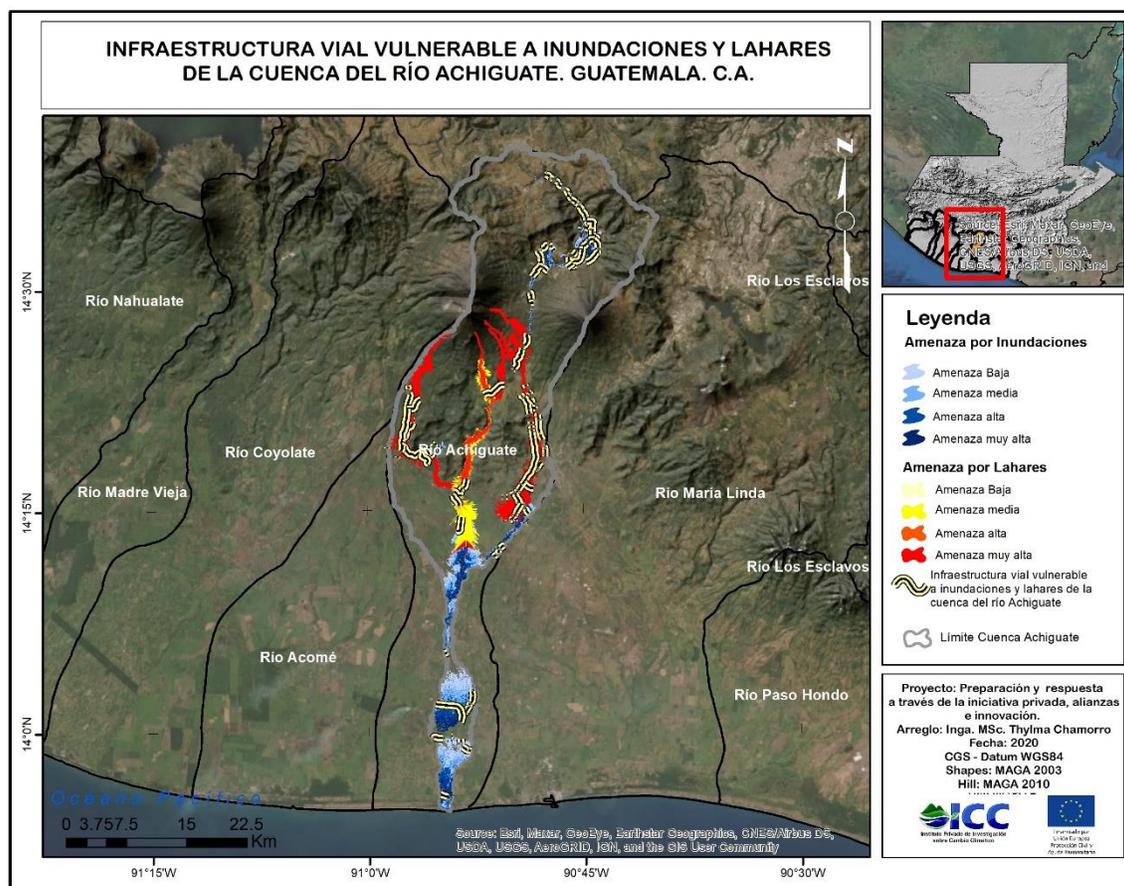
51	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA NO.2	2AV. FINAL Y 1A. CALLE COMPLEJO DEPORTIVO ZONA 3	SACATEPEQUEZ	SAN MIGUEL DUEAS
52	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS	4A. AVENIDA 1-12 ZONA 3	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CAL
53	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA	6A. CALLE FINAL 4-81 ZONA 2	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CAL
54	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SAN ANDRES CEBALLOS	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CAL
55	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA SAN ANDRES CEBALLOS	SACATEPEQUEZ	SAN ANTONIO AGUAS CAL
56	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL CAPULIN	ESCUINTLA	SIQUINALA
57	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO SAN FRANCISCO EL CAMPAMENTO	ESCUINTLA	SIQUINALA
58	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO SAN FRANCISCO EL CAMPAMENTO	ESCUINTLA	SIQUINALA
59	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL CAPULIN	ESCUINTLA	SIQUINALA
60	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS	CALLE PRINCIPAL	ESCUINTLA	MASAGUA
61	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA TIPO MINIMO 'JESUS ENRIQUEZ VILLANUEVA'		ESCUINTLA	MASAGUA
62	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA DE ENSEÑANZA		ESCUINTLA	MASAGUA
63	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO LOS LIRIOS	ESCUINTLA	MASAGUA
64	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO LOS LIRIOS	ESCUINTLA	MASAGUA
65	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	LOTIFICACION EL OASIS	ESCUINTLA	MASAGUA
66	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE ANEXA	LOTIFICACION EL OASIS	ESCUINTLA	MASAGUA
67	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA CAMPAMENTO LA BARRITA	ESCUINTLA	SAN JOSE

### LAHARES

No.	NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	DIRECCION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
1	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	CASERIO EL PORVENIR	SACATEPEQUEZ	ALOTENANGO
2	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA	COLONIA HUNAPU	ESCUINTLA	ESCUINTLA
3	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	COLONIA EL ESFUERZO	ESCUINTLA	ESCUINTLA
4	ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA	COLONIA EL ESFUERZO	ESCUINTLA	ESCUINTLA
5	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	COLONIA HUNAPU	ESCUINTLA	ESCUINTLA
6	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA GONZALO ADOLFO SANTIZO SANTIZO	4AV. 22-04 ZONA 5 COLONIA CAÑAVERAL I	ESCUINTLA	ESCUINTLA
7	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	COLONIA QUINCE DE OCTUBRE LA TRINIDAD	ESCUINTLA	ESCUINTLA
8	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	COLONIA QUINCE DE OCTUBRE LA TRINIDAD	ESCUINTLA	ESCUINTLA
9	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM GONZALO ADOLFO SANTIZO SANTIZO	4A. AV. 22-04 COL. CAÑAVERAL I	ESCUINTLA	ESCUINTLA
10	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA PRONADE	FINCA LA ESMERALDA	ESCUINTLA	ESCUINTLA

11	INSTITUTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA	4A. AVENIDA 22-04 ZONA 5, COLONIA CA&AVERAL I	ESCUINTLA	ESCUINTLA
12	CENTRO INFANTIL NO. 032 (SOSEP)	ESCUINTLA	ESCUINTLA	ESCUINTLA
13	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	ALDEA EL CAPULIN	ESCUINTLA	SIQUINALA
14	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	CASERIO SAN FRANCISCO EL CAMPAMENTO	ESCUINTLA	SIQUINALA
15	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	COLONIA LAS PALMAS	ESCUINTLA	SIQUINALA
16	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	COLONIA LAS PALMAS	ESCUINTLA	SIQUINALA
17	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	LOTIFICACION PEÑA FLOR	ESCUINTLA	SIQUINALA
18	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE-	LOTIFICACION PEÑA FLOR	ESCUINTLA	SIQUINALA
19	ESCUELA NACIONAL DE AUTOGESTION COMUNITARIA -PRONADE- ANEXA	CASERIO SAN FRANCISCO EL CAMPAMENTO	ESCUINTLA	SIQUINALA
20	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	ALDEA EL CAPULIN	ESCUINTLA	SIQUINALA
21	ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA	PARCELAMIENTO LA CUCHILLA	ESCUINTLA	SIQUINALA
22	ESCUELA OFICIAL DE PARVULOS ANEXA A EORM	PARCELAMIENTO LA CUCHILLA	ESCUINTLA	SIQUINALA

Otro factor importante para identificar en las vulnerabilidades es las rutas de acceso, ya que al ocurrir un evento es necesario identificar rutas de evacuación y posibles problemas en los accesos a los diferentes centros poblados. En la Figura 29 se puede observar la infraestructura vial con probabilidad de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.



**Figura 29.** Infraestructura con probabilidad de ser dañada por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate

**Tabla 62.** Infraestructura vial vulnerable a inundaciones y lahares de la cuenca del río Achiguate.

Tipo de red vial	Longitud en kilómetros	Vulnerabilidad
Asfaltado	10.69	Lahares
	24.06	Inundaciones
No asfaltado	23.75	Lahares
	14.00	Inundaciones
Veredas	22.72	Lahares
	16.49	Inundaciones
<b>Total de kilómetros</b>	<b>111.71</b>	

Al igual que la cuenca del río Coyolate, la cuenca del río Achiguate también tiene una gran vulnerabilidad a sufrir eventos naturales extraordinarios capaces de ocasionar grandes daños, como se ha observado con las precipitaciones pluviales extremas ocurridas en eventos como los ciclones tropicales Mitch, Stan, Agatha, entre otros que han llegado a afectar notablemente a las comunidades de la cuenca.

La infraestructura vial y los puentes en especial son importantes para llevar el auxilio que demandan los amplios sectores de la población afectados. Estas circunstancias de vulnerabilidad a sufrir desastres y la importancia de restablecer en poco tiempo la

transpirabilidad de los tramos carreteros hacen indispensable la elaboración de rutas de emergencia en la cuenca. En la Figura 30 se identifican los principales puentes que pueden ser afectados por inundaciones y lahares en la cuenca.

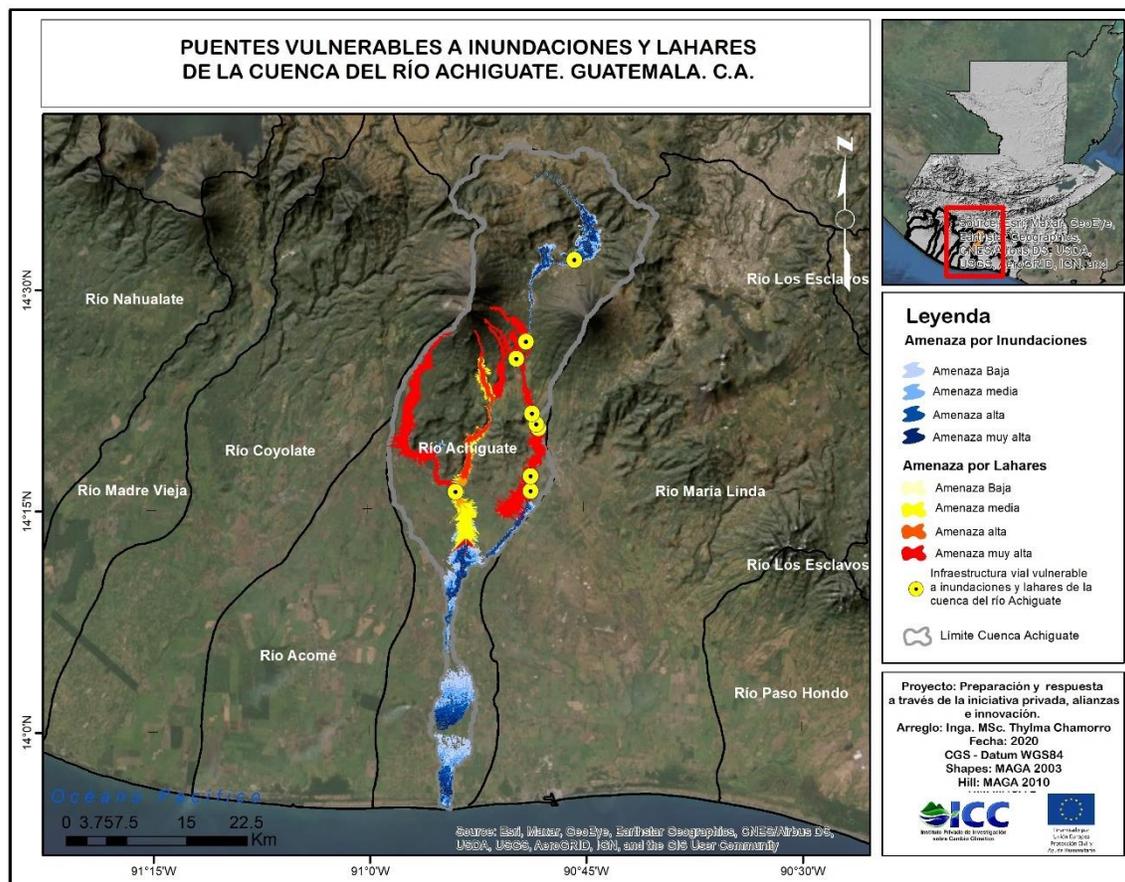


Figura 30. Puente con probabilidad de ser dañados por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.

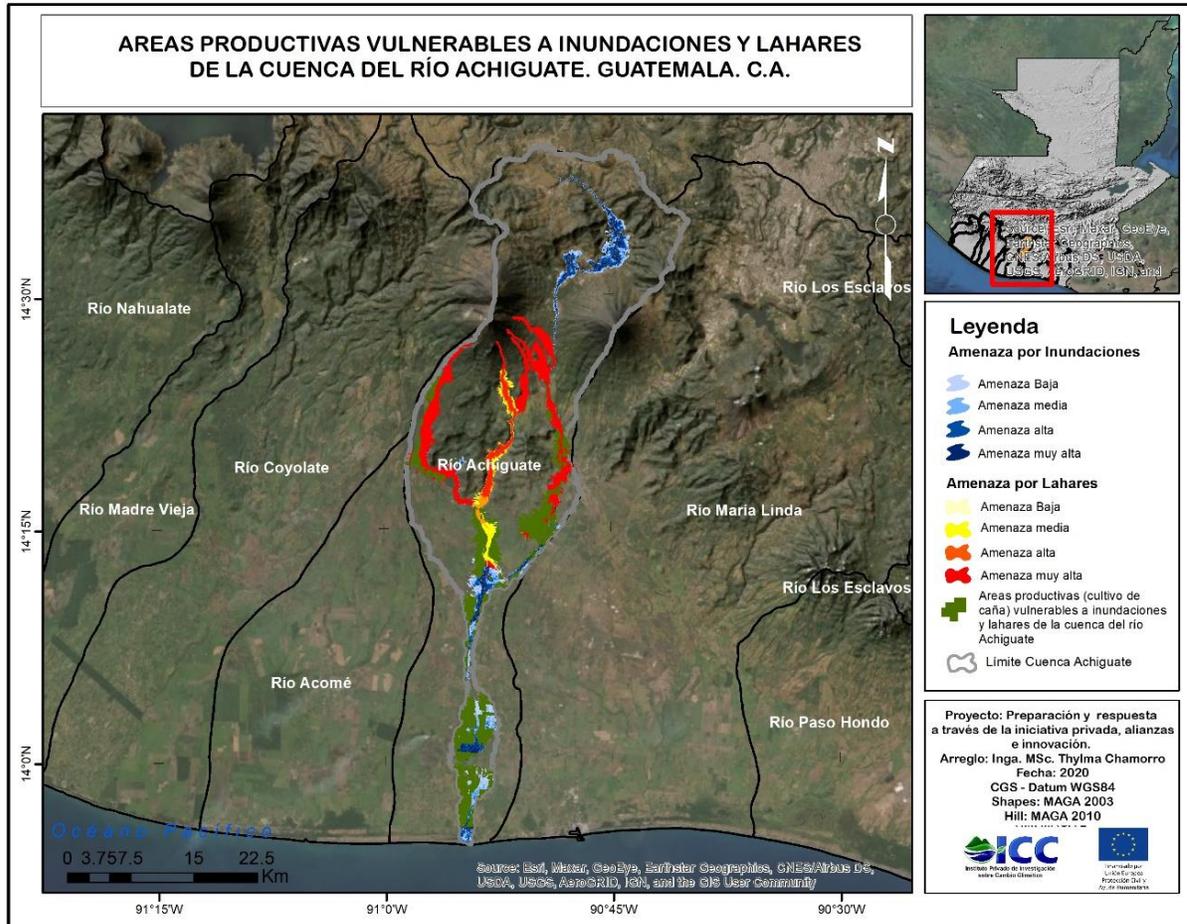
Tabla 63. Puentes vulnerables a inundaciones y lahares de la cuenca del río Achiguate

INUNDACIONES		
No.	NOMBRE	Información
1	GUACALATE 1	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 61+710 LONGITUD (mts): 140 ANCHO (mts): 7.5 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DEPARTAMENTO: ESCU
2	ACHIGUATE 1	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 72+200 LONGITUD (mts): 160.1 ANCHO (mts): 7.5 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DEPARTAMENTO: ES

3	PROVINCIAS 1	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 64+600 LONGITUD (mts): 28.6 ANCHO (mts): 8 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: LOSA Y VIGAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN D
4	PROVINCIAS 2	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 64+600 LONGITUD (mts): 22 ANCHO (mts): 8.1 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA 
5	CIUDAD VIEJA	RUTA: RN14 TRAMO: ANTIGUA- DESVIO ALOTENANGO TIPO: CONCRETO ESTACION: 46+359.00. LONGITUD (mts): 4 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: SACATEPEQUEZ TREN DE CARGA:  Full Address: 14.5294444 -90.
6	COYOLAR	RUTA: RN14 TRAMO: EL RODEO- ESCUINTLA TIPO: CONCRETO ESTACION: 102+700.00 LONGITUD (mts): 75 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.3444444 -90.8030556 <
7	ACHIGUATE 2	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: METAL ESTACION: 72+200 LONGITUD (mts): 119 ANCHO (mts): 8.2 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA 
8	GUACALATE 2	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: METAL ESTACION: 61+710 LONGITUD (mts): 131 ANCHO (mts): 8.1 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA 
<b>LAHARES</b>		
No.	NOMBRE	Información
1	GUACALATE 1	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 61+710 LONGITUD (mts): 140 ANCHO (mts): 7.5 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DEPARTAMENTO: ESCU
2	ACHIGUATE 1	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: CONCRETO ESTACION: 72+200 LONGITUD (mts): 160.1 ANCHO (mts): 7.5 VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA: ARMADURA CON PASO INFERIOR DEPARTAMENTO: ES
3	SAN DIEGO	RUTA: RN14 TRAMO: EL RODEO- ESCUINTLA TIPO: CONCRETO ESTACION: 102+300.00 LONGITUD (mts): 11 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.3397222 -90.8005556 <
4	BARRANCA HONDA	RUTA: RN14 TRAMO: DESVIO ALOTENANGO- LAS LAJAS TIPO: CONCRETO ESTACION: 90+600.00 LONGITUD (mts): 50 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: SACATEPEQUEZ TREN DE CARGA:  Full Address: 14.4377778 -9
5	COYOLAR	RUTA: RN14 TRAMO: EL RODEO- ESCUINTLA TIPO: CONCRETO ESTACION: 102+700.00 LONGITUD (mts): 75 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.3444444 -90.8030556 <
6	CANTIL	RUTA: RN14 TRAMO: EL RODEO- ESCUINTLA TIPO: CONCRETO ESTACION: 101+300.00 LONGITUD (mts): 75 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: ESCUINTLA TREN DE CARGA:  Full Address: 14.3563889 -90.8077778 <
7	LAS LAJAS	RUTA: RN14 TRAMO: DESVIO ALOTENANGO- LAS LAJAS TIPO: CONCRETO ESTACION: 93+300.00 LONGITUD (mts): 33.1 ANCHO (mts):  VIGA: VIGA ARMADA TIPO DE ESTRUCTURA:  DEPARTAMENTO: SACATEPEQUEZ TREN DE CARGA:  Full Address: 14.4183333
8	ACHIGUATE 2	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: METAL ESTACION: 72+200 LONGITUD (mts): 119 ANCHO (mts): 8.2 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA 

9	GUACALATE 2	RUTA: CA 02 OCC TRAMO: ESCUINTLA - BIF. CA-02- OCCIDENTE-D (DESVIO SIQUINALA) TIPO: METAL ESTACION: 61+710 LONGITUD (mts): 131 ANCHO (mts): 8.1 VIGA: VIGAS DE METAL TIPO DE ESTRUCTURA: VIGAS PREFABRICADAS DEPARTAMENTO: ESCUINTLA<b
---	-------------	--

La costa sur se caracteriza por ser un área muy productiva y el cultivo de la caña de azúcar puede representar la mayor cantidad de área de cultivos. Dentro de la cuenca del río Achiguate existen áreas de cultivo de caña de azúcar que tienen una alta susceptibilidad a inundaciones y lahares como se muestra en la Figura 31.



**Figura 31.** Áreas de cultivo de caña de azúcar que presentan probabilidad de ser dañadas por inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.

**Tabla 64.** Áreas de cultivo de caña vulnerables a inundaciones y lahares en la cuenca del río Achiguate.

	Hectáreas
Área de cultivo de caña vulnerable ante inundaciones	3,698.00
Área de cultivo de caña vulnerable ante lahares	2,411.28
Total de hectáreas	6,109.28

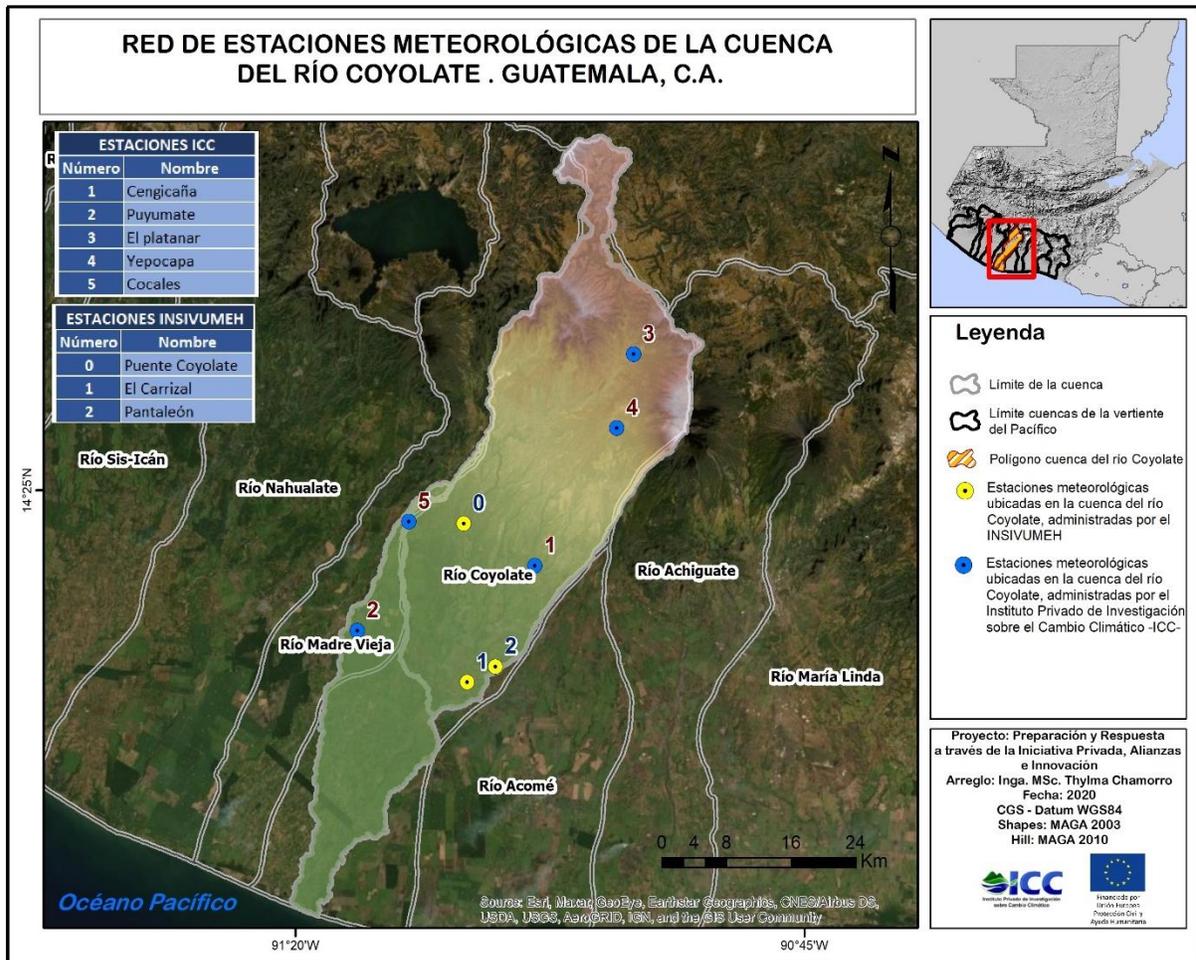
### 5.2.3. Servicio de seguimiento y alerta en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate

#### 5.2.3.1. Ubicación de puntos de monitoreo pluviométrico

Actualmente, dentro en la cuenca del río Coyolate existen 8 pluviómetros (Ver Figura 32), 3 de ellos son del INSIVUMEH y 5 del ICC, según la OMM y como se establece en el Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones en Guatemala, se deben de tener un pluviómetro cada 250 Km<sup>2</sup>, lo que indica que al menos la cuenca deberá tener 8 pluviómetros para poder monitorear la lluvia que generen la crecidas e inundaciones. Técnicamente la cuenca cuenta con la cantidad suficiente de pluviómetros para el monitoreo de precipitación.

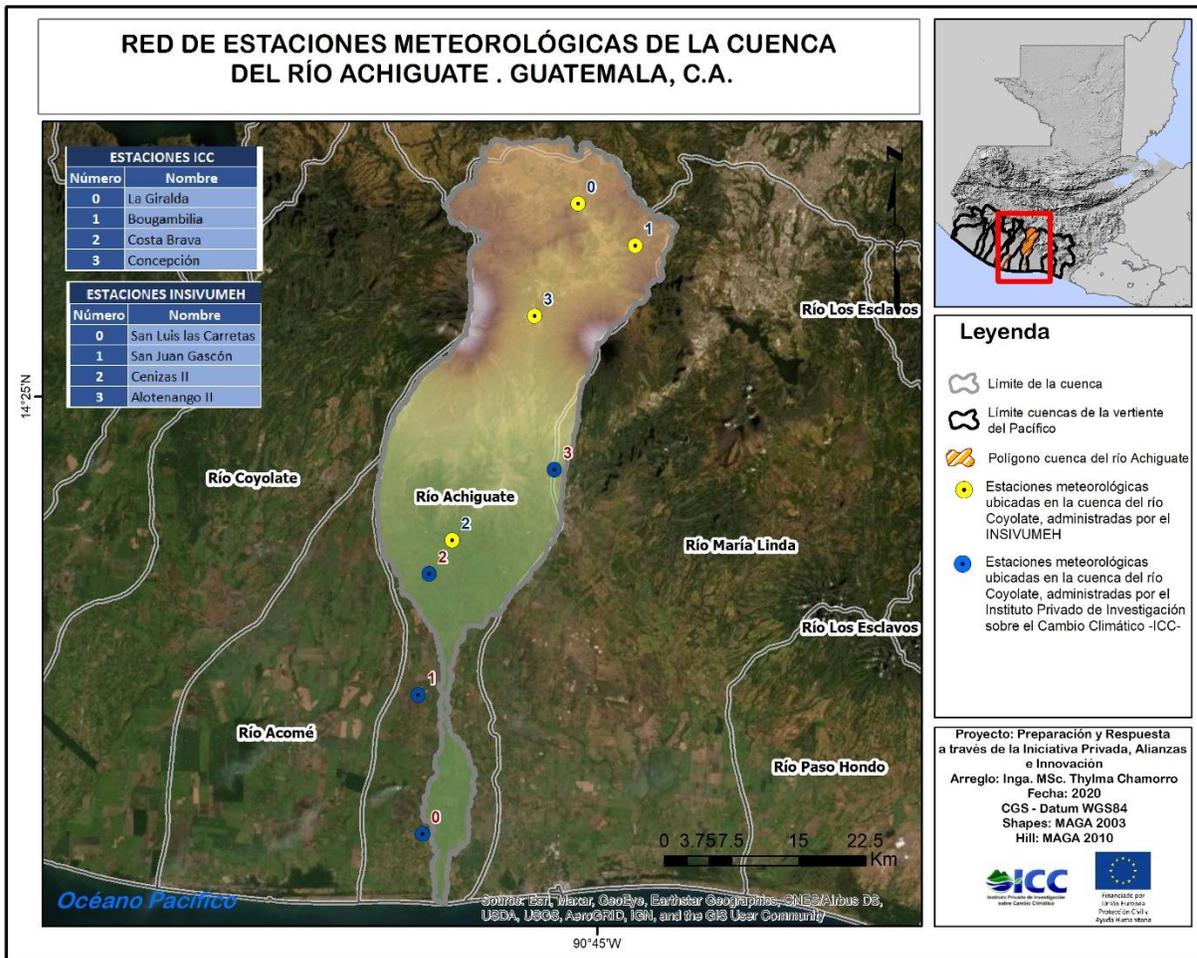
Es importante hacer notar que la mayoría de las estaciones son relativamente nuevas, muchas de ellas no tienen datos de más de 5 años, pero es un avance para el Sistema de Alerta Temprana de la cuenca. Otro factor muy importante que hay que tomar en cuenta es que las 3 estaciones del INSIVUMEH son inestables debido a que dependen de un presupuesto mínimo para su mantenimiento por lo que tiene una alta probabilidad de dejar de funcionar.

Otro aspecto a tomar en cuenta es como están distribuidas las estaciones de cada institución dentro de la cuenca, las estaciones del INSIVUMEH se encuentran ubicadas en la cuenca media y las estaciones del ICC están en la cuenca alta y media, a pesar de contar con la cantidad necesaria de estaciones, para fortalecer el monitoreo se debería de instalar por lo menos una estación en la parte baja de la cuenca.



**Figura 32.** Red de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Coyolate.

En la cuenca del río Achiguate, también se cuenta con 8 estaciones instaladas en la cuenca, 4 de ellas son del INSIVUMEH y 4 son del ICC (Ver Figura 33).



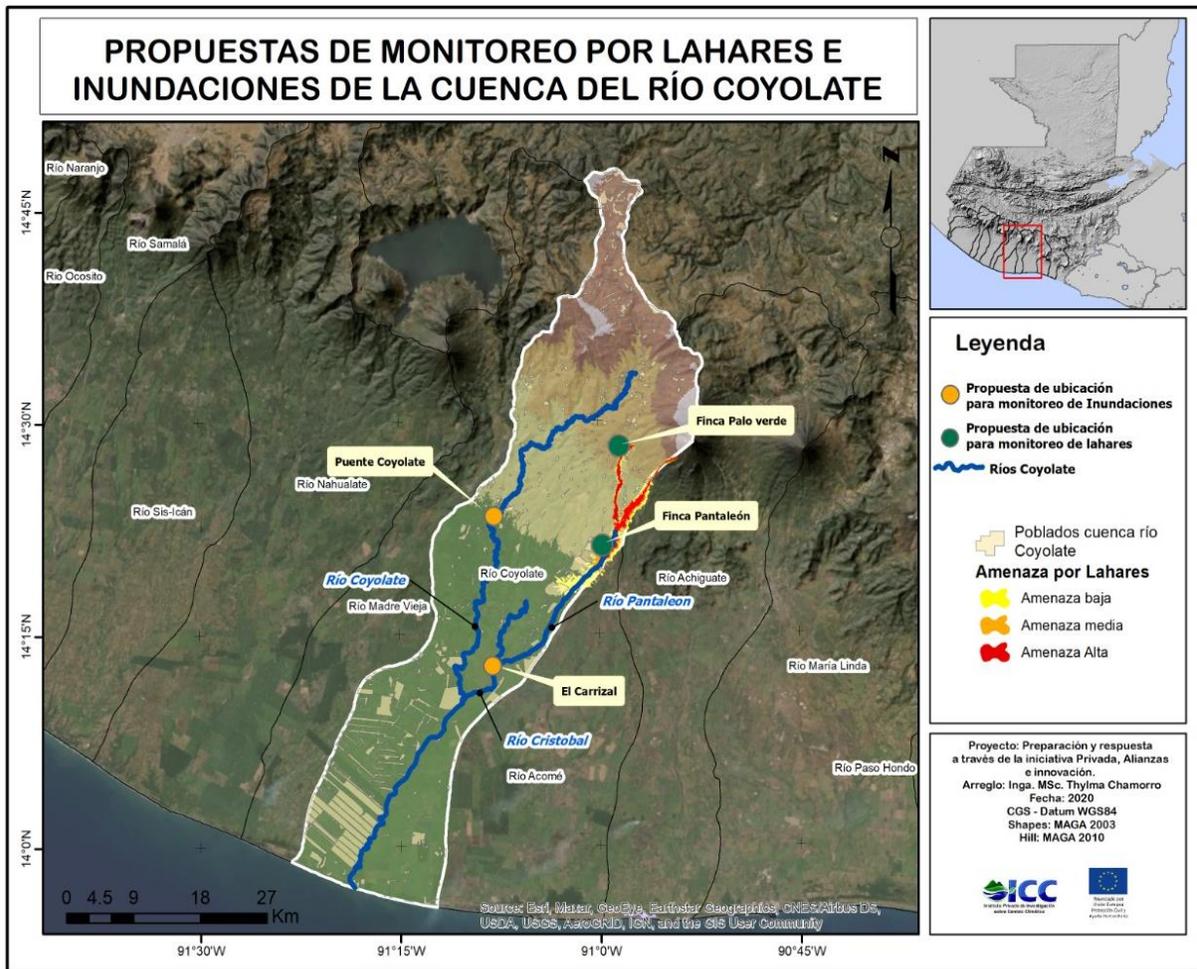
**Figura 33.** Estaciones meteorológicas instaladas dentro de la cuenca del río Achiguate.

En la Figura 33, se puede observar la distribución de las estaciones, en este caso las estaciones del INSIVUMEH monitorean la parte alta de la cuenca y las estaciones del ICC por su parte monitorean la parte media y baja. En el caso de la cuenca del río Achiguate, el monitoreo que realizan ambas instituciones se complementa y cubre de una mejor manera toda la cuenca.

### 5.2.3.2. Ubicación de puntos de monitoreo hidrológico

En la cuenca del río Coyolate, actualmente, se cuenta con una estación hidrométrica a la altura de puente Coyolate, propiedad del INSIVUMEH y según indican se espera que este año (2020) se adquiera equipo para que sea automática; como parte del monitoreo de SAT, según el personal de la SE-CONRED tienen planificado la instalación de 3 sensores de nivel de río que realizan un monitoreo de forma cualitativa pero que no son funcionales para realizar análisis.

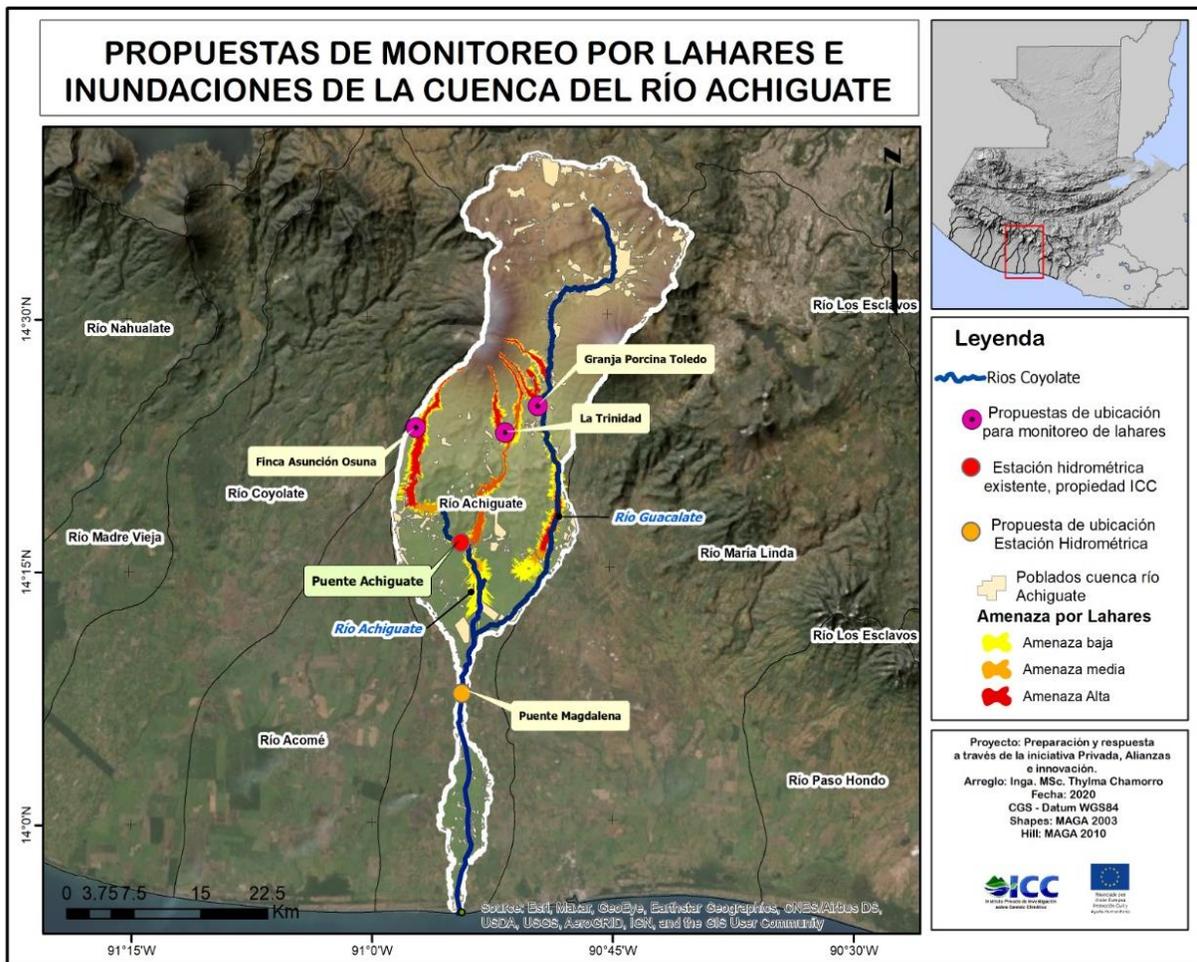
Se sugiere incorporar una nueva estación hidrométrica a la altura de Carrizal y las Playas para el monitoreo de los dos afluentes restantes del río Coyolate y con esto poder determinar la dinámica de la crecida. En la Figura 34 se muestra la ubicación de la estación hidrométrica ubicada en el puente Coyolate y la propuesta de punto de monitoreo para una nueva estación.



**Figura 35.** Estación hidrométrica existente y propuesta de ubicación para estación hidrométrica nueva en la cuenca del río Coyolate.

En la cuenca del río Coyolate solamente se cuenta con ciertos datos de una estación hidrométrica que estuvo ubicada en Alotenango y que servía para monitorear el río Guacalate, pero actualmente no está activa y el INSIVUMEH busca un nuevo punto para reubicarla. Esta información es muy poca para poder realizar análisis para umbrales de niveles dentro de la cuenca.

Para poder monitorear la cuenca del río Guacalate el ICC ya instaló una estación que actualmente se encuentra en proceso de calibración y se propone la instalación de una nueva estación que podría estar ubicada en las cercanías del Ingenio Magdalena. En la Figura 36 se muestra la ubicación de la estación de ICC que se encuentra en calibración y la propuesta del punto de monitoreo para una nueva estación.



**Figura 36.** Estación hidrométrica existente y propuesta de ubicación para estación hidrométrica nueva en la cuenca del río Achiguaté.

Para el caso de lahares no se cuenta con ninguna estación de monitoreo formal en ninguna de las dos cuencas. El INSIVUMEH realiza un monitoreo por infrasonido y visual de lahares, pero el tipo de datos que se tienen son cualitativos y no permiten realizar análisis estadísticos para poder predecir los eventos.

Debido a lo anteriormente descrito, se propone mejorar el monitoreo de lahares en la cuenca para poder realizar análisis posteriores con los datos obtenidos. Para esto es necesario medir aspectos como las dimensiones de los lahares, la velocidad en que se mueven los flujos y la cantidad de precipitación que los genera.

Para estimar las dimensiones del lahar se podría colocar escalas hidrométricas para medir la altura de éstos y con un distanciómetro se podría medir el ancho del lahar, otro factor importante para tomar en cuenta sería medir la sección del cauce en los puntos de monitoreo.

La velocidad del lahar se puede medir calculando el tiempo de llegada del lahar de una estación a la otra y la precipitación se puede medir con pluviómetros.

En la Figura 37 se puede observar un diagrama de cómo se debería realizar las mediciones para poder hacer los análisis respectivos.



**Figura 37.** Propuesta para monitoreo de lahares en las cuencas de los ríos Coyolate y Achígate.

Para realizar el monitoreo se necesitan ciertos materiales como distanciómetros, cronómetros, escalas hidrométricas, binoculares, materiales varios de oficina (boletas, lapiceros, calculadoras, entre otros), inclinómetros y equipo de protección. De igual manera se necesita crear un protocolo para medición, traslado de la información y acciones a tomar también se proponen reuniones con actores claves dentro de las cuencas para crear este documento.

En el siguiente cuadro se puede observar un presupuesto estimado para poder instalar el sistema de monitoreo de lahares en las cuencas que fortalecería el monitoreo y la capacidad de respuesta en el SAT de inundaciones de ambas cuencas.

**Tabla 57.** Presupuesto estimado para la instalación del Sistema de Monitoreo de Lahares en las cuencas de los ríos Coyolate y Achíguate.

		<b>Cant.</b>	<b>Precio de unidad</b>	<b>Precio Total</b>
Fortalecimiento de los puntos de monitoreo con el equipo necesario.	Pluviómetros	5	Q1,500.00	Q7,500.00
	Binoculares (Con visión nocturna)	4	Q1,200.00	Q4,800.00
	Escalas hidrométricas	20	Q750.00	Q15,000.00
	Radios portátiles	4	Q3,000.00	Q12,000.00
	Sismógrafos con infrasonidos	4	Q300,000.00	Q1,200,000.00
	Linternas	4	Q270.00	Q1,080.00
	Distanciómetro	4	Q2,995.00	Q11,980.00
	Inclinómetros manuales	4	Q2,100.00	Q8,400.00
	Cronómetros	4	Q1,125.00	Q4,500.00
	Calculadoras	4	Q25.00	Q100.00
	Block de hojas de control	100	Q100.00	Q10,000.00
	Caja de Lapiceros	100	Q16.50	Q1,650.00
	Ponchos de agua	4	Q80.00	Q320.00
	Botas de Hule	4	Q125.00	Q500.00
	Chalecos	4	Q250.00	Q1,000.00
Cajas de herramientas	4	Q250.00	Q1,000.00	
Realizar un protocolo de monitoreo para el volcán de Fuego que describa las metodologías, tiempos y procedimientos.	Reuniones de trabajo interinstitucionales	5	Q15,000.00	Q75,000.00
	Reproducción del documento	200	Q100.00	Q20,000.00
<b>Total estimado de los insumos necesarios</b>				<b>Q1,374,830.00</b>

## 6. CONCLUSIONES

Un sistema de alerta temprana depende de 4 componentes, y si uno de estos no funciona todo el sistema falla, actualmente en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate no cuentan un SAT, ya que no están todos los componentes trabajando de forma adecuada, y es necesario reforzar algunos componentes, como los son: actualización de la dinámica de las inundaciones dentro de la cuenca, análisis topográficos e hidráulicos para el establecimiento de umbrales de niveles de río, complementar el sistema de monitoreo pluviométrico e hidrométrico en ambas cuencas y fortalecer la capacidad de respuesta complementando las capacitaciones establecidas en el Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones en Guatemala.

En la curva hipsométrica de ambas cuencas se observó que la cuenca presenta altas pendientes en la parte alta, y zonas con muy baja pendiente en la parte baja, esto favorece el desarrollo de meandros, estos tienden a desarrollarse en las llanuras de inundación, con el tiempo la erosión y deposición de sedimentos va modificando la forma del meandro.

En ambas cuencas, la recurrencia a inundaciones y lahares es recurrente, debido a esto existen muchos poblados que se encuentran susceptibles a estas dos amenazas por lo que es importante la implementación de Sistemas de Alerta Temprana para resguardar la integridad de los habitantes. Se realizó un análisis de las principales vulnerabilidades en las dos cuencas, se identificaron las principales rutas de acceso y puentes que podrían ser dañados por ambas amenazas lo que es importante determinar para poder establecer rutas de emergencia y evacuación, de igual manera se identificaron los principales edificios educativos y las principales zonas de cultivos que podrán ser dañados.

El monitoreo de la precipitación en las cuencas de estudio cumple con lo establecido por el Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones en Guatemala, encontrando 8 pluviómetros en cada cuenca propiedad del ICC y del INSIVUMEH. En el caso de la cuenca del río Coyolate, aunque cumpla con el número de estaciones necesarias se propone la instalación de un pluviómetro en la parte baja de la cuenca ya que ninguna de las dos instituciones tiene alguno en esta área.

Para el caso de lahares no se cuenta con ninguna estación de monitoreo formal en ninguna de las dos cuencas. El INSIVUMEH realiza un monitoreo por infrasonido y visual de lahares, pero el tipo de datos que se tienen son cualitativos y no permiten realizar análisis estadísticos para poder predecir los eventos. Debido a esto se puede implementar algunas estaciones de monitoreo de lahares en ambas cuencas en los puntos propuestos de manera que se pueda producir información como velocidad del lahar, dimensiones y tiempo en el que ocurre.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Conferencia Mundial sobre Reducción de Riesgo de Desastres celebrada en Sendai. (14 al 18 de Marzo de 2015). [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org). Obtenido de [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)

Aparicio, F. V. (2015). *Fundamentos de hidrología*. México: LIMUSA.

Chow, V., Maidment, D., Mays, L., & Saldarriaga, J. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santa Fe de Bogotá: McGraw - Hill.

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2019). *Manual de Referencia para Sistemas de Alerta Temprana ante Inundaciones en Guatemala*. Guatemala : S/D.

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2015). *Manual para la organización de coordinadoras para la reducción de desastres*. Guatemala: S/D.

EWC, I. (27 al 29 de Marzo de 2006). [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org). Obtenido de [https://www.unisdr.org/files/608\\_spanish.pdf](https://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf)

ICC (Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático) . (2011). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Coyolate*. Guatemala: S/D.



**Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático**