



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Plan de protección y conservación
de la cuenca hidrográfica del río

Coyolate

Capítulo I. Caracterización biofísica



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), denominado:
Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica
Central en Guatemala

Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Capítulo I

Caracterización biofísica

Guatemala, febrero de 2025

Citar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Capítulo I: Caracterización biofísica*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Global Environment Facility y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Autoridades

Ph. D. César Bernardo Arévalo De León

Presidente de la República de Guatemala

Ph. D. Karin Larissa Herrera Aguilar

Vicepresidenta de la República de Guatemala

MSc. Ana Patricia Orantes Thomas

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

MSc. Jaime Luis Carrera Campos

Viceministro del Agua

Dr. MSc. Edwin Josué Castellanos López

Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Ing. José Rodrigo Rodas Ramos

Viceministro de Ambiente

Lic. Edwing Antonio Pérez Corzo

Viceministro Administrativo Financiero

Equipo técnico

MSc. José Juan Ochoa Quezada

director de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Ing. Maritza Yaneth Campos Fuentes

jefe a.i. Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Luis Pablo Palala Méndez

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Pablo Eduardo Ponce Paiz

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Néstor Fajardo Herrera

asesor técnico del Departamento de Control y Monitoreo del Recurso Hídrico

INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (ICC)

Apoyo técnico metodológico

Giovanni González-Celada

coordinador y especialista en cuencas hidrográficas

Nancy Soto

consultora especialista social y género

Alex Guerra, Luis Reyes, Juan Andrés Nelson y Oscar González

comité asesor del ICC

PROYECTO PROMOVRIENDO TERRITORIOS SOSTENIBLES Y RESILIENTES EN PAISAJES DE LA CADENA VOLCÁNICA CENTRAL EN GUATEMALA

Equipo técnico

Indira Ixquic Barreno Colindres

directora del Proyecto

Mario Samuel Buch

coordinador del Proyecto

Pedro López Velásquez

coordinador región 1

Keny Juárez

coordinador región 2

Juan Ernesto Celada

coordinador región 3

Este documento fue generado en el marco del Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) denominado: Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala, mediante el acuerdo colaborativo con el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

Nos gustaría reconocer al Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (www.marn.gob.gt) denominado: Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala, Cooperación no reembolsable que es financiado con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM/GEF- (www.thegef.org), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- (www.undp.org). Por su apoyo y contribución financiera a esta publicación.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



TABLA DE CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	x
INTRODUCCIÓN	1
1. METODOLOGÍA.....	2
2. LÍMITE, PARTES Y NIVELES DE CUENCA HIDROGRÁFICA.....	3
3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	7
4. CLIMA	11
4.1 Precipitación pluvial	11
4.2 Temperatura.....	12
4.3 Evapotranspiración potencial.....	13
5. VARIABILIDAD CLIMÁTICA	14
5.1 Meteorología.....	14
5.2 Anomalías observadas.....	15
5.3 Variabilidad climática observada	17
5.4 Variabilidad de la época lluviosa	19
5.5 Canícula.....	21
6. CAMBIO CLIMÁTICO	25
6.1 Proyecciones de cambio climático	25
7. HIDROLOGÍA.....	31
7.1 Balance hídrico.....	31
7.2 Caudales	32
7.3 Agua subterránea	37
7.4 Recarga hidrológica	39
7.5 Cuerpos de agua	41
8. FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	43
9. TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE	46
10. GEOLOGÍA.....	47
11. SUELOS	48
12. COBERTURA VEGETAL Y USO DE LA TIERRA.....	50
13. CAPACIDAD DE USO DEL SUELO	56
14. INTENSIDAD DE USO DEL SUELO	59
15. EROSIÓN HÍDRICA	60

16.	ZONAS DE VIDA Y ECOSISTEMAS	62
17.	BIODIVERSIDAD Y ÁREAS PROTEGIDAS	66
18.	RIESGO.....	68
18.1	Deslizamientos.....	68
18.2	Inundaciones	69
18.3	Amenazas volcánicas	72
18.4	Sequía	75
18.5	Vulnerabilidad sistémica	76
18.6	Amenazas climáticas.....	77
18.7	Riesgo a amenazas climáticas	78
18.8	Riesgo a desastres.....	79
19.	TIRADEROS DE DESECHOS SÓLIDOS Y DESCARGA DE PLÁSTICOS AL MAR	84
20.	APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO	85
21.	SÍNTESIS DE LA CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA	86
	REFERENCIAS	88

Índice de tablas

Tabla 1. Aspectos morfológicos de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	8
Tabla 2. Balance hidrológico anual de la cuenca Coyolate y algunas de sus cuencas de nivel 7 y 8	31
Tabla 3. Caudales máximos generados mediante los métodos de índice de crecida y precipitación pluvial-escorrentía	36
Tabla 4. Descripción del mapa fisiográfico-geomorfológico de la cuenca del río Coyolate	44
Tabla 5. Uso de la tierra 2012 y superficie ocupada en la cuenca del río Coyolate .	50
Tabla 6. Cobertura vegetal y uso de la tierra para el año 2020 en la cuenca del río Coyolate	52
Tabla 7. Distribución de la superficie de las categorías de capacidad de uso de la tierra.....	57
Tabla 8. Distribución de las zonas de vida en la cuenca del río Coyolate por superficie ocupada	63
Tabla 9. Centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Coyolate	85

Índice de figuras

Figura 1. Metodología general para la caracterización biofísica de cuencas hidrográficas.....	2
Figura 2. Límite y partes de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	4
Figura 3. Cuencas de nivel 7 (Pfafstetter) en la cuenca hidrográfica del río Coyolate	5
Figura 4. Cuencas de nivel 8 (Pfafstetter) en la cuenca hidrográfica del río Coyolate	6
Figura 5. Límite y red hídrica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	7
Figura 6. Curva hipsométrica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	10
Figura 7. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Coyolate.....	10
Figura 8. Precipitación pluvial media anual e isoyetas de la cuenca del río Coyolate para el período 1991 a 2020	11
Figura 9. Temperatura media anual e isotermas de la cuenca del río Coylate para el período 1991 a 2020.....	12
Figura 10. Evapotranspiración potencial media anual en la cuenca del río Coyolate para el periodo 2000-2013.....	13
Figura 11. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el periodo 2019-2020	14

Figura 12. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2019-2020	15
Figura 13. Anomalía de precipitación pluvial estandarizada registrada en la estación Camantulul en la región climática de bocacosta para el periodo 1971-2014.....	16
Figura 14. Anomalía de temperatura media anual registrada en la estación Camantulul en la región climática de bocacosta para el período 1971-2014.....	17
Figura 15. Precipitación pluvial media mensual registrada en la estación Camantulul (líneas por período) y su gráfico de cajas (periodo 1971-2014)	18
Figura 16. Temperatura media mensual registrada en la estación Camantulul (líneas por período) y su gráfico de cajas (periodo 1971-2014)	18
Figura 17. Variabilidad del inicio de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate	20
Figura 18. Variabilidad del final de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate	20
Figura 19. Variabilidad de la duración de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate.....	21
Figura 20. Precipitación media mensual simulada con el modelo RegCM4 para el período de 2011 a 2017, donde también se muestra el límite departamental	22
Figura 21. Variabilidad de la duración de la canícula en la cuenca del río Coyolate	23
Figura 22. Variabilidad de la intensidad de la canícula en la cuenca del río Coyolate	23
Figura 23. Variabilidad de la precipitación pluvial durante la canícula en la cuenca del río Coyolate	24
Figura 24. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5	25
Figura 25. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5	26
Figura 26. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5.....	27
Figura 27. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5.....	27
Figura 28. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5	28
Figura 29. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5	29
Figura 30. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5.....	29
Figura 31. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5.....	30
Figura 32. Disponibilidad hídrica específica ($m^3/km^2/año$) para la cuenca del río Coyolate.....	32
Figura 33. Hidrometría en la cuenca del río Coyolate	33

Figura 34. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Coyolate, periodo 2016-2021	34
Figura 35. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Santa Marta, periodo 2016-2021	34
Figura 36. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Pantaleón, periodo 2016-2021	35
Figura 37. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Cristóbal, periodo 2016-2021	35
Figura 38. Potencial de aguas subterráneas en la cuenca del río Coyolate.....	37
Figura 39. Nivel freático promedio del abanico aluvial central durante el mes de agosto (periodo 2017-2020)	38
Figura 40. Nivel freático promedio del abanico aluvial central durante el mes de marzo (2017-2021)	39
Figura 41. Captación, regulación y recarga hidrológica en la cuenca del río Coyolate	40
Figura 42. Recarga hídrica media anual en el abanico aluvial central.....	41
Figura 43. Cuerpos de agua en la cuenca hidrográfica del río Coyolate.....	42
Figura 44. Fisiografía y geomorfología de la cuenca del río Coyolate	45
Figura 45. Pendiente del terreno en la cuenca hidrográfica del río Coyolate	46
Figura 46. Geología de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	47
Figura 47. Taxonomía de los suelos (orden) de la cuenca del río Coyolate	49
Figura 48. Uso y cobertura de la tierra para el año 2012 en la cuenca del río Coyolate.....	51
Figura 49. Cobertura vegetal y uso de la tierra para el año 2020 en la cuenca del río Coyolate.....	54
Figura 50. Dinámica de la cobertura forestal 2010-2016 para la cuenca del río Coyolate.....	55
Figura 51. Capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Coyolate según la metodología del INAB.....	58
Figura 52. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Coyolate.....	59
Figura 53. Erosión hídrica potencial en la cuenca del río Coyolate.....	61
Figura 54. Zonas de vida en la cuenca hidrográfica del río Coyolate, según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge	64
Figura 55. Registro de biodiversidad del Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica, para la cuenca del río Coyolate	66
Figura 56. Áreas protegidas en la cuenca del río Coyolate	67
Figura 57. Riesgo a deslizamientos en la cuenca del río Coyolate	68
Figura 58. Susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del río Coyolate.....	69
Figura 59. Amenaza por inundación en la cuenca del río Coyolate	70
Figura 60. Zonas susceptibles a inundación previo a la temporada de precipitación pluvial (marzo), estimada mediante modelación hidráulica en dos dimensiones en el río Coyolate	71
Figura 61. Modelación de lahares del volcán de Fuego	73
Figura 62. Amenaza por flujos piroclásticos en la cuenca del río Coyolate	74

Figura 63. Amenaza por dispersión de ceniza del volcán de Fuego en la cuenca del río Achiguatate	75
Figura 64. Amenaza por sequía en la cuenca del río Coyolate	76
Figura 65. Vulnerabilidad sistémica en la cuenca del río Coyolate	77
Figura 66. Amenazas climáticas por categoría en la cuenca del río Coyolate.....	78
Figura 67. Riesgo a amenazas climáticas en la cuenca del río Coyolate	79
Figura 68. Índice de peligro y exposición a desastres en la cuenca del río Coyolate	80
Figura 69. Índice de vulnerabilidad a desastres en la cuenca del río Coyolate.....	81
Figura 70. Índice de falta de capacidad de respuesta a desastres en la cuenca del río Coyolate	82
Figura 71. Índice de riesgo a desastres en la cuenca del río Coyolate.....	83
Figura 72. Tiraderos de basura y descarga de plásticos al mar en la cuenca del río Coyolate.....	84
Figura 73. Centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Coyolate.....	85

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Cathalac	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Conred	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
DIGEGR	Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Gimbot	Grupo Interinstitucional de Monitoreo y Bosques de Uso de la Tierra
Iarna	Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
IEV	índice de explosividad volcánica
INAB	Instituto Nacional de Bosques
Inform	<i>index for risk management</i> (índice para la gestión de riesgo)
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Modis	moderate resolution imaging spectroradiometer (espectroradiómetro de imágenes de resolución media)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio)
NTSG-UM	Numerical Terradynamic Simulation Group of University of Montana (Grupo de Simulación Numérica Terradinámica de la Universidad de Montana)
RCP	<i>representative concentration pathways</i> (trayectorias de concentración representativas)
RegCM	<i>regional climate model system</i> (sistema de modelo de clima regional)
Sismicede	sistema de manejo de información en caso de emergencia o desastres
SNIBgt	sistema nacional de información de diversidad biológica de Guatemala
URL	Universidad Rafael Landívar
WEAP	<i>water evaluation and planning system</i> (sistema de evaluación y planificación del agua)

INTRODUCCIÓN

La caracterización biofísica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate presenta los elementos que servirán de base para realizar su diagnóstico y definir la línea base de su estado actual. Para ello se han considerado una serie de características o componentes que describen el estado de la cuenca, dentro de los cuales están las variables de morfología, clima, hidrología, suelos, cobertura y uso del suelo, ecosistemas, riesgos, entre otros.

El Plan de Protección y Conservación de la Cuenca Hidrográfica del río Coyolate consta de cuatro capítulos, y el presente documento corresponde al primero.

Capítulo I	Caracterización biofísica
Capítulo II	Caracterización socioeconómica
Capítulo III	Mapeo de actores de la cuenca
Capítulo IV	Diagnóstico, línea base, zonificación territorial y plan de manejo integral de la cuenca

1. METODOLOGÍA

La caracterización biofísica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se realizó con base en información primaria y secundaria obtenida a través de diversas fuentes. Inicialmente se definieron los siguientes componentes o variables biofísicas: morfología de la cuenca, clima, variabilidad y cambio climático, hidrología, fisiografía-geomorfología, topografía, geología, suelos, cobertura y uso de la tierra, capacidad e intensidad de uso de los suelos, erosión, zonas de vida y ecosistemas, biodiversidad y áreas protegidas, riesgo, tiraderos de basura y aprovechamiento energético. La información recopilada se sistematizó, analizó y procesó, utilizando sistemas de información geográfica (SIG). Finalmente, se produjeron mapas, gráficos y/o tablas (Figura 1) de las variables. Los parámetros morfológicos de la cuenca se calcularon a través de la herramienta QGIS v. 3.10.11 A Coruña (QGIS Development Team, 2019).

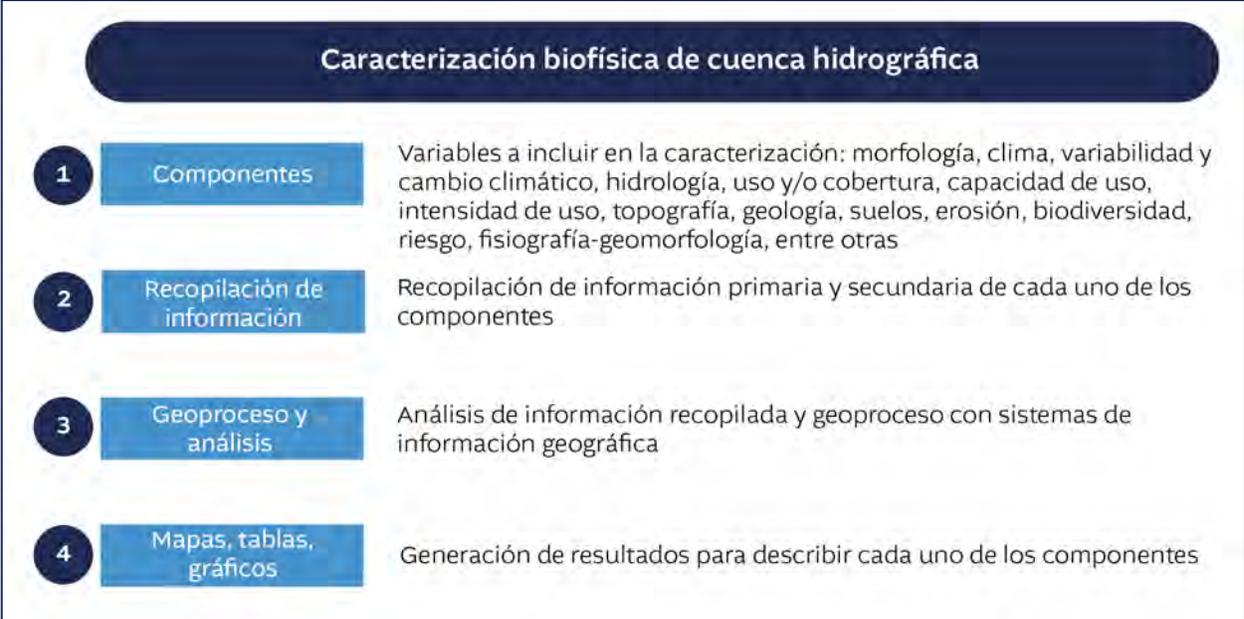


Figura 1. Metodología general para la caracterización biofísica de cuencas hidrográficas

Fuente: elaboración propia (2022).

2. LÍMITE, PARTES Y NIVELES DE CUENCA HIDROGRÁFICA

El límite de la cuenca hidrográfica del río Coyolate corresponde a la cartografía oficial elaborada por la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (UPGGR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2009), la cual fue desarrollada mediante el método de delimitación de cuencas hidrográficas de Pfafstetter (1989). Según dicho método, la cuenca del río Coyolate —en conjunto con la del río Acomé— presentan el mismo código de nivel 6 (957551), lo cual no representa un problema ya que la misma cartografía permite clasificar a cada una de estas cuencas. Sin embargo, se considera que la cuenca del río Mascalate forma parte de la cuenca del río Madre Vieja, lo cual no corresponde con la situación real en campo, pues dicho río es un tributario del río Coyolate (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2014; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Banco Mundial, 2010). Por esa razón, la cuenca del río Mascalate fue incluida dentro del territorio de la cuenca Coyolate.

La cuenca hidrográfica del río Coyolate se ubica (específicamente su centroide) en las coordenadas planas locales (GTM¹) de 1 583 899 metros norte y 432 983 metros oeste, y forma parte de la vertiente del Pacífico. Su superficie es de 1792 kilómetros cuadrados y su perímetro de 272.6 kilómetros, por lo cual se categoriza como una cuenca grande en el contexto de Guatemala.

Según el mapa de partes de cuenca del Instituto Nacional de Bosques (2017a), la cuenca alta tiene influencia de los conos volcánicos de Fuego y Acatenango; además, tiene correspondencia espacial con los municipios de Santa Apolonia, Tecpán Guatemala, Patzún, Patzicía, Acatenango, San Andrés Itzapa y Yepocapa. En su parte media, posee correspondencia espacial con los municipios de Pochuta, una porción de Yepocapa y Acatenango, y la parte alta de Santa Lucía Cotzumalguapa. Por otro lado, en la parte baja se ubican Santa Lucía Cotzumalguapa, Patulul, Nueva Concepción, La Gomera y Sipacate (Figura 2).

¹ GTM Guatemala Transversa de Mercator es un sistema de proyección de coordenadas.

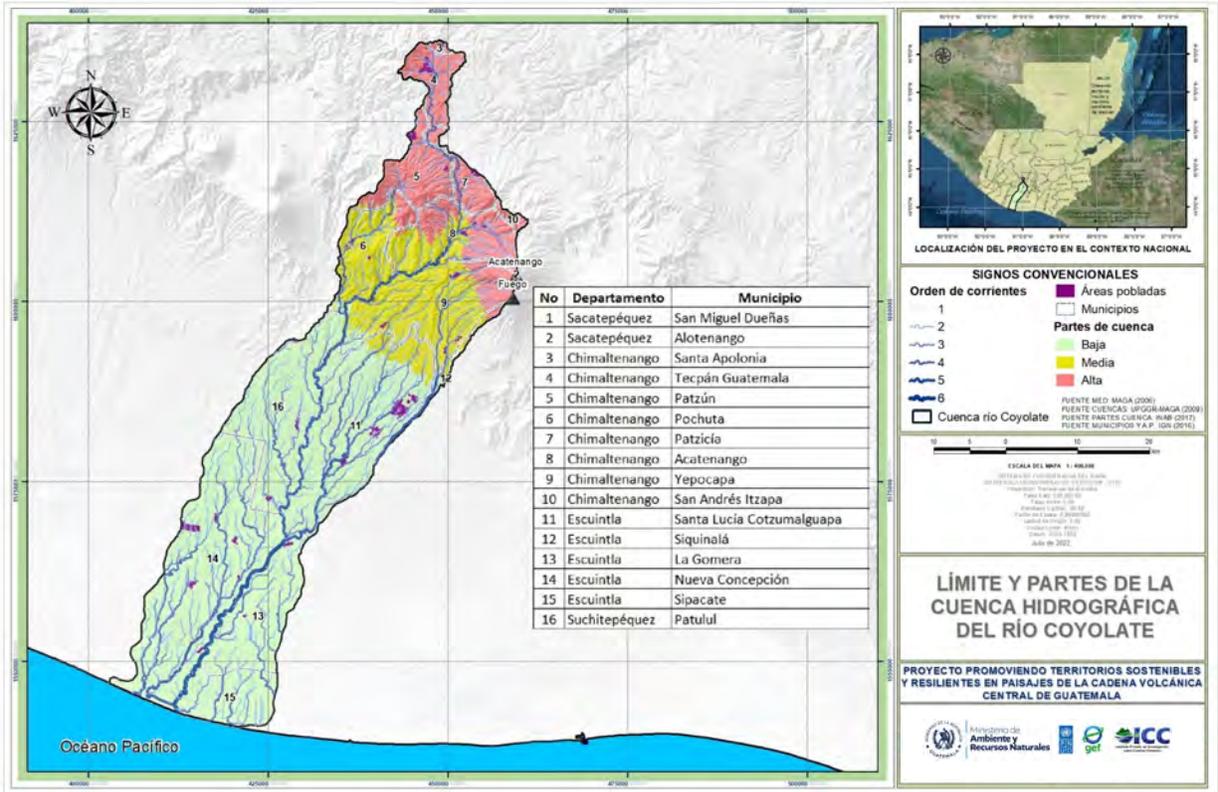


Figura 2. Límite y partes de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Fuente: elaboración propia con base en información cartográfica de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2009); Instituto Nacional de Bosques (2017a).

Según el sistema de Pfafstetter, la cuenca hidrográfica del río Coyolate corresponde al nivel 6 y su código es 957551. La cartografía identifica ocho cuencas de nivel 7 que pertenecen a la cuenca del río Coyolate, de las cuales solo tres están nombradas y pertenecen a los ríos Cristóbal (código 9575514), Mapán (9575516) y Popoyá (9575518). Con base en el análisis de información cartográfica realizado se nombraron dos cuencas de las cinco sin nombre: Coyolate (9575511) y Xayá (9575519) (Figura 3).

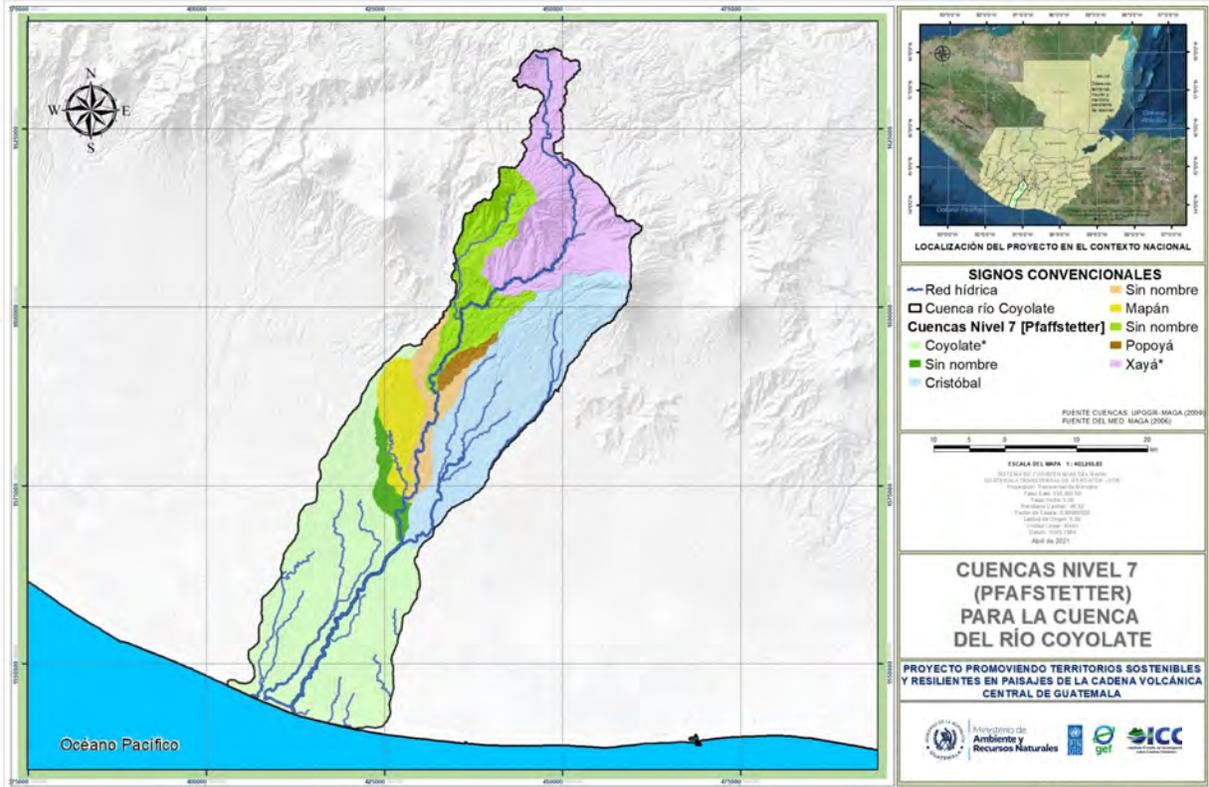


Figura 3. Cuencas de nivel 7 (Pfafstetter) en la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Fuente: elaboración propia con base en información cartográfica de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2009).

Se identificaron 52 cuencas de nivel 8, de las cuales 21 cuentan con nombre y 31 no. Con base en el análisis cartográfico realizado se nombraron dos cuencas: Coyolate bajo (código 95755111) y Cristóbal (95755141). Dentro de las cuencas con nombre que se pueden mencionar están Mascalate (95755112), Pantaleón (95755142), El Nacimiento (95755184) y Xayá (95755199), entre otras (Figura 4).

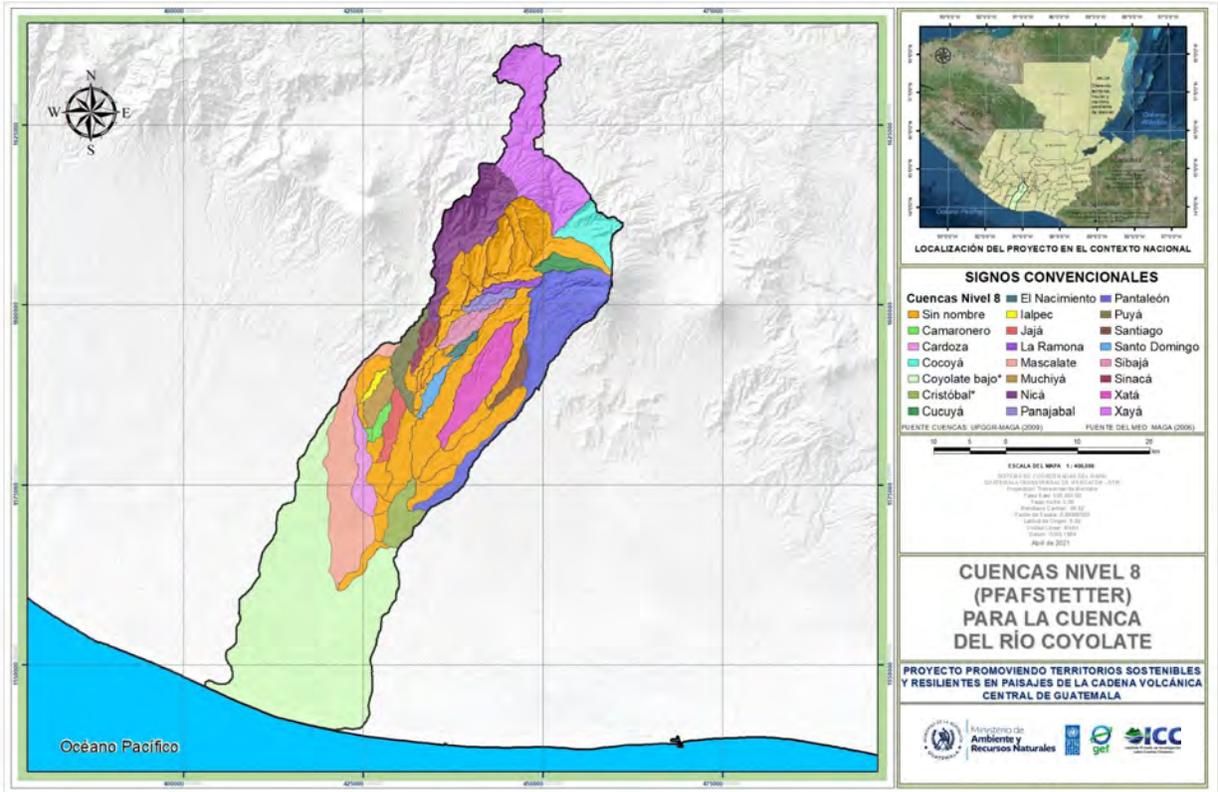


Figura 4. Cuencas de nivel 8 (Pfafstetter) en la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Fuente: elaboración propia con base en información cartográfica de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2009).

3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La cuenca del río Coyolate presenta una superficie de 1792 kilómetros cuadrados y su perímetro es 272.6 kilómetros, lo cual le confiere características de cuenca grande en el contexto de Guatemala (Figura 5). Presenta forma alargada en dirección de la corriente principal según el factor de forma (F) de Horton. Los parámetros de coeficiente de compacidad (C), relación circular (R_c) y radio de elongación (R_e), confirman su forma alargada (Tabla 1).

La densidad de drenaje (D_d), frecuencia de corrientes (F_c) y número de infiltración (N_{inf}) revelan que esta cuenca presenta baja permeabilidad y alto drenaje. Así, tiende a presentar una respuesta hidrológica rápida a crecidas con un potencial alto de escorrentía superficial. En este caso, la respuesta a crecidas está dada por el tiempo de concentración (14.7 horas), dado que su coeficiente de torrencialidad es bajo. La cuenca alcanzará su caudal máximo en corto tiempo dado que la textura de drenaje revela la presencia de materiales finos (Tabla 1).

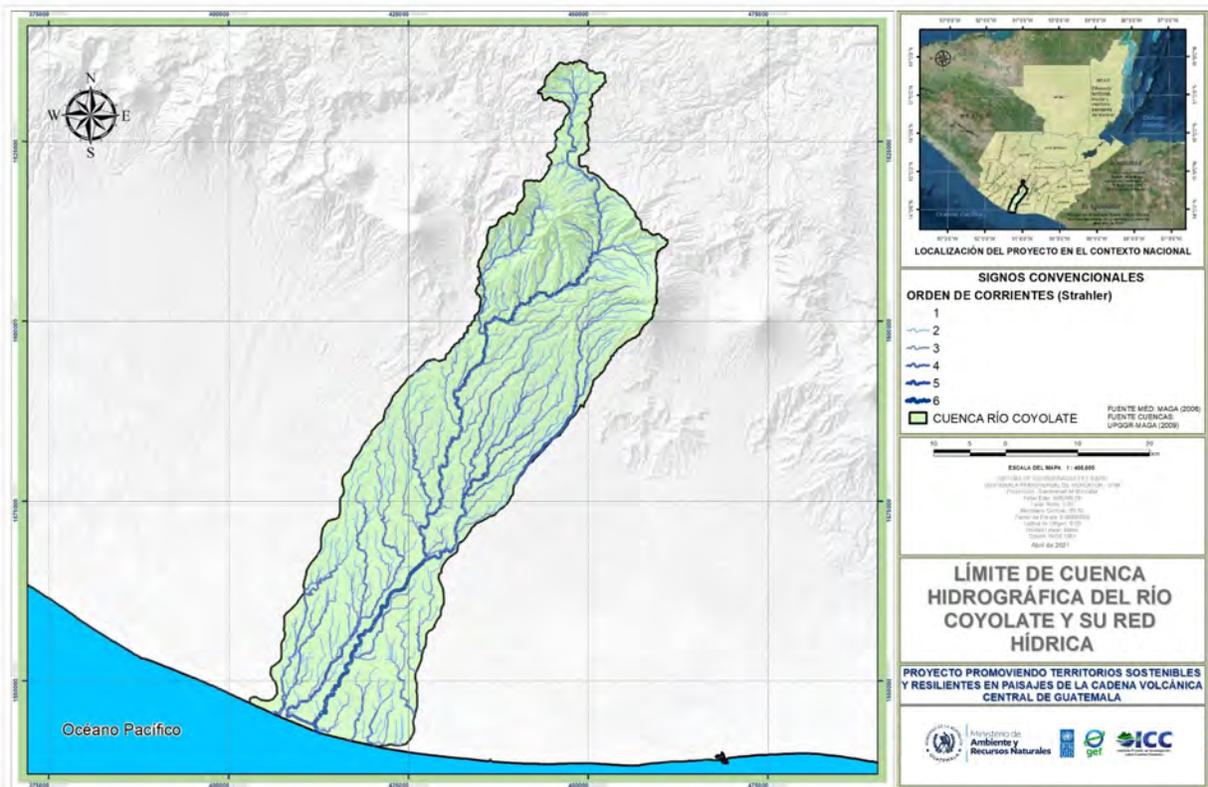


Figura 5. Límite y red hídrica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: elaboración propia con base en información cartográfica de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2006); Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (2009).

En cuanto a su litología, es homogéneamente resistente dado su alto orden de corrientes (6) y sus patrones de drenaje dendrítico, radial y paralelo; lo que le confiere la capacidad de producir caudales de alta magnitud. La cuenca es variable en cuanto a su desarrollo geológico y litológico, y tiene presencia de materiales con resistencia uniforme y alto número de corrientes en los cuatro primeros órdenes de corriente, como lo indica su radio de bifurcación. El almacenamiento hidrológico en la red de drenaje tiende a ser homogéneo durante los eventos de lluvia en las corrientes que tributan al río principal, donde el último tramo hasta la salida al mar es el más susceptible a erosión e inundaciones (Tabla 1).

Según el coeficiente de masividad, es una cuenca muy montañosa y su pendiente media indica que su terreno es moderadamente escarpado. Los parámetros de coeficiente de relieve y orográfico, como la densidad de drenaje, confirman la descripción previa. Según el coeficiente de relieve y el número de rugosidad, la cuenca es susceptible a procesos intensos de erosión hídrica, con alto potencial de producción de escorrentía superficial y tendencia a la baja recarga hídrica. Esto se debe a que el río principal en la cuenca recorre relativamente una distancia corta en un relieve irregular, montañoso y escarpado (Tabla 1).

Tabla 1. Aspectos morfológicos de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Aspectos lineales		
Parámetro	Unidad	Valor
Perímetro (P)	km	272.6
Orden de corrientes (u)	Orden jerárquico	6
Radio de bifurcación medio (R_b)	Adimensional	34.8
Longitud media de corrientes (L_u)	km	0.8
Radio de longitud medio (R_L)	Adimensional	0.5
Longitud del cauce principal (L_c)	km	147.7
Longitud axial o máxima de la cuenca (L_b)	km	100.5
Longitud acumulada de corrientes (L_a)	km	3380.8
Textura de drenaje (T_d)		16.2
Coeficiente de almacenamiento hidrológico (ρ)	Adimensional	0.23
Aspectos de superficie		
Área (A)	km ²	1792
Factor de forma (F)	Adimensional	0.08
Coeficiente de compacidad (C)	Adimensional	1.82

Aspectos lineales		
Relación circular (R_c)	Adimensional	0.30
Radio de elongación (R_e)	Adimensional	0.48
Densidad de drenaje (D_d)	km/km ²	1.89
Frecuencia de corrientes (F_c)	Corrientes/km ²	2.47
Coeficiente de torrencialidad (C_t)	U ₁ / km ²	1.25
Número de infiltración (N_{inf})	Adimensional	4.66
Aspectos de relieve		
Relieve de la cuenca (R)	m s.n.m.	3955
Pendiente media de la cuenca (S)	Porcentaje	18.75
Pendiente media del cauce principal (S_c)	Porcentaje	31.08
Elevación media de la cuenca (E_m)	m s.n.m.	663
Coeficiente de masividad (K_m)	km	0.37
Coeficiente de relieve (C_r)	Adimensional	0.04
Coeficiente orográfico (C_o)	Adimensional	0.000024
Número de rugosidad (N_r)	Adimensional	7.46
Tiempo de concentración		
Tiempo de concentración (T_c)	Minutos	883

Fuente: elaboración propia con base en información cartográfica de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2006); Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (2009).

Según la curva hipsométrica, la elevación media de la cuenca es de 663 m s.n.m. y la elevación más frecuente se encuentra entre los 0 y 92 m s.n.m. La forma de la curva hipsométrica relativa revela que la cuenca está en un estado de transición del paisaje entre la madurez y la vejez, donde prevalece este último, y se caracteriza por una casi planicie que se ha establecido por la deposición de sedimentos correspondiente al final del ciclo de erosión y que brinda cierta vulnerabilidad a inundación a las zonas próximas al río principal ante eventos intensos de lluvia. La sección convexa de la curva en mención indica un alto potencial erosivo, lo cual está delimitado por el paisaje geomorfológico de los volcanes Acatenango y Fuego (Figura 6).

El gradiente de la pendiente media del cauce principal está entre moderadamente escarpado a escarpado. El perfil del cauce principal revela la predominancia de altas velocidades del agua y, con ello, un alto potencial de erosión y transporte de sedimentos, con un tramo de mayor inclinación desde los 2000 m s.n.m. hasta los 300 m s.n.m. (Figura 7).

Por su morfología la cuenca del río Coyolate tiene una tendencia entre media y alta a inundarse, y un alto potencial de drenaje y escorrentía superficial, lo que muestra su bajo potencial de recarga hídrica. Asimismo, es susceptible a la erosión hídrica intensa, y al transporte y deposición de sedimentos, que la tipifican como cuenca de montaña con terrenos escarpados.

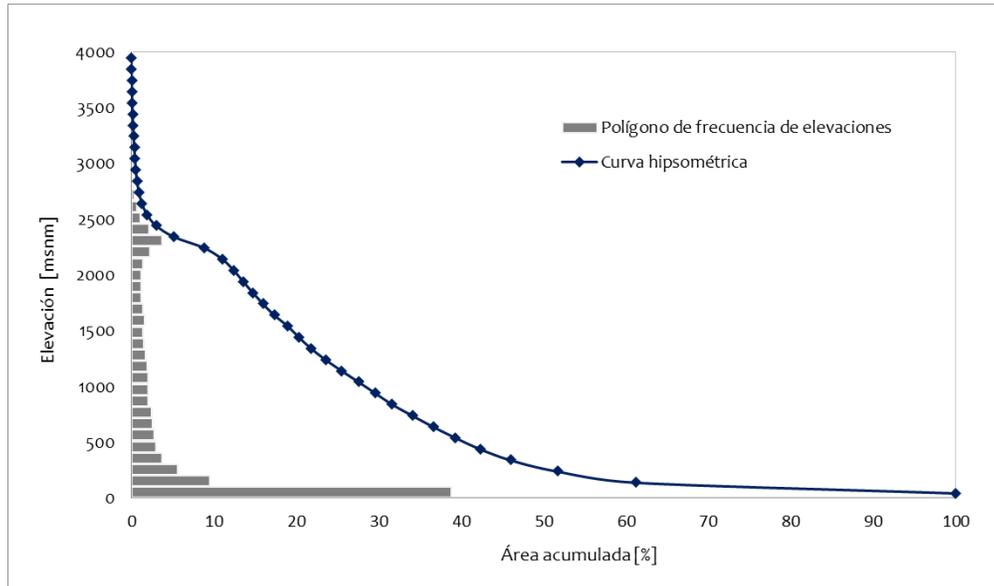


Figura 6. Curva hipsométrica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: elaboración propia con base en diversas fuentes cartográficas.

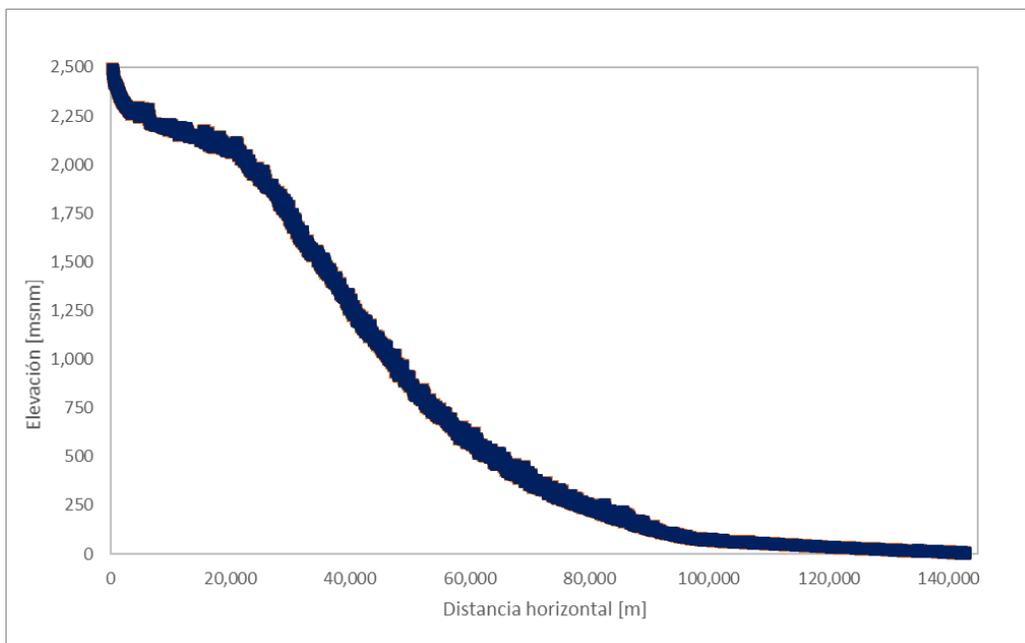


Figura 7. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca del río Coyolate
Fuente: elaboración propia con base en diversas fuentes cartográficas.

4. CLIMA

4.1 Precipitación pluvial

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2022) procesó los datos de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2022), y les aplicó un control de calidad para poder calcular la precipitación media anual multianual (1991-2020) y obtener la distribución espacial o mapa a través del método de interpolación Kriging ordinario.

Espacialmente, la mayor parte de la cuenca hidrográfica del río Coyolate tiene influencia de la banda de precipitación pluvial anual comprendida entre los 2000 a 3000 mm, desde la línea costera hasta alcanzar su cabecera. Adyacente a la banda anterior, y en dirección norte (en la cabecera de cuenca), se ubica la zona con valores de 1000 a 2000 mm. Finalmente, en la parte más alta de su cabecera las precipitaciones anuales son inferiores a los 1000 mm (Figura 8). La precipitación pluvial media anual durante el período 1991 a 2020 fue igual a 2155.3 ± 430.5 mm en esta cuenca.

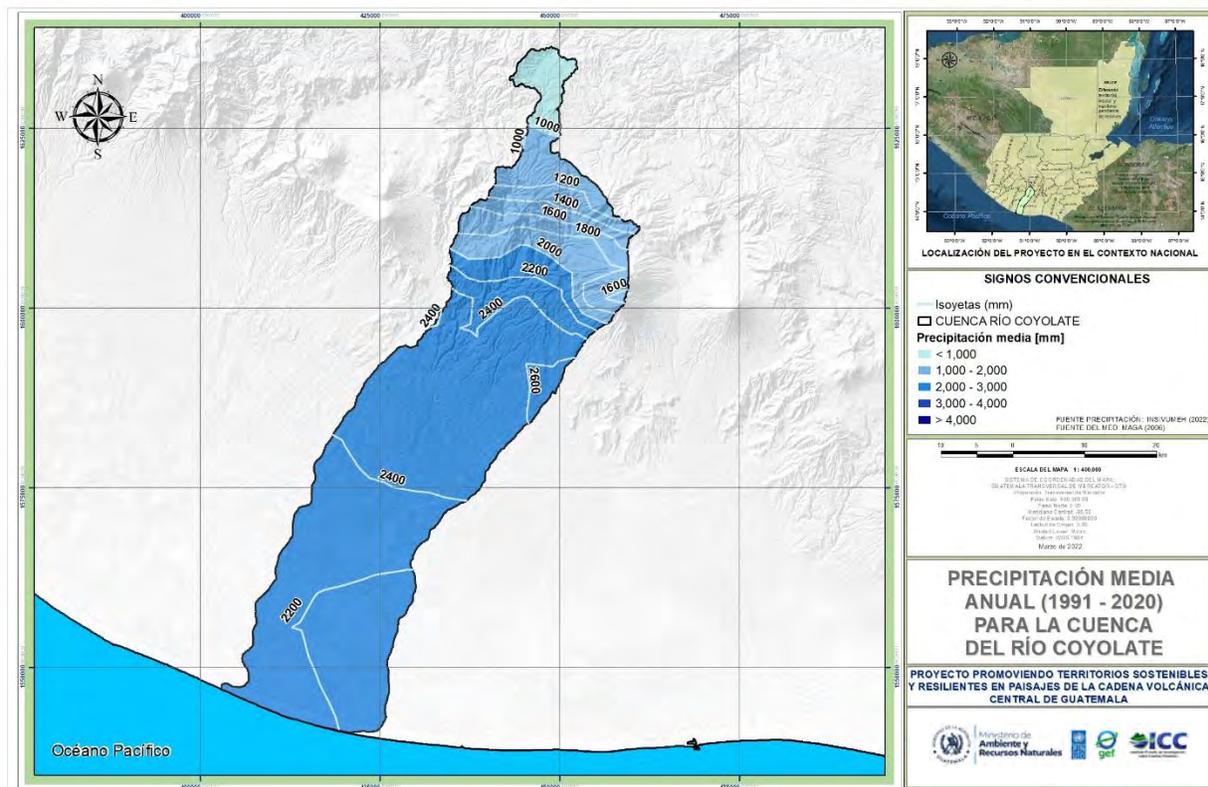


Figura 8. Precipitación pluvial media anual e isoyetas de la cuenca del río Coyolate para el período 1991 a 2020

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2022) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2022).

4.2 Temperatura

Al igual que en el caso de la precipitación pluvial, se utilizaron los datos de temperatura media anual del período 1991-2020, obtenidos de la red de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2022). A esta información también se le aplicó un control de calidad para poder estimar la temperatura media anual y su respectiva distribución espacial (esto último con el método de interpolación Kriging ordinario).

La cuenca hidrográfica del río Coyolate presenta temperaturas por debajo de los 23 °C entre su parte media y su cabecera. Por el contrario, en su parte baja y con dirección sur se alcanzan temperaturas superiores a los 29 °C (Figura 9). La temperatura media anual durante el periodo 1991 a 2020 fue igual a 23.97 ± 3.24 °C.

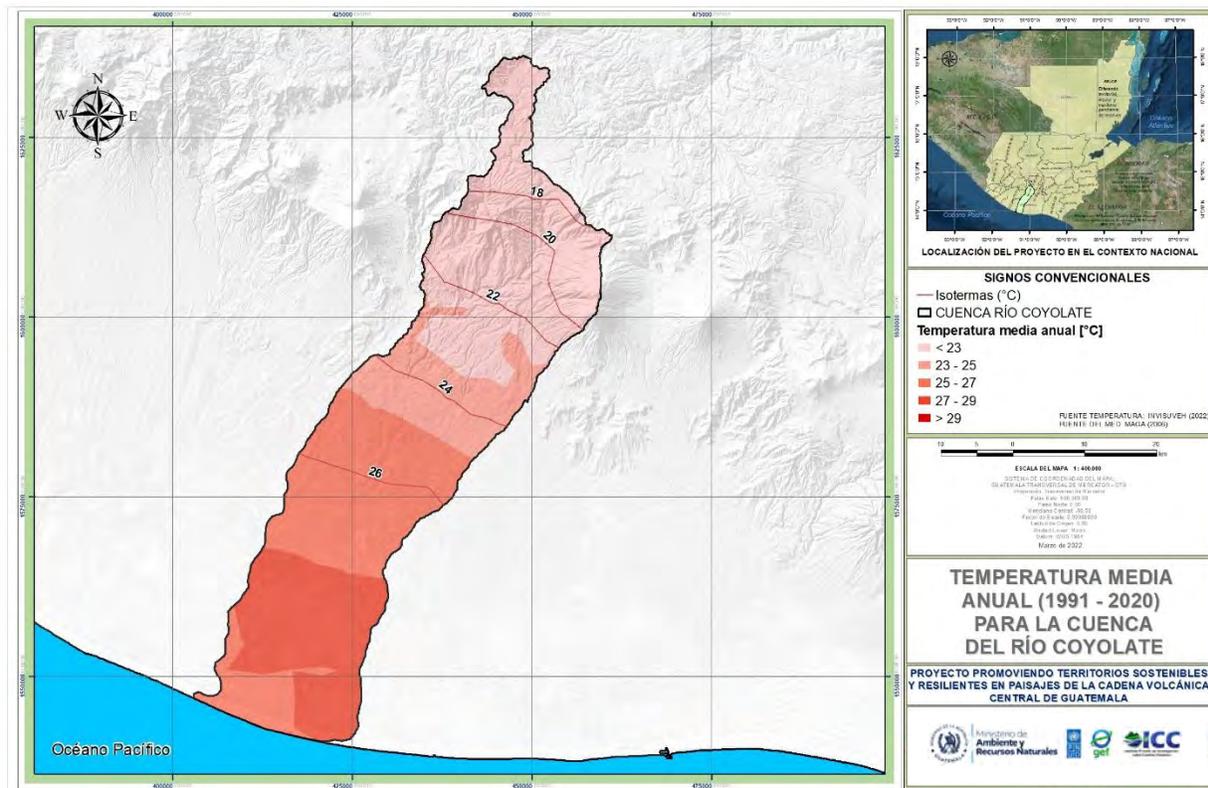


Figura 9. Temperatura media anual e isotermas de la cuenca del río Coyolate para el período 1991 a 2020

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2022) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2022).

4.3 Evapotranspiración potencial

Durante el período 2000-2013, la evapotranspiración potencial media anual estimada para la cuenca del río Coyolate fue de 2095 ± 287 mm, según datos del satélite *Modis* (*moderate resolution imaging spectroradiometer*), el cual utiliza información obtenida a partir de la teledetección y las observaciones meteorológicas, como albedo, cobertura terrestre, índice de área foliar, índice de vegetación mejorado y un conjunto de datos meteorológicos de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) (Mu *et al.*, 2011).

La mayor superficie de la cuenca del río Coyolate tiene valores de evapotranspiración potencial anual de entre 2000 a 2500 mm (municipios que tienen superficie en la cuenca del departamento de Escuintla y el municipio de Patulul de Suchitepéquez). En la cabecera de la cuenca, que tiene correspondencia principalmente con municipios del departamento de Chimaltenango, se presentan valores por debajo de los 2000 mm (Figura 10).

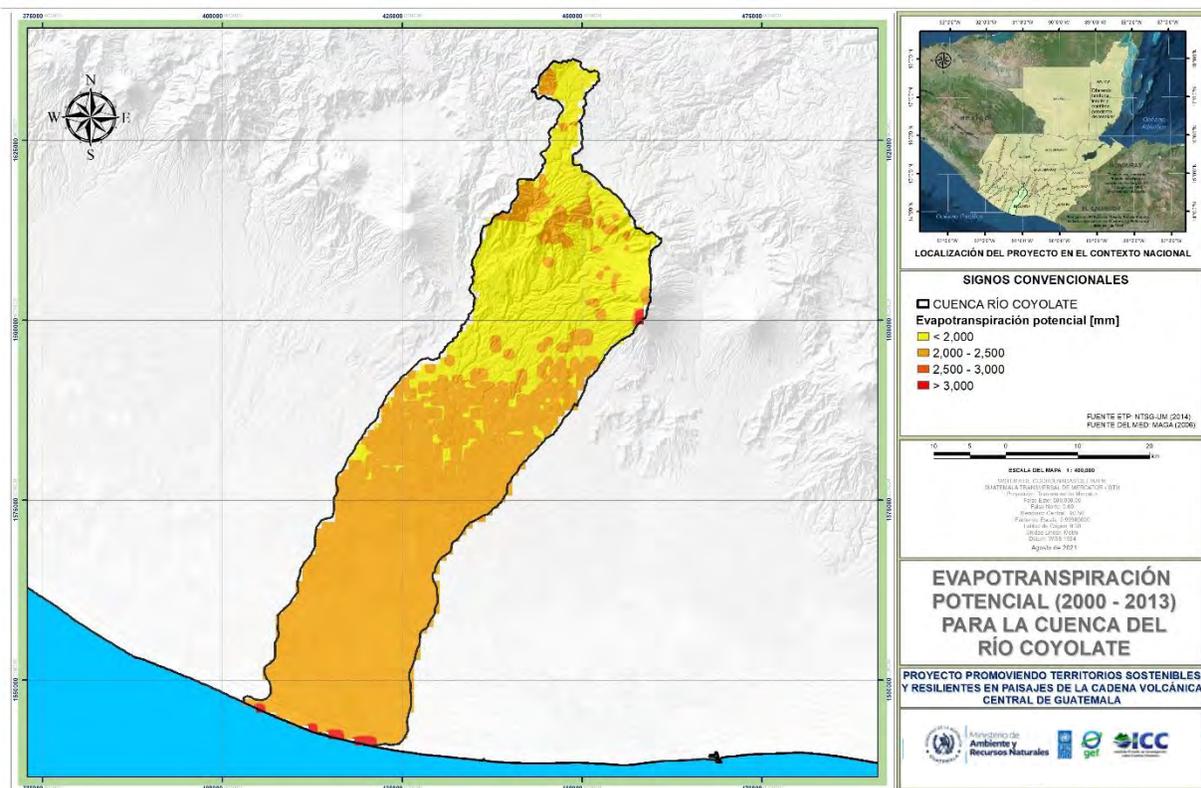


Figura 10. Evapotranspiración potencial media anual en la cuenca del río Coyolate para el periodo 2000-2013

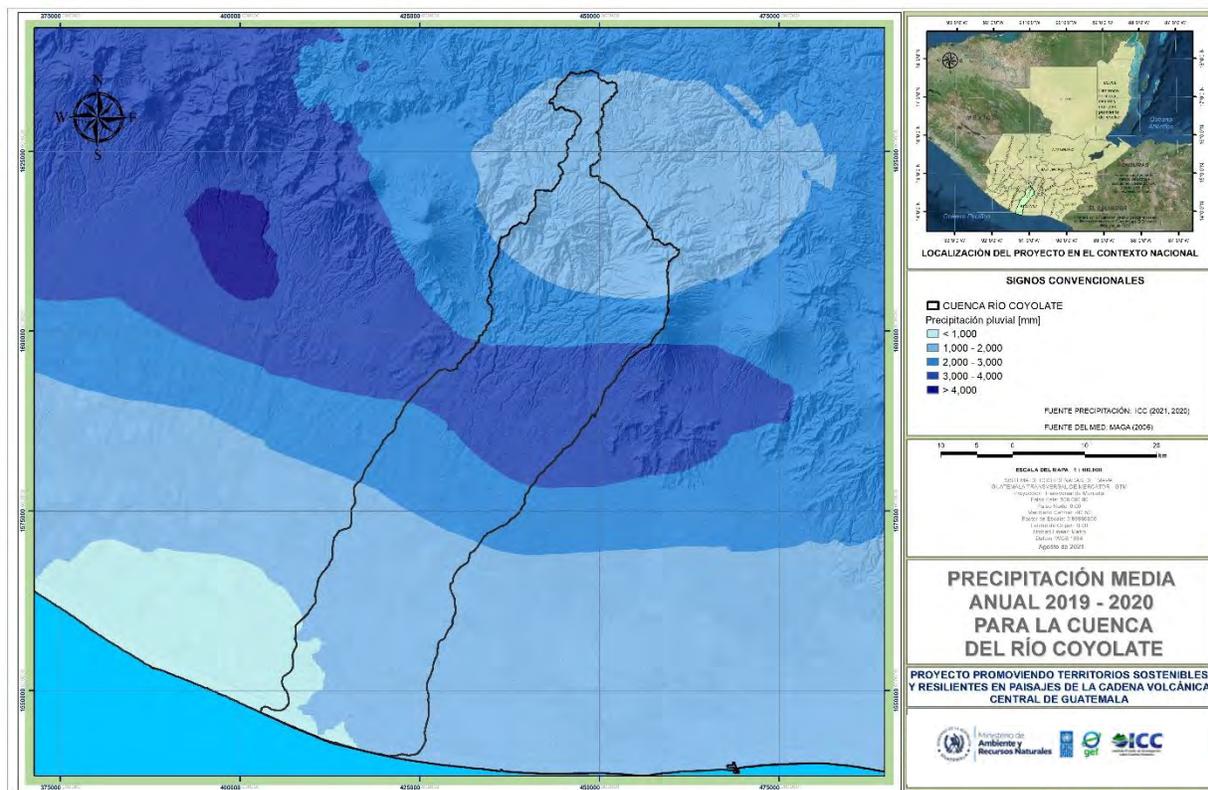
Fuente: elaboración propia con datos de Numerical Terradynamic Simulation Group (2014).

5. VARIABILIDAD CLIMÁTICA

5.1 Meteorología

5.1.1 Precipitación pluvial y temperatura media anual (2019-2020)

Para el período 2019-2020, la precipitación pluvial media anual de la cuenca del río Coyolate fue de 2028 mm y la temperatura media anual de 24.40 °C (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020c y 2021c). Especialmente, las mayores precipitaciones se presentaron en la región de la bocacosta o parte media de la cuenca (3000–4000 mm), correspondiente a zonas de los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa y Patulul. Por otro lado, la menor cantidad de precipitación pluvial ocurrió en la parte baja de la cuenca, con registros menores a los 1000 mm, en zonas de los municipios de Nueva Concepción y Sipacate. En la cabecera de la cuenca las precipitaciones se dan en el orden de los 1000 a 2000 mm. (Figura 11).



La temperatura media anual es mayor en la región del Pacífico o parte baja de la cuenca, con magnitudes de entre los 27 y 29 °C. Por el contrario, en la cabecera de la cuenca, o región altiplano central, las temperaturas están por debajo de los 23 °C. En la bocacosta las temperaturas se mantienen entre 23 y 27 °C (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020c y 2021c). Existe una marcada tendencia de disminución de la temperatura media anual a medida que incrementa la elevación (Figura 12).

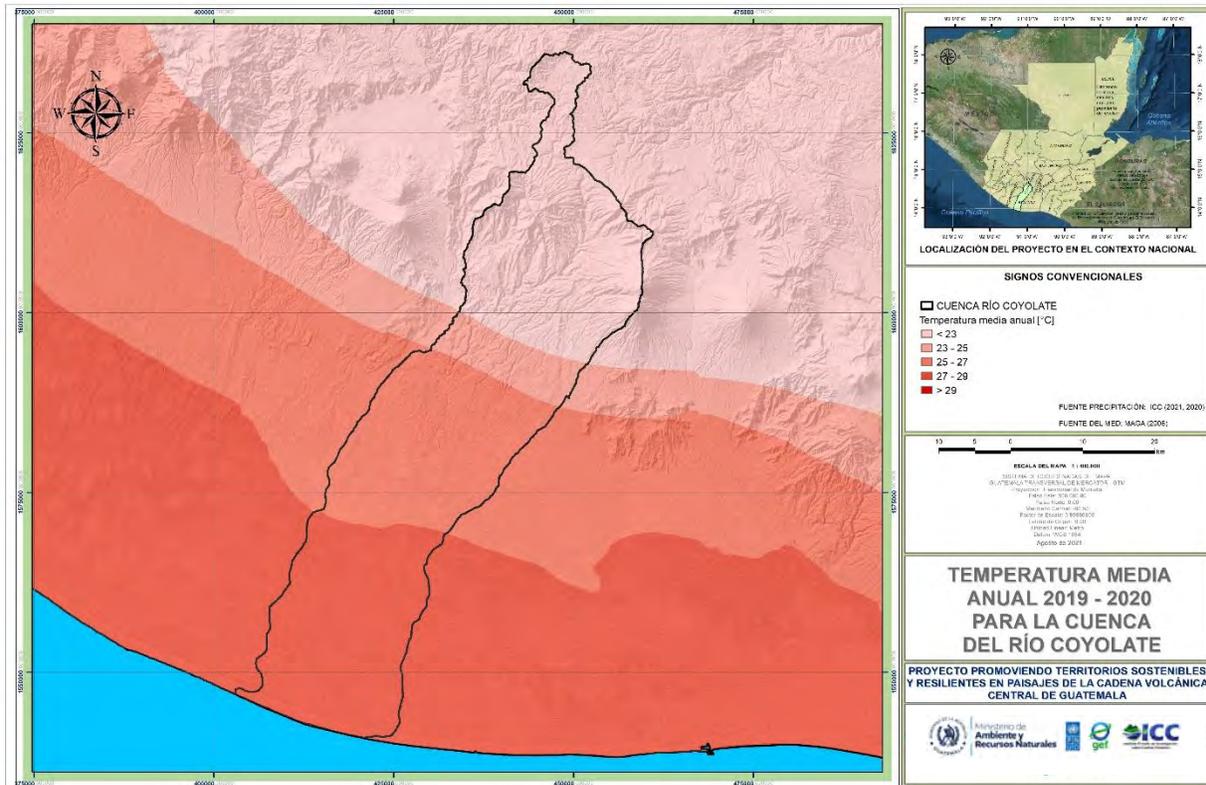


Figura 12. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2019-2020

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020d y 2021c).

5.2 Anomalías observadas

En la cuenca del río Coyolate se tiene correspondencia espacial con tres regiones climáticas: Pacífico, bocacosta y altiplano central y occidente. Sin embargo, únicamente se cuenta con el análisis de la anomalía del clima registrada en la estación meteorológica Camantulul en la región bocacosta (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018c), que se presenta a continuación.

En la estación meteorológica Camantulul la anomalía de precipitación pluvial estandarizada fue principalmente de magnitud positiva durante el período 1971 a 2014. Al comparar el período base (1971-2000) y el periodo de 2001-2014, este último presentó mayor frecuencia de anomalías positivas de diferente magnitud; lo cual indica que la precipitación pluvial media anual de este periodo fue mayor a la del periodo base. Por otra parte, la anomalía de temperatura media anual fue mayoritariamente positiva en el periodo 2001-2014, situación que ya se venía manifestando desde final del período base. En conclusión, la temperatura media anual del período 2001-2014 fue mayor a la del período base (Figura 13 y Figura 14).

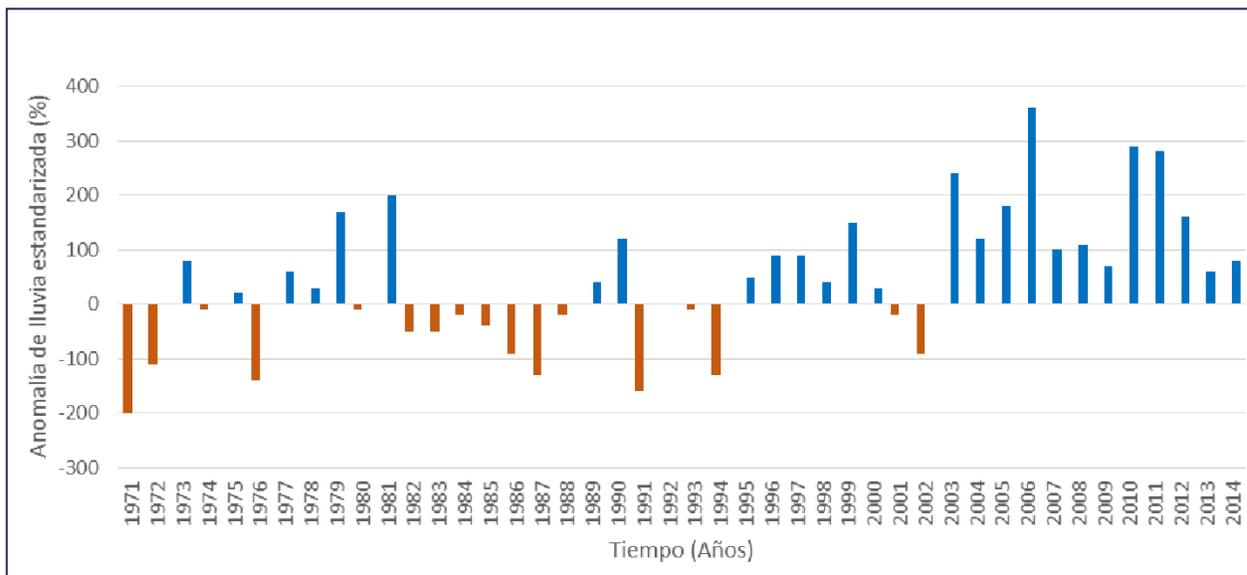


Figura 13. Anomalía de precipitación pluvial estandarizada registrada en la estación Camantulul en la región climática de bocacosta para el periodo 1971-2014

Fuente: tomado del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018c, p. 40).

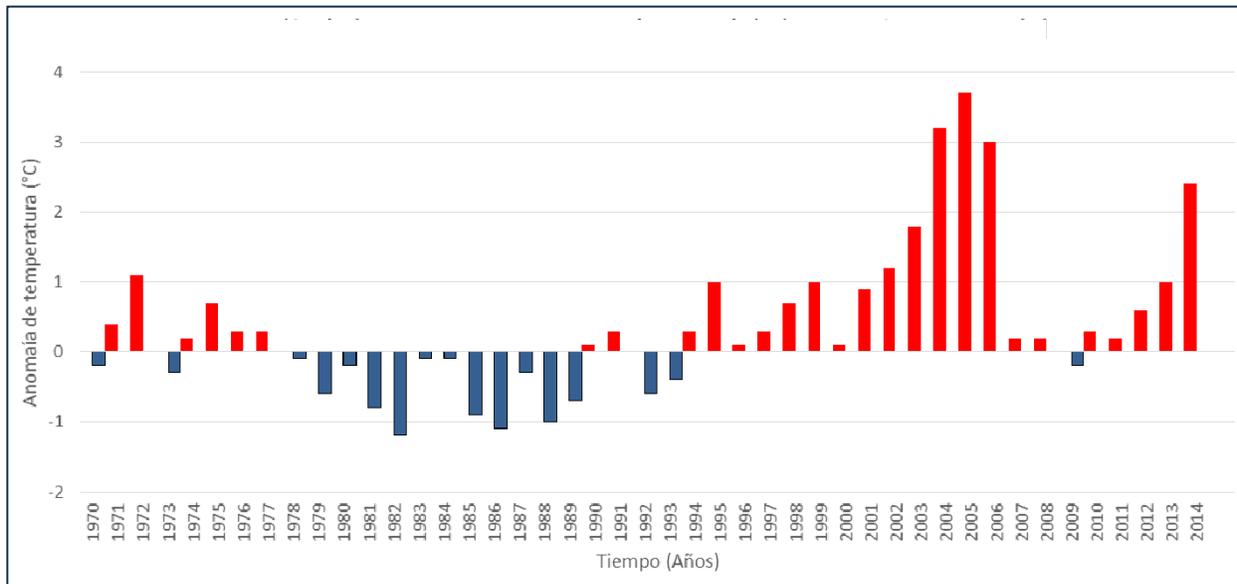


Figura 14. Anomalía de temperatura media anual registrada en la estación Camantulul en la región climática de bocacosta para el período 1971-2014
Fuente: tomado del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018c, p. 41).

5.3 Variabilidad climática observada

En el caso de la variabilidad de precipitación pluvial media mensual y la temperatura media mensual, también se utilizaron los datos de la estación meteorológica Camantulul en la región climática de bocacosta, pues es la única estación que tiene información útil para este análisis según el estudio realizado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018c).

En la estación Camantulul se presentó un incremento generalizado de la precipitación pluvial media mensual para el período de 2001-2014 en comparación con el periodo base (1971-2000) y, a su vez, un mayor al promedio histórico (1971-2014). La variabilidad de la precipitación pluvial es mayor en la época lluviosa, según lo muestra el rango intercuartílico del diagrama de cajas de la Figura 15, principalmente en los meses de agosto y octubre. La temperatura media mensual fue mayor en el periodo de 2001-2014 en comparación con el período base (1971-2000) y con el período histórico evaluado (1971-2014). La mayor variabilidad se presentó en los meses de diciembre y enero (Figura 16).

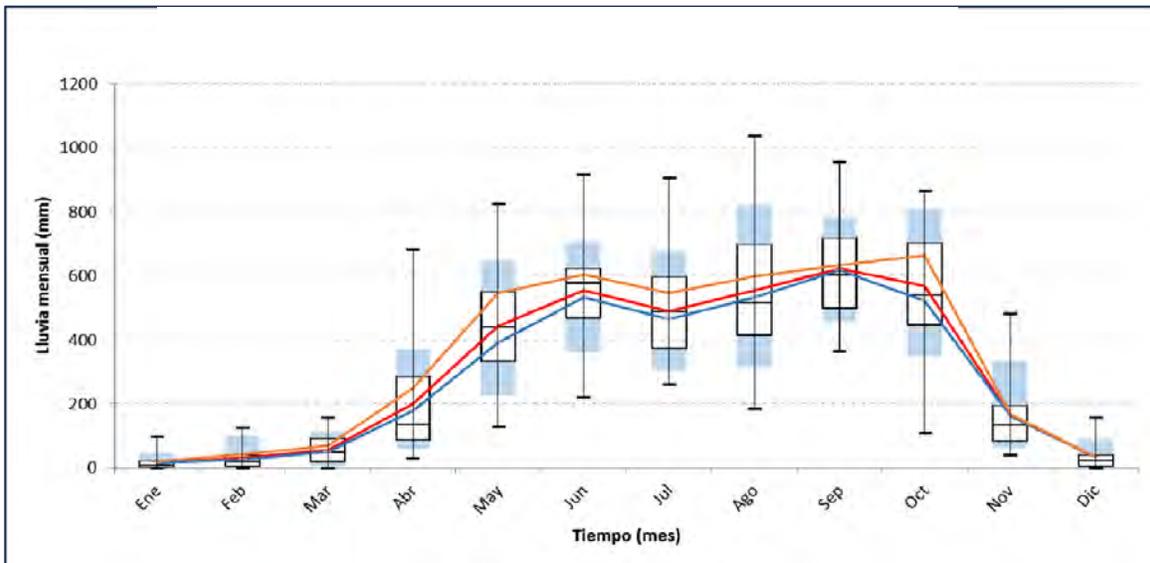


Figura 15. Precipitación pluvial media mensual registrada en la estación Camantulul (líneas por período) y su gráfico de cajas (período 1971-2014)
 Nota. Línea azul= promedio del período 1971-2000, línea naranja= promedio del período 2001-2014, línea roja= promedio del período 1971-2014. Gráfico de cajas compuesto por los cuartiles 25, 50 (línea media) y 75, y los extremos en color celeste corresponden a los percentiles 10 y 90. Fuente: tomado del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018c, p. 37).

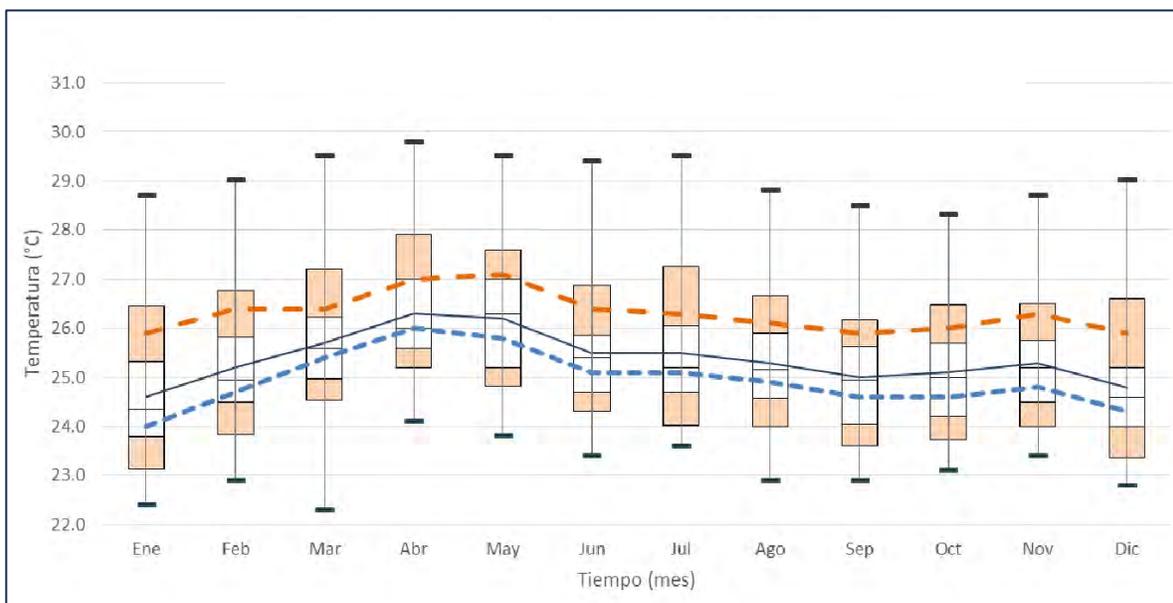


Figura 16. Temperatura media mensual registrada en la estación Camantulul (líneas por período) y su gráfico de cajas (período 1971-2014)
 Nota. Línea azul= promedio del período 1971-2000, línea naranja= promedio del período 2001-2014, línea negra= promedio del período 1971-2014. Gráfico de cajas compuesto por los cuartiles 25, 50 (línea media) y 75, y los extremos en color durazno corresponden a los percentiles 10 y 90. Fuente: tomado del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018c, p. 39).

5.4 Variabilidad de la época lluviosa

Con base en el estudio sobre la variabilidad de la época lluviosa y su tendencia en Guatemala realizado por Orrego *et al.* (2021), a continuación se presentan los hallazgos para la cuenca del río Coyolate. El inicio de la época lluviosa durante el período 1980-2018 ocurrió entre las fechas del 25 de abril y al 6 de junio. En la parte central de la cuenca (en la banda de elevación 37 a 3955 m s.n.m.), existe una tendencia altamente significativa para el inicio temprano de la época lluviosa (estación meteorológica Camantulul). Más arriba y debajo de la banda de elevación anterior, la fecha de inicio de la época lluviosa es más tardía, entre el 18 de mayo y el 1 de junio. En la cabecera de la cuenca, las estaciones meteorológicas adyacentes muestran una tendencia entre un adelanto altamente significativo (Alameda ICTA) y a mantenerse (Santa Cruz Balanyá y Santiago Atitlán) (Figura 17).

El final de la época lluviosa ocurre del 10 de octubre al 13 de noviembre, con una diferenciación en dos períodos, del 10 al 24 de octubre y entre el 25 de octubre y el 13 de noviembre (este último corresponde a la principal fecha del final de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate). La tendencia para la finalización de la época lluviosa en la cuenca es a mantenerse (Figura 18).

También se analizó la variabilidad de la época lluviosa en cuanto a su duración. La banda de elevación de los 39 a los 3079 m s.n.m. tiene la mayor duración (175-215 días), y a su vez corresponde con la zona de más temprano inicio y más tardío final de las lluvias, razón por la cual presenta la duración más extensa de la época lluviosa. En las otras zonas de la cuenca, al incrementar y disminuir en elevación, se muestran duraciones de la época lluviosa más cortas, entre 115 a 175 días; tal es el caso de la cabecera y desembocadura de la cuenca al mar, donde esta época dura entre 115 a 150 días (Figura 19).

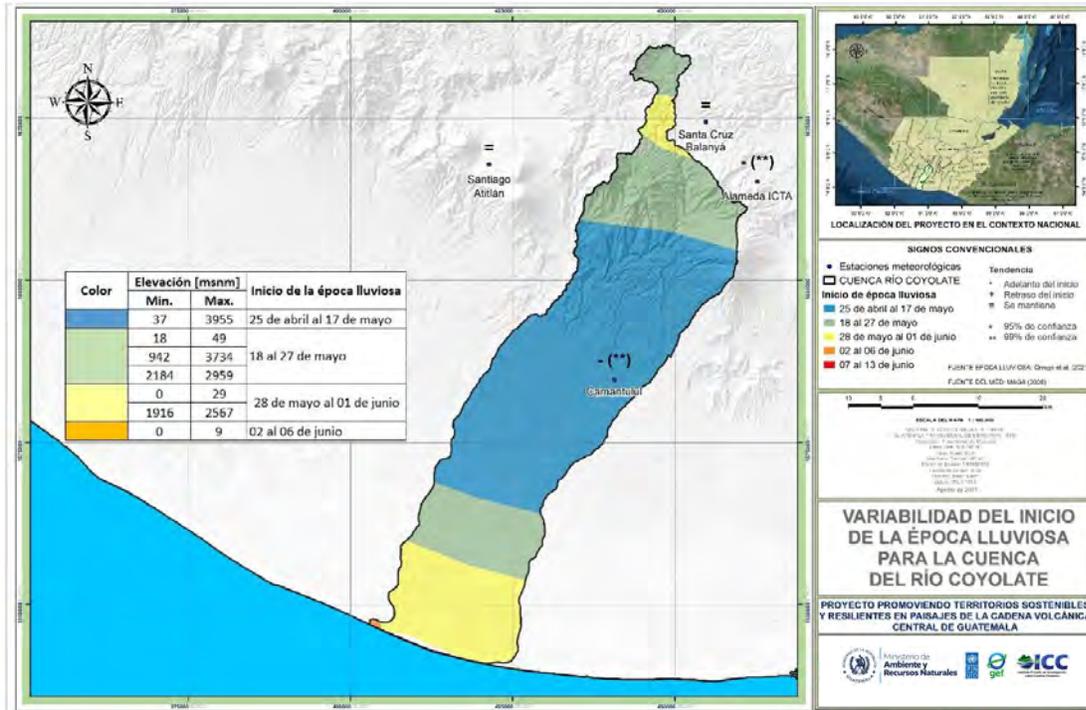


Figura 17. Variabilidad del inicio de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Orrego et al. (2021).

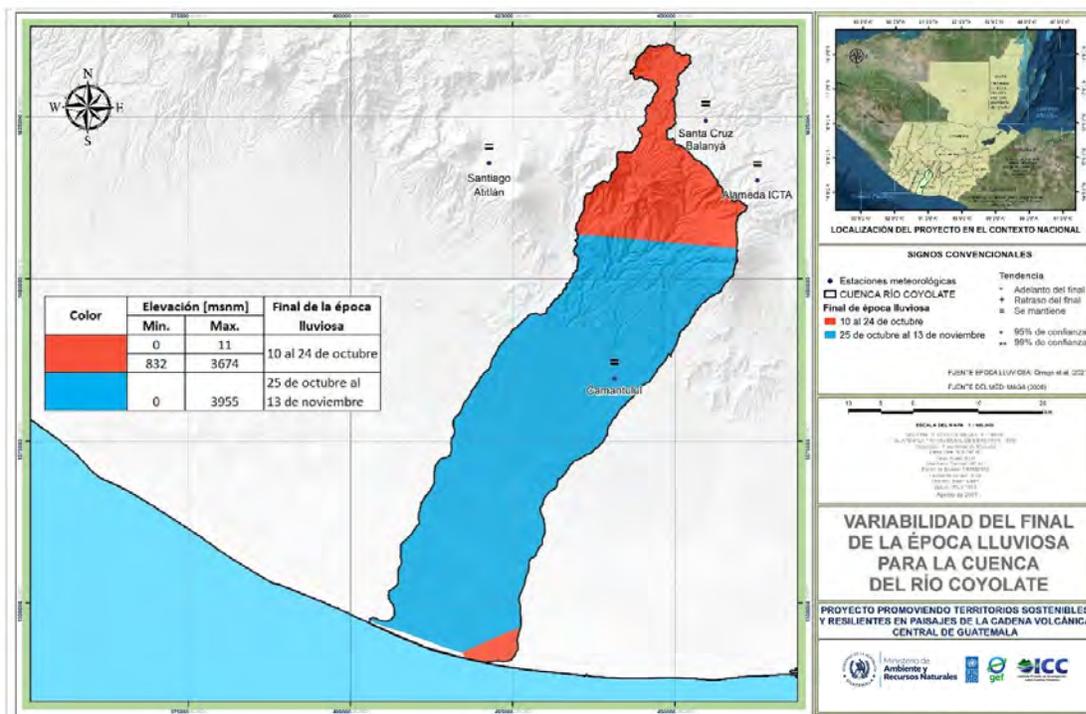


Figura 18. Variabilidad del final de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Orrego et al. (2021).

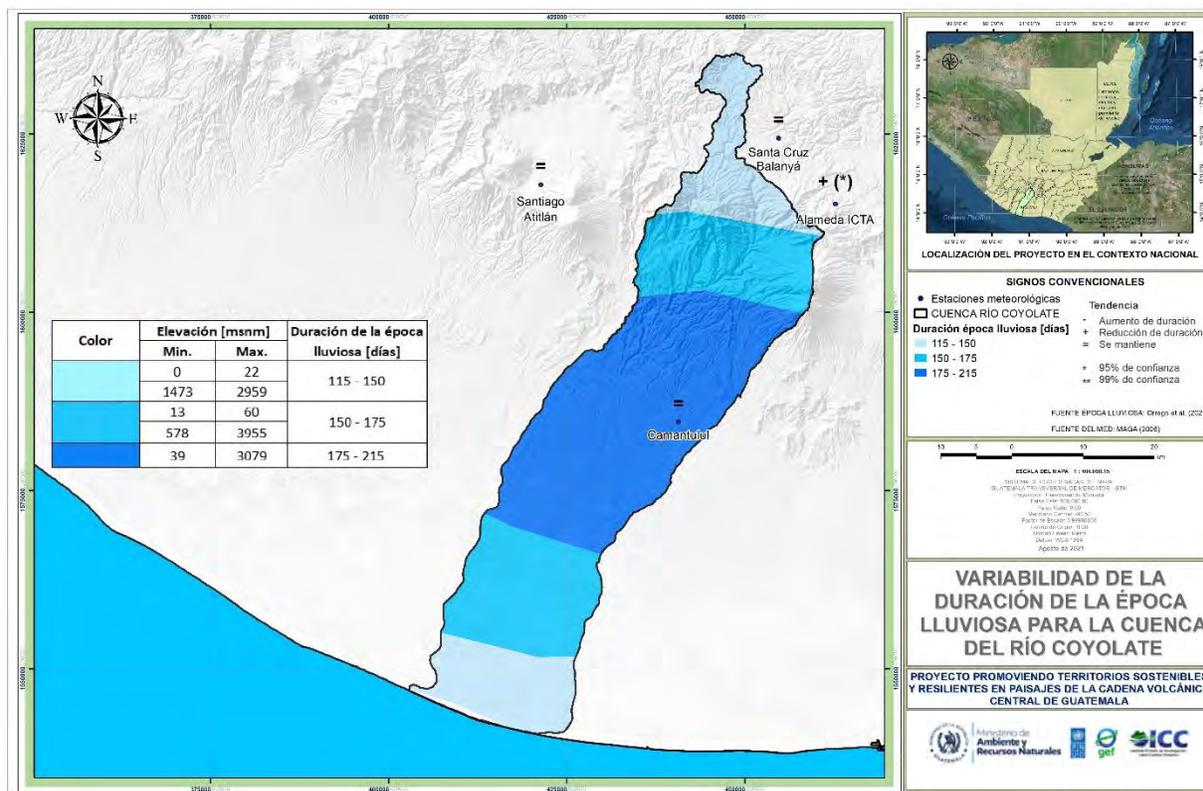


Figura 19. Variabilidad de la duración de la época lluviosa en la cuenca del río Coyolate
 Fuente: Orrego et al. (2021).

5.5 Canícula

Según el estudio realizado por García-Oliva y Pazos (2021), la mayor parte de la superficie de la vertiente del Pacífico se ve afectada por una canícula² pronunciada, que es marcada en el caso de la cuenca hidrográfica del río Coyolate, como se muestra en color verde en los cuadrantes 9 y 15 de la Figura 20, y que corresponden a los departamentos de Escuintla, Sacatepéquez y Chimaltenango.

² Canícula: disminución de la cantidad de precipitación pluvial que ocurre entre los meses de julio y agosto.

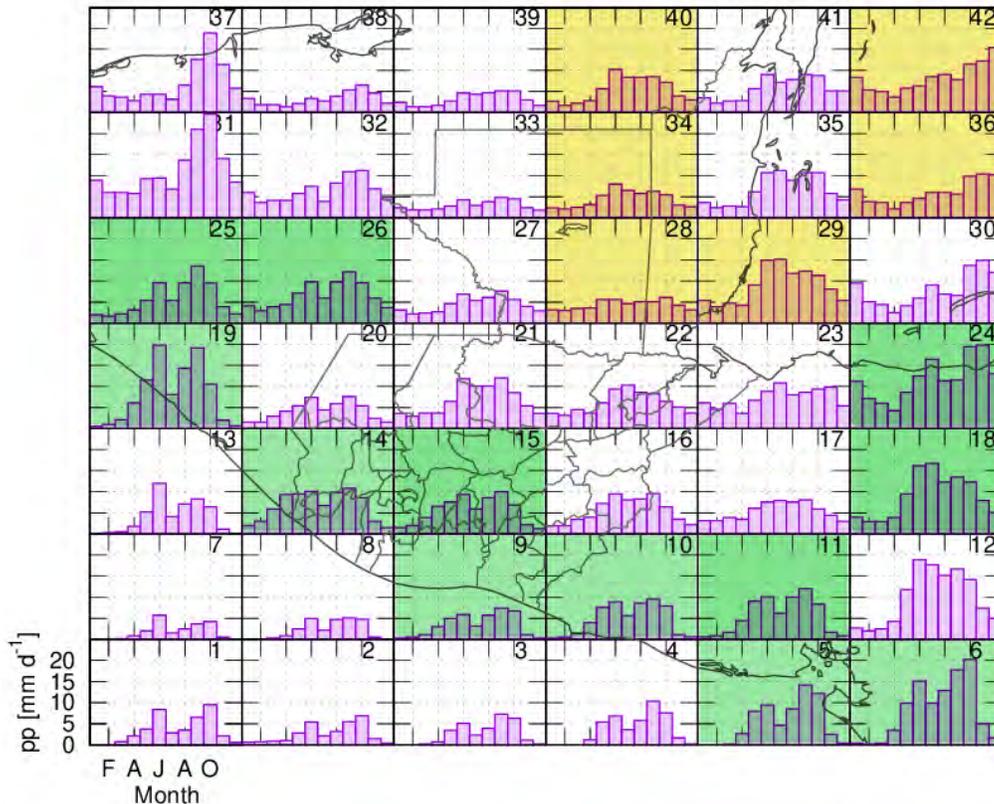


Figura 20. Precipitación media mensual simulada con el modelo RegCM4 para el período de 2011 a 2017, donde también se muestra el límite departamental Fuente: tomado de García-Oliva y Pazos (2021).

Recientemente, Orrego *et al.* (2022) estudiaron la variabilidad de la canícula durante el período de 1980 a 2019. De allí que para la cuenca hidrográfica del río Coyolate la variabilidad espacial de su duración (principalmente en superficie), está comprendida entre los 26 a 35 días; extendiéndose desde su parte baja hasta el inicio de su cabecera o parte más alta. En la cabecera la duración fue de 36 a 55 días.

Con información obtenida a partir de las estaciones meteorológicas, se prevé que dichas duraciones tiendan a mantenerse (Figura 21). Al comparar la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial se obtuvo la intensidad de la canícula que, en el caso de esta cuenca, se expresó mayoritariamente entre los -50 a 50 mm; con una pequeña zona al noreste con intensidad en el rango comprendido entre los -150 a -50 mm. Al igual que la duración, la tendencia es a mantenerse (Figura 22). En la mayor parte de la superficie de la cuenca la precipitación pluvial media durante la canícula se calculó entre los 100 a los 200 mm, mientras que en una franja de su parte media y una porción de su cabecera, dicha variable estuvo por debajo de los 100 mm; igualmente, esta variable muestra una tendencia a mantenerse (Figura 23).

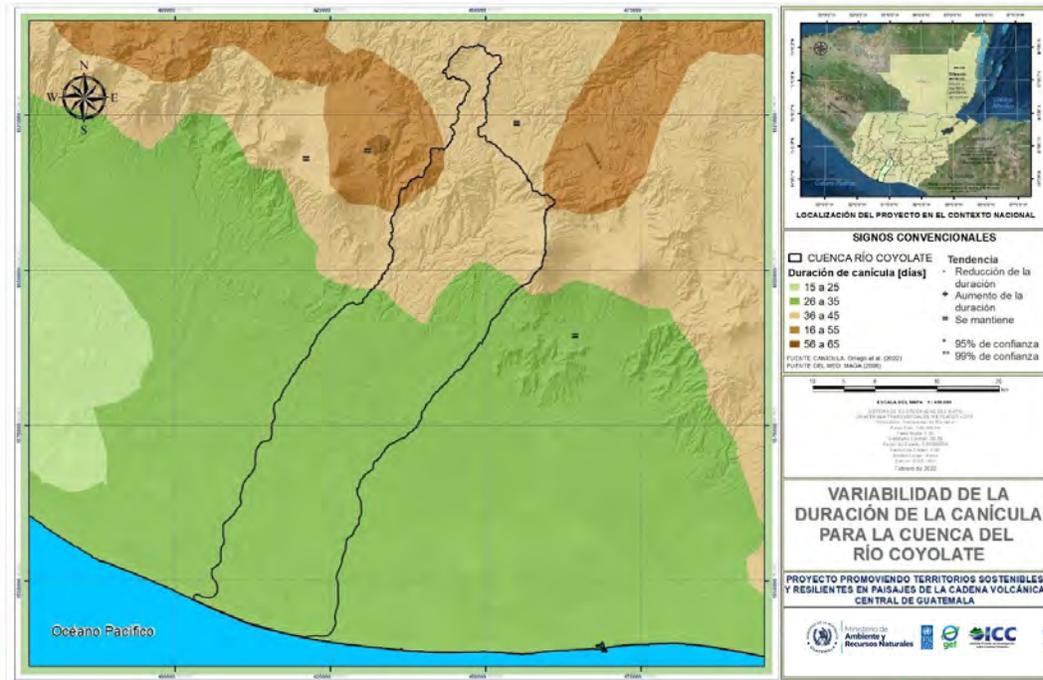


Figura 21. Variabilidad de la duración de la canícula en la cuenca del río Coyolate
 Fuente: Orrego et al. (2022).

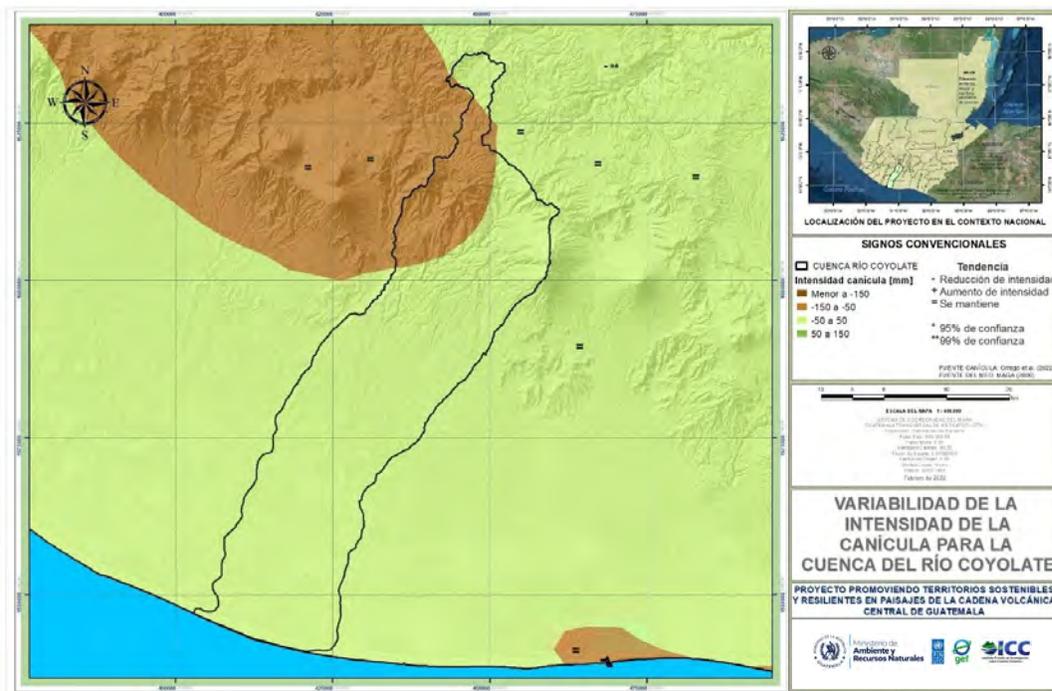


Figura 22. Variabilidad de la intensidad de la canícula en la cuenca del río Coyolate
 Fuente: Orrego et al. (2022).

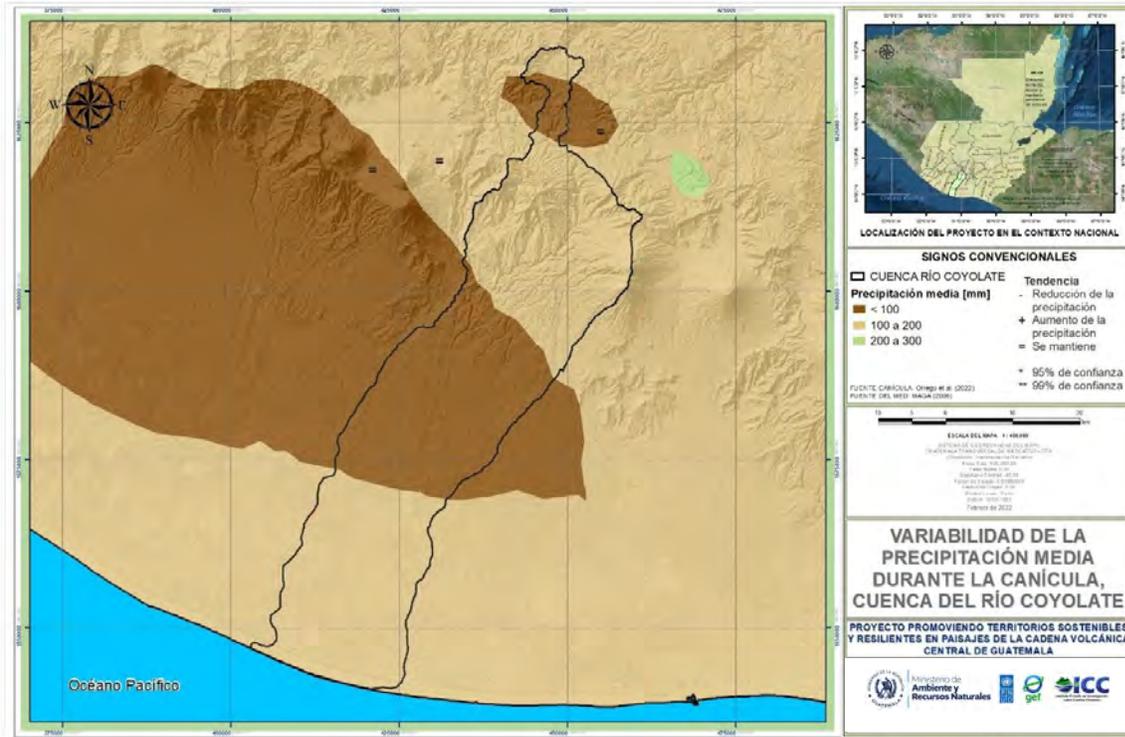


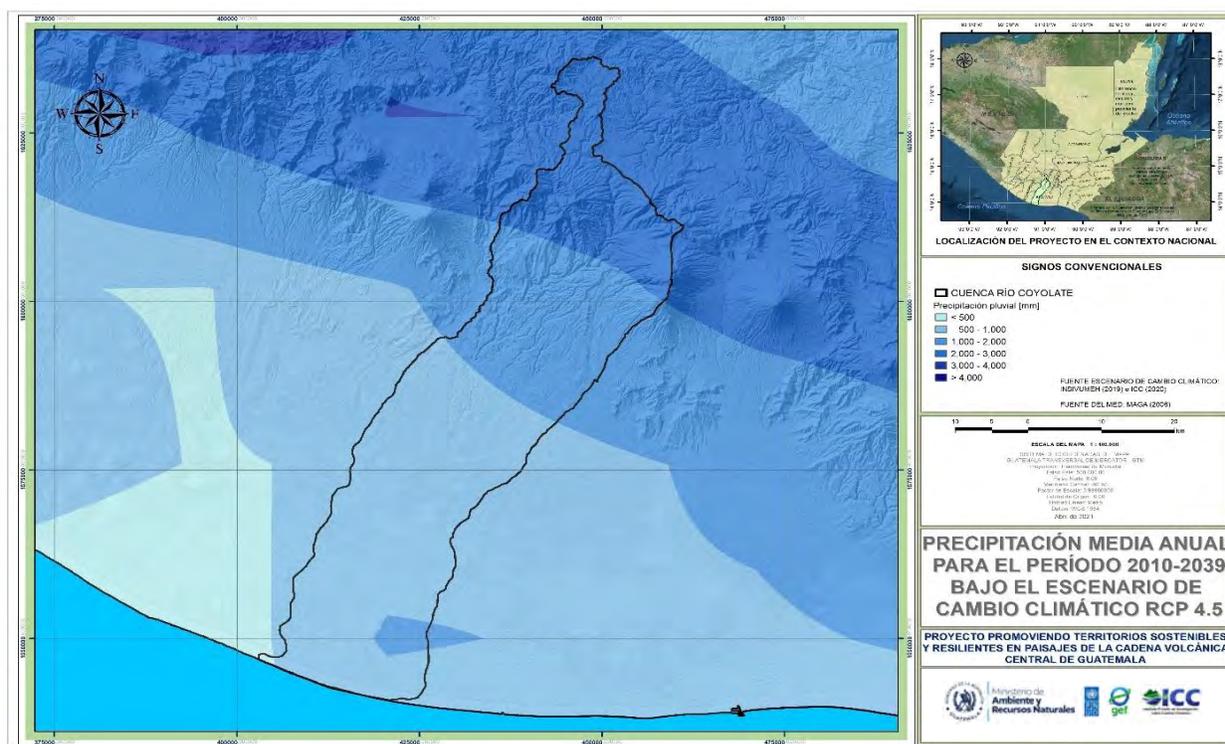
Figura 23. Variabilidad de la precipitación pluvial durante la canícula en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Orrego et al. (2022).

6. CAMBIO CLIMÁTICO

6.1 Proyecciones de cambio climático

Con base en las proyecciones de cambio climático realizadas por el Insivumeh mediante el modelo climático regional RegCM y los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2019a y 2019b), se elaboraron mapas para las variables de precipitación pluvial y temperatura media anual correspondientes a los períodos 2010-2039 y 2040-2069 (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020c), los cuales se presentan a continuación.

La variable de precipitación pluvial media anual para los períodos 2010-2039 y 2040-2069 bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5, muestra que la cuenca del río Coyolate tiende a mantener tres bandas de cantidad de precipitación pluvial y su distribución espacial. Dichas bandas incrementan su magnitud a medida que se avanza desde la parte baja de la cuenca (500-100 mm) hasta su cabecera (2000-3000 mm) (Figura 24 y Figura 25).



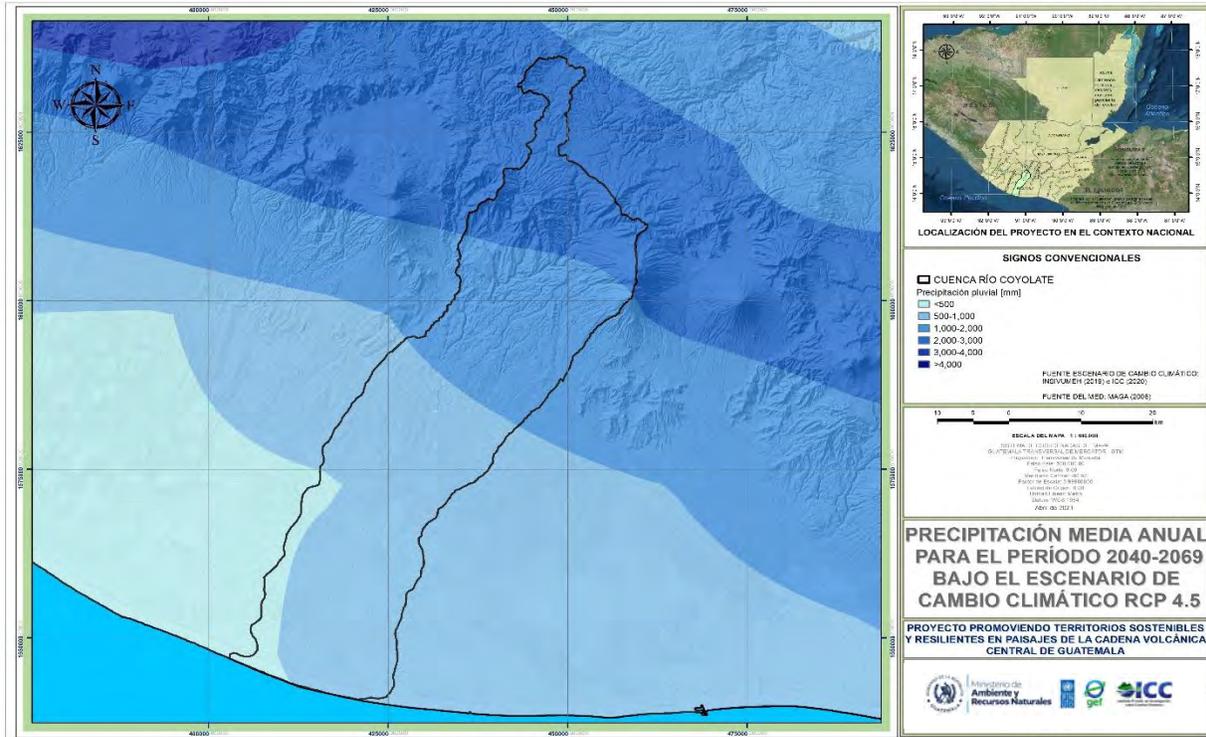


Figura 25. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

En el caso de la temperatura media anual de los períodos 2010-2039 y 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5, se prevé un desplazamiento de los pisos térmicos, donde los del período 2010-2039 se desplazarán a favor del incremento de elevación, resultando como en lo observado para el período 2040-2069. En síntesis, entre ambos períodos se observa que la banda o piso térmico $> 29\text{ }^{\circ}\text{C}$, además de desplazarse, también incrementaría su área de influencia en la cuenca; lo cual ocurre de forma similar con el resto de las bandas o pisos térmicos (Figura 26 y Figura 27).

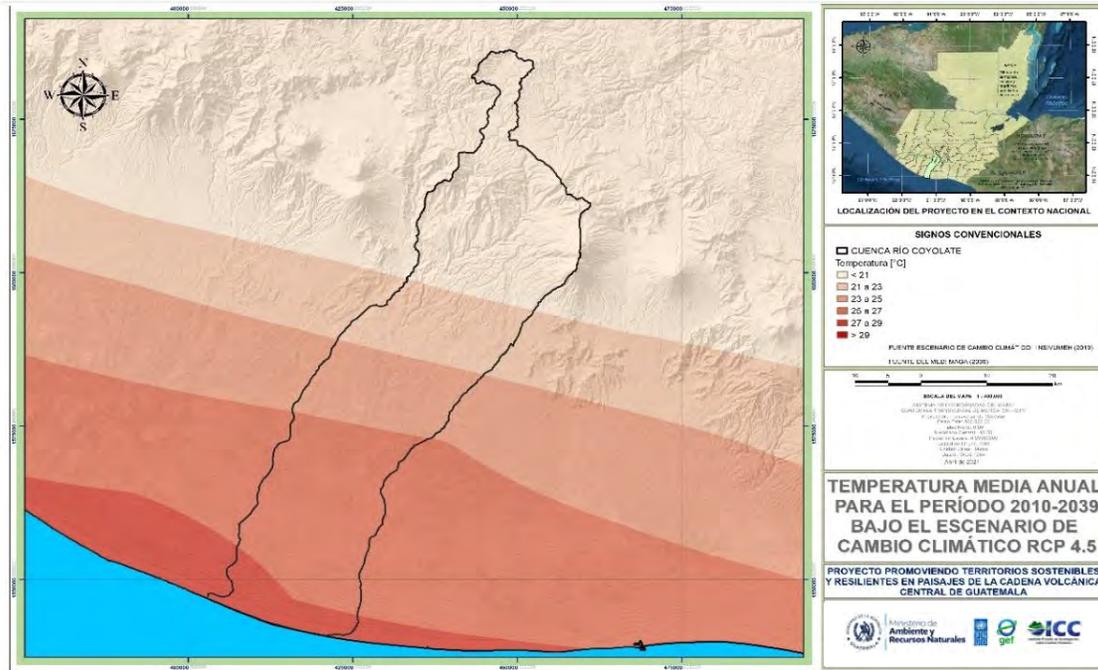


Figura 26. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

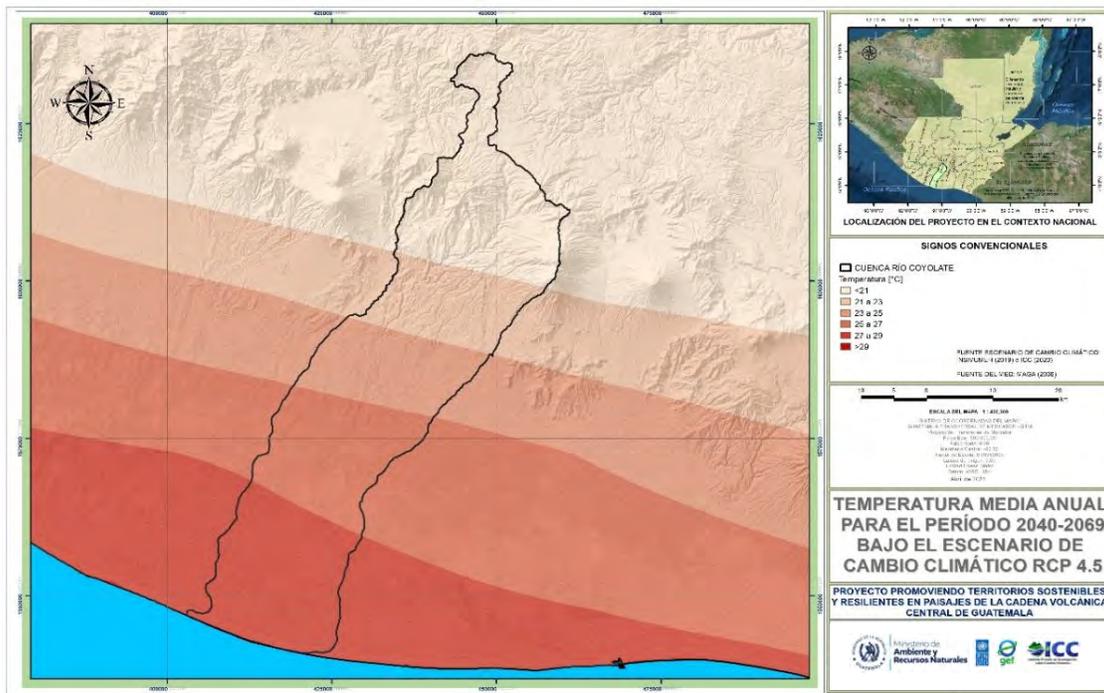


Figura 27. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

Bajo influencia del escenario de cambio climático RCP 8.5, la precipitación pluvial media anual de los períodos 2010-2069 y 2040-2069, tendería a mantenerse en magnitud y distribución espacial, con tres bandas de precipitación pluvial: (i) 500-1000 mm, (ii) 1000-2000 y (iii) 2000-3000 mm. En el segundo período se observa que en la parte baja de la cuenca (con correspondencia con la banda 500-1000 mm), la zona de precipitación pluvial < 500 mm se hace más próxima. En la cabecera de la cuenca se presentarán las mayores precipitaciones (3000-4000 mm), y viceversa en la parte baja (Figura 28 y Figura 29).

Para el mismo escenario de cambio climático y variable de temperatura media anual, al igual que en el escenario RCP 4.5, se presentaría el desplazamiento de los pisos o bandas térmicas entre ambos períodos (2010-2039 y 2040-2069). La dirección de dicho desplazamiento es directamente proporcional al incremento de la elevación. Así, en gran parte de la región del Pacífico o próxima a la línea costera, la temperatura pasará de 25-27 °C a 27-29 °C (Figura 30 y Figura 31)

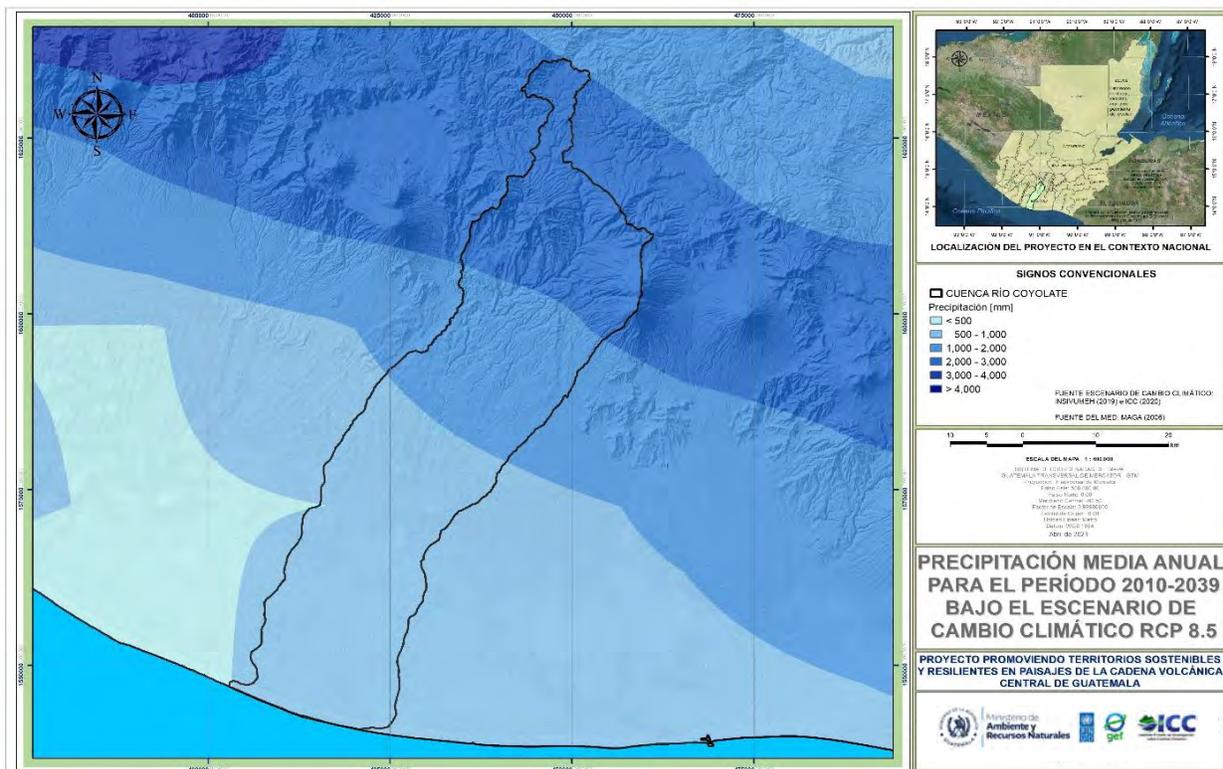


Figura 28. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

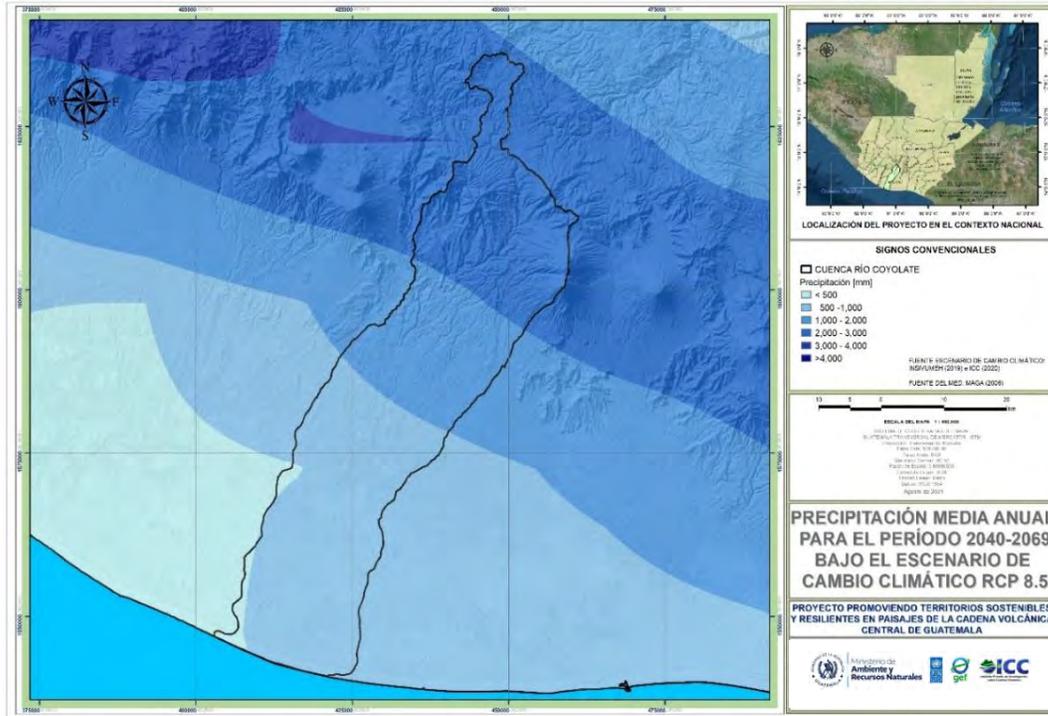


Figura 29. Precipitación pluvial media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5
 Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

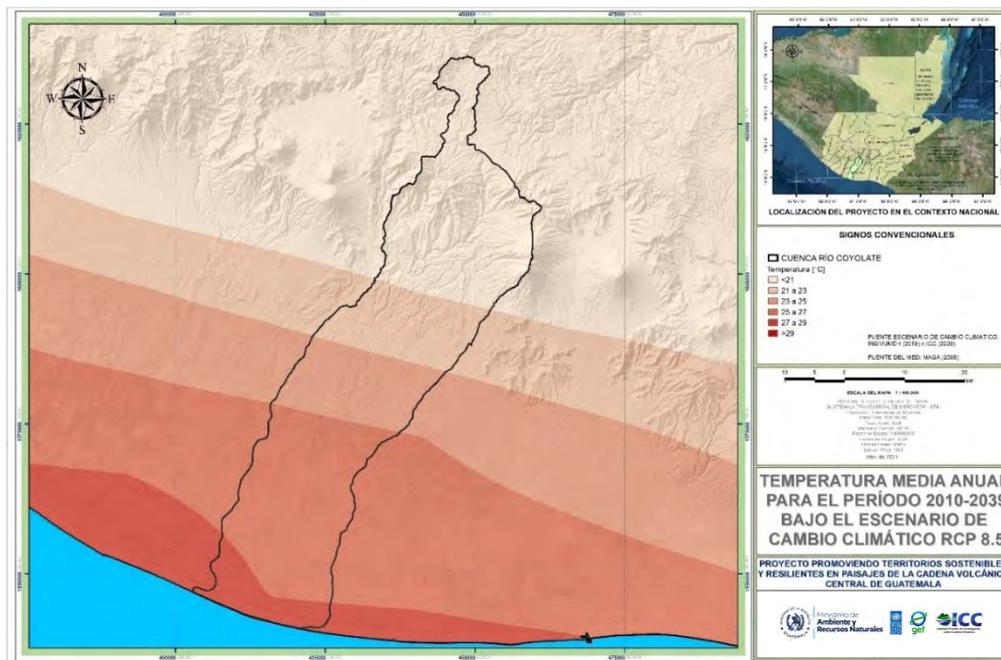


Figura 30. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2010-2039, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5
 Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

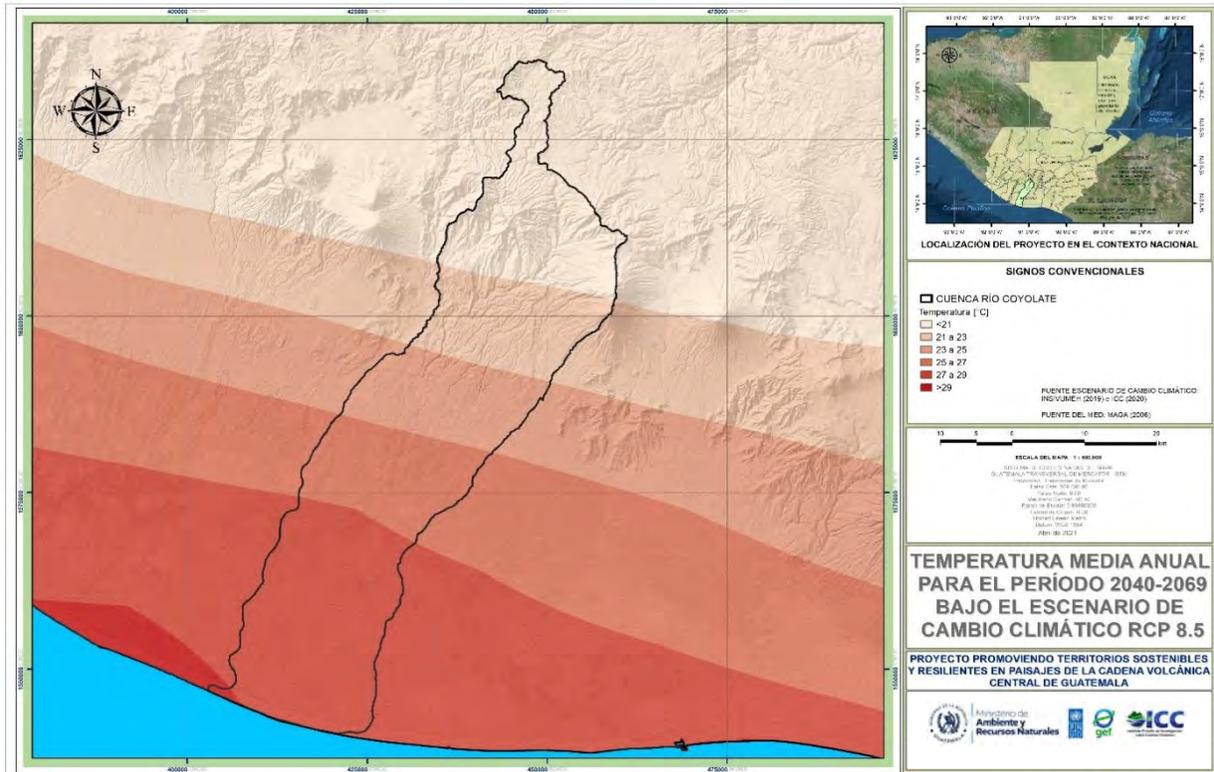


Figura 31. Temperatura media anual en la cuenca del río Coyolate para el período 2040-2069, bajo el escenario de cambio climático RCP 8.5
 Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020c) con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2019a).

7. HIDROLOGÍA

7.1 Balance hídrico

La Tabla 2 muestra los valores del balance hidrológico para la cuenca del río Coyolate y aquellas cuencas que aportan a esta y que son de nivel 7 y 8, con base en el estudio a nivel nacional realizado por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2015). En la cuenca del río Coyolate la evapotranspiración representa el 39 %, la escorrentía superficial el 31 %, la escorrentía subsuperficial el 3 % y la recarga hídrica y el 19 % de los flujos categorizados como salidas.

Tabla 2. Balance hidrológico anual de la cuenca Coyolate y algunas de sus cuencas de nivel 7 y 8

Balance hidrológico anual (millones de metros cúbicos)								
Variable	Cuenca Coyolate	Cuencas de nivel 7 y 8						
		CRI	MAP	POP	PAN	MAS	XAY	NIC
Entradas								
Precipitación	4158.1	1096.9	242.7	60.0	324.1	273.7	209.4	249.9
Almacenamiento del año anterior	343.6	84.8	11.9	1.6	20.8	24.8	28.0	18.0
Salidas								
ET	1775.7	434.6	94.7	23.0	122.6	120.2	93.6	109.6
Escorrentía superficial	1397.0	441.6	71.0	15.7	103.9	85.4	61.7	105.2
Escorrentía subsuperficial	147.8	33.1	11.5	3.2	14.7	10.2	8.1	5.3
Recarga hídrica	837.6	187.5	65.4	18.0	83.0	57.9	46.0	29.8
Almacenamiento en el suelo	343.6	84.8	11.9	1.6	20.8	24.8	28.0	18.0
Disponibilidad hídrica	2726.1	747.0	159.9	38.5	222.4	178.3	143.8	158.3

Nota. ET = Evapotranspiración, CRI = Cristóbal, MAP = Mapán, POP = Popoyá, PAN = Pantaleón, MAS = Mascalate, XAY = Xayá, NIC = Nicá. Fuente: adaptado del Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2015).

En cuanto a la disponibilidad hídrica específica (metros cúbicos por kilómetro cuadrado por año), los mayores valores se presentan en la parte media de la cuenca o región bocacosta ($> 2\,000\,000\text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$). Mientras que en la zona baja de la cuenca Coyolate la disponibilidad está entre los $1\,000\,000$ y $1\,500\,000\text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$. Al incrementar la elevación, en la cuenca del río Xayá (color naranja en la Figura 32), la disponibilidad específica se encuentra en el rango de los $500\,000$ a $1\,000\,000\text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}$. Si estas categorías se relacionan con la duración de la época lluviosa de la Figura 19,

se observa que las zonas de mayor disponibilidad hídrica específica presentan las mayores duraciones de la época lluviosa (175-215 días).

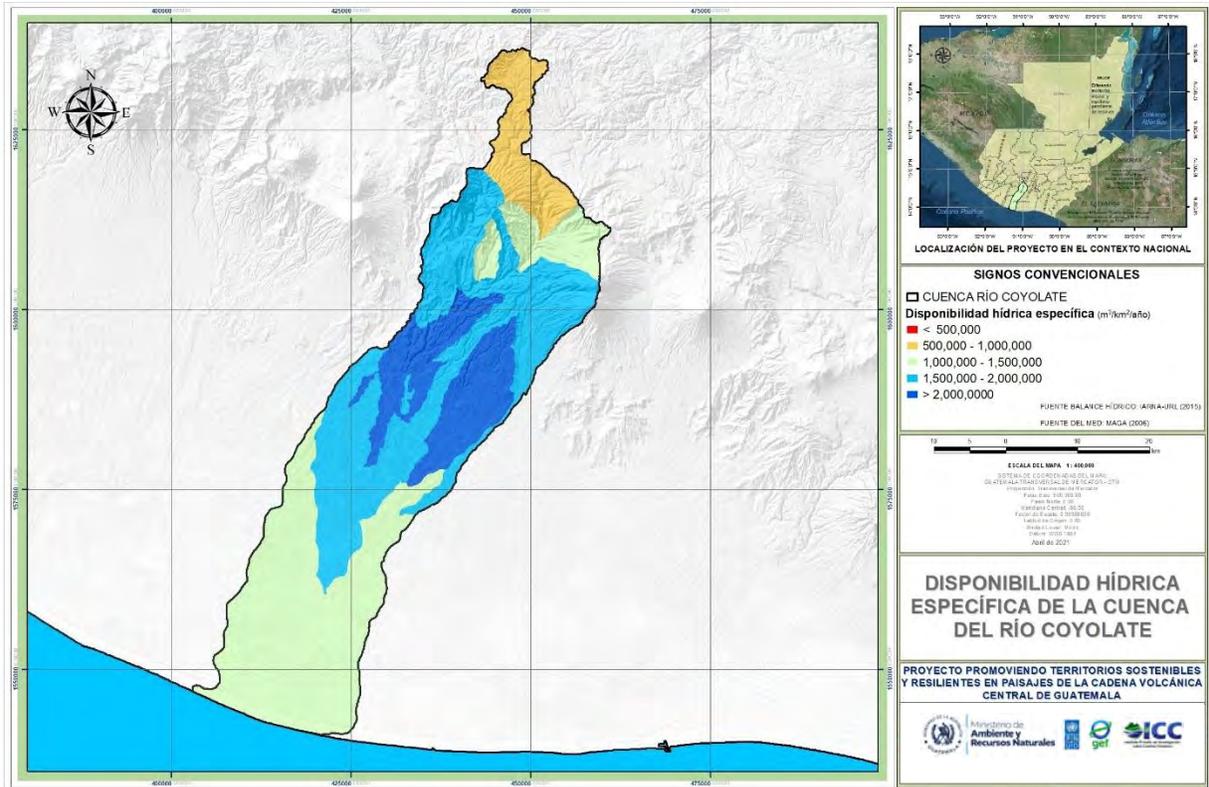


Figura 32. Disponibilidad hídrica específica ($m^3/km^2/año$) para la cuenca del río Coyolate

Fuente: elaboración propia con datos del Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2015).

7.2 Caudales

De acuerdo con el monitoreo de caudales realizado durante las primeras 20 semanas del año (principalmente en la época seca) por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático desde el año 2016, en la cuenca del río Coyolate existen cuatro puntos de aforo o monitoreo, los cuales son: Santa Marta, Pantaleón, Cristóbal y Coyolate (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2021d) (Figura 33).

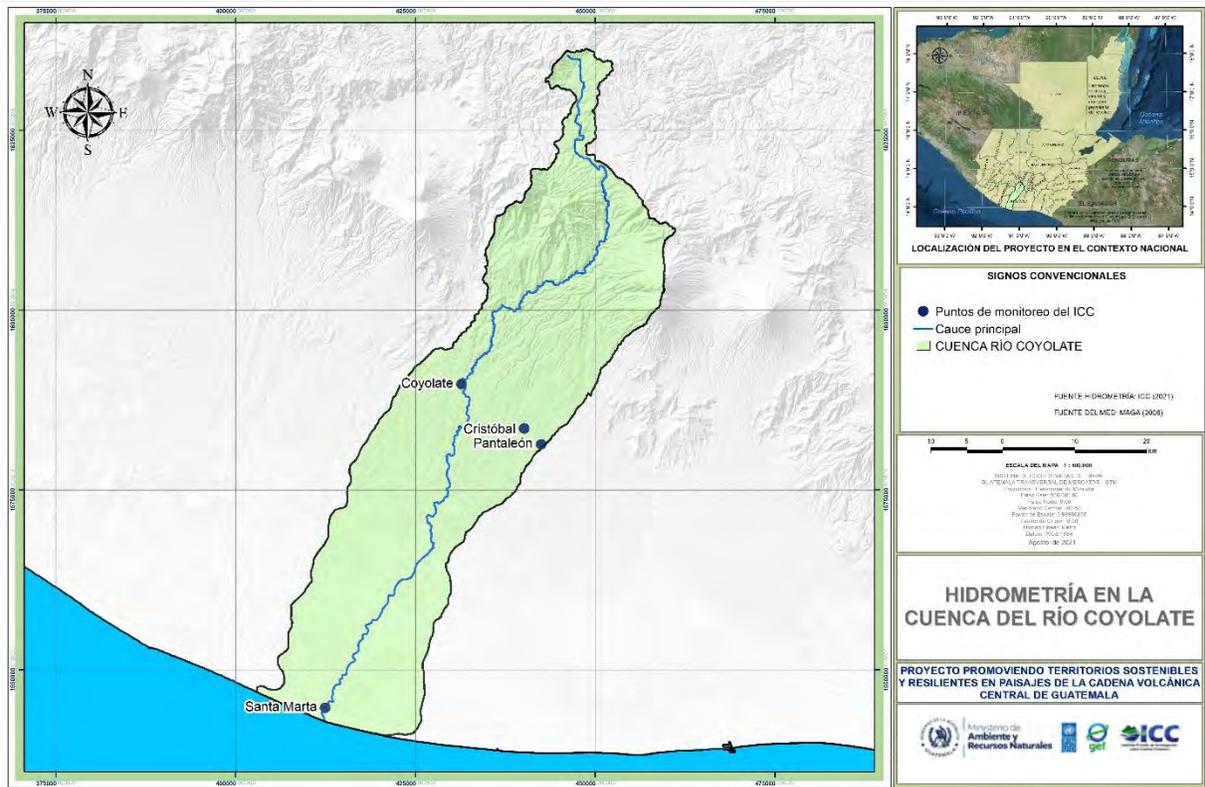


Figura 33. Hidrometría en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021d).

Durante la época seca del período 2016-2021, el caudal medio del punto de monitoreo Coyolate fue de $6.47 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que sus percentiles 10 y 90 fueron de $5.96 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7.05 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (Figura 34). Por su parte, en la desembocadura de la cuenca del río Coyolate y punto de monitoreo Santa Marta, el caudal medio fue igual a $5.13 \text{ m}^3/\text{s}$ y en sus percentiles 10 y 90 de $2.31 \text{ m}^3/\text{s}$ y $8.28 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (Figura 35). El punto de monitoreo en el río Pantaleón presentó un caudal medio de $1.22 \text{ m}^3/\text{s}$, con percentiles 10 y 90 de $0.73 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.83 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (Figura 36). Finalmente, en el punto Cristóbal, ubicado sobre el río Cristóbal, el caudal medio fue igual a $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$, con percentiles 10 y 90 de $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.79 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (Figura 37).

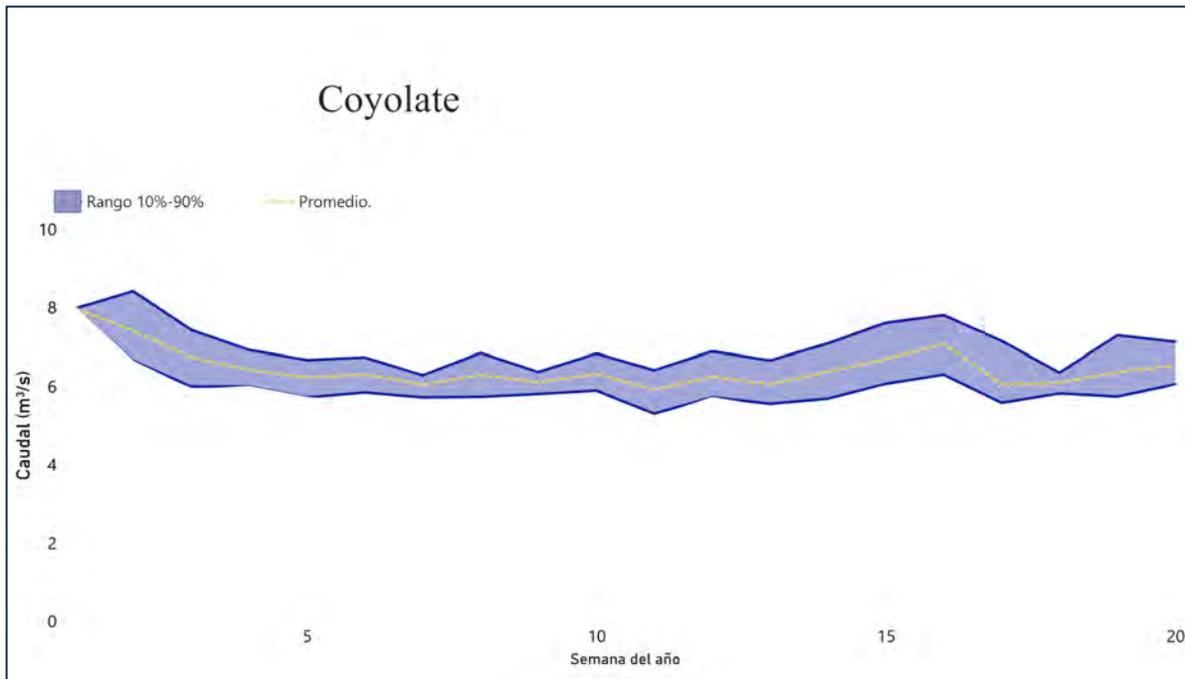


Figura 34. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Coyolate, periodo 2016-2021

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021d).

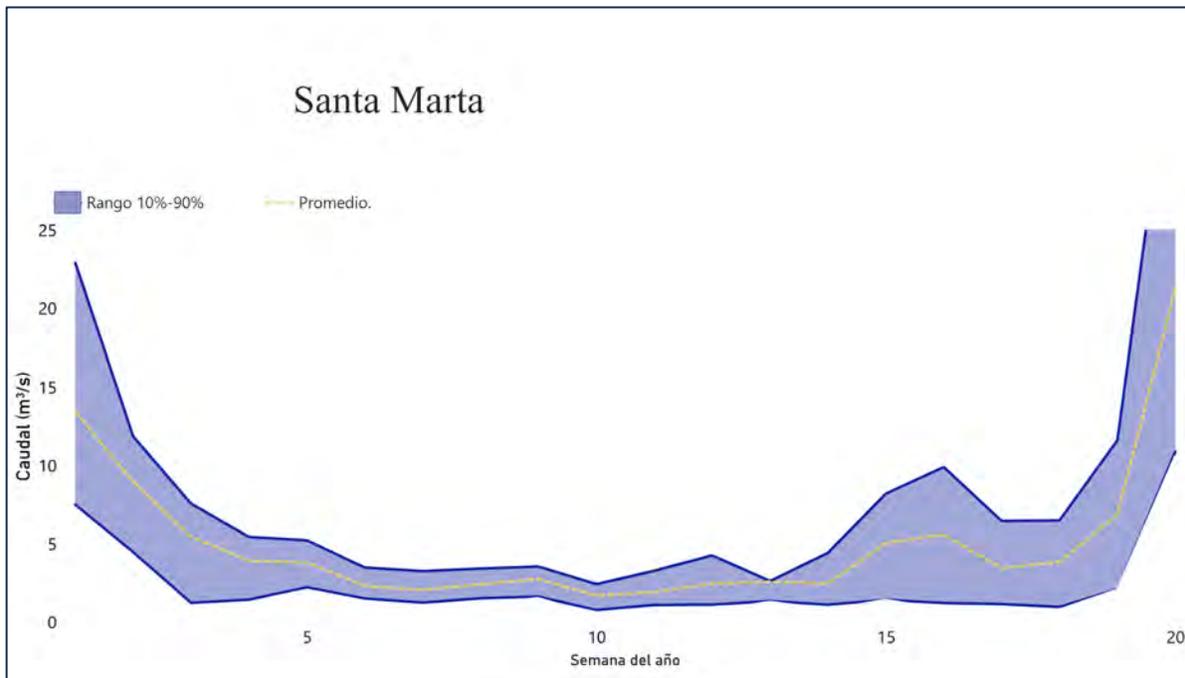


Figura 35. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Santa Marta, periodo 2016-2021

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021d).

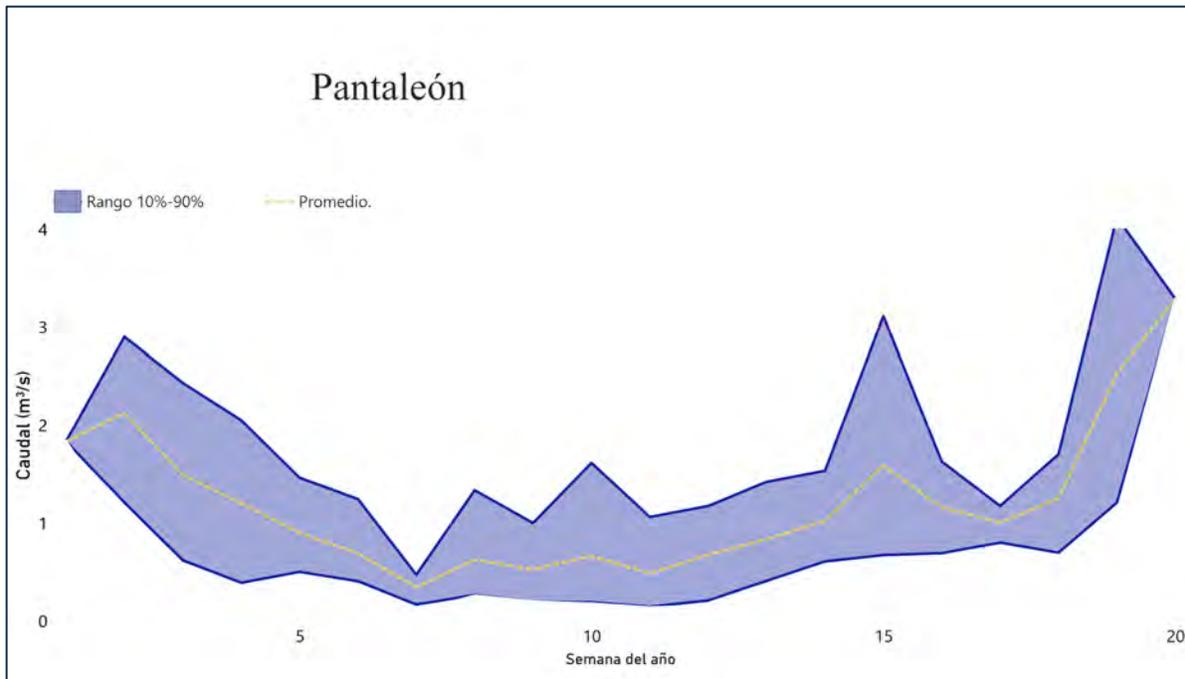


Figura 36. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Pantaleón, periodo 2016-2021

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021d).

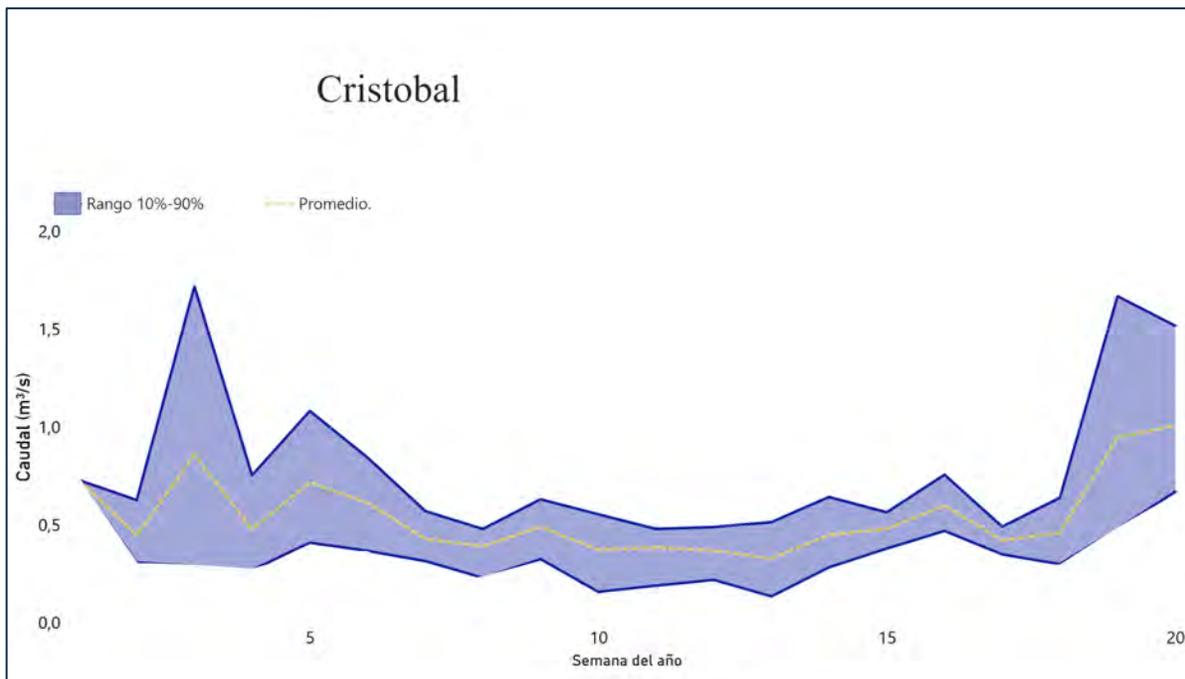


Figura 37. Caudales semanales históricos de la época seca en el punto de aforo Cristóbal, periodo 2016-2021

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021d).

Se estimaron los caudales máximos para algunos puntos de la cuenca hidrográfica del río Coyolate, de los cuales a continuación se presentan aquellos ubicados en la salida de las cuencas Cristóbal (nivel 7) y Pantaleón (nivel 8), ambas pertenecientes a la cuenca del río Coyolate. Los métodos utilizados para realizar la estimación fueron: índice de crecida (Gumbel, Log-Normal y curva envolvente) y precipitación pluvial-escorrentía. En ambos casos se consideraron los períodos de retorno (T_R) de 10, 25 y 50 años (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2011).

Al comparar ambos métodos, considerando la curva envolvente del índice de crecida, las diferencias para los puntos Cristóbal y Pantaleón fueron del 44 % y 59 %, respectivamente (Tabla 3). Debido a estas diferencias, se propone utilizar los siguientes rangos para el punto Cristóbal: 477-1021 m^3/s ($T_{R=10}$), 623-1332 m^3/s ($T_{R=25}$), 730-1530 m^3/s ($T_{R=50}$) (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2011).

Tabla 3. Caudales máximos generados mediante los métodos de índice de crecida y precipitación pluvial-escorrentía

Variable	Cuenca	
	Cristóbal	Pantaleón
Superficie de drenaje (km^2)	1123	131
Índice de crecida (m^3/s)	387	41
Gumbel		
Caudal $T_R=10$ (m^3/s)	963	103
Caudal $T_R=25$ (m^3/s)	1272	136
Caudal $T_R=50$ (m^3/s)	1504	161
Log-normal		
Caudal $T_R=10$ (m^3/s)	677	72
Caudal $T_R=25$ (m^3/s)	1032	111
Caudal $T_R=50$ (m^3/s)	1570	168
Curva envolvente		
Caudal $T_R=10$ (m^3/s)	1102	118
Caudal $T_R=25$ (m^3/s)	1439	154
Caudal $T_R=50$ (m^3/s)	1686	180
Método de precipitación pluvial-escorrentía (Hec-HMS 3.5)		
Caudal $T_R=10$ (m^3/s)	1883	259
Caudal $T_R=25$ (m^3/s)	2537	365
Caudal $T_R=50$ (m^3/s)	3008	442

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2011).

7.3 Agua subterránea

Un estudio llevado a cabo por Cordillera S. A. *et al.* (2010), realizó una primera aproximación del potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala, para lo cual se consideraron las siguientes variables: densidad de rasgos cársticos, estructuras geológicas, pendiente del terreno, densidad de drenaje, tipo de roca, balance (precipitación pluvial – evapotranspiración) y cuerpo de agua; donde el tipo de roca es el factor principal que revela el potencial de las aguas subterráneas.

En la cuenca hidrográfica del río Cuyolote el potencial de aguas subterráneas dominante en cuanto a extensión superficial, es el de la categoría “moderada”, que representa el 45.3 % del área de esta cuenca. Luego, se encuentran con el 20.5 % el potencial “alto”, 14.7 % el “bajo”, 12.2 % el “muy alto” y 7.4 % el “muy bajo”. En el abanico aluvial central (ríos Cuyolote, Acomé y Achiguate), el potencial de aguas subterráneas va desde “moderado” en la zona más baja de la cuenca, hasta “alto” y “muy alto” en la zona norte del mismo (ver la referencia del abanico aluvial central en la figura 28). Las zonas con mayor potencial (moderado a muy alto) se ubican en la parte baja y media de la cuenca, y existen zonas dispersas de alto potencial en la parte alta de la misma. En la cuenca alta predominan potenciales de aguas subterráneas de “moderado”, “bajo” y “muy bajo” (Figura 38).

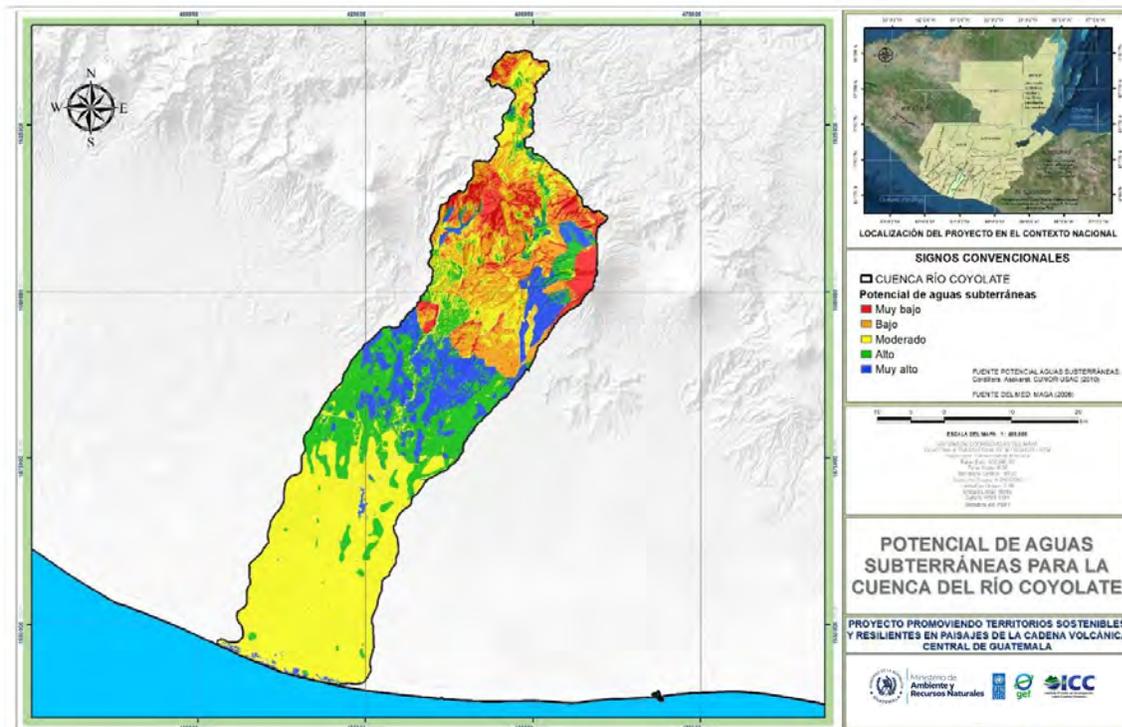


Figura 38. Potencial de aguas subterráneas en la cuenca del río Cuyolote
Fuente: Cordillera S. A. *et al.* (2010).

El abanico aluvial central se refiere principalmente al abanico aluvial de los ríos Coyolate, Acomé y Achiguate. Según estudios realizados, y con base en sus características geomorfológicas, se considera que es un acuífero clave en la vertiente del Pacífico, en el cual existe un acuífero superficial localmente confinado (arcilla) de hasta 150 metros de profundidad, y un segundo acuífero costero que es vulnerable por su alta exposición a la intrusión salina (Gil Villalba, 2018).

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021b) monitorea la profundidad del nivel freático en este abanico. Como resultado, se obtuvieron los valores del nivel freático promedio para dos meses, uno de la época seca (marzo) y otro para la época lluviosa (agosto) del período 2017-2020. De allí que para el mes de agosto en la fracción del abanico que corresponde a la cuenca del río Coyolate, la profundidad se mantuvo entre 2 y 4 metros (Figura 39). Mientras que para marzo, la profundidad promedio fue de 4-6 metros en la zona norte del abanico, y de 2 a 4 metros en la parte hacia el litoral Pacífico (Figura 40).

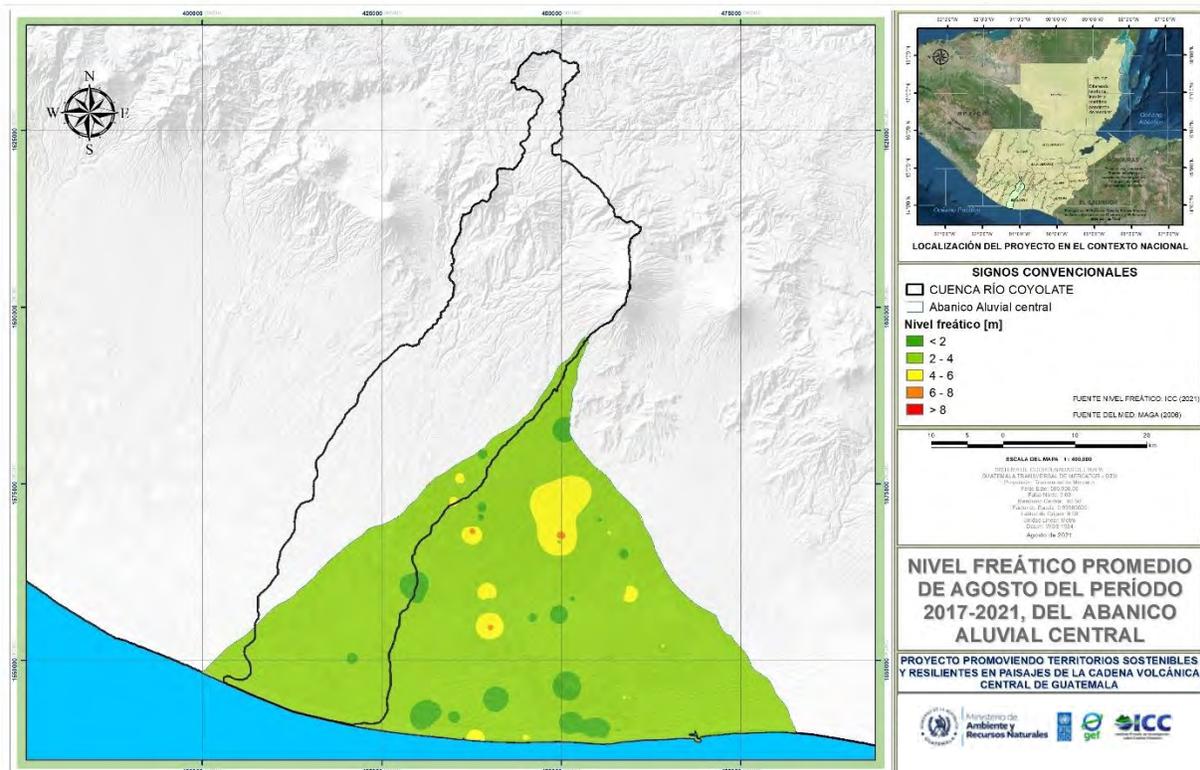


Figura 39. Nivel freático promedio del abanico aluvial central durante el mes de agosto (período 2017-2020)

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021b).

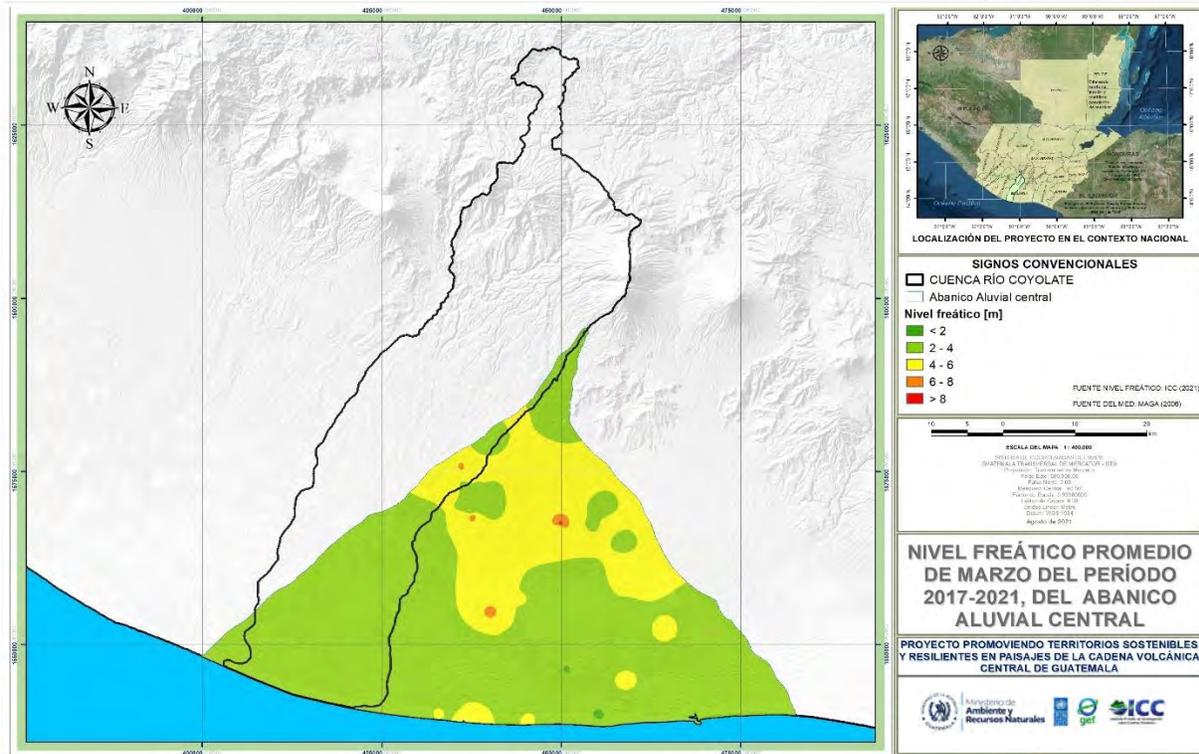


Figura 40. Nivel freático promedio del abanico aluvial central durante el mes de marzo (2017-2021)
 Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021b).

7.4 Recarga hidrológica

De acuerdo con el mapa de captación, regulación y recarga hidrológica elaborado por el Instituto Nacional de Bosques (2017), en la cuenca del río Coyolate predomina la categoría de recarga hidrológica "media" (52 %), y le siguen las categorías "alta" (25 %), "muy alta" (16 %) y "baja" (7 %) (Figura 41). Las tierras forestales de captación y regulación hidrológica son aquellas con aptitud forestal, destinadas idealmente para la protección o producción, o en las que se puede desarrollar manejo forestal, por lo que son de alta importancia para la captación y regulación hidrológica local (Instituto Nacional de Bosques, 2005). Las categorías de mayor recarga hidrológica tienden a presentar más limitaciones en los factores que definen su capacidad de uso, presencia de texturas gruesas, formaciones geológicas que facilitan la recarga, y altas láminas del balance hídrico climático (Instituto Nacional de Bosques, 2017b).

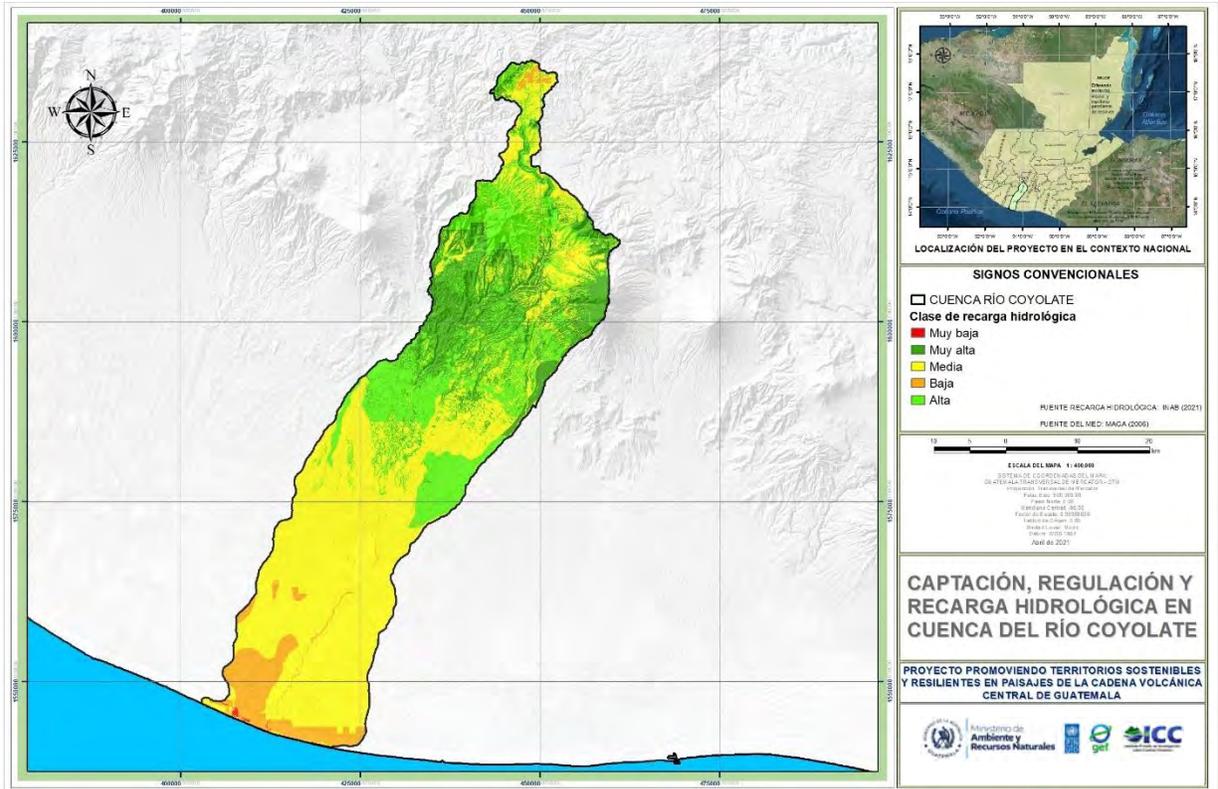


Figura 41. Captación, regulación y recarga hidrológica en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Instituto Nacional de Bosques (2017).

Gil Villalba (2018) estimó la recarga media anual para el abanico aluvial central (ríos Coyolate, Acomé y Achiguate) que, en el caso de la parte norte del este, puede llegar hasta los 1700 mm anuales. En la zona de traslape entre el abanico y la cuenca hidrográfica del río Coyolate se presentan valores de recarga superiores a los 500 mm en la parte norte e inferiores a los 30 mm en la zona del litoral Pacífico. Sobresale una zona extensa con recargas de entre los 205 a los 556 mm (Figura 42).

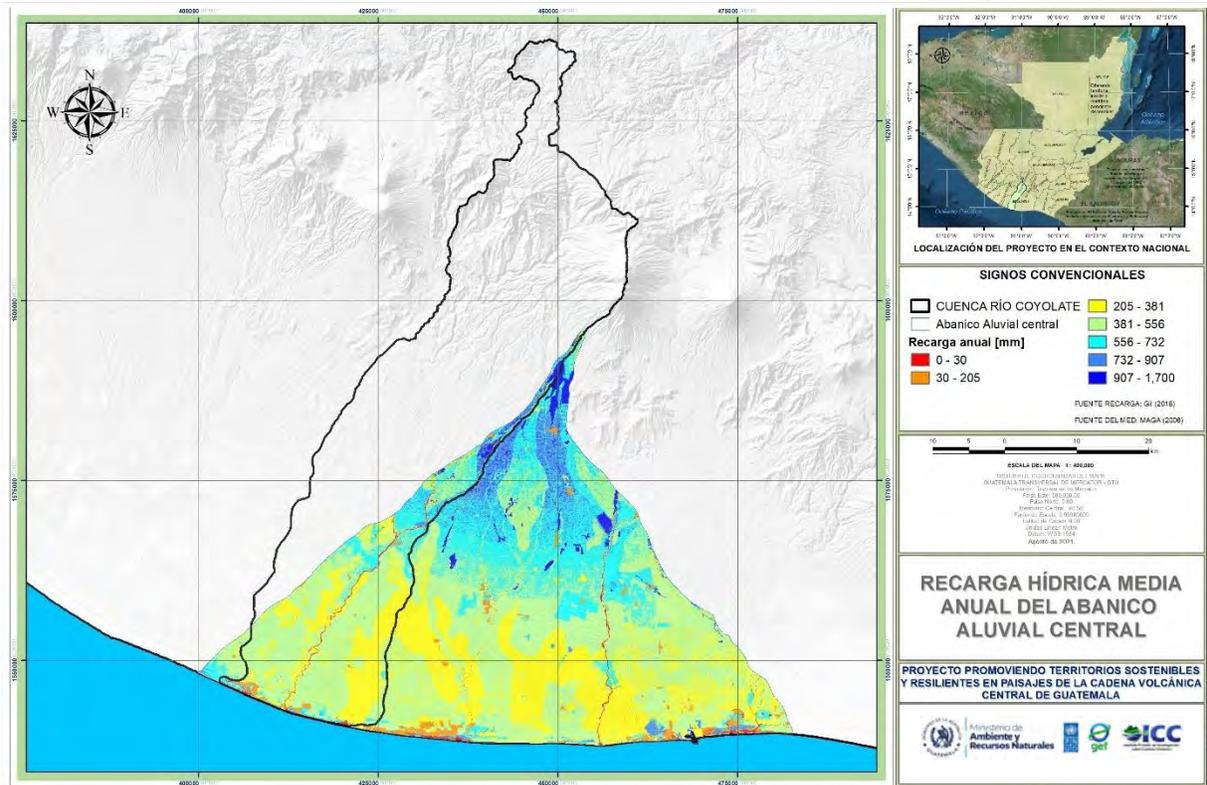


Figura 42. Recarga hídrica media anual en el abanico aluvial central
Fuente: Gil Villalba (2018).

7.5 Cuerpos de agua

Con base en la cartografía de hidrografía lineal y masas de agua del Instituto Geográfico Nacional (2016a, 2016b) a escala 1: 250 000, se identificaron los ríos permanentes, intermitentes y la zanja perenne de la cuenca hidrográfica del río Coyolate (Figura 43). Entre los ríos permanentes se pueden mencionar: Coyolate, Cristóbal, Pantaleón, Mascalate, Aguná, Xayá, Mapán, Nimayá, entre otros. Esta información fue complementada con la cartografía de cobertura y uso de la tierra, en la cual se identifican las siguientes categorías: humedal (bosque) manglar; lago, laguna o laguneta; pradera pantanosa; y estero (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2021).

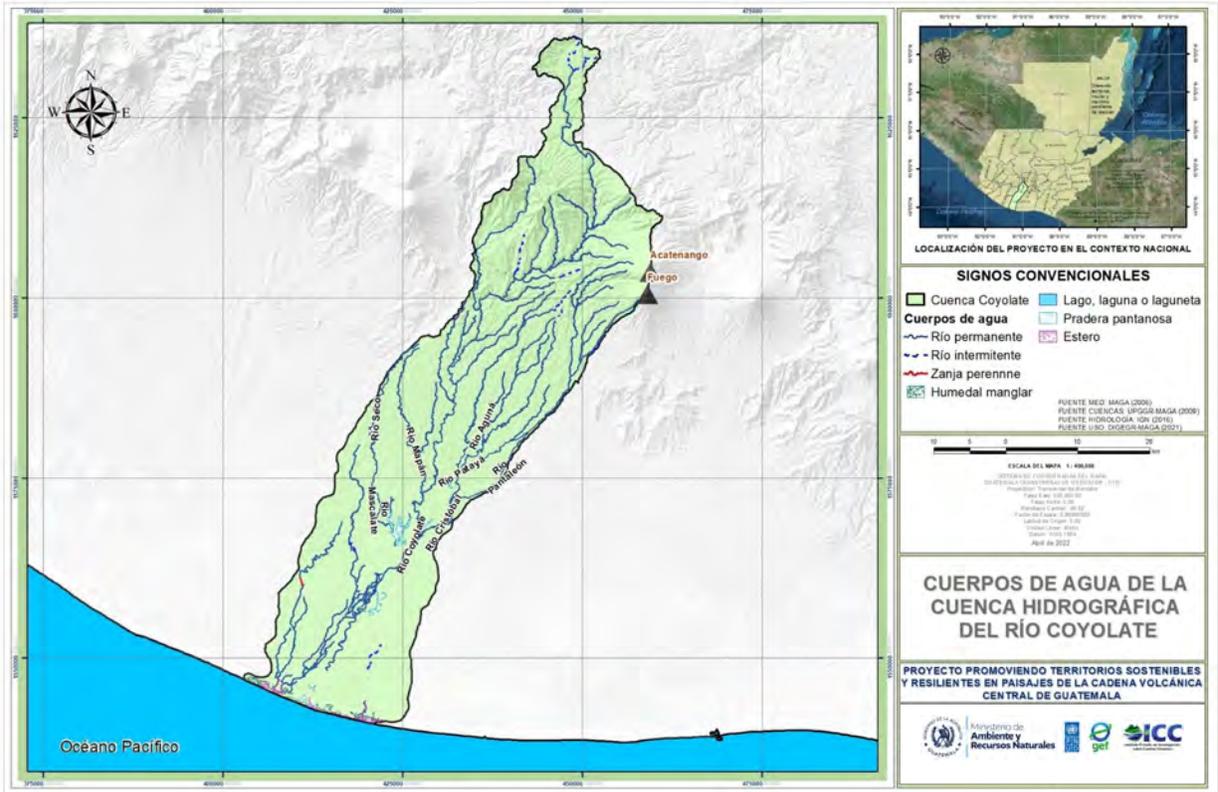


Figura 43. Cuerpos de agua en la cuenca hidrográfica del río Coyolate
 Fuente: elaboración propia con información del Instituto Geográfico Nacional (2016a, 2016b);
 Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2021).

8. FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La cuenca hidrográfica del río Coyolate tiene correspondencia espacial con tres regiones fisiográficas: las tierras altas volcánicas (36.0 %), la pendiente volcánica reciente (7.5 %) y la llanura costera del Pacífico (56.5 %). Las tierras altas volcánicas se han formado por la actividad volcánica que ocurre en la región desde la edad geológica del Paleozoico con aportaciones de basalto y riolitas, y por la formación de fallas producto de la tensión local. Asimismo, se han originado paisajes contrastantes en zonas adyacentes debido a los aportes de pómez ocurridos durante el Cuaternario (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación *et al.*, 2001). Así, se han conformado los grandes paisajes de montañas volcánicas, rellenos piroclásticos y zonas de los volcanes de Fuego y Acatenango (Figura 44 y Tabla 4).

La pendiente volcánica reciente se compone de materiales de la época del Cuaternario que se produjeron por acción de una zona de falla que es transversal a las laderas que descienden del altiplano volcánico y es paralela a la línea costera. La subregión de la pendiente volcánica central se ubica al sur del departamento de Sololá y en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla, y su elevación va desde los 500 a los 1000 m s.n.m. El material se compone principalmente de residuos laháricos y fluviales volcánicos, con presencia de bloques de diferente composición sobre los cuales se encuentra una capa de cenizas volcánicas (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación *et al.*, 2001).

Por su lado, la llanura costera del Pacífico es el resultado de la evolución del paisaje, donde las corrientes han contribuido con grandes aportes de sedimentos y se ha formado una planicie costera que, en su mayoría, tiene materiales aluviales del Cuaternario que son transportados por los ríos y fragmentos de rocas de los macizos de los volcanes de Fuego y Acatenango. Su elevación está en el rango de los 0 a los 500 m s.n.m. Grandes paisajes de tipo abanico aluvial, llanuras aluviales y superficies planas conforman la planicie aluvial costera. Esta región es susceptible a inundaciones debido a que tiene tasas de drenaje deficientes y al mal drenaje de las zonas de marismas del litoral pacífico (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación *et al.*, 2001) (Figura 44 y Tabla 4).

Tabla 4. Descripción del mapa fisiográfico-geomorfológico de la cuenca del río Coyolate

Región fisiográfica	Subregión fisiográfica	Gran paisaje	Área (%)
Tierras altas volcánicas	Zona montañosa occidental (Tacaná - Tecpán)	Montañas volcánicas altas de occidente	0.97
		Relleno piroclástico alrededor de la Caldera de Atitlán	6.20
	Zona montañosa y planicie central (Tecpán-Jalpatagua)	Montañas volcánicas del centro del país	23.08
		Volcanes de Acatenango y Fuego	5.72
Pendiente volcánica reciente	Pendiente volcánica central (Atitlán - Pacaya)	Relleno volcánico de El Tumbador - Coatepeque - Nuevo San Carlos	7.48
Llanura costera del Pacífico	Planicie aluvial costera (Madre Vieja - María Linda)	Abanico aluvial de los ríos Coyolate - Acomé - Achiguate (parte del vértice)	2.53
		Abanico aluvial de los ríos Coyolate - Acomé - Achiguate (parte distal)	22.91
		Abanico aluvial de los ríos Coyolate - Acomé - Achiguate (parte media)	3.80
	Planicie aluvial costera (Suchiate - Madre Vieja)	Llanura aluvial de los ríos Icán - Nahualate - Madre Vieja	12.13
		Restos de superficies planas originadas por sedimentos fluviales	15.14
		Zona de marismas del litoral del Pacífico	0.03

Fuente: adaptado de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación *et al.* (2001).

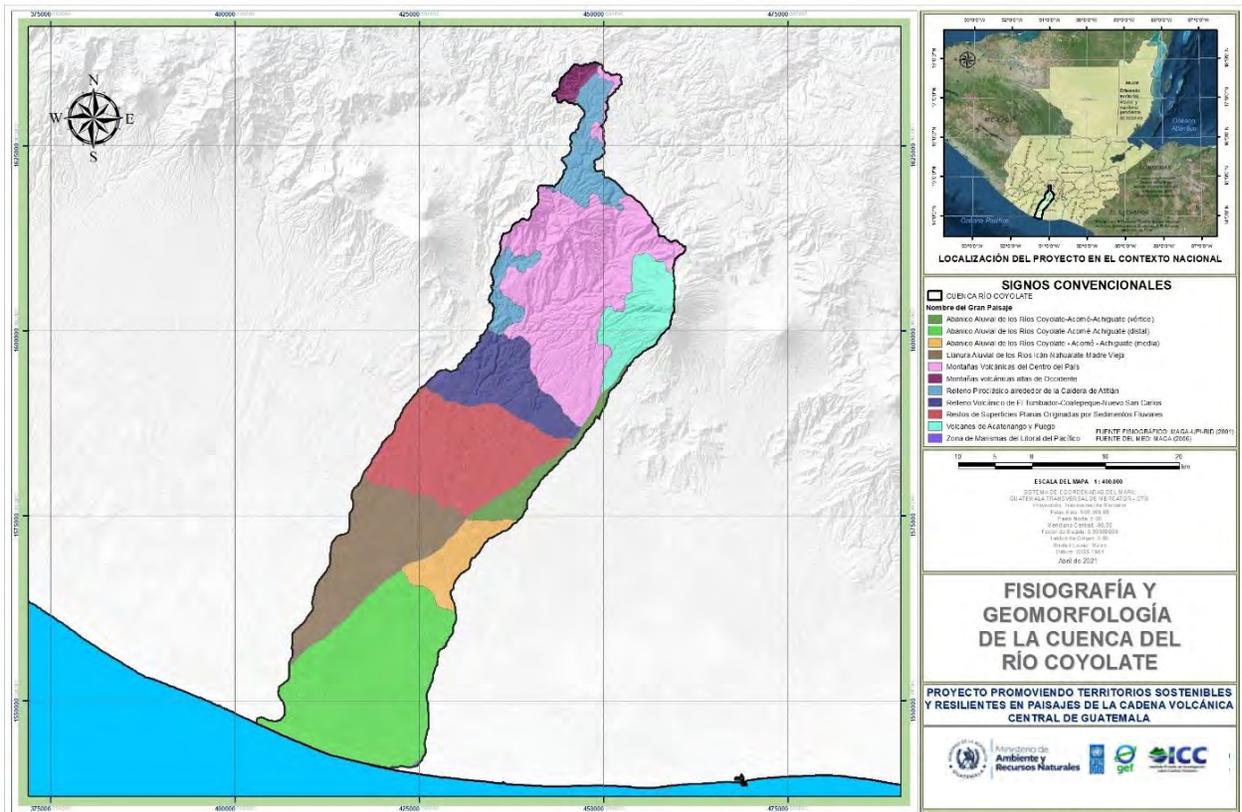


Figura 44. Fisiografía y geomorfología de la cuenca del río Coyolate
Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación et al. (2001).

9. TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE

En el 49 % de la superficie de la cuenca hidrográfica del río Coyolate (que en su mayoría corresponde a la región fisiográfica llanura costera del Pacífico), predomina el terreno plano a ligeramente inclinado, con porcentajes de pendiente de entre 0 % al 5 %. Luego se encuentran las categorías de inclinado a fuertemente inclinado (5-15 % de pendiente), escarpado (30-60 %), moderadamente escarpado (12 %) y muy escarpado (9 %) con el 16 %, 14 %, 12 % y 9 % del área de la cuenca del río Coyolate, respectivamente. Estas cuatro categorías tienen correspondencia con las regiones fisiográficas de pendiente volcánica reciente y tierras altas volcánicas (Figura 45).

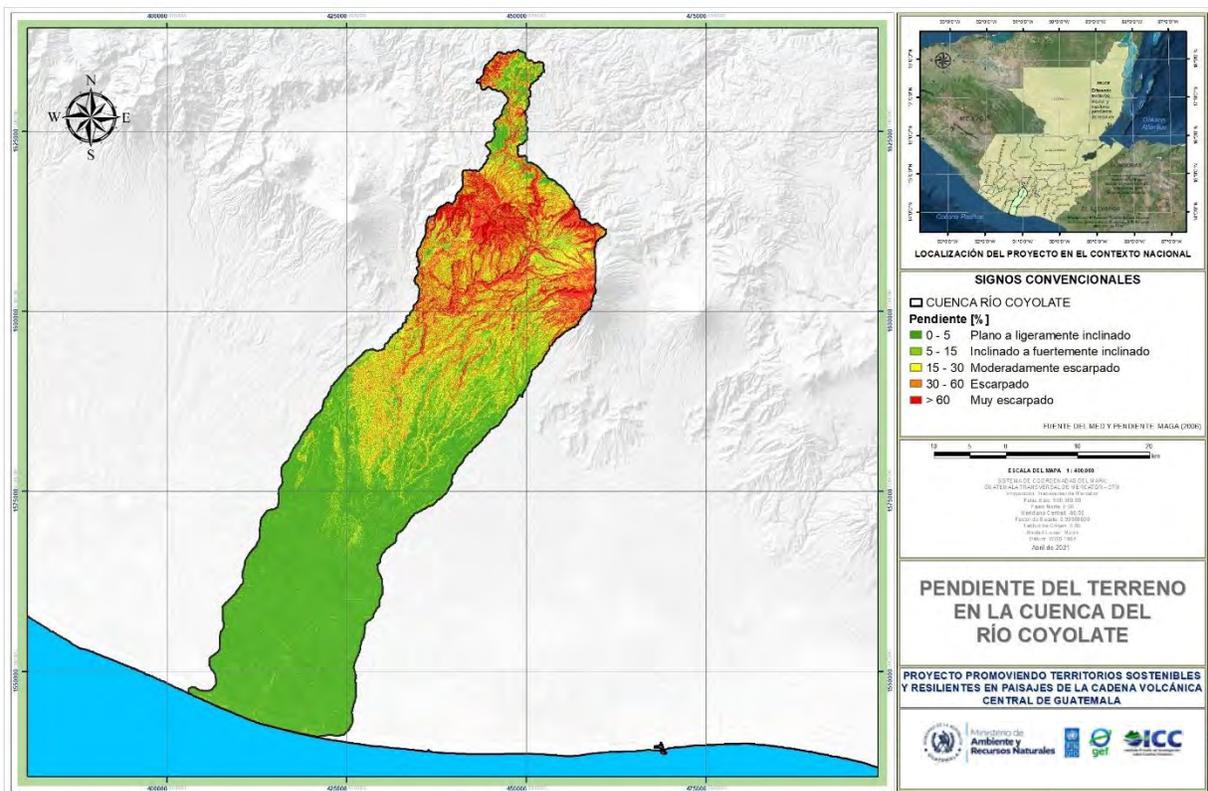


Figura 45. Pendiente del terreno en la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2006).

10. GEOLOGÍA

Con base en el mapa geológico que elaboró el Instituto Geográfico Nacional (1970) para la República de Guatemala, la cuenca del río Coyolate está formada, principalmente, sobre aluviones del Cuaternario (Qa) (61 % de la superficie de la cuenca) con rocas sedimentarias, que a su vez tienen correspondencia espacial con la región fisiográfica de llanura costera del Pacífico.

En la cabecera de la cuenca existen formaciones de rocas volcánicas del Terciario (Tv) y pómez del Cuaternario (Qp), con el 20 % y el 3 % de la superficie de la cuenca, respectivamente. Luego, en la zona próxima a los volcanes de Fuego y Acatenango se ubican las rocas volcánicas del Cuaternario (Qv), que representan el 16 %. Estas tres últimas unidades geológicas tienden a corresponder con las regiones fisiográficas de pendiente volcánica reciente y de tierras altas volcánicas (Figura 46).

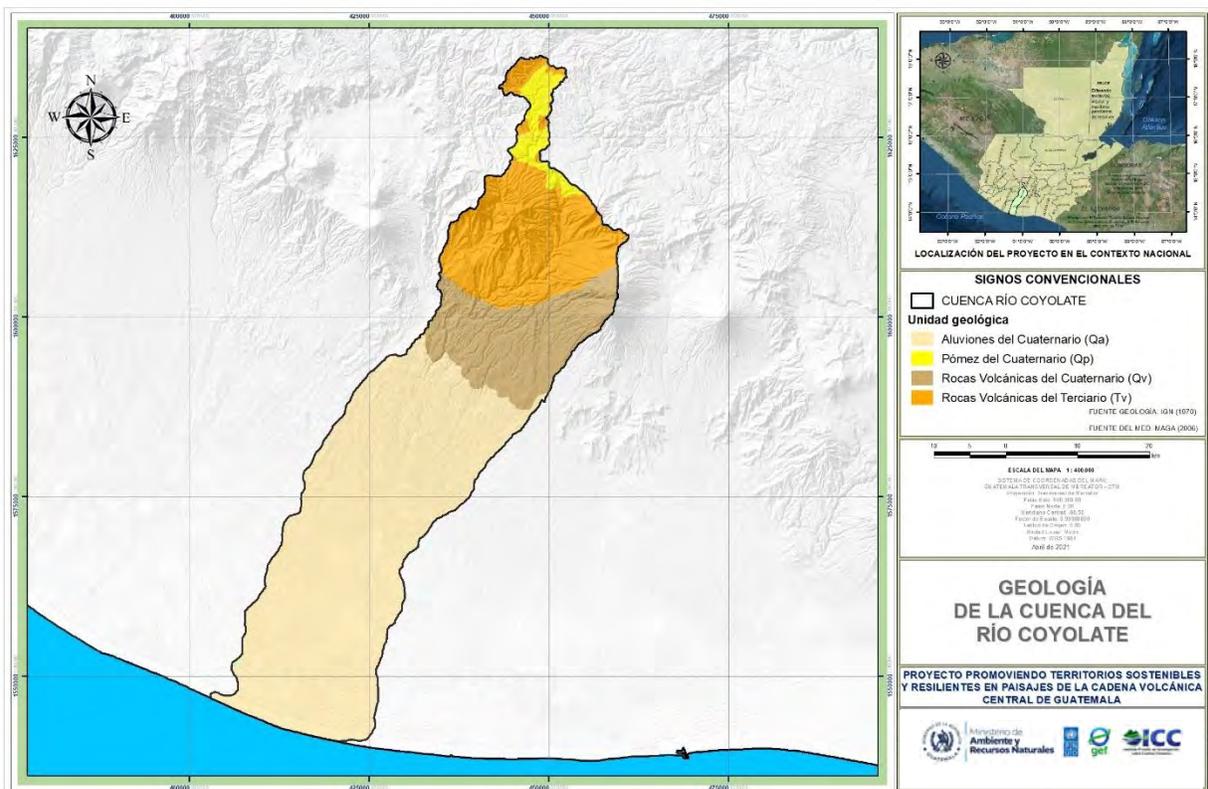


Figura 46. Geología de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (1970).

11. SUELOS

Según el mapa de clasificación taxonómica de suelos de la República de Guatemala (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Programa de Emergencias por Desastres Naturales, 2005), en la cuenca hidrográfica del río Coyolate existen seis órdenes de suelos: andisoles (33 % del área de la cuenca), molisoles (29 %), inceptisoles (18 %), entisoles (14 %), ultisoles (4 %) y alfisoles (2 %) (Figura 47).

Según Dahlgren *et al.* (2008), los suelos andisoles son característicos de áreas volcánicas activas, como en el caso de la zona donde se ubica esta cuenca por influencia directa del volcán de Fuego. Estos se caracterizan por una alta retención de fosfatos (≥ 85 %), baja densidad aparente (≤ 0.9 g/cm³), presencia de arcillas alófanas, presencia de hierro y aluminio en su forma activa y vidrio volcánico, alto potencial de fertilidad y susceptibilidad a erosión hídrica en las zonas de altas pendientes (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013; Soil Survey Staff *et al.*, 2010; Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales, 2000).

Los suelos molisoles poseen un horizonte superficial de considerable espesor y coloración oscura debido a la alta presencia de materiales orgánicos humificantes. También, tienen alta capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases por arriba del 50 %, con texturas francas y regular retención de humedad. Su fertilidad natural es entre media y alta (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013).

Los inceptisoles son suelos que poseen un grado de evolución pobre o incipiente, con horizontes bien diferenciados espacialmente y poca profundidad (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013). Los suelos entisoles también son de pobre evolución y sin estructura, en los cuales es frecuente encontrar un horizonte superficial poco desarrollado y profundo sobre material consolidado. Son comunes en zonas de alta pendiente con relieve abrupto (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013; Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales, 2000).

Los suelos de menor superficie en la cuenca son los ultisoles y los alfisoles. Los primeros acumulan arcilla en algún horizonte inferior procedente de horizontes superiores; tienen alta densidad aparente, saturación de bases y retención de humedad gracias a la presencia de texturas francas finas. Presentan una estructura en prismas y bloques angulares (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013). Los ultisoles

tienen el horizonte B enriquecido con arcillas y baja saturación de bases que disminuye aún más al aumentar de la profundidad, producto de su intensa meteorización. Son suelos con baja fertilidad natural (Kettler y Zanner, 2021; Natural Resources Conservation Service, 2021).

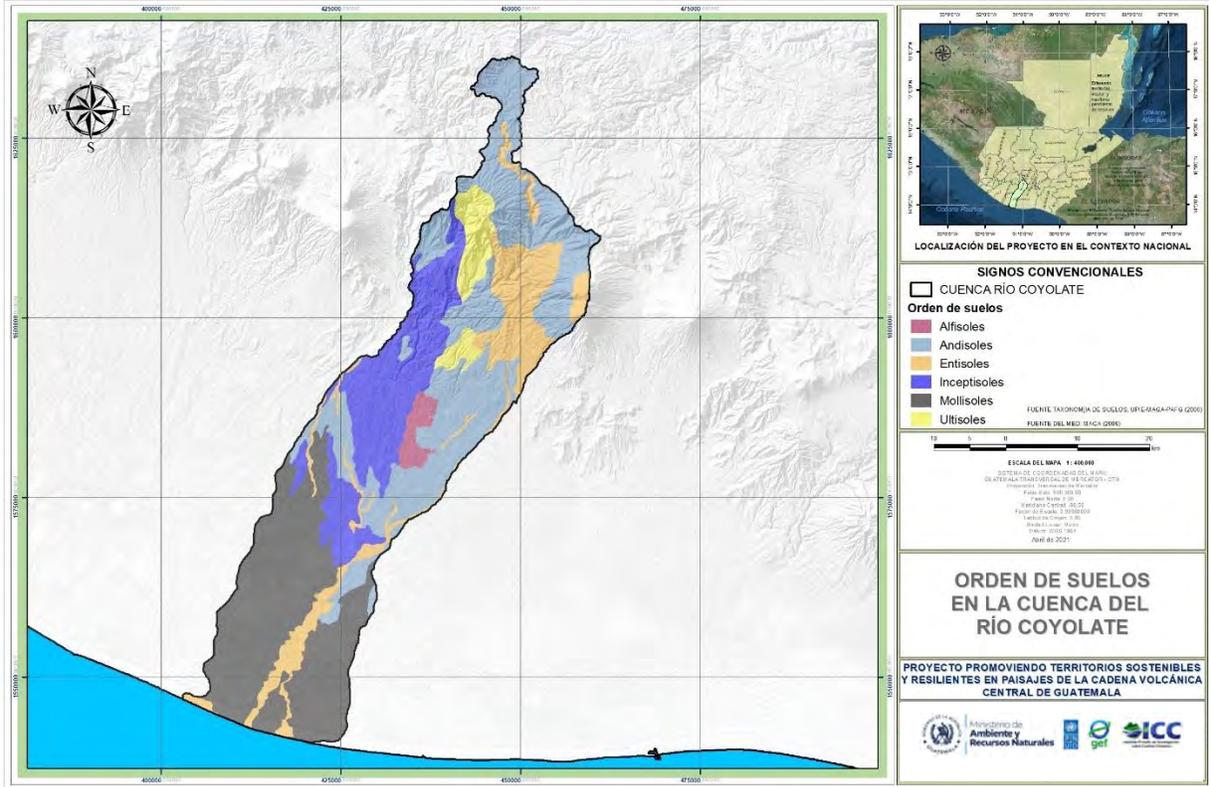


Figura 47. Taxonomía de los suelos (orden) de la cuenca del río Coyolate
Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Programa de Emergencias por Desastres Naturales (2005).

12. COBERTURA VEGETAL Y USO DE LA TIERRA

Para el año 2012 en la cuenca hidrográfica del río Coyolate predominaban los siguientes usos de la tierra: caña de azúcar, bosques, agricultura anual y café, ocupando el 27.79 %, 17.35 %, 16.64 % y 10.52 % de la superficie de la cuenca, respectivamente. El resto de las categorías de uso con base en el mapa elaborado por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2014), presentan ocupaciones en porcentaje de superficie inferiores al 10 % (Tabla 5).

Según el mapa en mención, la categoría de uso "caña de azúcar" se localizaba en la llanura costera del Pacífico, donde el relieve es plano a ligeramente inclinado y posee pendientes por abajo del 5 %. Los bosques se ubican principalmente en relieves escarpados a muy escarpados, con pendientes arriba del 30 % en la región fisiográfica de las tierras altas volcánicas. La agricultura anual se desarrolla tanto en la parte baja de la cuenca como en la parte alta; mientras que el cultivo de café en la cabecera de la cuenca, cubriendo zonas con pendientes del terreno superiores al 5 %. Mientras, en la parte media de la cuenca el cultivo de hule es frecuente (6.16 %) (Figura 48).

Tabla 5. Uso de la tierra 2012 y superficie ocupada en la cuenca del río Coyolate

Categoría de uso de la tierra	Área (km²)	Área (%)
Urbano	34	1.91
Bosques	311	17.35
Zonas húmedas	6	0.35
Cuerpos de agua	19	1.05
Agricultura anual	298	16.64
Pastizales	139	7.76
Zonas agrícolas heterogéneas	1	0.06
Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	17	0.94
Cultivos permanentes herbáceos	5	0.26
Cultivos permanentes arbóreos	8	0.45
Vegetación arbustiva baja (guamil-matorral)	104	5.81
Árboles dispersos	1	0.04
Banano-plátano	35	1.93
Café	188	10.52
Hule	110	6.16
Palma africana	18	0.99
Caña de azúcar	498	27.79

Fuente: adaptado del Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2014).

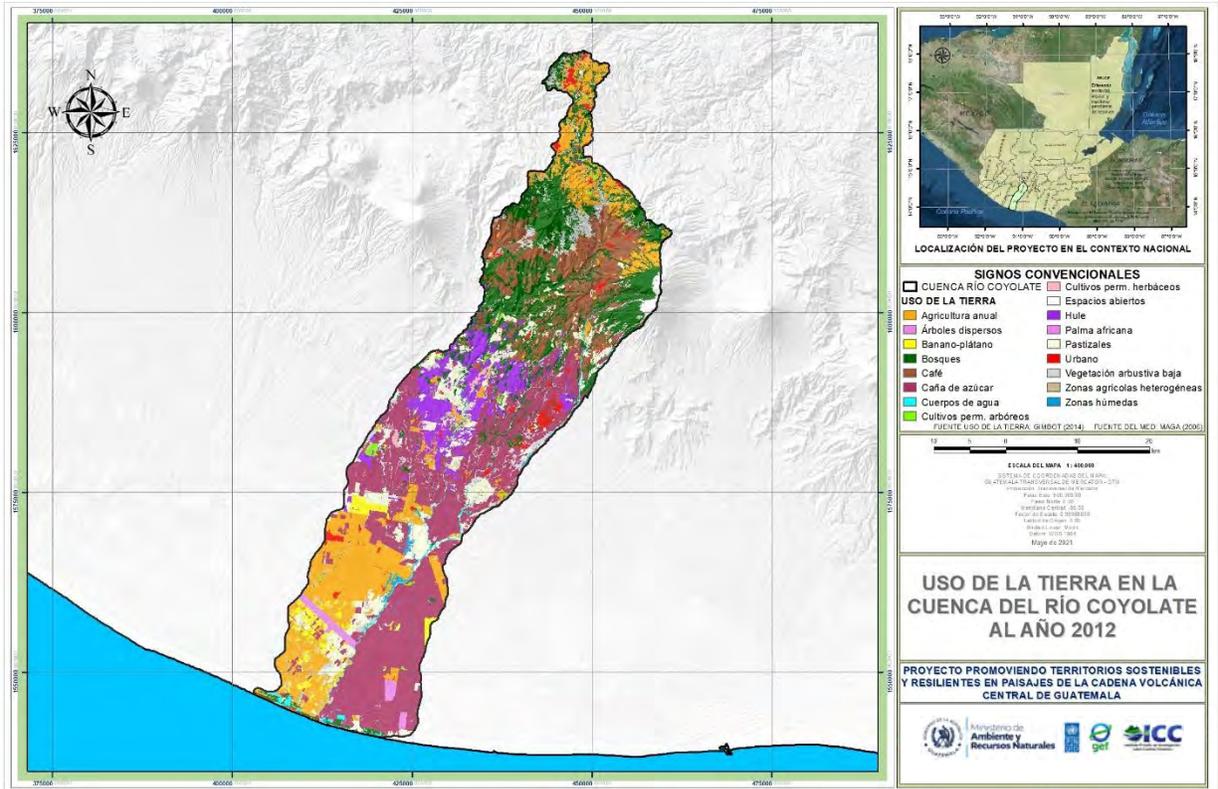


Figura 48. Uso y cobertura de la tierra para el año 2012 en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2014).

Así mismo, el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra para el año 2020 que realizó la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (DIGEGR) del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) (2021), identificó que la mayor superficie relativa en la cuenca hidrográfica del río Coyolate está ocupada por la caña de azúcar (28.46 %). En segundo lugar, se encuentra la cobertura boscosa (14.64 %), que corresponde al bosque latifoliado (9.80 %), mixto (4.51 %) y manglar (0.33 %). Le siguen los pastos (natural y cultivado) y el cultivo de café con el 10.96 % y 10.09 %, respectivamente. Otras categorías de cobertura se presentan a continuación (Tabla 6 y Figura 49).

Tabla 6. Cobertura vegetal y uso de la tierra para el año 2020 en la cuenca del río Coyolate

Código y cobertura vegetal y uso de la tierra	Área (%)
1.1.1. Tejido urbano continuo	0.390
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.129
1.1.3. Lotificaciones	0.011
1.2.5. Áreas turísticas, arqueológicas	0.007
1.3.1. Zonas de extracción minera (canteras)	0.048
1.3.2. Escombreras, vertederos o rellenos sanitarios y plantas de tratamiento	0.008
1.4.2. Instalación deportiva y recreativa	0.019
2.1.1. Granos básicos (maíz y frijol)	2.805
2.1.2. Arroz	0.006
2.1.4. Sandía	0.049
2.1.8. Tabaco	2.393
2.3.1. Pasto cultivado	3.715
2.3.2. Pasto natural	7.249
2.4.3. Huerto	0.755
2.4.4. Vivero	0.002
3.1.1. Bosque latifoliado	9.804
3.1.3. Bosque mixto	4.514
3.1.4. Bosque de manglar	0.326
3.2.2. Árboles dispersos	0.044
3.3.1. Vegetación arbustiva baja (matorral y /o guamil)	3.244
3.4.1. Playas, dunas o arenales	0.072
3.4.2. Rocoso o lavas	0.644
3.4.3. Espacio con vegetación escasa (tierras desnudas y degradadas)	0.004
4.1.1. Pradera pantanosa	0.349
4.1.2. Zonas inundables	0.027
5.1.1. Río	0.882
5.1.2. Lago, laguna o laguneta	0.002
5.2.1. Estero	0.101
5.2.2. Mar y/u océano	0.0001
1.2.1.1. Agroindustria	0.325
1.2.1.2. Beneficios	0.003
1.2.1.3. Producción hidrobiológica (camaroneras, piscícolas)	0.100
1.2.1.4. Salinas	0.106
1.2.2.4. Instalación educativa	0.033
1.2.2.6. Cementerio	0.016
1.2.2.8. Otros comercios y servicios	0.042

Código y cobertura vegetal y uso de la tierra	Área (%)
1.2.4.2. Pista de aterrizaje	0.045
2.1.3.2 Otras hortalizas (papa, cebolla, repollo, zanahoria, lechuga y otros)	3.911
2.2.1.1. Banano-plátano	4.967
2.2.1.2. Piña	0.283
2.2.1.4. Flores y follajes	0.051
2.2.2.1. Café	10.094
2.2.3.1. Palma de aceite	1.092
2.2.3.3. Coco	0.037
2.2.3.4. Frutales deciduos	0.003
2.2.3.6. Hule	9.368
2.2.3.7. Aguacate	0.251
2.2.3.8. Mango	0.103
2.2.3.9. Cítricos	0.089
2.2.4.1. Caña de azúcar	28.459
2.4.2.3. Café y macadamia	0.181
2.4.2.5. Café y aguacate	0.058
3.2.1.1. Plantación de conífera	1.144
3.2.1.2. Plantación de latifoliada	0.342
2.2.3.10. Macadamia	0.287
2.2.3.11. Rambután	0.009

Fuente: adaptado de la Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2021).

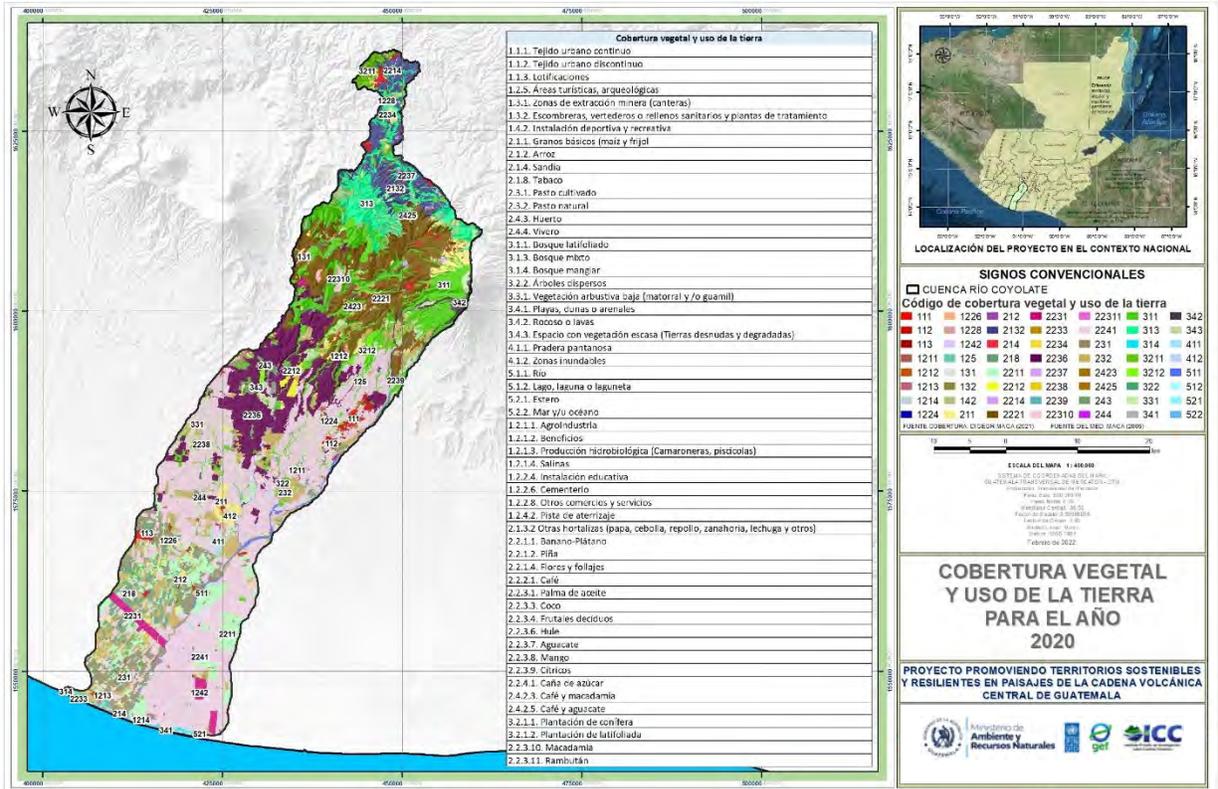


Figura 49. Cobertura vegetal y uso de la tierra para el año 2020 en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos (2021).

Según el mapa de cobertura forestal y dinámica de la cobertura forestal que realizó el Instituto Nacional de Bosques *et al.* (2019) para la República de Guatemala, en el año 2016 la cobertura boscosa en la cuenca hidrográfica del río Coyolate era igual a 19.8 %. A su vez, la dinámica de cobertura forestal entre los años 2010 y 2016 presentó una ganancia del 6.4 % y una pérdida del 3.0 %. Esta ganancia ocurrió principalmente en la parte media de la cuenca, mientras que las pérdidas se registraron tanto en la parte baja y próxima a la línea costera, como en la cabecera de la cuenca (Figura 50).

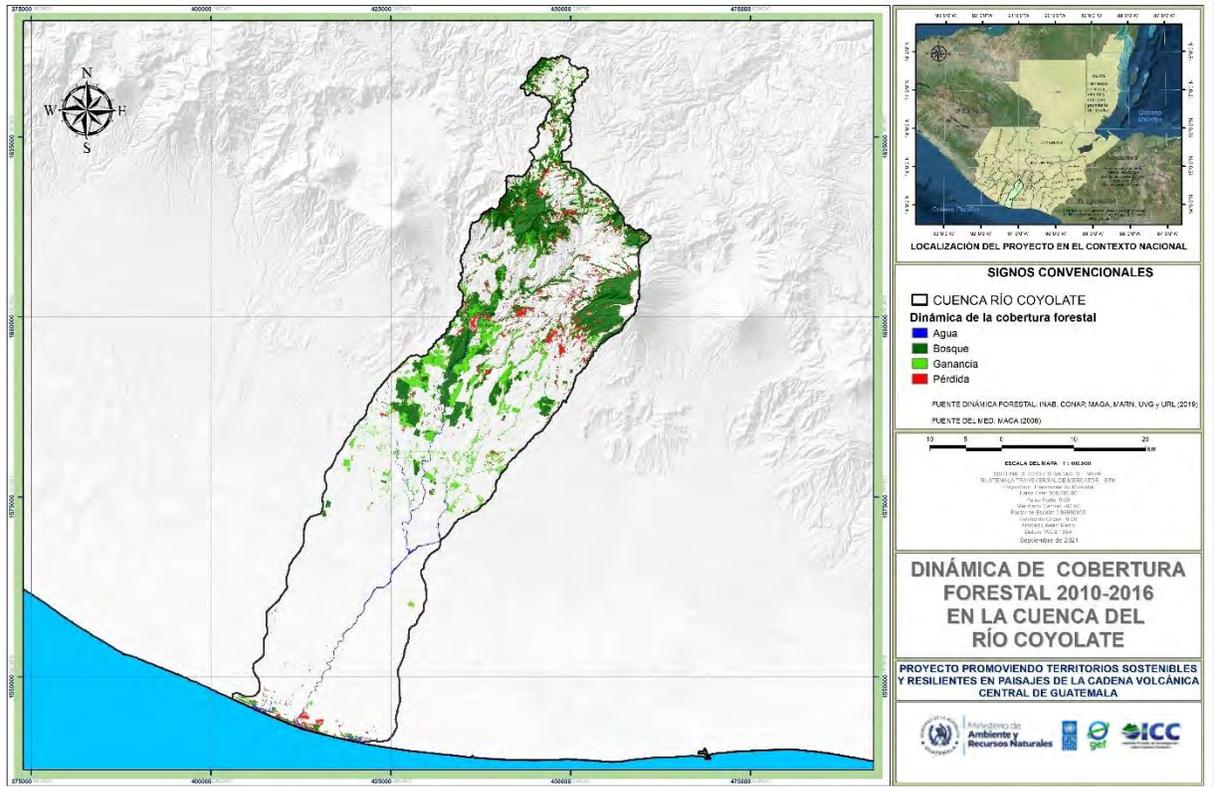


Figura 50. Dinámica de la cobertura forestal 2010-2016 para la cuenca del río Coyolate

Fuente: Instituto Nacional de Bosques et al. (2019).

13. CAPACIDAD DE USO DEL SUELO

Según el mapa de capacidad de uso elaborado por la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2016) con base en la metodología del Instituto Nacional de Bosques (2000), la categoría de capacidad de uso dominante en porcentaje de superficie para la cuenca del río Coyolate es la agricultura sin limitaciones (A) con el 38.3 %. En este orden de importancia le siguen la agricultura con mejoras (Am) (22.1 %), las tierras forestales de producción (F) (13.7 %) y los sistemas silvopastoriles (Ss) (10.4 %). Finalmente, se encuentran las categorías de agroforestería con cultivos anuales (Aa) (5.6 %), las tierras forestales de protección (Fp) (4.9 %) y la agroforestería con cultivos permanentes (Ap) (3.9 %) (Tabla 7).

Las categorías de uso indicadas previamente muestran que la cuenca del río Coyolate presenta una alta aptitud para el desarrollo de cultivos agrícolas, ya sea sin limitaciones y con mejoras, pues el 60 % de su superficie se ubica dentro de alguna de estas últimas dos categorías. Luego, aproximadamente el 20 % es apto para agroforestería y sistemas silvopastoriles, y un 18.6 % para tierras forestales (Figura 51).

En cuanto a la metodología para la elaboración del mapa utilizado como insumo en este apartado, a continuación se describen brevemente las características de las categorías de capacidad de uso.

Agricultura sin limitaciones (A): estas tierras son aptas para el desarrollo agrícola intensivo o extensivo, con o sin asocio y cultivo en hileras. Además, no tienen limitaciones de drenaje, profundidad, pendiente y pedregosidad, y requieren pocas prácticas intensivas para la conservación de suelos.

Agricultura con mejoras (Am): se presentan limitaciones de carácter moderado en alguno de los factores (drenaje, profundidad, pendiente y pedregosidad) para el uso agrícola. Por ello, se hace necesario la incorporación de prácticas de conservación de suelos y manejo agrícola adaptado al cultivo desarrollado.

Agroforestería con cultivos anuales (Aa): se presentan limitaciones en cuanto a pendiente o profundidad del suelo. De allí que los cultivos agrícolas desarrollados en estas tierras requieren del asocio con árboles, complementando con prácticas de conservación de suelos y manejo agrícola adaptado al cultivo.

Sistemas silvopastoriles (Ss): se presentan limitaciones temporales o permanentes de drenaje y/o pedregosidad, añadiendo limitaciones de drenaje

interino, pendiente y/o profundidad. Así, se desarrollan pasturas naturales o cultivadas que pueden estar en asocio con árboles.

Agroforestería con cultivos permanentes (Ap): se presentan limitaciones de pendiente y profundidad. De allí que esta categoría es apta para cultivos permanentes con asocio de especies arbóreas frutales o forestales.

Tierras forestales para producción (F): son aptas para el desarrollo de bosques, ya que el cambio de uso hacia otra categoría llevaría a la degradación y a la reducción de la capacidad productiva del suelo. Presenta limitaciones de pendiente y pedregosidad. Se puede realizar manejo forestal sostenible del bosque natural y de plantaciones.

Tierras forestales de protección (Fp): son aptas para el desarrollo de bosque que favorezca la conservación, protección y preservación de la biodiversidad, las fuentes de agua y el capital natural. Tiene limitaciones severas de los cuatro factores (drenaje, profundidad, pendiente y pedregosidad). En esta se incluyen las áreas de cobertura de mangle (Instituto Nacional de Bosques, 2000).

Tabla 7. Distribución de la superficie de las categorías de capacidad de uso de la tierra

Símbolo	Categoría de capacidad de uso	Área (%)
A	Agricultura sin limitaciones	38.3
Am	Agricultura con mejoras	22.1
Aa	Agroforestería con cultivos anuales	5.6
Ss	Sistemas silvopastoriles	10.4
Ap	Agroforestería con cultivos permanentes	3.9
F	Tierras forestales de producción	13.7
Fp	Tierras forestales de protección	4.9
Ag	Agua	1.1

Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2016).

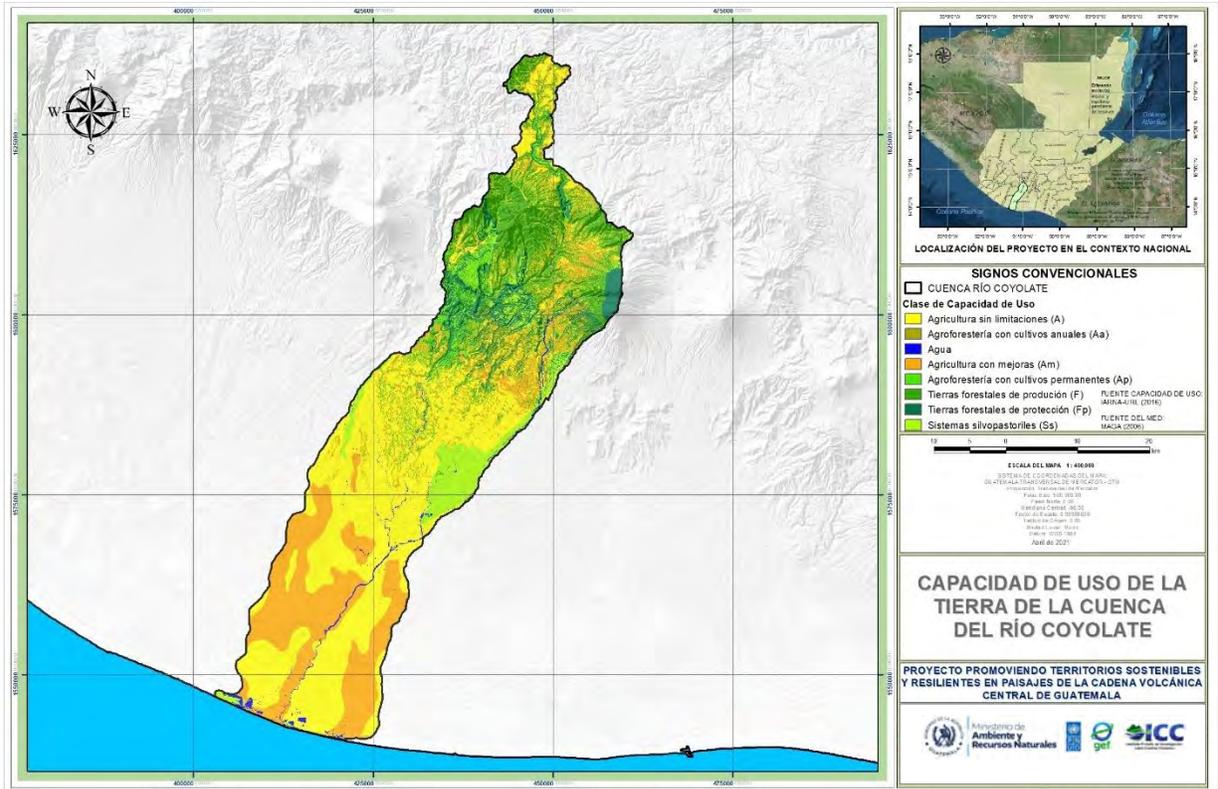


Figura 51. Capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Coyolate según la metodología del INAB

Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2016).

14. INTENSIDAD DE USO DEL SUELO

Según el mapa de intensidad de uso de la tierra de la República de Guatemala que elaboró la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019a), la clase de mayor importancia en la cuenca del río Coyolate, según la superficie que ocupa en porcentaje, es la de uso adecuado (53.1 %), seguida de sobreuso (35.8 %) y subuso (6.85); mientras que el resto de categorías suman menos del 5 % (Figura 52).

Las clases de intensidad de uso anteriores se definieron al comparar el uso actual y la capacidad de uso. Así, si existe discrepancia resulta en subuso o sobreuso, y la correspondencia en uso correcto (Richters, 1995). Al existir un uso actual de menor intensidad a la capacidad de uso se tiene una situación de subuso y viceversa resulta en sobreuso. Según el mapa que se mencionó al inicio, los usos en áreas protegidas y en zonas de alta y muy alta recarga hidrológica se categorizan como de "uso adecuado" y la ausencia de cobertura en estas como subuso (Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección y Pérez, 2019).

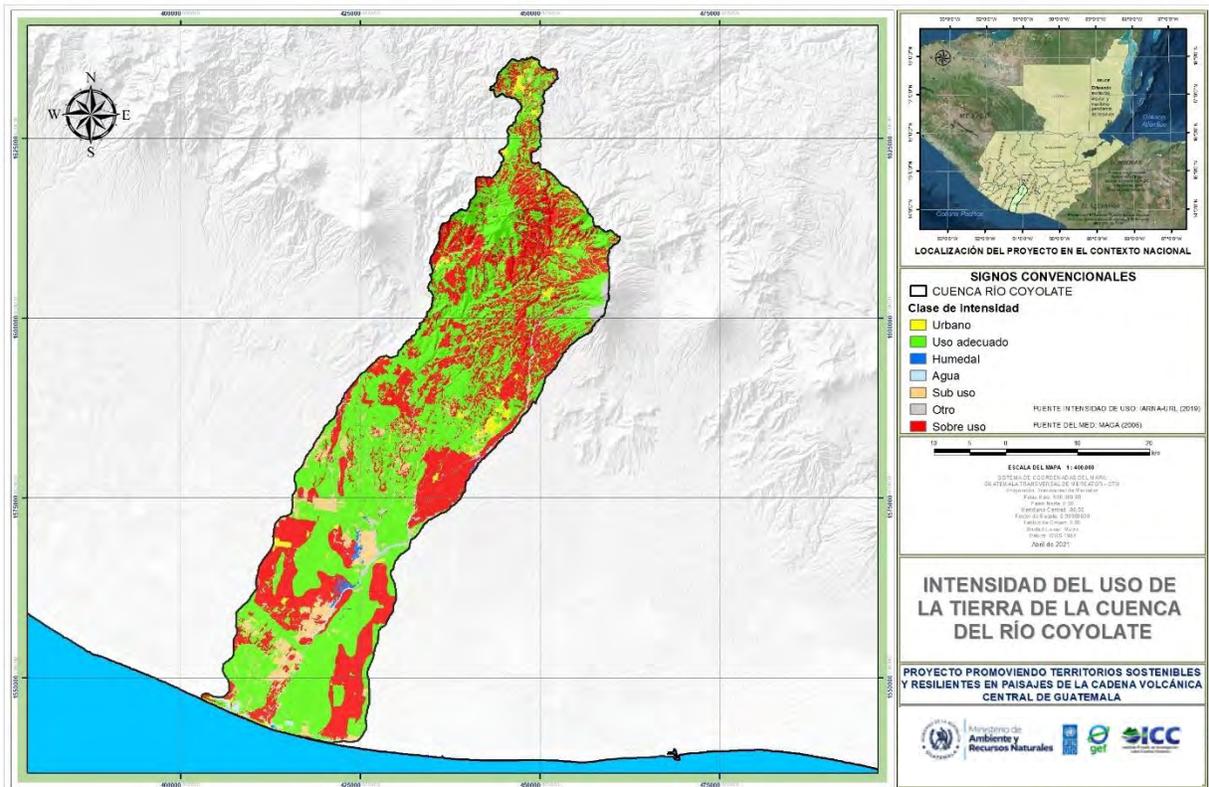


Figura 52. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019a).

15. EROSIÓN HÍDRICA

La erosión hídrica en la cuenca del río Coyolate se determinó mediante la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE, por sus siglas en inglés) por el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021a). Se estimó que la erosión media anual para la cuenca es igual a 312 t/ha/año. Las categorías de espacios abiertos (sin o poca vegetación), zonas agrícolas heterogéneas y vegetación arbustiva baja tienen las mayores tasas de erosión, superiores a las 700 toneladas por hectárea por año (t/ha/año), y representan el 38 % de la producción de erosión en la cuenca. Por su parte, las categorías de árboles dispersos, agricultura anual, hule, cultivos permanentes herbáceos y café tienen una tasa de erosión superior a 200 t/ha/año, y a su vez, representan el 36 % de la producción de erosión, donde la agricultura es responsable del 22 %. Para las categorías de cultivos permanentes arbóreos, pastizales, caña de azúcar, bosque, palma africana y banano-plátano, se estiman tasas de erosión de entre 50 y 200 t/ha/año, que suman el 25 % de la erosión producida en la cuenca.

Según la clasificación de erosión hídrica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1980), el 31 % de la superficie de la cuenca tiene erosión alta (50-200 t/ha/año), seguida de erosión muy alta (> 200 t/ha/año) con 27 % y por último las clases moderada (10-50 t/ha/año) y leve (< 10 t/ha/año) con 24 % y 18 %, respectivamente (Figura 53).

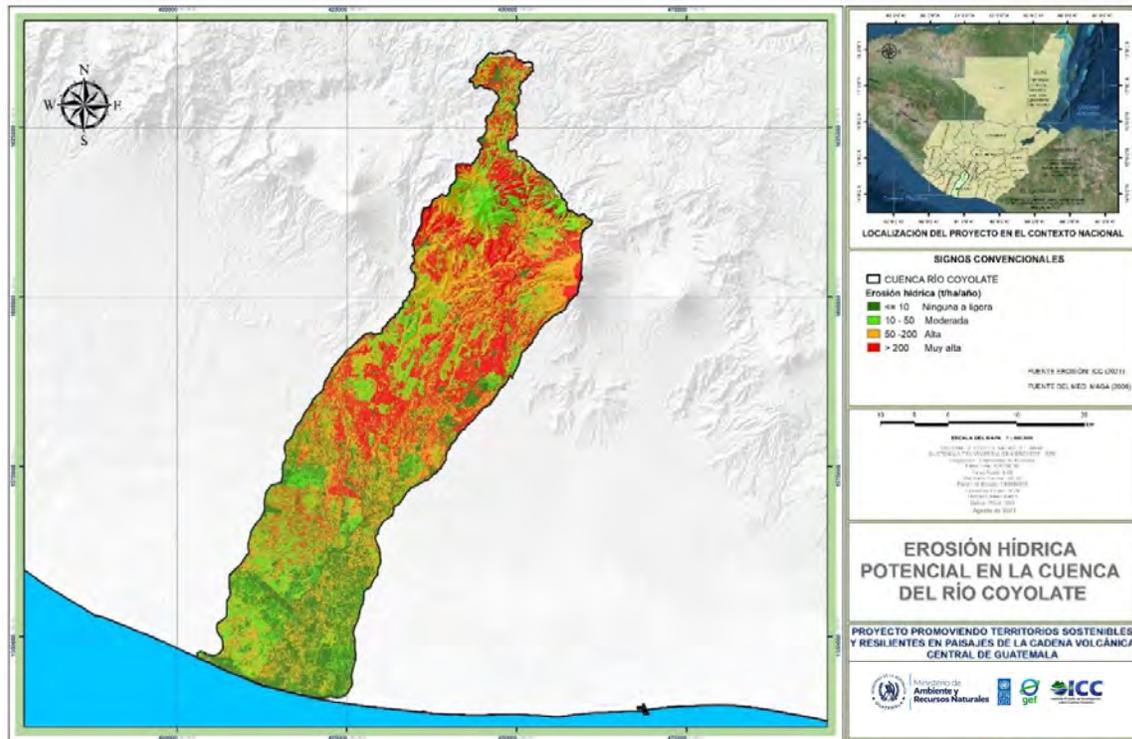


Figura 53. Erosión hídrica potencial en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021a).

16. ZONAS DE VIDA Y ECOSISTEMAS

En la cuenca hidrográfica del río Coyolate predomina la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) (43.7 % de la superficie de la cuenca). Le sigue el bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT) con el 14.9 %. Luego, le siguen con el 13.0 %, cada uno, el bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT) y el bosque muy húmedo tropical (bmh-T). Por último, y con ocupaciones por debajo del 12 % se encuentran las zonas de vida de bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT) y el bosque pluvial montano tropical (bp-MT) (Tabla 8 y Figura 54). Lo anterior fue determinado tomando como referencia el mapa de ecosistemas de Guatemala, basado en la clasificación de zonas de vida de Holdridge que elaboró el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar (2015).

El ecosistema de mayor importancia por la superficie que ocupa en esta cuenca es el bosque húmedo tropical (bh-T). Esta zona de vida se encuentra a una altitud media de 182 m s.n.m., con una altitud mínima y máxima de 0 y 1139 m s.n.m., respectivamente. Su precipitación pluvial media anual es de 2199 milímetros (mm) y su temperatura media anual de 25.65 °C (mínima de 24 °C y máxima de 28.1 °C). La relación de evapotranspiración potencial y precipitación pluvial equivale a 0.69, por lo cual este ecosistema produce excedentes de agua (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018). Entre la biodiversidad de flora se pueden mencionar las siguientes especies: *Acacia pennatula*, *Achimenes erecta*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Allophylus cominia*, *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hotleii*, *Annona glabra*, *Aphelandra scabra*, *Aspidosperma cruentum*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Aspidosperma stegomeris*, *Asterogyne martiana*, *Astrocaryum mexicanum*, *Astronium graveolens*, *Attalea cohune*, *Bactris mexicana*, *Bactris trichophylla*, *Bauhinia divaricata*, *Bernoullia flammea*, *Borreria oxyphylla*, *Brosimum alicastrum*, *Brosimum panamense*, *Bucida buceras*, *Bursera bipinnata*, entre otras (Instituto Nacional de Bosques, 2001).

Tabla 8. Distribución de las zonas de vida en la cuenca del río Coyolate por superficie ocupada

Zona de vida	Área (km ²)	Área (%)
Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)	266.6	14.9
Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT)	61.2	3.4
Bosque húmedo tropical (bh-T)	782.6	43.7
Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT)	12.0	0.7
Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT)	232.4	13.0
Bosque muy húmedo tropical (bmh-T)	232.8	13.0
Bosque pluvial montano tropical (bp-MT)	4.1	0.2
Bosque seco tropical (bs-T)	199.6	11.1

Fuente: Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2015).

La segunda zona de vida en importancia es el bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT), que se encuentra entre las altitudes de 1047 y 3207 m s.n.m., con una media de 2150 m s.n.m. En cuanto a su precipitación pluvial y temperatura media anual son iguales a 1360 mm y 15.48 °C, respectivamente. Los valores mínimos y máximos de precipitación pluvial son de 901-2000 mm y de temperatura anual de 10-18 °C. Es una zona de vida que produce excedentes de agua, dado que su relación de evapotranspiración potencial y precipitación pluvial es de 0.67 (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018). Son frecuentes las siguientes especies de flora: *Abies guatemalensis*, *Acacia pennatula*, *Acaena elongata*, *Alnus jorullensis*, *Alsophila salvinii*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos pyrifolia*, *Baccharis vaccinioides*, *Billia hippocastanum*, *Buddleia nitida*, *Buddleia skutchii*, *Cavendishia guatemalensis*, *Ceanothus coeruleus*, *Cedrela pacayana*, *Cestrum aurantiacum*, *Chaetoptelea mexicana*, *Chiranthodendron pentadactylon*, *Citharexylum donnell-smithii*, *Clethra suaveolens*, *Cleyera theaeoides*, *Coriaria thymifolia*, *Cuphea cyanea*, *Cupressus lusitanica*, *Cyathea divergens*, *Dalia australis*, *Dendropanax arboreus*, *Dicksonia sellowiana*, *Didymopanax morototoni*, *Dodonea viscosa*, *Drimys granadensis*, *Ehretia luxiana*, *Eupatorium semialatum*, entre otras (Instituto Nacional de Bosques, 2001).

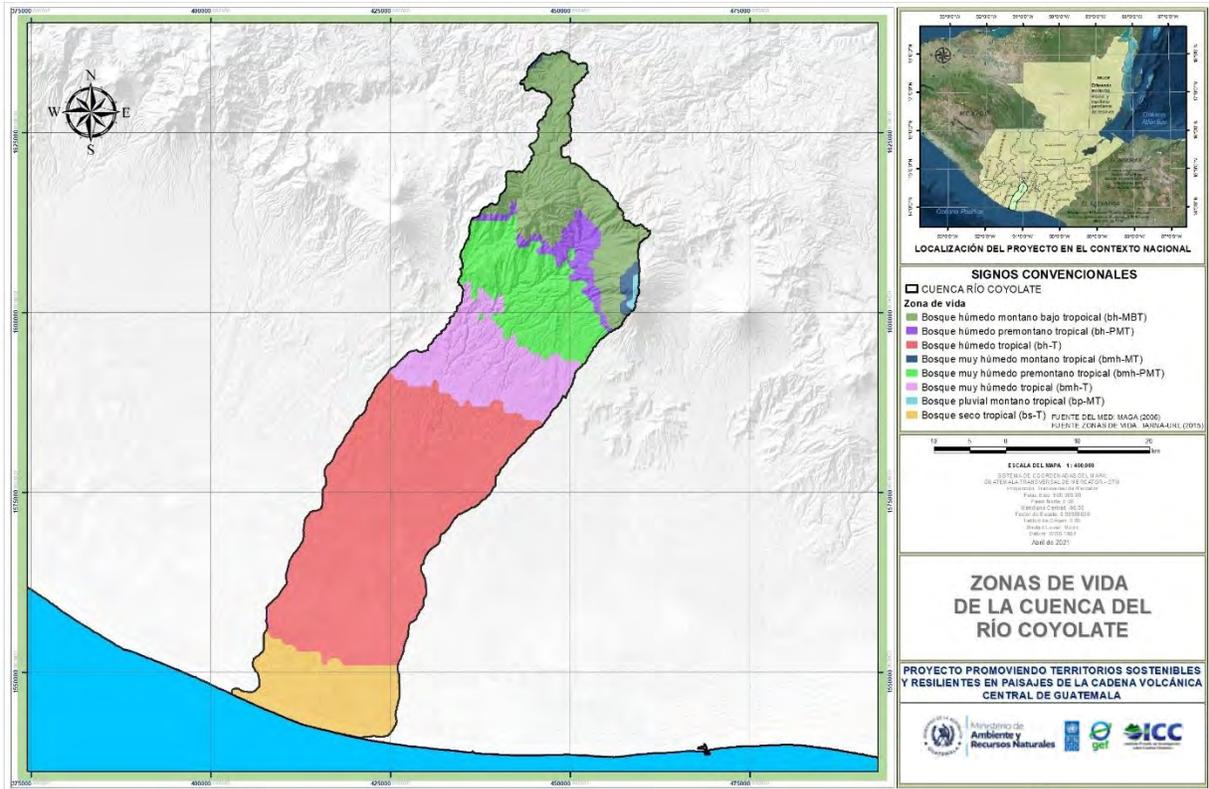


Figura 54. Zonas de vida en la cuenca hidrográfica del río Coyolate, según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge
 Fuente: Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2015).

El bosque muy húmedo premontano tropical (bmvh-PMT) se ubica en altitudes medias de 1301 m s.n.m., entre los 63 y 2188 m s.n.m. Presenta valores medios de precipitación pluvial anual de 3380 mm, con un valor mínimo de 2000 mm y máximo de 4850 mm. La temperatura anual mínima y máxima se encuentra entre los 18 °C y 24 °C, respectivamente; y la temperatura media anual es de 21.44 °C. Al igual que los anteriores ecosistemas, es una zona de vida que produce excedente de agua, de allí que su relación de evapotranspiración potencial y precipitación pluvial sea de 0.37 (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018). Por mencionar algunas especies de su biodiversidad de flora están las siguientes: *Agarista mexicana*, *Agave oppascidens*, *Amphitecna macrophylla*, *Arbutus xalapensis*, *Brahea dulcis*, *Byrsinoma crassifolia*, *Cedrela pacayana*, *Chaetopelea mexicana*, *Citharexylum donnell-smithii*, *Colpothrinax cookii*, *Comocladia guatemalensis*, *Desmodium angustifolium*, *Dyphisa floribunda*, *Euterpe precatoria*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Inga leptaloba*, *Juniperus comitana*, *Liquidambar styraciflua*, *Myrica cerifera*, *Pachyrrizus erosus*, *Pinus caribaea*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii*, *Podocarpus guatemalensis*, *Pourouma bicolor*, *Psychotria elata*, *Quercus corrugata*,

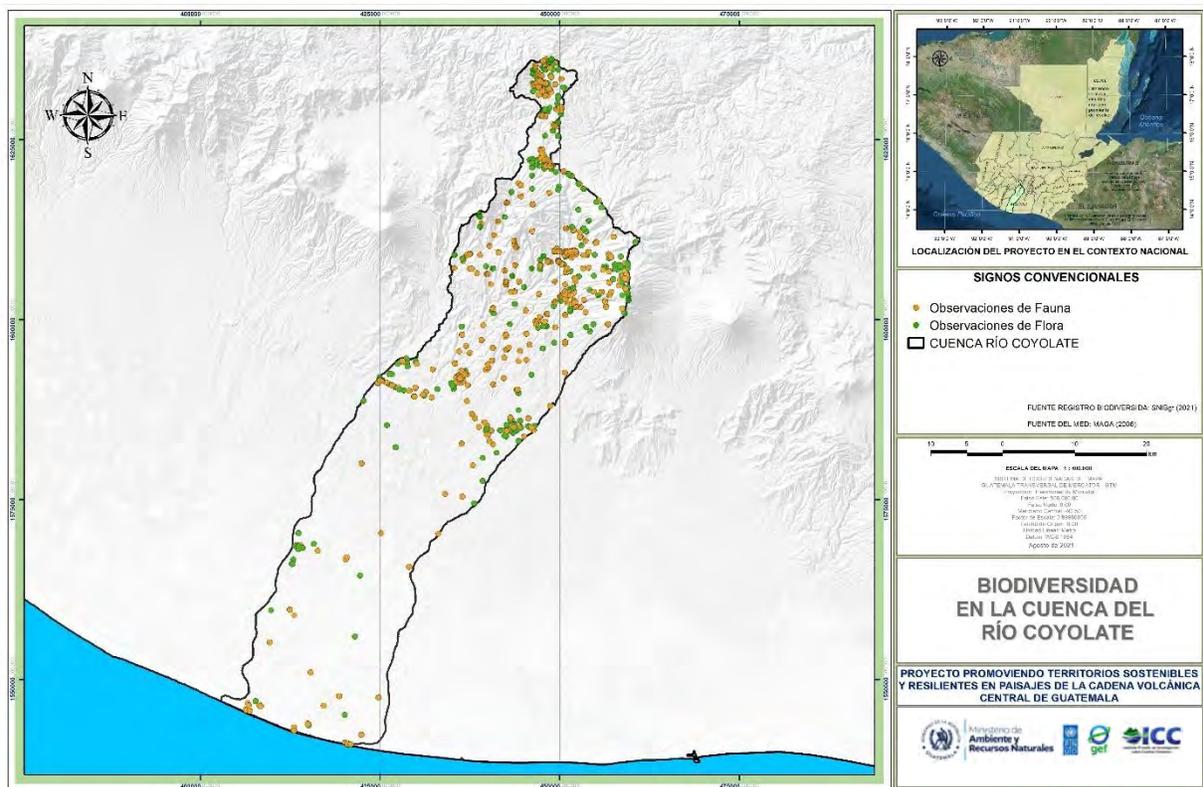
Quercus peduncularis, *Quercus purulhana*, *Quercus sapotifolia*, entre otras (Instituto Nacional de Bosques, 2001).

El bosque muy húmedo tropical (bmh-T) se hace presente en altitudes comprendidas entre los 0 a los 1003 m s.n.m, con un valor medio de 321 m s.n.m. Su precipitación pluvial media es de 3583 mm, con su valor más bajo de 2793 mm y el más alto de 4706 mm. La temperatura media anual equivale a 25.3 °C, siendo la máxima de 26.7 °C y la mínima de 24 °C. Es una zona de vida con producción de excedentes de agua con base en su relación de evapotranspiración potencial y precipitación pluvial de 0.42 (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2018). Por mencionar algunas especies de biodiversidad típica de flora, están las siguientes: *Acoelorrhaphe wrightii*, *Alseis yucatenensis*, *Annona glabra*, *Aspidosperma cruentum*, *Asterogyne martiana*, *Astronium graveolens*, *Attalea cohune*, *Bactris mexicana*, *Bactris trichophylla*, *Bourreria oxyphylla*, *Brosimum allicastrum*, *Bursera simaruba*, *Calophyllum brasiliense*, *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Chrysobalanus icaco*, *Chrysophylla stauracantha*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Coccoloba schiediana*, *Cochlospermum vitifolium*, *Cordia gerescansthus*, *Cupania belizensis*, *Dalbergia ecastaphyllum*, *Desmonchus orthacantos*, *Dialium guianensis*, *Dracaena americana*, *Eugenia capuli*, *Euterpe macrospadix*, *Grias integrifolia*, entre otras (Instituto Nacional de Bosques, 2001).

17. BIODIVERSIDAD Y ÁREAS PROTEGIDAS

Según la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala (2021), se registraron aproximadamente 40 000 avistamientos en la cuenca hidrográfica del río Cuyolote durante el período 2010 a 2021, de los cuales el 99.4 % corresponde a fauna y el 0.6 % a flora (Figura 55).

En cuanto a fauna predominan las observaciones de avifauna (98.1 %) e insectos (1.4 %), que representan 358 y 208 especies, respectivamente. Los mamíferos y reptiles corresponden al 0.2 % de avistamientos, con un total de 14 y 21 especies para cada clase taxonómica. El total de especies de fauna es de 643. En cuanto a flora, son comunes las observaciones de dicotiledóneas (68 %) y monocotiledóneas (25 %), con un total de 88 y 32 especies para cada una, a lo que se suman 13 especies de las clases Bryopsida, Florideophyceae y Polypodiopsida.



Las áreas protegidas son lugares propicios para el desarrollo de la diversidad biológica. Según el mapa de áreas protegidas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2020), en la cuenca del río Coyolate existen las siguientes categorías de áreas protegidas: (i) zona de veda definitiva, (ii) parque regional municipal, (iii) reserva natural privada, (iv) parque nacional y (v) reserva de uso múltiple. La superficie total de las anteriores categorías en la cuenca corresponde al 5 %, que equivale a 87 km². De dicho porcentaje, la reserva de uso múltiple y la zona de veda definitiva son las categorías mayoritarias, con el 40 % y 35 %, respectivamente. El parque regional municipal corresponde al 17 % y las reservas naturales privadas al 8 % (Figura 56).

Las zonas de veda definitiva son los volcanes de Fuego y Acatenango. Dentro de los parques regionales municipales están el Astillero Municipal de Tecpán, el Astillero Municipal Volcán de Acatenango y Joya Grande. La reserva de usos múltiples corresponde a un extremo de la cuenca del Lago Atitlán. Dentro de las reservas naturales privadas están las siguientes: Bandurria, El Retiro, Finca Chiriquí, La Soledad y Anexos, Los Laureles, Monserrate, San Bernardino E.C.A. Xejuyu y San Sebastián (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2020).

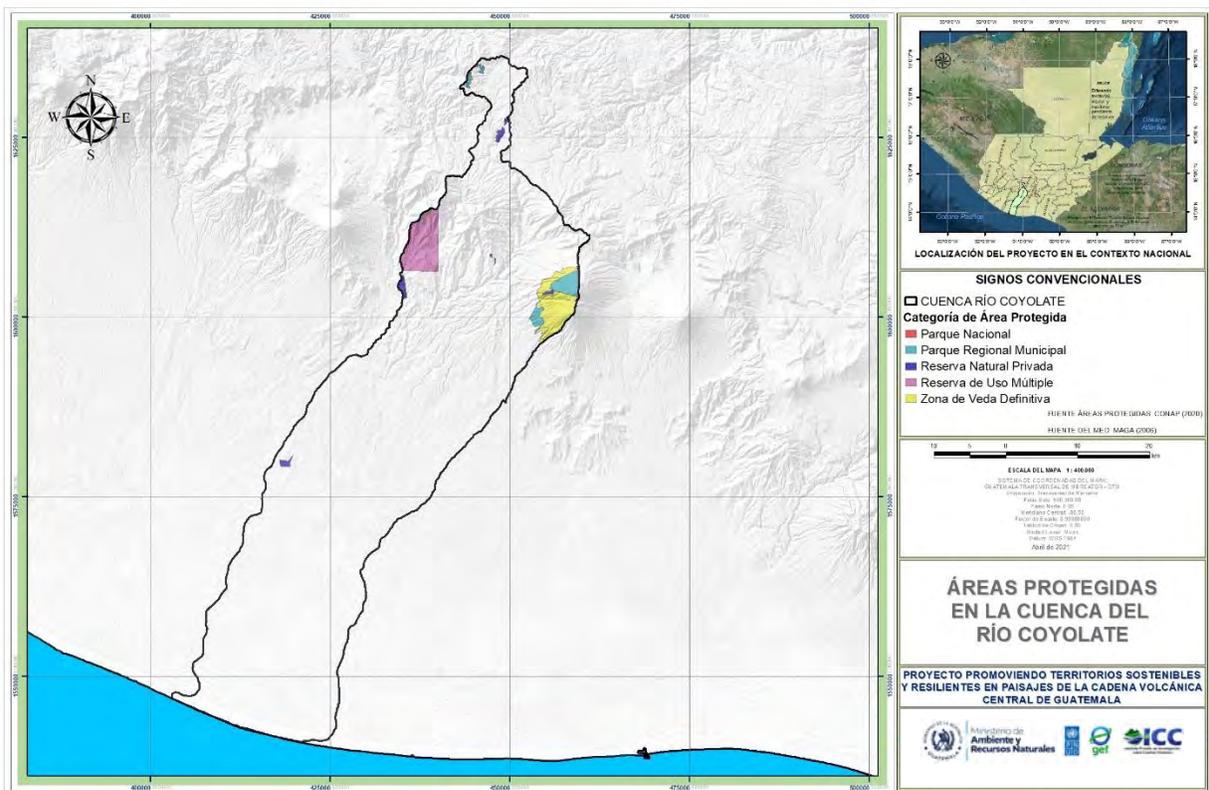


Figura 56. Áreas protegidas en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2020).

18. RIESGO

18.1 Deslizamientos

Con base en el mapa del Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe y la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (2010), y considerando el evento de la tormenta tropical Agatha ocurrido en mayo de 2010, se determinó que el 12 % de la superficie de la cuenca del río Cuyolote presenta algún tipo de riesgo a deslizamientos. Del total de superficie en situación de riesgo a deslizamiento, el 47 % está categorizada como de riesgo medio, el 26 % de riesgo alto y otro 26 % de riesgo bajo. En estas zonas de riesgo existen 24 lugares poblados distribuidos en tres municipios de Chimaltenango, de los cuales el 38 % se encuentra en Patzicía, 33 % en Patzún y 29 % en Acatenango (Figura 57).

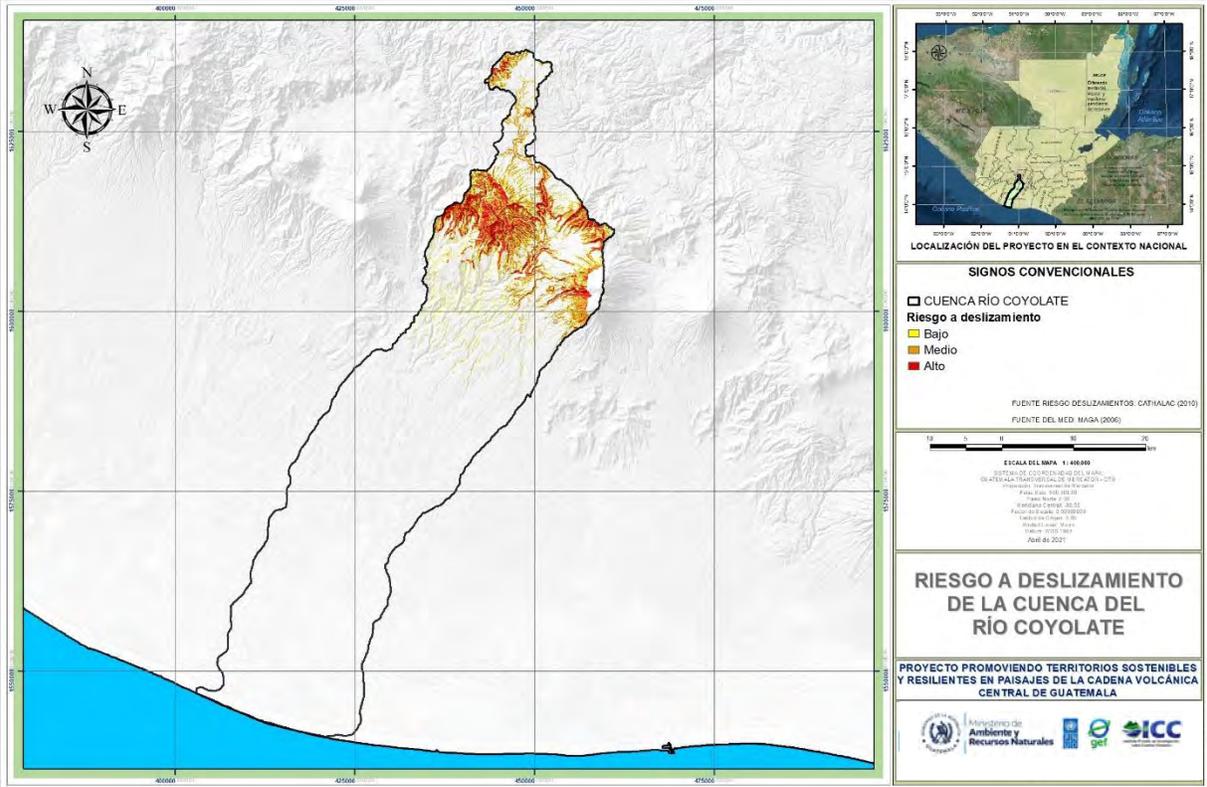


Figura 57. Riesgo a deslizamientos en la cuenca del río Cuyolote
Fuente: Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe y Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (2010).

18.2 Inundaciones

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2017) generó un mapa de zonas susceptibles a inundación a partir de información compilada, integrada, completada y validada a partir de diferentes estudios realizados en la vertiente del Pacífico. La mayor fuente de información para la cuenca del río Cuyolote resultó ser el mapeo realizado por el mismo Instituto, el cual fue completado con datos de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón *et al.* (2003) para la zona límite con la cuenca del río Acomé, y de Segeplán para el período de retorno de 50 años.

Según este mapa, la parte baja de la cuenca del río Cuyolote (correspondiente al abanico aluvial de los ríos Cuyolote, Acomé y Achiguate), es susceptible a inundación a diferentes períodos de retorno desde 2 hasta 50 años (Figura 58). Las áreas susceptibles se ubican en los municipios de Sipacate, La Gomera, Nueva Concepción y Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Escuintla; y en total representan 94 lugares poblados.

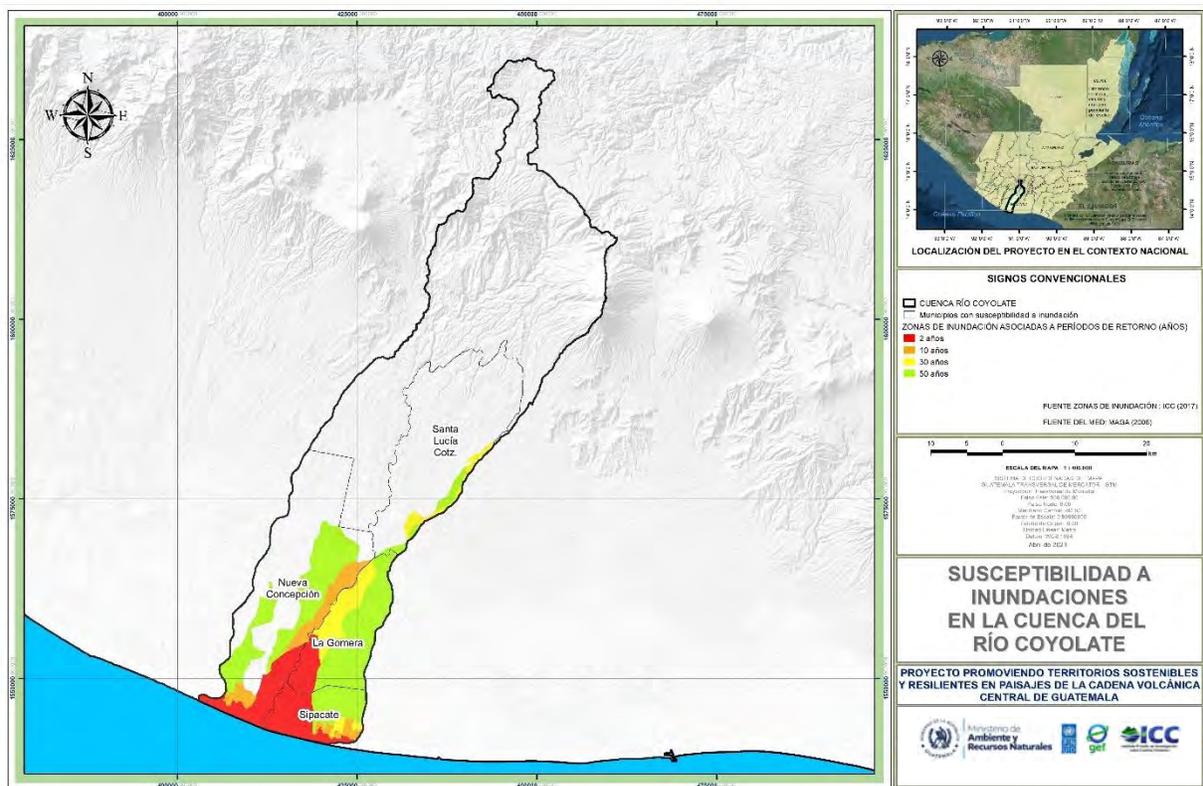


Figura 58. Susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del río Cuyolote
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2017); Agencia de Cooperación Internacional del Japón *et al.* (2003).

Por su lado, el mapa de amenaza a inundaciones realizado por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (2015), revela que los municipios de Sipacate, Nueva Concepción, La Gomera y Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Escuintla, y Patulul de Suchitepéquez, son los que presentan mayor superficie con amenaza. Por otro lado, los municipios con menor superficie bajo amenaza se caracterizan por ser aquellas zonas adyacentes a alguna corriente de agua (Figura 59).

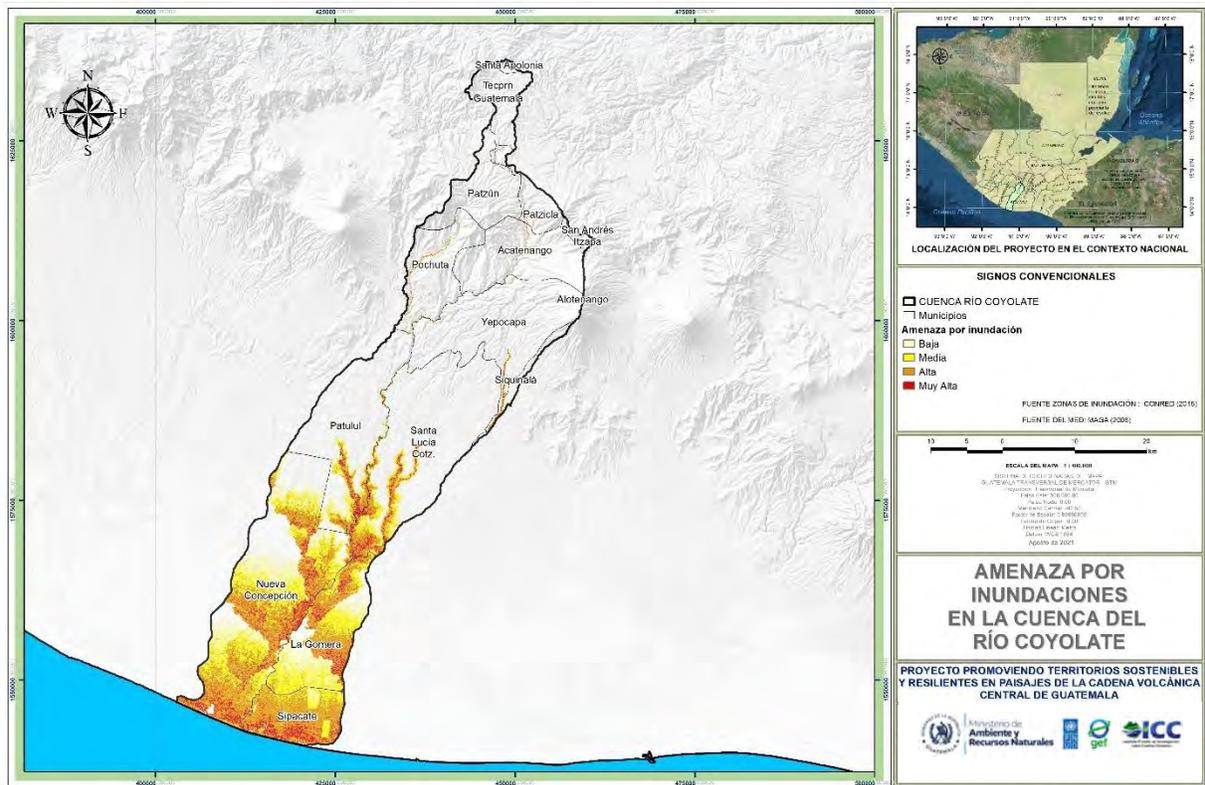


Figura 59. Amenaza por inundación en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (2015).

El más reciente mapa de inundaciones que se realizó mediante modelación hidráulica en dos dimensiones muestra que los sedimentos que fueron producidos por la actividad del volcán de Fuego del 2018 y transportados por los caudales de la época lluviosa, provocaron el incremento del área susceptible a inundación en la zona de transporte y deposición de sedimentos de la cuenca, en comparación con lo ocasionado al final de la época lluviosa del 2019. Esto se demostró al realzar la modelación hidráulica previo y posterior de la temporada lluviosa del año 2019 (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020b).

Esta dinámica se presenta debido a que los sedimentos depositados en el cauce incrementan la altura del lecho del río y disminuyen su tirante o profundidad de flujo, mientras que el agua que se desborda del cauce aumenta el área cubierta en la llanura de inundación. Luego, estos sedimentos son removidos del cauce durante la época lluviosa debido al incremento del potencial del río para transportar sedimentos.

A partir de la modelación hidráulica indicada, y para el escenario de mayor área susceptible a inundación (previo al inicio de la época lluviosa, marzo), se estimó que los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años representan el 19.4 %, 22.8 % y 24.7 % de la superficie de la cuenca del río Coyolate, respectivamente. Por otro lado, la población expuesta para este escenario es de 20 251 personas distribuidas en cinco municipios (Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, La Democracia, La Gomera y Nueva Concepción) del departamento de Escuintla (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020b) (Figura 60).

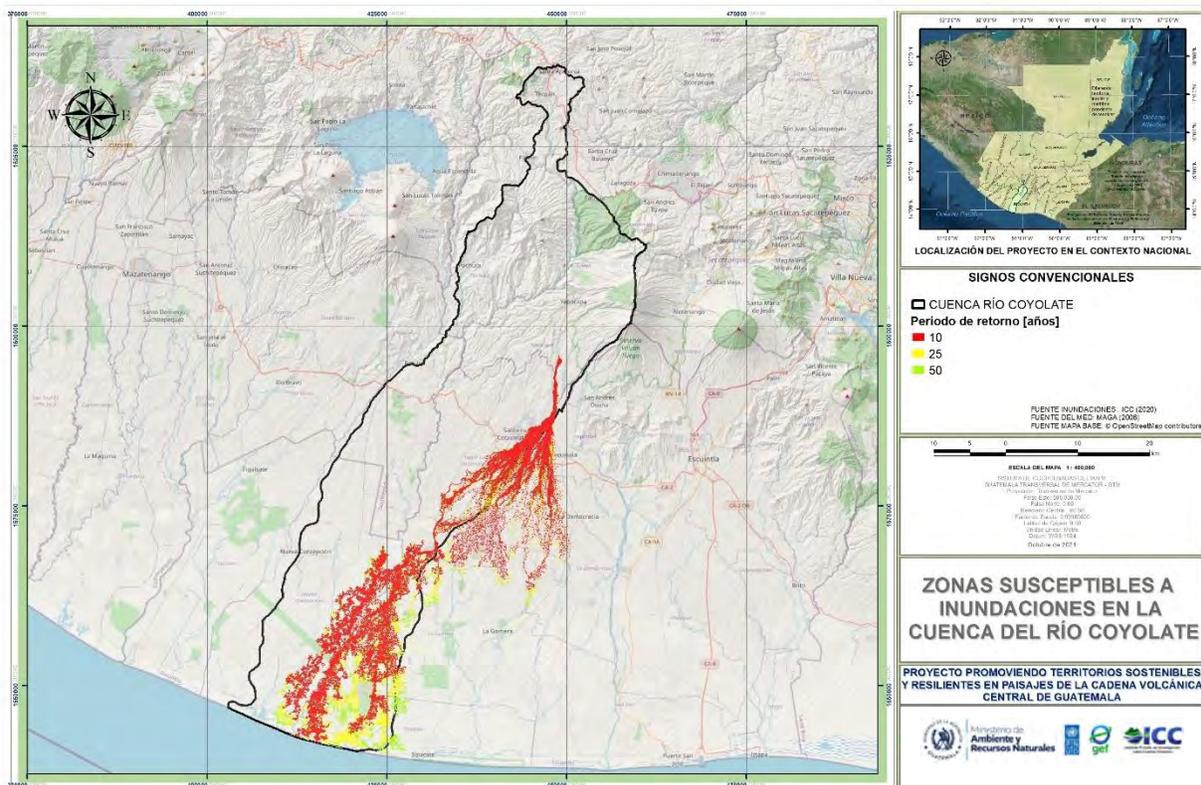


Figura 60. Zonas susceptibles a inundación previo a la temporada de precipitación pluvial (marzo), estimada mediante modelación hidráulica en dos dimensiones en el río Coyolate

Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020b).

18.3 Amenazas volcánicas

La cuenca hidrográfica del río Coyolate está altamente expuesta a amenazas volcánicas por parte del volcán de Fuego, que es uno de los volcanes con mayor actividad en Centro América. Este coloso se ha mantenido activo desde 1524 con más de 80 erupciones, de las cuales más de 60 han presentado un índice de explosividad volcánica (IEV) igual o mayor a 2 (Smithsonian Institution Global Volcanism Program, 2021).

En la última época de su historial eruptivo, que inició en 1999, los expertos estiman que la erupción ocurrida el 3 de junio de 2018 está entre las más poderosas, con un IEV igual o mayor a 3 (Ferrés & Escobar Wolf, 2018). Se considera que en 2015 inició un nuevo régimen eruptivo, caracterizado por erupciones violentas que se desarrollan en tres fases: (i) incremento de la actividad explosiva y efusión de coladas de lava, (ii) erupción con explosiones intensas (24-48 horas) que producen flujos piroclásticos y (iii) fin de la actividad explosiva (Naismith *et al.*, 2019)

Los municipios de la cuenca del río Coyolate más afectados por dicha erupción fueron Santa Lucía Cotzumalguapa y Siquinalá del departamento de Escuintla. Además, Yepocapa y Alotenango de los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez, respectivamente. En el total de municipios afectados, aproximadamente 477 000 personas fueron damnificadas (Banco Mundial *et al.*, 2018). Derivado de este evento, el Insivumeh elaboró una cartografía temática para delimitar las zonas bajo amenaza volcánica, algunas de las cuales se describen a continuación.

18.3.1 Lahares

El Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020a) elaboró el mapa de amenaza por lahares para las cuencas de los ríos Pantaleón y Ceniza, el primero de los cuales es tributario del río Coyolate y el segundo del río Achiguate. La superficie de la cuenca del río Pantaleón está expuesta a amenaza por lahares en sus cuatro categorías: baja, media, alta y muy alta. La amenaza muy alta afecta principalmente a la barranca seca, mientras que las amenazas media y alta a las zonas adyacentes al río Taniluyá. Las zonas de amenaza media y baja se extienden hasta la carretera CA-2 (Figura 61). En esta cuenca existen 58 lugares poblados bajo alguna amenaza de lahares, ubicados en los municipios de San Pedro Yepocapa, Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Escuintla.

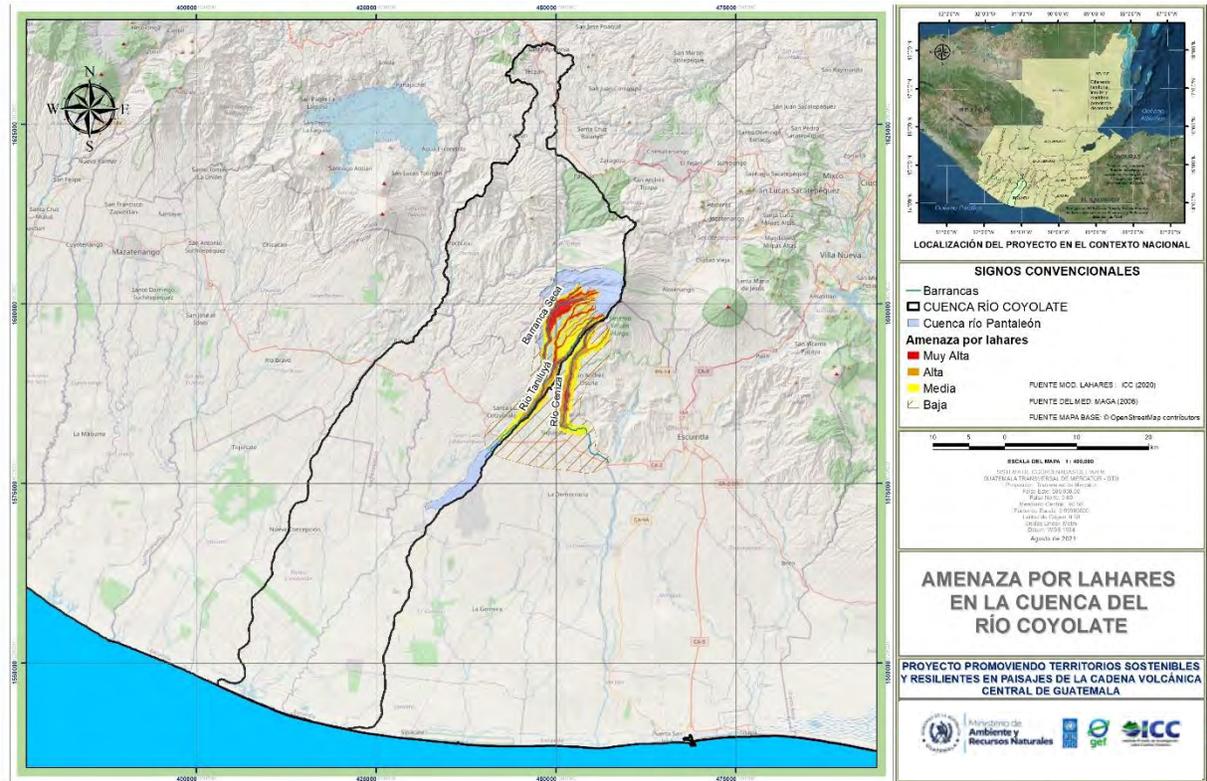


Figura 61. Modelación de lahares del volcán de Fuego
Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2020a).

18.3.2 Flujos piroclásticos

Según el mapa de amenaza por flujos piroclásticos que elaboró el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018b) para la erupción ocurrida el 3 de junio de 2018, la cuenca del río Coyolate se encuentra bajo esta amenaza en la cabecera de la cuenca del río Pantaleón, que a su vez corresponde al municipio de San Pedro Yepocapa y la parte alta de Santa Lucía Cotzumalguapa (Figura 62). En total existen 44 lugares poblados con algún grado de amenaza distribuidos en los dos municipios anteriormente mencionados.

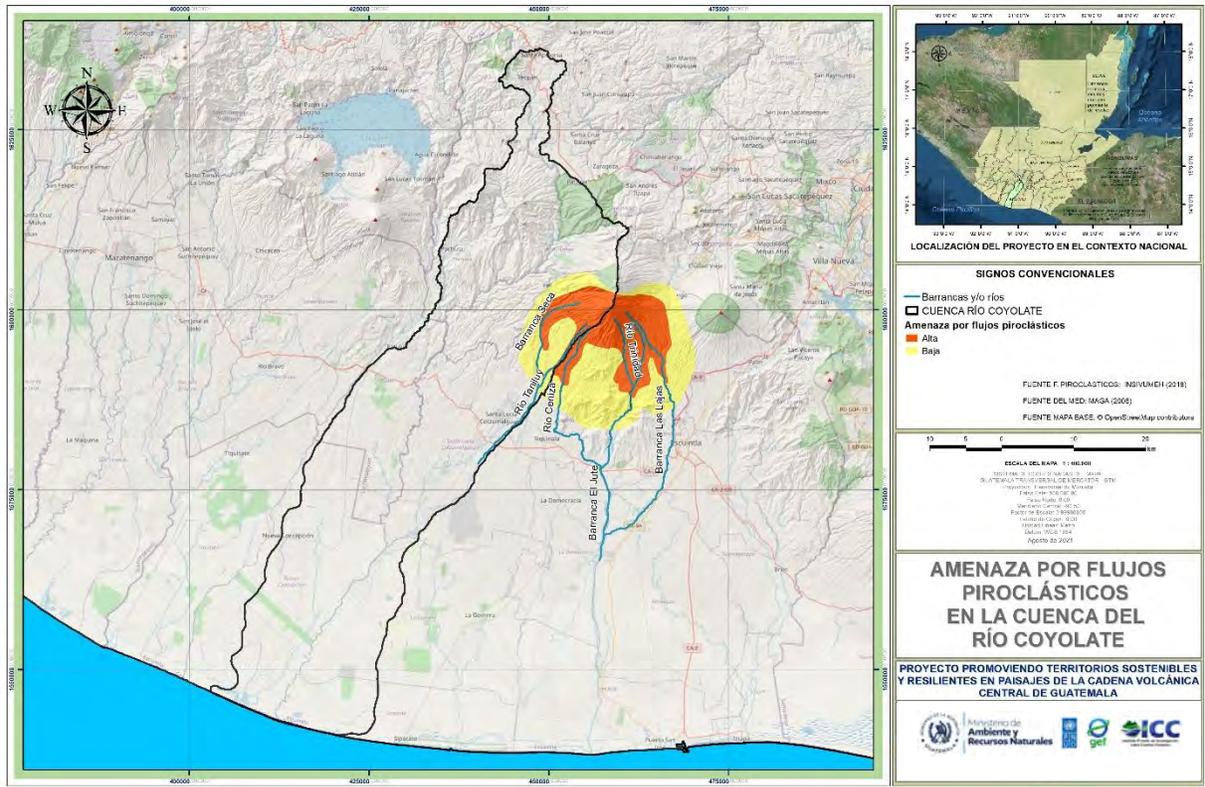


Figura 62. Amenaza por flujos piroclásticos en la cuenca del río Cuyolalte
 Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018b).

18.3.3 Dispersión de ceniza

Igualmente, a raíz del evento del 3 de junio del 2018, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018a), realizó un mapa de amenaza por dispersión de ceniza. En la cuenca del río Cuyolalte esta amenaza es alta en los municipios de San Pedro Yepocapa, Acatenango y San Andrés Itzapa del departamento de Chimaltenango. Mientras que Siquinalá y la parte alta de Santa Lucía Cotzumalguapa tienen amenaza media (Figura 63). Los lugares o centros poblados con amenaza por exposición a ceniza dispersa suman 198, distribuidos en los municipios previamente indicados.

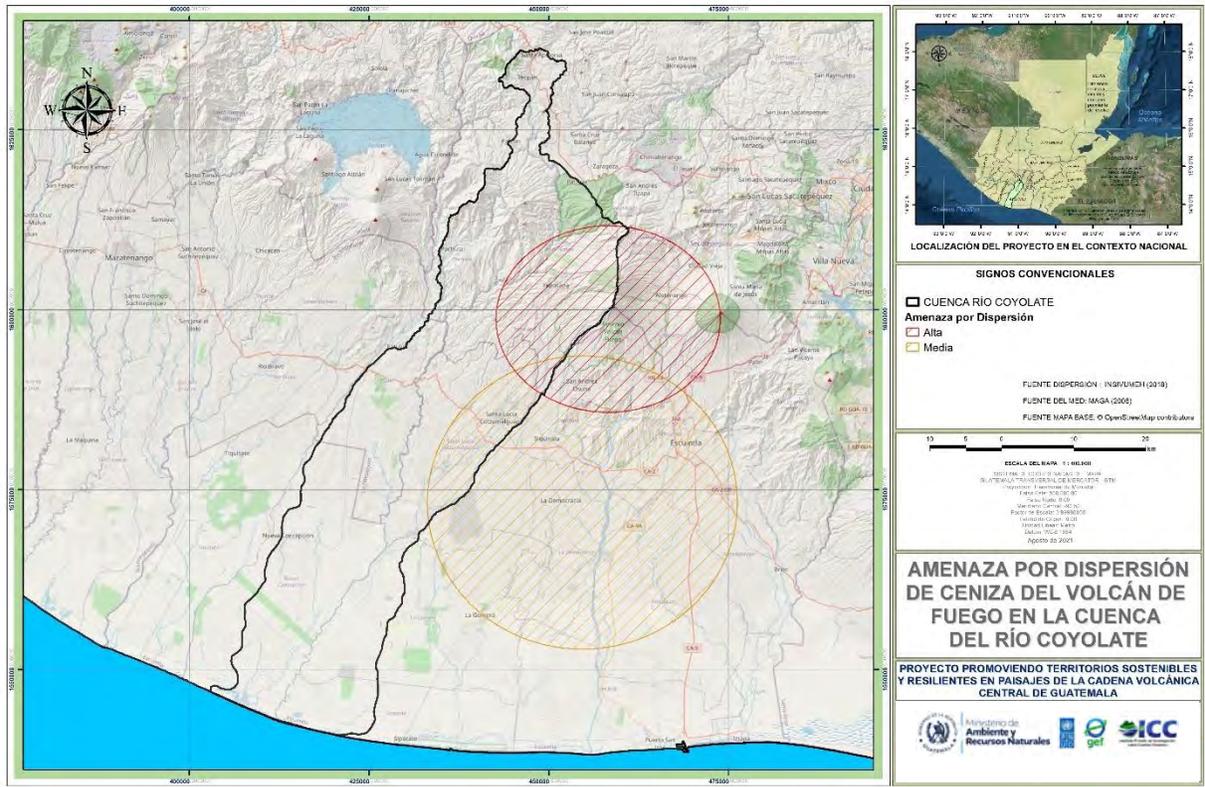


Figura 63. Amenaza por dispersión de ceniza del volcán de Fuego en la cuenca del río Achiguate

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2018a).

18.4 Sequía

El 49 % de la superficie de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se encuentra bajo amenaza muy baja a sequía, mientras que en el 18 % la amenaza es baja y en el 13 % es mediana baja. Las categorías muy baja, media y baja ocupan el 10 %, 6 % y 5 %, respectivamente (Figura 64). En las partes media y alta de la cuenca la amenaza es muy baja en lo que corresponde a los municipios de Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa de Escuintla; San Pedro Yepocapa, Pochuta, Acatenango y Patzún en Chimaltenango; y Patulul en Suchitepéquez. En la cabecera de la cuenca la amenaza es mayoritariamente baja. El resto de las categorías se ubican en la parte baja de la cuenca, que corresponde a los municipios de Sipacate, La Gomera, Nueva Concepción y Santa Lucía Cotzumalguapa. Lo anterior según el mapa de amenaza por sequía del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo (2015).

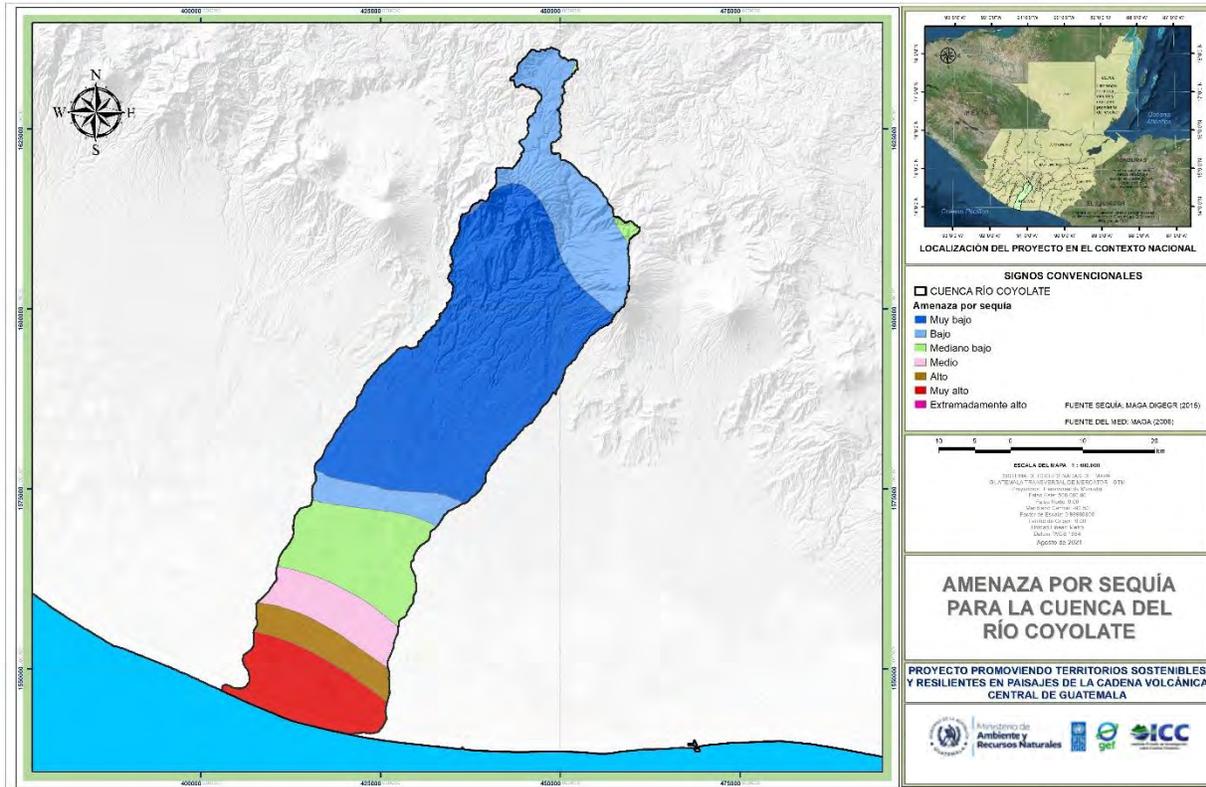


Figura 64. Amenaza por sequía en la cuenca del río Cuyolote

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo (2015).

18.5 Vulnerabilidad sistémica

Para Guatemala, la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019c), elaboró el mapa de vulnerabilidad sistémica bajo el enfoque de las cuatro dimensiones (social, natural, institucional y económica) del sistema socioecológico. Para ello, la vulnerabilidad de un sistema se definió con base en una serie de indicadores (Pérez y Gálvez, 2020), utilizando el enfoque propuesto por Gallopín (2006).

Con base en dicha información, se determinaron las siguientes categorías de vulnerabilidad en la cuenca del río Cuyolote según el porcentaje de su superficie: media (72.3 %), alta (20.9 %), baja (6.8 %) y muy alta (0.1 %).

La mayoría de los municipios (69 %) dentro de la cuenca del río Cuyolote presentan su mayor superficie bajo la categoría de vulnerabilidad media. Luego están aquellos municipios (25 %) donde la mayoría corresponde a la categoría de vulnerabilidad baja (San Andrés Itzapa, Pochuta, Siquinalá, San

Miguel Dueñas), y por último donde domina la vulnerabilidad alta (6 %), que corresponde a Santa Apolonia (Figura 65).

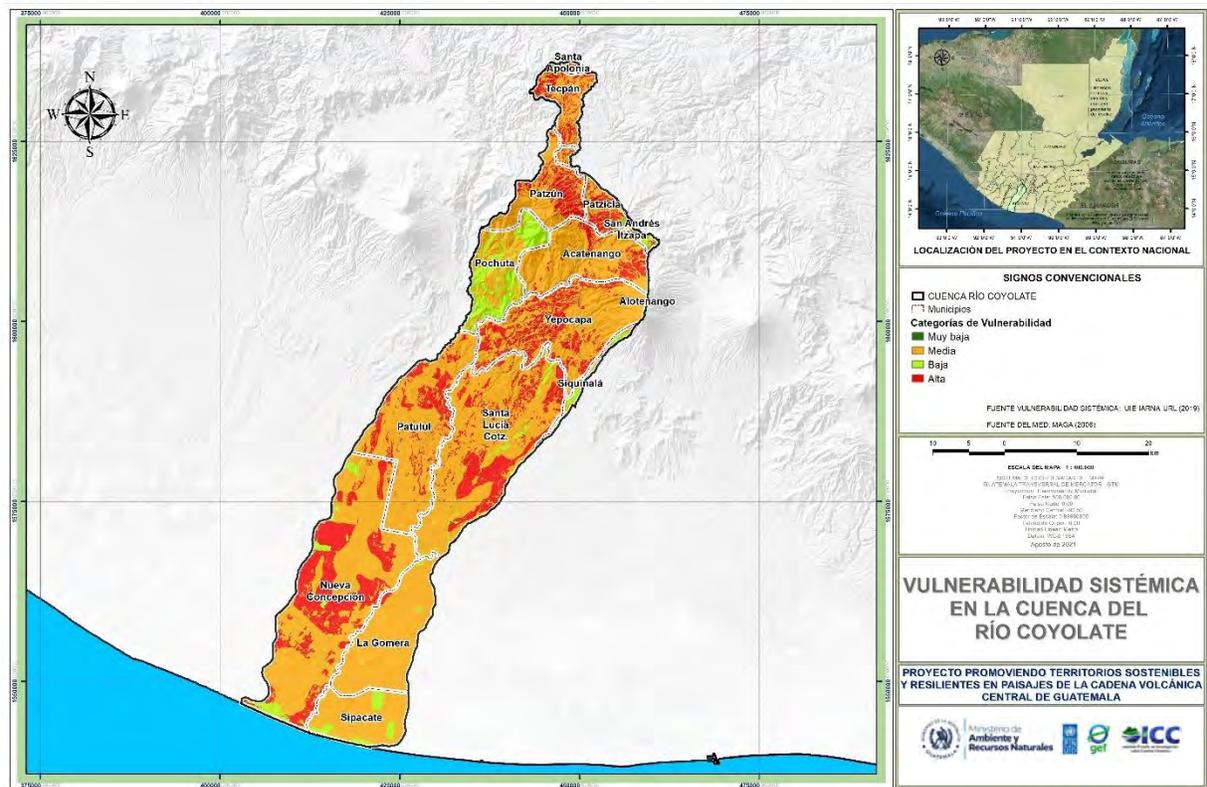


Figura 65. Vulnerabilidad sistémica en la cuenca del río Cuyolate

Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019b).

18.6 Amenazas climáticas

Según el mapa de amenazas climáticas por categorías (Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2019b), la mayor parte de la superficie de la cuenca hidrográfica del río Cuyolate se encuentra bajo la categoría de amenaza baja o nula (39 %), seguida de amenaza alta (35 %), muy alta (22 %) y media (55). En el 50 % de los municipios que se ubican dentro de la cuenca, la mayor parte de su extensión territorial está bajo amenaza muy alta, en el 38 % (Tecpán, Santa Apolonia y San Andrés Itzapa) la categoría es media y en el 12 % (Nueva Concepción) la categoría es alta (Figura 66).

Según la nomenclatura del mapa previamente indicado, la categoría baja o nula indica la ausencia de alguna amenaza considerada, mientras que la amenaza media se refiere a la ocurrencia de heladas y la amenaza alta a la presencia de inundaciones, deslizamientos o sequía. La amenaza muy alta corresponde a la presencia de dos o más de las amenazas anteriores. Así, en la cuenca del río Cuyolote la mayoría de los municipios presentan amenaza por inundaciones, deslizamientos y/o sequía; mientras que en su cabecera domina la amenaza de heladas (vulnerabilidad media).

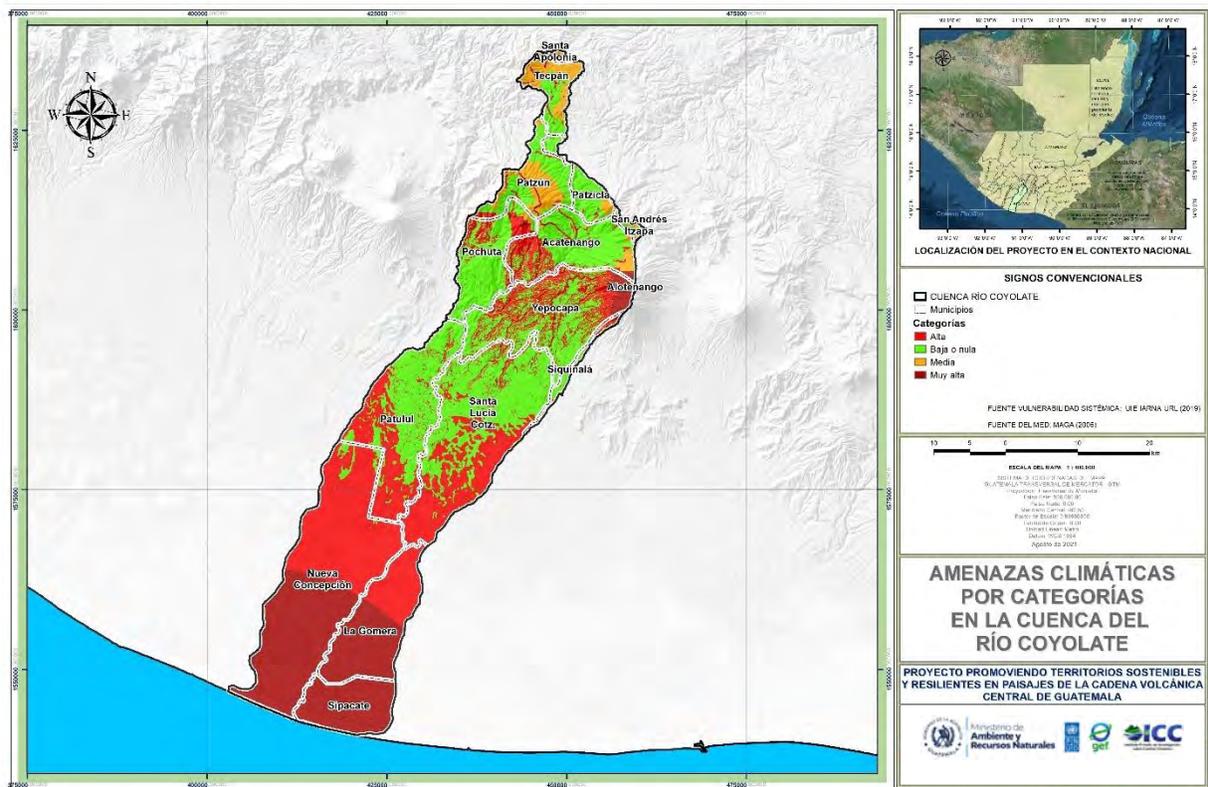


Figura 66. Amenazas climáticas por categoría en la cuenca del río Cuyolote
Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019b).

18.7 Riesgo a amenazas climáticas

Considerando el producto entre la amenaza climática por categoría y la vulnerabilidad sistémica, detallada en los apartados anteriores, se construyó el mapa de riesgo a amenazas climáticas (Pérez y Gálvez, 2020; Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2019d). La mayor parte de la superficie de la cuenca hidrográfica del río Cuyolote se

encuentra en riesgo alto (52.0 %), el 30.4 % en riesgo bajo, el 14.4 % en riesgo medio y el restante 3.2 % en riesgo muy alto. En cuanto a la distribución por municipio dentro de la cuenca, la categoría de riesgo bajo es mayoritaria en el 50 % de la extensión territorial. Por su lado, en el 38 % y 13 % de los municipios predominan las categorías de riesgo alto (Santa Apolonia, Sipacate, La Gomera, Alotenango) y medio (San Miguel Dueñas y Tecpán), respectivamente (Figura 67). Según este mapa, la categoría de riesgo alto implica la ocurrencia de alguna amenaza (inundación, deslizamiento, sequía, o helada) y la vulnerabilidad sistémica es media, alta o muy alta.

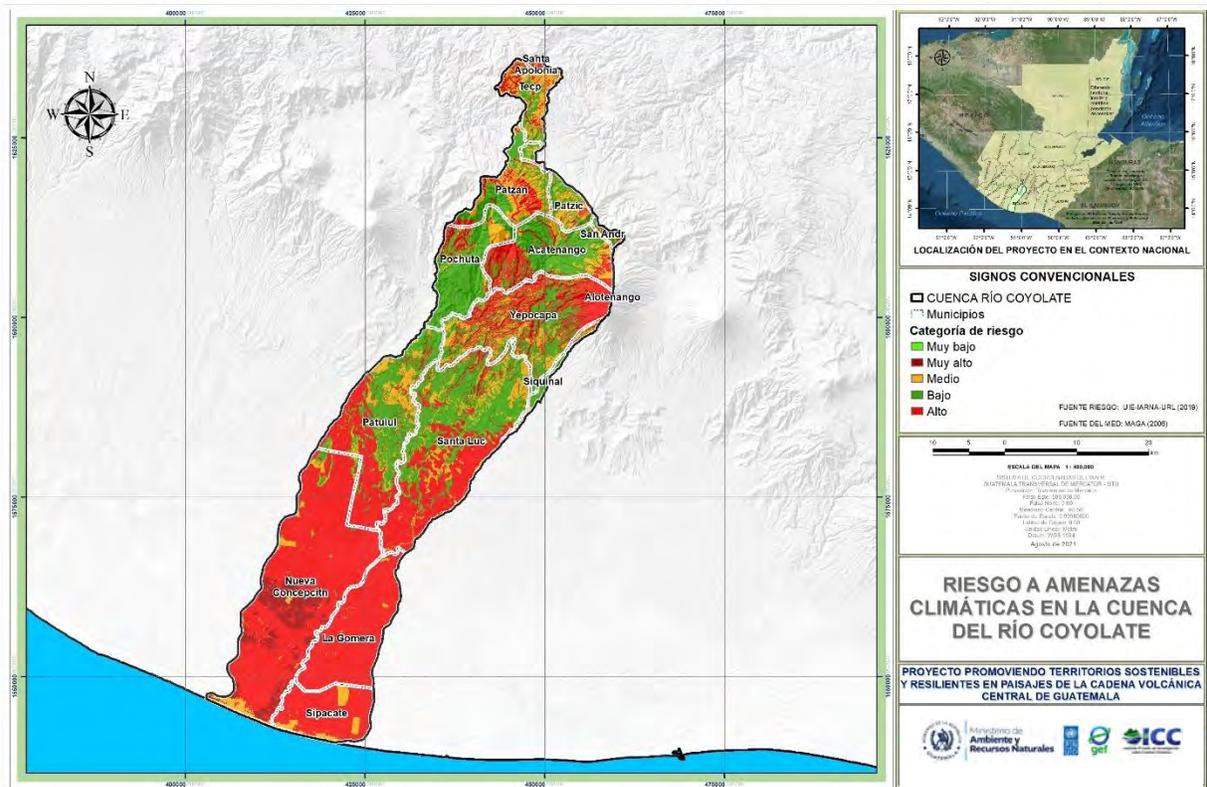


Figura 67. Riesgo a amenazas climáticas en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (2019b).

18.8 Riesgo a desastres

El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia *et al.* (2018) calculó el índice para la gestión de riesgo (*Inform*, por sus siglas en inglés) a nivel municipal para la República de Guatemala utilizando la metodología de las Naciones Unidas y Unión Europea, que fue elaborada por De Groeve *et al.* (2014) y se

basa en tres dimensiones del riesgo: vulnerabilidad, peligro y exposición y falta de capacidad de respuesta, las cuales se agrupan en 29 indicadores distribuidos en seis categorías (natural, humano, grupos vulnerables, socioeconómico, infraestructura e institucional).

La cuenca hidrográfica del río Coyolate ocupa el área parcial o total de 16 municipios, de los cuales el 31.3 % (5) presenta alto riesgo de peligro y exposición a desastres, el 25.0 % (4) muy alto, 18.8 % (3) medio, 18.8 % (3) bajo y 6.3 % (1) muy bajo. En promedio, la cuenca presenta un índice de peligro y exposición de 6.0, que corresponde a un riesgo alto de esta dimensión. Los cuatro municipios con riesgo muy alto por peligro y exposición a desastres son Siquinalá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Nueva Concepción y La Gomera del departamento de Escuintla (Figura 68).

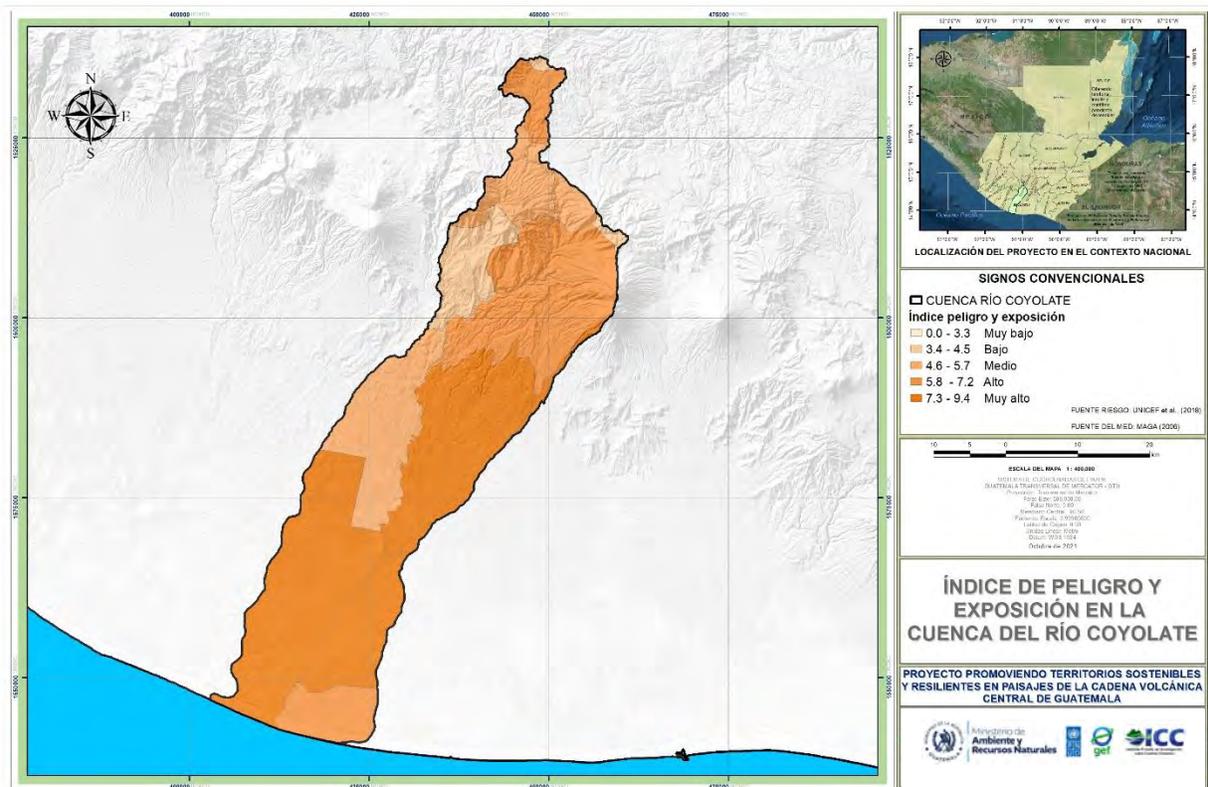


Figura 68. Índice de peligro y exposición a desastres en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia *et al.* (2018).

Para la dimensión de vulnerabilidad, el valor promedio del índice para la cuenca hidrográfica del río Coyolate es de 4.3, lo cual corresponde a vulnerabilidad media a desastres. Por otro lado, seis municipios (37.5 %) que comparten área en la cuenca presentan un índice de vulnerabilidad alto; cinco

tienen vulnerabilidad baja (31.3 %), dos muy alta (12.5 %), dos media (12.5 %) y uno muy baja (6.3 %). Los municipios más vulnerables (entre alta y muy alta vulnerabilidad) están concentrados en la parte alta de la cuenca, además del municipio de Patulul en la parte media. Al sur de la cuenca las vulnerabilidades son menores (entre media a muy baja) (Figura 69).

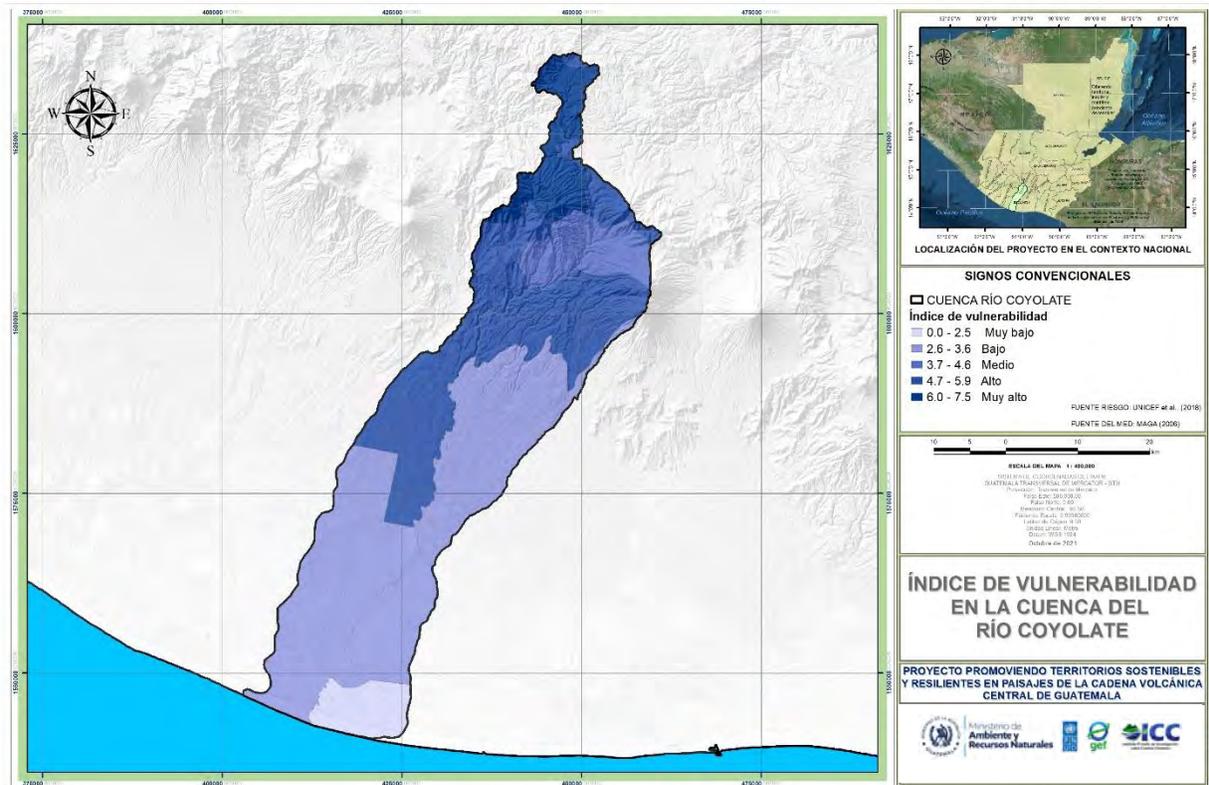


Figura 69. Índice de vulnerabilidad a desastres en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia et al. (2018).

En cuanto a la falta de capacidad de respuesta, la cuenca hidrográfica del río Coyolate presenta un riesgo medio, según el valor promedio de su índice (5.6). Siete municipios tienen un riesgo medio y en otros siete el riesgo es alto (87.5 %), correspondientes a Santa Apolonia, San Andrés Itzapa, Pochuta, Patulul, San Pedro Yepocapa, Acatenango y Alotenango. Un municipio (6.3 %) tiene riesgo muy alto y uno más riesgo muy bajo (Figura 70).

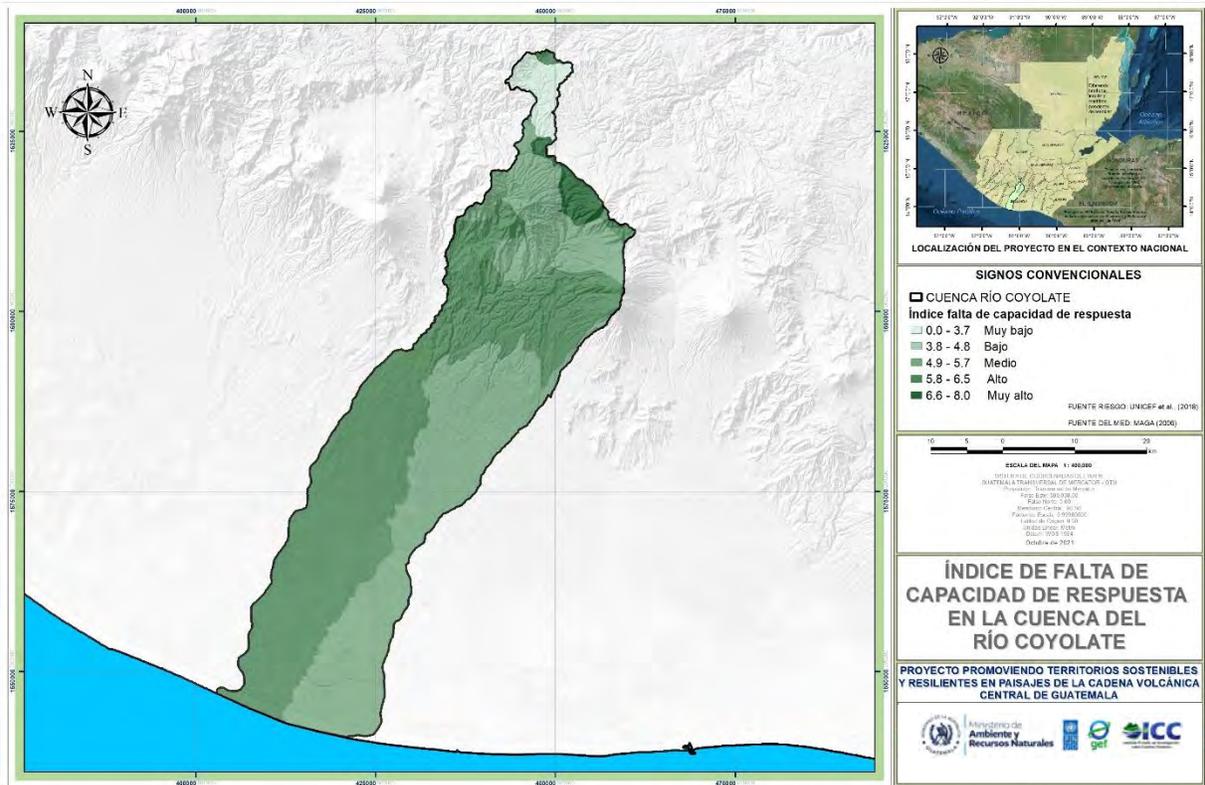


Figura 70. Índice de falta de capacidad de respuesta a desastres en la cuenca del río Cuyolte

Fuente: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia *et al.* (2018).

La cuenca hidrográfica del río Cuyolte tiene un índice promedio de riesgo a desastres igual a 5.1 (alto). De los 16 municipios, siete (43.8 %) se califican con riesgo alto a desastres, cinco (31.3 %) con muy alto, dos (12.5 %) con medio, uno (6.3 %) con bajo y uno más (6.3 %) con muy bajo riesgo. Los municipios con el riesgo más alto (alto y muy alto) son: Tecpán, Santa Apolonia, Patzún, Patzucía, San Andrés Itzapa, Acatenango, Patulul, San Pedro Yepocapa, Alotenango, Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción (Figura 71).

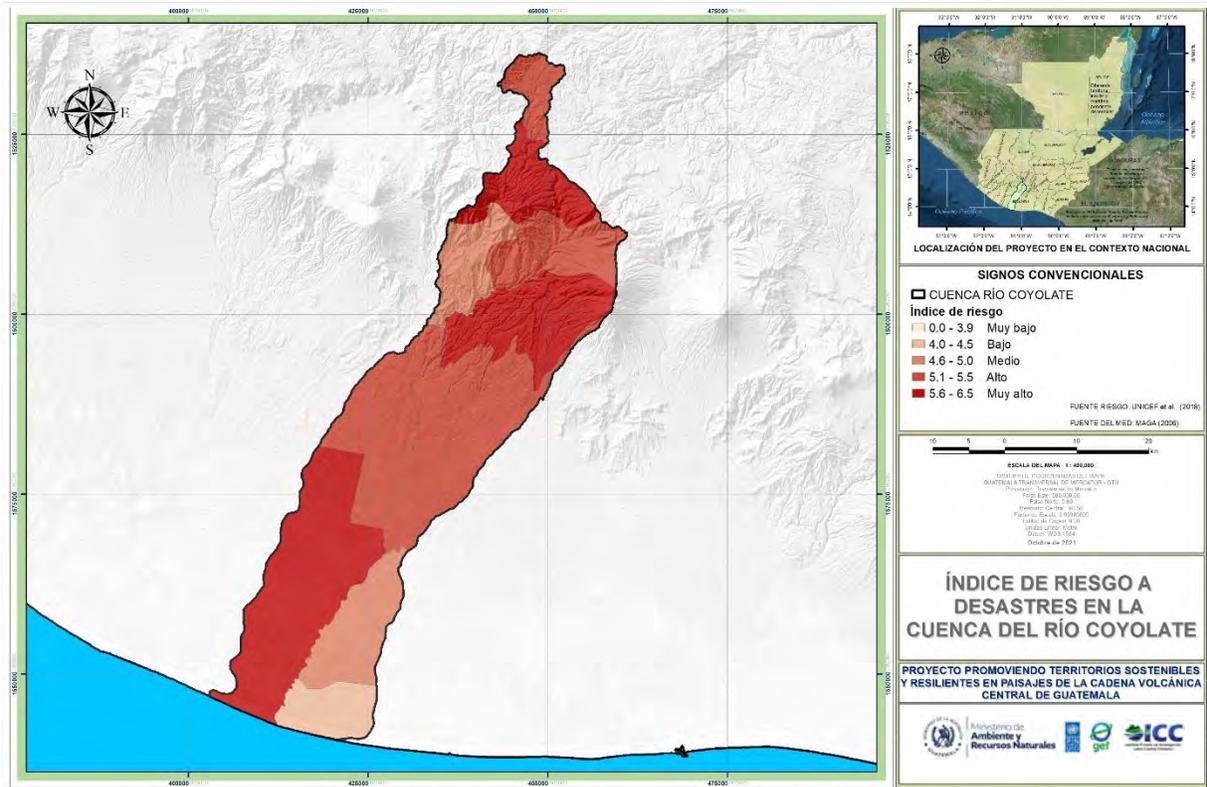


Figura 71. Índice de riesgo a desastres en la cuenca del río Coyolate
Fuente: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia et al. (2018).

19. TIRADEROS DE DESECHOS SÓLIDOS Y DESCARGA DE PLÁSTICOS AL MAR

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021) registró 70 tiraderos o vertederos de desechos sólidos en la cuenca hidrográfica del río Coyolate al 2021, de los cuales la mayoría son ilegales y clandestinos. En la cabecera de la cuenca —que corresponde al departamento de Chimaltenango— existen vertederos en las cercanías del cauce de los ríos Coyolate y Xayá. Por otro lado, un estudio de simulación realizado por Meijer *et al.* (2021) estimó que la descarga de macro plásticos al mar a través del río Coyolate es de 446.3 toneladas métricas (t/año), y los plásticos mal manejados en la cuenca suman 7203 t/año (Figura 72).

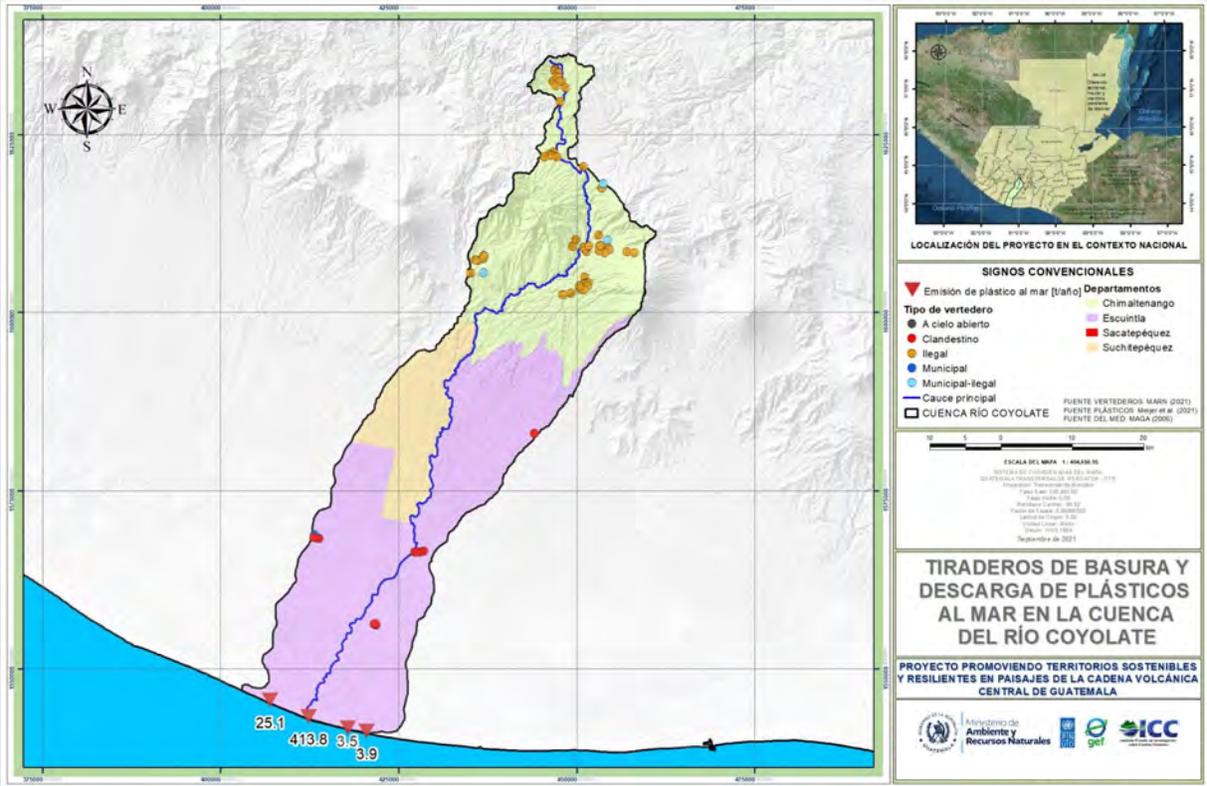


Figura 72. Tiraderos de basura y descarga de plásticos al mar en la cuenca del río Coyolate

Fuente: Meijer *et al.* (2021); Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021).

20. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO

Con base en datos del Ministerio de Energía y Minas (2021), la capacidad instalada para la generación de energía hidroeléctrica en la cuenca hidrográfica del río Cuyolate se estimó en 8.38 megavatios (MW), que representa cinco centrales hidroeléctricas. De estas, tres utilizan agua del río Xayá (Hidrosan 1, Hidrosan 2 y Planta de Generación Nueva Hidrocón). Por otro lado, la central Hidroaguná obtiene agua del río Aguná, y Las Uvitas del río Cuyolate. Hidrosan 1 e Hidroaguná tienen la mayor capacidad instalada (2 MW), mientras que la planta de generación Nueva Hidrocón cuenta con la menor capacidad (1 MW) (Tabla 9 y Figura 73).

Tabla 9. Centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Cuyolate

n.º	Nombre	Capacidad instalada (MW)
1	Hidroaguná	2.00
2	Las Uvitas	1.88
3	Planta de generación Nueva Hidrocón	1.00
4	Hidrosan 1	2.00
5	Hidrosan 2	1.50

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2021)

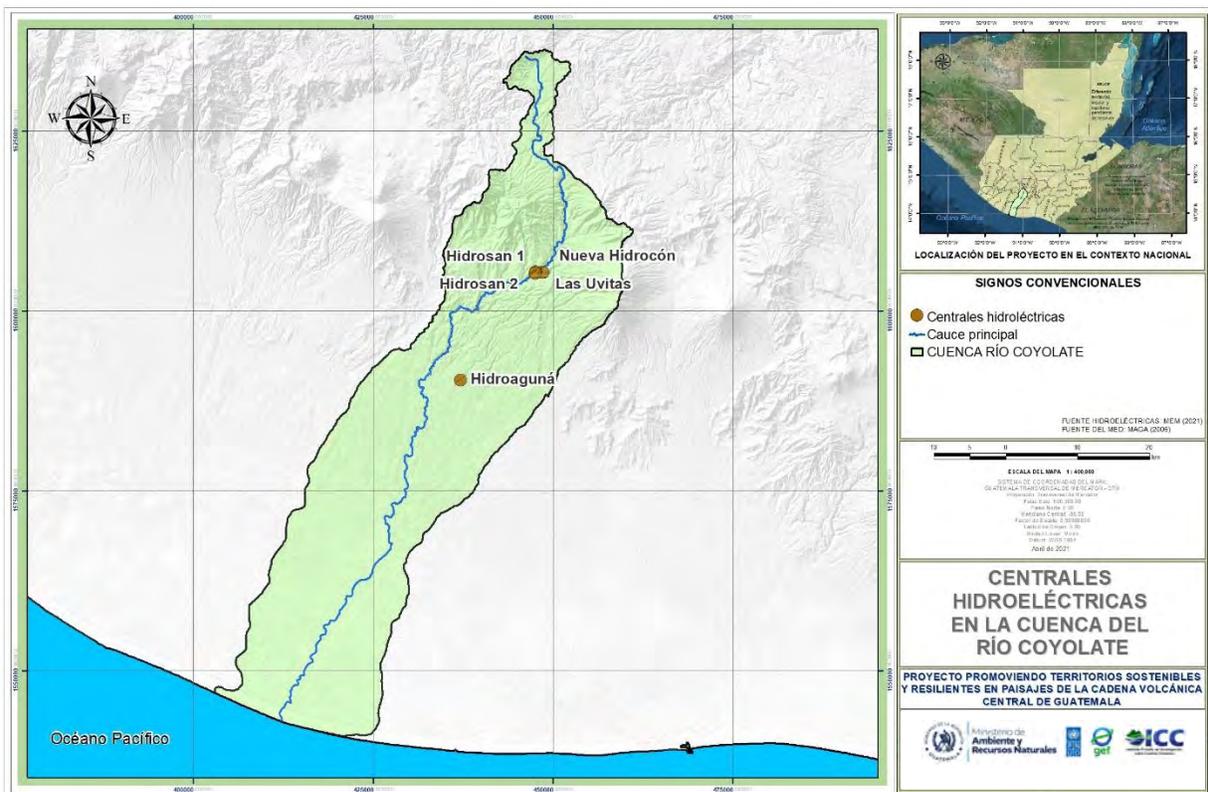


Figura 73. Centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Cuyolate

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2021).

21. SÍNTESIS DE LA CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

La cuenca hidrográfica del río Coyolate drena sus aguas hacia la vertiente del Pacífico y posee una superficie de 1792 km². Según su morfología, la tendencia a inundaciones es entre media y alta, con alto potencial de drenaje y escorrentía superficial, lo que muestra un potencial bajo de recarga hídrica. Es susceptible a la erosión hídrica intensa, y al transporte y deposición de sedimentos; tipificándose como una cuenca de montaña con terrenos escarpados.

La precipitación y temperatura media anual para el período 1991-2020, fue de 2155.3 ± 430.5 mm y 23.97 ± 3.24 °C, respectivamente. La evapotranspiración potencial media anual del multianual (2000-2013), se estimó en 2095 ± 287 mm. La variabilidad de la temporada lluviosa (inicio, final y duración) durante el período 1980-2018, reveló que la duración dominante está comprendida entre los 175 a 215 días; pero ocurre lo opuesto en su cabecera y parte más baja (115-150 días). La amenaza por sequía es menor en la zona de mayor duración de la época lluviosa y viceversa. En general, la extensión de la canícula durante el período 1980-2019 fue de 26 a 35 días, alcanzando hasta 55 días en la zona de la cabecera, y la precipitación pluvial media se manifestó por debajo de los 200 mm.

Las proyecciones de cambio climático realizadas por el Insivumeh (periodos 2010-2039 y 2040-2069) ante los escenarios RCP 4.5 y 8.5, prevén que la precipitación pluvial media anual disminuya en la mayor porción de la superficie de la cuenca (parte media-baja) e incrementa en la cabecera. La temperatura media anual muestra una tendencia a mantenerse, tanto en su cabecera (< 23 °C) como en la parte más baja (> 25 °C) difiriendo en cuanto a su distribución espacial; en comparación con el período 1991-2020.

El balance hídrico muestra una disponibilidad hídrica de 2726.1 millones de metros cúbicos anuales. Por su lado, la disponibilidad hídrica específica es mayor en una franja que se extiende principalmente desde la parte media hasta alcanzar la cabecera (> 1.5 millones de m³/km²/año). Durante la época seca (2016-2021) se presentaron caudales medios en la desembocadura de la cuenca (Santa Marta), río Pantaleón y río Cristóbal iguales a 5.13 m³/s, 1.22 m³/s y 0.55 m³/s, respectivamente. Mientras, en un punto localizado en la parte media de la cuenca, el río Coyolate presentó 6.47 m³/s. El potencial de aguas subterráneas es principalmente moderado (45.3 %) y alto (20.5 %), el primero se extiende en su parte baja y el segundo en la parte media. Los niveles freáticos del abanico aluvial central (parte baja) se mantienen hasta en 4 metros, y la recarga hídrica más alta está en el rango de 907-1700 mm. A nivel de cuenca, la recarga se categoriza como media (52 %).

La cobertura vegetal y uso de la tierra en la cuenca correspondió mayoritariamente a caña de azúcar (28.46 %), bosque (14.64 %), pastos (10.96 %) y café (10.09 %) el año 2020. La cobertura forestal al año 2016 fue igual a 19.8 %, con una dinámica que reveló un cambio neto de +3.4 %. La aptitud de sus tierras es principalmente para agricultura (60.4 %), seguida de agroforestería y/o sistemas silvopastoriles (19.9 %) y aptitud forestal (18.6 %). La intensidad del uso de la tierra es predominantemente correcta (53.1 %), seguida de sobreuso (35.8 %) y subuso (6.85 %). La pérdida de suelo por erosión hídrica se estima en 312 t/ha/año. El 31 % la cuenca (en la parte media-alta) presenta erosión alta (50-200 t/ha/año) y el 27 % muy alta (> 200 t/ha/año).

La cuenca está altamente expuesta a amenazas provocadas por el volcán de Fuego, situación que se exagera con el incremento reciente (2015) de su actividad explosiva. Otro aspecto de riesgo son las inundaciones en la cuenca baja, que corresponden a la superficie del abanico aluvial de los ríos Coyolate, Acomé y Achiguate. La conjunción entre el continuo aporte de sedimentos propio de la actividad eruptiva del volcán de Fuego y la susceptibilidad a inundaciones se vinculan estrechamente y muestran un panorama dinámico de las zonas de inundación. En cuanto a los deslizamientos, se estima que el 12 % de la superficie de la cuenca presenta algún tipo de riesgo, principalmente en poblados de los municipios de Chimaltenango, Patzicía, Patzún y Acatenango.

En cuanto a la biodiversidad, existen registros de avistamientos principalmente de avifauna. La superficie con áreas protegidas representa el 5 % de la cuenca. Las zonas de vida predominantes son el bosque húmedo tropical (43.7 %) y el bosque húmedo montano bajo tropical (14.9 %), donde se alberga una amplia biodiversidad.

Para finales del 2021, se cuantificaron 70 tiraderos de desechos sólidos en la cuenca del río Coyolate, predominantemente de tipo ilegal. Existen basureros ilegales en la proximidad del río Xayá (parte alta). A su vez, se estima que 446.3 toneladas métricas anuales de plásticos llegan al mar. Finalmente, la cuenca presenta una capacidad instalada de generación de energía eléctrica igual a 8.38 megavatios (MW).

REFERENCIAS

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Instituto Geográfico Nacional, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2003). *Estudio del establecimiento de los mapas básicos y mapas de amenaza para el sistema de información geográfica de la República de Guatemala. Informe final (informe principal)*. Kokusai Kogyo, S. A.
- Banco Mundial, Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Evaluación de daños y pérdidas del volcán de Fuego*. Banco Mundial.
- Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe y Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. (2010). *Áreas con riesgo a deslizamientos República de Guatemala* [mapa digital].
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2020). *Capa digital del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* [mapa digital].
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2015). *Amenaza por inundaciones TERRAHYDRO 4.2.2* [mapa digital].
- Cordillera S. A., Asociación para el Manejo Sostenible de los Recursos Kársticos y Espeleológicos y Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (2010). *Evaluación del potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala a escala (1:250,000), como apoyo al desarrollo del riego para la producción agrícola en comunidades de pequeños y medianos productores. Informe del proyecto*. Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
- Dahlgren, R. A., Macías, F., Camps, M., Chesworth, W., Wayne, P. R., Bache, B. W., Emerson, W. W., Hartmann, R., Kostic, N., Spaargaren, O., & Arnalds, O. (2008). Andosols. En *Encyclopedia of soil science* (W. Chesworth, ed., pp. 39-46). Springer Netherlands.
- De Groeve, T., Vernaccini, L. y Poljanšek, K. (2014). *Index for risk management-INFORM: concept and methodology, version 2015*. EUR 26894. Publications Office of the European Union.
- Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos. (2006). *Modelo de elevación digital de Guatemala a 20 metros* [mapa digital]. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos. (2013). *Estudio semidetallado de suelos del departamento de Sacatepéquez, Guatemala* (vol. 1). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos. (2021). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra República de Guatemala año 2020* [mapa digital]. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Ferrés, D. y Escobar Wolf, R. (2018). *Informe técnico: volcán de Fuego*. Acción Contra el Hambre y Cooperación Española.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa Mundial de Alimentos, Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios y Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2018). *Índice para la gestión de riesgo*.
- Gallopín, G. C. (2006). *Sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: cifras y tendencias, Honduras*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- García-Oliva, L. C. y Pazos, E. (2021). The mid-summer drought spatial variability over Mesoamerica. *Atmósfera*, 34(2), 227-232.
- Gil Villalba, S. (2018). *Assessment of groundwater flow dynamics and water quality in the alluvial fan of Fuego and Acatenango volcanoes, Guatemala*. Instituto Superior Técnico, Universidad de Lisboa.
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). *Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento informativo*.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2015). *Balance hidrológico de las subcuencas de la República de Guatemala: bases fundamentales para la gestión del agua con visión a largo plazo*. Universidad Rafael Landívar.
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2015). *Mapa de ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida* [mapa digital]. Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación*

de zonas de vida. Universidad Rafael Landívar.

Instituto Geográfico Nacional. (1970). *Mapa geológico de la República de Guatemala a escala 1:500,000* [material cartográfico].

Instituto Geográfico Nacional. (2016a). *Hidrografía lineal que representa los ríos perennes o intermitentes de la República de Guatemala* [mapa digital].

Instituto Geográfico Nacional. (2016b). *Las masas de agua y ríos de agua abierta* [mapa digital].

Instituto Nacional de Bosques. (2000). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala.*

Instituto Nacional de Bosques. (2001). *Especies vegetales frecuentes en los ecosistemas de Guatemala* [manuscrito sin publicar].

Instituto Nacional de Bosques. (2005). *Programa de investigación de hidrología forestal.*

Instituto Nacional de Bosques. (2017a). *Mapa de parte alta, media y baja de las cuencas de la República de Guatemala.*

Instituto Nacional de Bosques. (2017b). *Mapa de tierras forestales de captación, regulación y recarga hídrica de la República de Guatemala* [mapa digital].

Instituto Nacional de Bosques. (2017c). *Memoria técnica de actualización de mapa de tierras forestales de captación, regulación y recarga hídrica.*

Instituto Nacional de Bosques, Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2019). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de cobertura forestal 2010-2016, escala 1:50,000* [mapa digital].

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018a). *Escenarios de amenaza volcánica: por dispersión de ceniza* [mapa digital].

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018b). *Mapa de amenaza por flujos piroclásticos, crisis del volcán de Fuego junio 2018.*

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018c). *Variabilidad y cambio climático en Guatemala*.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2019a). *Escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5 para los períodos 2010-2039 y 2040-2069* [conjunto de datos].
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2019b). *Proyecciones de cambio climático en Guatemala: reducción dinámica*.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2022). *Información de estaciones meteorológicas de la vertiente del Pacífico, para el período 1991 a 2020* [conjunto de datos].
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2011). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Coyolate*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2014). *Medición de propagación de crecidas en las cuencas Coyolate, Achiguate, María Linda y Los Esclavos*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2017). *Mapa de zonas de inundación en la vertiente del Pacífico de Guatemala, cuencas Ocosito a María Linda*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020a). *Elaboración de modelación de lahares en las microcuencas de los ríos Pantaleón y Ceniza, Proyecto PREPIN*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020b). *Modelación hidráulica bidimensional en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate. Proyecto PREPIN, bajo el financiamiento de ECHO*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020c). *Precipitación pluvial y temperatura media bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5 de los períodos 2010-2039 y 2040-2069* [mapas].
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020d). *Resumen meteorológico 2019*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021a). *Erosión hídrica de la vertiente del Pacífico de Guatemala* [mapa digital].
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021b). *Profundidad promedio del nivel freático del abanico aluvial central para los meses de marzo y agosto del período 2017-2020* [mapa digital].

- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021c). *Resumen meteorológico 2020 del sur de Guatemala*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021d). *Síntesis del sistema de información de los ríos de la costa sur de Guatemala: promedio de caudales comparativos en la temporada seca de los años 2017-2021*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2022). *Precipitación acumulada anual, temperatura media anual, isoyetas e isotermas para el período 1991-2020, para la vertiente del Pacífico* [mapa digital].
- Kettler, T. y Zanner, B. (2021). *Soil genesis and development, lesson 5. Soil classification and geography*. Plant & Soil Sciences eLibrary. <https://passel2.unl.edu/view/lesson/2eafec8dd762/10>
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80 % of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), 1-13. doi: 10.1126/sciadv.aaz5803
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales. (2001). *Memoria técnica del mapa fisiográfico-geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo. (2015). *Mapa de amenaza por sequía, República de Guatemala*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Programa de Emergencias por Desastres Naturales. (2005). *Mapa de clasificación taxonómica de suelos, primera aproximación* [material cartográfico].
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Información de vertederos de las delegaciones de Sacatepéquez, Chimaltenango, Escuintla, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y San Marcos* [conjunto de datos].
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Banco Mundial. (2010). *Desarrollo de información científica para promover la planificación municipal para reducir riesgos a desastres: Ordenamiento Territorial, cuenca del río Coyolate*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Centrales hidroeléctricas y sus cuencas*.

- Mu, Q., Zhao, M. y Running, S. W. (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 115(8), 1781-1800.
- Naismith, A. K., Watson, M., Escobar-Wolf, R., Chigna, G., Thomas, H., Coppola, D. y Chun, C. (2019). Eruption frequency patterns through time for the current (1999-2018) activity cycle at Volcán de Fuego derived from remote sensing data: evidence for an accelerating cycle of explosive paroxysms and potential implications of eruptive activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 371, 206-219.
- Natural Resources Conservation Service. (2021). *Ultisols*. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/maps/?cid=nrcs142p2_053609
- Numerical Terradynamic Simulation Group. (2014). *MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16): MOD16A3* [conjunto de datos]. University of Montana. <http://www.ntsug.umt.edu/project/mod16>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*.
- Orrego León, E. O., González Batres, N. C. y Hernández Quevedo, M. P. (2022). La canícula y su comportamiento en Guatemala (en prensa). *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*.
- Orrego León, E. O., Hernández Quevedo, M. P. y Gómez Jordán, R. C. (2021). Variabilidad del inicio, final y duración de la época lluviosa en Guatemala y su tendencia. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*, 5(1).
- Pérez, G. y Gálvez, J. (2020). *Bases conceptuales y metodológicas para el análisis territorial del riesgo en Guatemala: énfasis en vulnerabilidad sistémica y amenazas climáticas*. Editorial Cara Parens, Universidad Rafael Landívar.
- Pfafstetter, O. (1989). *Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação* [manuscrito sin publicar]. Departamento Nacional de Obras de Saneamento.
- QGIS Development Team. (2019). *QGIS Geographic Information System (Version 3.10.11-A Coruña)*.
- Richters, E. J. (1995). *Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*. Instituto Interamericano

de Cooperación para la Agricultura.

Sistema Nacional de Información sobre Diversidad Biológica de Guatemala. (2021). *Registros de ocurrencia* [conjunto de datos]. <https://snib.conap.gob.gt/>

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2021). *Fuego volcano*. <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=342090>

Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture, & National Resources Conservation Service. (2010). *Keys to soil taxonomy* (11.ª ed.).

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección y Pérez, G. (2019). *Ajustes y correcciones del mapa del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas-SIGAP*. Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, Universidad Rafael Landívar.

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2016). *Mapa de capacidad de uso de la tierra de la República de Guatemala. Metodología INAB* [mapa digital]. Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019a). *Mapa de intensidad de uso de la tierra* [mapa digital]. Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019b). *Mapa de amenazas climáticas* [mapa digital]. Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019c). *Mapa de vulnerabilidad sistémica de Guatemala* [mapa digital]. Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>

Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019d). *Mapa de riesgo a amenazas climáticas* [mapa digital].

Sistema de Información Estratégica, Universidad Rafael Landívar.
<https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>

Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo. (2009). *Mapa de cuencas hidrográficas a escala 1:50,000, República de Guatemala, método Pfafstetter (primera aproximación)*. Instituto Geográfico Nacional.

Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000. Memoria técnica*. Unidad de Políticas e Información Estratégica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Banco Interamericano de Desarrollo.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Plan de protección y conservación
de la cuenca hidrográfica del río

Coyolate

Capítulo II. Caracterización socioeconómica



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), denominado:
Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica
Central en Guatemala

Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Capítulo II

Caracterización socioeconómica

Guatemala, febrero de 2025

Citar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Capítulo II: Caracterización socioeconómica*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Global Environment Facility y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Autoridades

Ph. D. César Bernardo Arévalo De León

Presidente de la República de Guatemala

Ph. D. Karin Larissa Herrera Aguilar

Vicepresidenta de la República de Guatemala

MSc. Ana Patricia Orantes Thomas

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

MSc. Jaime Luis Carrera Campos

Viceministro del Agua

Dr. MSc. Edwin Josué Castellanos López

Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Ing. José Rodrigo Rodas Ramos

Viceministro de Ambiente

Lic. Edwing Antonio Pérez Corzo

Viceministro Administrativo Financiero

Equipo técnico

MSc. José Juan Ochoa Quezada

director de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Ing. Maritza Yaneth Campos Fuentes

jefe a.i. Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Luis Pablo Palala Méndez

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Pablo Eduardo Ponce Paiz

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Néstor Fajardo Herrera

asesor técnico del Departamento de Control y Monitoreo del Recurso Hídrico

INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (ICC)

Apoyo técnico metodológico

Giovanni González-Celada

coordinador y especialista en cuencas hidrográficas

Nancy Soto

consultora especialista social y género

Alex Guerra, Luis Reyes, Juan Andrés Nelson y Oscar González

comité asesor del ICC

PROYECTO PROMOVRIENDO TERRITORIOS SOSTENIBLES Y RESILIENTES EN PAISAJES DE LA CADENA VOLCÁNICA CENTRAL EN GUATEMALA

Equipo técnico

Indira Ixquic Barreno Colindres

directora del Proyecto

Mario Samuel Buch

coordinador del Proyecto

Pedro López Velásquez

coordinador región 1

Keny Juárez

coordinador región 2

Juan Ernesto Celada

coordinador región 3

Este documento fue generado en el marco del Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) denominado: "Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala", mediante el acuerdo colaborativo con el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

Nos gustaría reconocer al Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (www.marn.gob.gt) denominado: Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala, Cooperación no reembolsable que es financiado con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM/GEF- (www.thegef.org), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- (www.undp.org). Por su apoyo y contribución financiera a esta publicación.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



TABLA DE CONTENIDO

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
1 METODOLOGÍA	2
1.1 Métodos para estimaciones	4
2 TERRITORIO.....	5
3 COMPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN	7
3.1 Población urbana/rural	9
3.2 Población por pueblo: maya, garífuna, xinka, afrodescendiente, ladino y extranjero.....	10
3.3 Población maya por comunidades lingüísticas	10
3.4 Pobreza.....	11
4 SALUD.....	14
4.1 Natalidad y fecundidad	14
4.2 Defunciones.....	14
4.3 Morbilidad	16
4.4 Servicios externos e internos	17
4.5 Inmunizaciones	18
4.6 Desnutrición	19
4.7 Infraestructura de salud	19
5 EDUCACIÓN	21
5.1 Alfabetismo	22
5.2 Acceso y uso de dispositivos digitales e internet	23
5.3 Establecimientos educativos.....	24
6 HOGARES Y VIVIENDA	26
6.1 Hogares	26
6.2 Vivienda.....	28
7 SERVICIOS BÁSICOS.....	29
7.1 Servicio sanitario.....	29
7.2 Cobertura eléctrica	29
7.3 Fuentes de energía para cocinar	31
7.4 Formas de eliminación de la basura	33

8	USOS DEL AGUA	35
	8.1 Fuente principal de agua para consumo en el hogar	35
9	INFRAESTRUCTURA VIAL.....	37
10	ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	42
	10.1 Actividades económicas del departamento de Escuintla	42
	10.2 Aspectos de las actividades económicas del departamento de Chimaltenango	43
	10.3 Actividades económicas del departamento de Suchitepéquez	44
	10.4 Empresas por tamaño.....	45
	10.5 Parque vehicular	46
	10.6 Ocupación hotelera	46
	10.7 Migración	46
	10.8 Remesas.....	47
	10.9 Índice de precios del consumidor (IPC) de la región V	48
	10.10 Población en edad de trabajar	49
11	INSTITUCIONALIDAD.....	51
	11.1 Instituciones presentes	51
	11.2 Aspectos de seguridad y justicia.....	52
12	FORMAS DE ORGANIZACIÓN	54
	12.1 Organización política	55
	12.2 Sistema de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural	57
13	GOBERNANZA.....	61
	13.1 Agua	61
	13.2 Bosques.....	62
	13.3 Suelos	63
14	CONFLICTIVIDAD SOCIAL	67
15	HISTORIA Y ASPECTOS CULTURALES.....	69
	15.1 Historia.....	69
	15.2 Aspectos culturales	72
16	SÍNTESIS DE LA CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	74
	REFERENCIAS	76

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la población que habita en la cuenca del río de Coyolate ..9	
Tabla 2. Población por pueblo en la cuenca del río Coyolate, año 2018..... 10	
Tabla 3. Porcentaje de la población que vive en pobreza en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2014..... 11	
Tabla 4. Categoría socioeconómica según el Inform (2018) por total del municipio13	
Tabla 5. Causas principales de morbilidad general en las personas de los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2019 ... 17	
Tabla 6. Programas de vacunación en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2019 19	
Tabla 7. Tipo de servicio de salud en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate en el año 2019..... 20	
Tabla 8. Población de cuatro años y más, según nivel educativo en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2018 21	
Tabla 9. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los departamentos que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate (año 2018)..... 32	
Tabla 10. Longitud de las carreteras y caminos en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2010 (en kilómetros) 41	
Tabla 11. Número de empresas por tamaño en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2015..... 45	
Tabla 12. Empadronamiento por sexo en los departamentos de la cuenca del río Coyolate 55	
Tabla 13. Diputados distritales electos en los departamentos de la cuenca del río Coyolate 56	
Tabla 14. Distribución de los miembros de las corporaciones municipales por sexo y organizaciones políticas..... 56	
Tabla 15. Marco legal del agua en Guatemala..... 61	
Tabla 16. Marco legal forestal en Guatemala 62	
Tabla 17. Marco legal de los suelos en Guatemala..... 64	

Índice de figuras

Figura 1. División político-administrativa de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	6
Figura 2. Población total por poblados en la cuenca del río Coyolate, año 2018	7
Figura 3. Población por sexo en los municipios ubicados dentro de la cuenca del río Coyolate en el año 2018	8
Figura 4. Población relativa por comunidad lingüística maya en la cuenca del río Coyolate, año 2018	11
Figura 5. Población que vive en pobreza en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2014 (en porcentaje)	12
Figura 6. Tasa global de fecundidad por departamento en la cuenca del río Coyolate (año 2020)	14
Figura 7. Principales causas de muerte en el departamento de Escuintla, año 2020	15
Figura 8. Principales causas de muerte en el departamento de Chimaltenango, año 2020	15
Figura 9. Principales causas de muerte en el departamento de Suchitepéquez, año 2020	16
Figura 10. Causas de inasistencia a establecimientos educativos en la población entre 4 y 29 años en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	22
Figura 11. Población de siete años o más por tasa de alfabetismo en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	23
Figura 12. Población de siete años o más que utiliza celular, computadora y/o internet en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	24
Figura 13. Porcentaje de hogares por departamento, incluyendo sólo los municipios presentes en la cuenca del río Coyolate, año 2018	26
Figura 14. Porcentaje de hogares en los municipios ubicados en la cuenca del río Coyolate, año 2018	27
Figura 15. Tipo de hogares en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	27
Figura 16. Tipo de vivienda en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	28
Figura 17. Tipo y uso de servicio sanitario en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	29
Figura 18. Cobertura eléctrica por departamento, incluye sólo los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	30
Figura 19. Cobertura eléctrica en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	31
Figura 20. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	32
Figura 21. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)	33

Figura 22. Principales formas de eliminación de la basura en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje).....	34
Figura 23. Fuente principal de agua para consumo en los hogares de los municipios presentes en la cuenca del río Coyolate en el año 2018 (en porcentaje)	35
Figura 24. Fuentes principales de agua para consumo por municipio con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018.....	36
Figura 25. Mapa vial del departamento de Escuintla	37
Figura 26. Mapa vial del departamento de Chimaltenango	39
Figura 27. Mapa vial del departamento de Suchitepéquez	40
Figura 28. Número de empresas por actividad económica en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2015	45
Figura 29. Variación porcentual interanual del índice de precios del consumidor (IPC), región V, serie histórica 2017-2021	48
Figura 30. Variación interanual del índice de precios del consumidor (IPC) por división de gasto, en el año 2021.....	49
Figura 31. Población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI) en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2018.....	50
Figura 32. Tasa de víctimas a causa de delito en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2020 (por cada 100 000 habitantes)	53
Figura 33. Sistema de los consejos de desarrollo urbano y rural.....	59

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Aecid	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
Alpadi	Alianza para el Desarrollo Integral
CA	canasta ampliada
CAP	centro de atención permanente
CAT	comadronas adiestradas tradicionales
CBA	canasta básica alimentaria
CDAG	Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala
Cirma	Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamérica
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
Cocode	consejo comunitario de desarrollo
Codede	consejo departamental de desarrollo
Codema	comisión departamental de medio ambiente
Codesan	comisión departamental de seguridad alimentaria y nutricional
COE	centro de operaciones de emergencia
Comude	consejo municipal de desarrollo
Conadur	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Conred	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
Coredur	consejo regional de desarrollo urbano y rural
Cundech	Centro Universitario de Chimaltenango
DAS	Dirección de Área de Salud
Diacó	Dirección de Atención al Consumidor
Dideduc	Dirección Departamental del Ministerio de Educación
Dinese	Directorio Nacional Estadístico de Empresas
DMP	Dirección Municipal de Planificación
EMA	Programa Enfermedad, Maternidad y Accidentes
Encovi	Encuesta Nacional de Condiciones de Vida

Fundesa	Fundación para el Desarrollo de Guatemala
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
IDH	índice de desarrollo humano
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
INAB	Instituto Nacional de Bosques
Inacop	Instituto Nacional de Cooperativas
INE	Instituto Nacional de Estadística
Infom	Instituto de Fomento Municipal
Inguat	Instituto Guatemalteco de Turismo
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
Intecap	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
IPC	índice de precios del consumidor
IVS	Programa Invalidez, Vejez y Supervivencia
kWh	kilovatio hora
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Mamcosur	Mancomunidad de Municipios de la Costa Sur
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Masur	Mancomunidad Sureña para el Desarrollo Integral
MEM	Ministerio de Energía y Minas
Micude	Ministerio de Cultura y Deportes
Mindéf	Ministerio de la Defensa
Mineco	Ministerio de Economía
Mineduc	Ministerio de Educación
Minfin	Ministerio de Finanzas Públicas
Mingob	Ministerio de Gobernación
Mintrab	Ministerio de Trabajo
Mipyme	micro, pequeña y mediana empresa
MP	Ministerio Público
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Ocret	Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado
Ocse	Oficina Coordinadora Sectorial de Estadísticas
OJ	Organismo Judicial
ONG	organización no gubernamental
PDD	plan de desarrollo departamental
PDH	Procuraduría de los Derechos Humanos
PDM	plan de desarrollo municipal
PEA	población económicamente activa
PEI	población económicamente inactiva
PGN	Procuraduría General de la Nación
Pinfor	Programa de Incentivos Forestales
Pinpep	Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierras de vocación forestal o agroforestal
PNC	Policía Nacional Civil
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POT	plan de ordenamiento territorial
Probosque	Programa de incentivos para el establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala
Renap	Registro Nacional de Personas
RIC	Registro de Información Catastral
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria
SCEP	Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia
Segeplán	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
Seprem	Secretaría Presidencial de la Mujer
Sesán	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional
Sigsa	Sistema de Información Gerencial en Salud
Sipecif	Sistema Nacional para la Prevención y Control de Incendios Forestales
TSE	Tribunal Supremo Electoral
UE	Unión Europea
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Unicef	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UPCV	Unidad de Prevención del Delito y Violencia
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
Usaid	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
VIH/sida	virus de inmunodeficiencia humana/síndrome de inmunodeficiencia adquirida

INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate fue elaborado en cuatro fases, publicadas en documentos individuales, tal como se describe a continuación:

Capítulo I	Caracterización biofísica
Capítulo II	Caracterización socioeconómica
Capítulo III	Mapeo de actores
Capítulo IV	Diagnóstico, línea base, zonificación territorial y plan de manejo integral

El presente documento corresponde al capítulo II, que se refiere a la caracterización socioeconómica de la cuenca. Para ello, se utilizó información cuantitativa y cualitativa, obtenida principalmente de fuentes secundarias. Los componentes analizados fueron: territorio, composición de la población, salud, educación, hogar y vivienda, servicios básicos, uso del agua, estructura vial, actividades económicas, institucionalidad, formas de organización, conflictividad social, historia y aspectos culturales. Asimismo, se abordan aspectos sobre inclusión social y pueblos indígenas.

La caracterización socioeconómica de una cuenca hidrográfica es un elemento base que, en conjunto con otras descripciones, aporta a la planificación de esta. De allí que proporciona información sobre la dimensión social, debido a que los cambios en la sociedad —que es constante y dinámica—, tienen una influencia directa o indirecta en el uso, estado y deterioro de los ecosistemas que interactúan en la cuenca hidrográfica, donde el agua es aquel recurso estrechamente relacionado con el desarrollo sostenible. Además, se complementa con la descripción de las siguientes dimensiones: económica, humana, cultural, política y construida.

1 METODOLOGÍA

Fase I:

Para la elaboración de la caracterización socioeconómica de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se recopiló, sistematizó y analizó información primaria y secundaria; utilizando un enfoque de género, inclusión social y participación de pueblos indígenas. Se usó información disponible de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística (INE), la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán), el Tribunal Supremo Electoral (TSE), entre otras.

Fase II:

Para poder sistematizar y analizar la información recopilada durante la fase I, se obtuvieron las bases de datos de los censos de población 2002 y 2018 y sus informes finales, y se clasificaron según la temática considerada para la caracterización. Posteriormente, se filtraron y adecuaron según los territorios delimitados y se aplicaron los métodos definidos para realizar una interpolación y las estimaciones correspondientes. Los resultados obtenidos se complementaron con información proveniente de las caracterizaciones departamentales generadas por el INE en el 2013, de los planes de desarrollo departamental y de ordenamiento municipal, y de otros documentos.

Fase III:

La unidad de estudio utilizada fue la cuenca hidrográfica, que se abordó de manera integral, ya que sustenta la vida de las comunidades y sus habitantes. El enfoque de cuenca es otra forma de observar cómo las actividades del ser humano intervienen con el funcionamiento hidrológico y se interrelacionan en su parte alta, media y baja.

Se realizó una revisión bibliográfica que permitió definir 14 aspectos que brindan una visión sobre los lugares poblados, las actividades económicas que se desarrollan y otros temas. La descripción de las variables de cada subtema se consignó de manera que mostrara su interrelación con la cuenca hidrográfica en cuanto al nivel de uso de los recursos naturales, administración y toma de decisiones, se abordan a nivel de región, departamento, municipio, lugar poblado y cuenca según la disponibilidad de información, y resaltando datos encontrados en el proceso. En cada apartado se describen los datos, se explican conceptos, y se presentan mapas, gráficas y tablas.

La delimitación del territorio se basó en lo establecido en el marco legal vigente, el cual señala que Guatemala ha organizado su territorio administrativamente en regiones conformadas por uno o más departamentos que reúnen características similares. Como primer orden de división se han demarcado los departamentos, que están integrados por municipios (Constitución Política de la República de Guatemala, 1985), en los que se han registrado lugares poblados que, según el Instituto Nacional de Estadística (2018), se categorizan como aldeas y caseríos, y se definen como: “toda localidad, urbana o rural, que responde a un nombre localmente conocido por autoridades y vecinos que, al momento del Censo, fue nombrado por el informante; forma parte de un municipio; no tiene límites diferenciados reconocidos; y es habitado por personas” (Instituto Nacional de Estadística, 2002).

Además, en lo específico de las descripciones de los departamentos se utilizará la subdivisión departamental que elaboró la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán) en el 2007, para abordar algunos aspectos de salud, actividades económicas, educación, infraestructura vial y otros. La distribución de municipios en cada departamento es la siguiente:

1. Escuintla
 - a. Territorio Madre Vieja: Tiquisate y Nueva Concepción.
 - b. Territorio azucarero: Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, La Democracia y La Gomera.
 - c. Territorio litoral del Pacífico: Escuintla, Masagua, San José e Iztapa.
 - d. Territorio Pacaya: Palín, San Vicente Pacaya y Guanagazapa.
2. Chimaltenango
 - a. Territorio industrial: Chimaltenango, El Tejar, Parramos, San Andrés Itzapa y Zaragoza.
 - b. Territorio agroproductivo: Patzicía, Patzún, Santa Cruz Balanyá y Tecpán.
 - c. Territorio agroecoturístico: San Martín Jilotepeque, Santa Apolonia, San José Poaquil y San Juan Comalapa.
 - d. Territorio bocacosta: San Miguel Pochuta, San Pedro Yepocapa y Acatenango.
3. Suchitepéquez
 - a. Territorio 1: Cuyotenango, Mazatenango, Santo Domingo Suchitepéquez, San Gabriel, San Bernardino y San Lorenzo.
 - b. Territorio 2: Santo Tomás la Unión, San Pablo Jocopilas, Samayac, San Francisco Zapotitlán, Pueblo Nuevo y Zunilito.

- c. Territorio 3: Chicacao, San Miguel Panán, San Antonio Suchitepéquez y San José el Ídolo.
- d. Territorio 4: Santa Bárbara, Río Bravo, San Juan Bautista y Patulul (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011).

1.1 Métodos para estimaciones

El método utilizado para estimar la población en la cuenca hidrográfica del río Coyolate partió del *XI Censo de Población* realizado por el Instituto Nacional de Estadística (2002), que contabilizaba un total de 677 poblados en la cuenca, donde habitaban 248 162 personas al año 2002. Debido a que el *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda* presenta datos a nivel municipal (y no de lugares poblados), fue necesario realizar una interpolación intercensal con los datos de los dos últimos censos, con el fin de estimar la población a escala de lugar poblado del año 2018. Se utilizaron diferentes modelos matemáticos para poder estimar la población total de los municipios con mayor exactitud.

Mediante un modelo aritmético se calculó la tasa de crecimiento anual, la cual fue aplicada por igual a todos los lugares poblados de un municipio. La estimación se validó cuando al sumar la población de los lugares poblados de algunos municipios, la población total era igual a la reportada para el municipio en el último censo (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

Para calcular el porcentaje de población por categoría (edad, sexo, pueblo, etc.) a nivel de municipio se utilizó la información del Censo 2018. La tasa obtenida se aplicó a la población de los municipios presentes en la superficie la cuenca, con lo cual se logró tener una aproximación de la población por cualquiera de sus categorías. Ejemplo de lo antes expuesto es la estimación por sexo para el municipio de Nueva Concepción, en el cual la población total de mujeres es de 36 956, lo cual representa un 50.7 %. Al aplicar esta tasa a la población de la cuenca del río Coyolate, se estimó que la población femenina es de 31 314.

Por último, el Censo 2018 recopiló datos sobre los hogares y sus diversas características. Esta información fue procesada para todo el municipio, omitiendo aquellos en los que la población de la cuenca fuera de cero, lo cual permitió obtener una aproximación general.

2 TERRITORIO

Los departamentos que tienen superficie o área dentro de la cuenca hidrográfica del río Coyolate son: Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla (de la región V o central) y Suchitepéquez de la región VI (Figura 1). En total, 16 municipios de estos departamentos tienen superficie parcial o total en la cuenca, con 677 poblados (Instituto Nacional de Estadística, 2002).

El 53 % del área de la cuenca se encuentra en el departamento de Escuintla, incluyendo cinco municipios: Santa Lucía Cotzumalguapa, Siquinalá, La Gomera, Nueva Concepción y Sipacate¹.

El 35 % de la superficie de la cuenca corresponde al departamento de Chimaltenango. Entre los municipios que forman parte de la cuenca están: Santa Apolonia, Tecpán Guatemala, Patzún, Pochuta, Patzicía, San Andrés Itzapa, Acatenango y San Pedro Yepocapa.

El 12 % del área de la cuenca se encuentra en el municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez. Por último, en el departamento de Sacatepéquez se encuentra una pequeña parte de la cuenca en los municipios de San Miguel Dueñas y San Juan Alotenango con 0.001 % y 0.01 % del área de la cuenca respectivamente.

Por lo tanto, debido a que los departamentos con mayor superficie en la cuenca son Escuintla, Suchitepéquez y Chimaltenango, a lo largo del presente documento la narrativa se centrará en estos ya que, como se indicó anteriormente, el departamento de Sacatepéquez solo representa el 0.01 % del área de la cuenca, donde no existen centros poblados según la cartografía del Instituto Nacional de Estadística (2002) (Figura 1).

¹ Para fines de esta caracterización se debe tener conocimiento de que el municipio de Sipacate fue creado en octubre de 2015, según el Decreto n.º 4-2015 (Congreso de la República de Guatemala, 2015), por lo cual se le adjudicaron lugares poblados que, previo a dicha fecha, pertenecían al municipio de La Gomera.

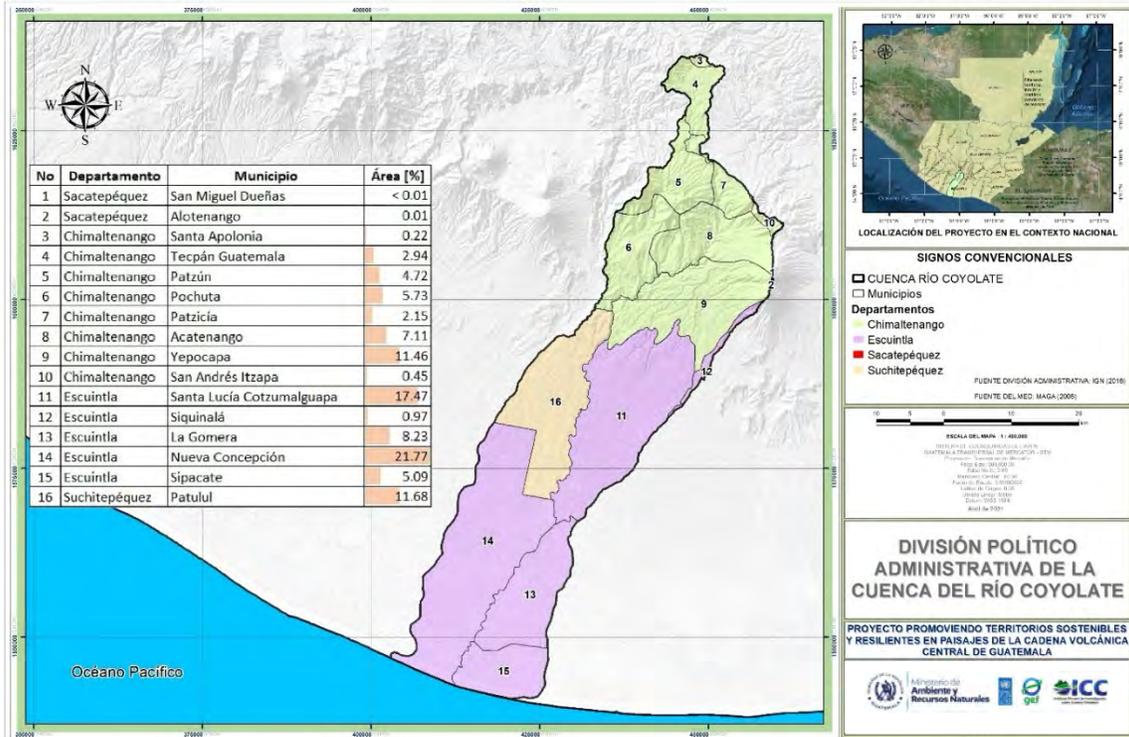


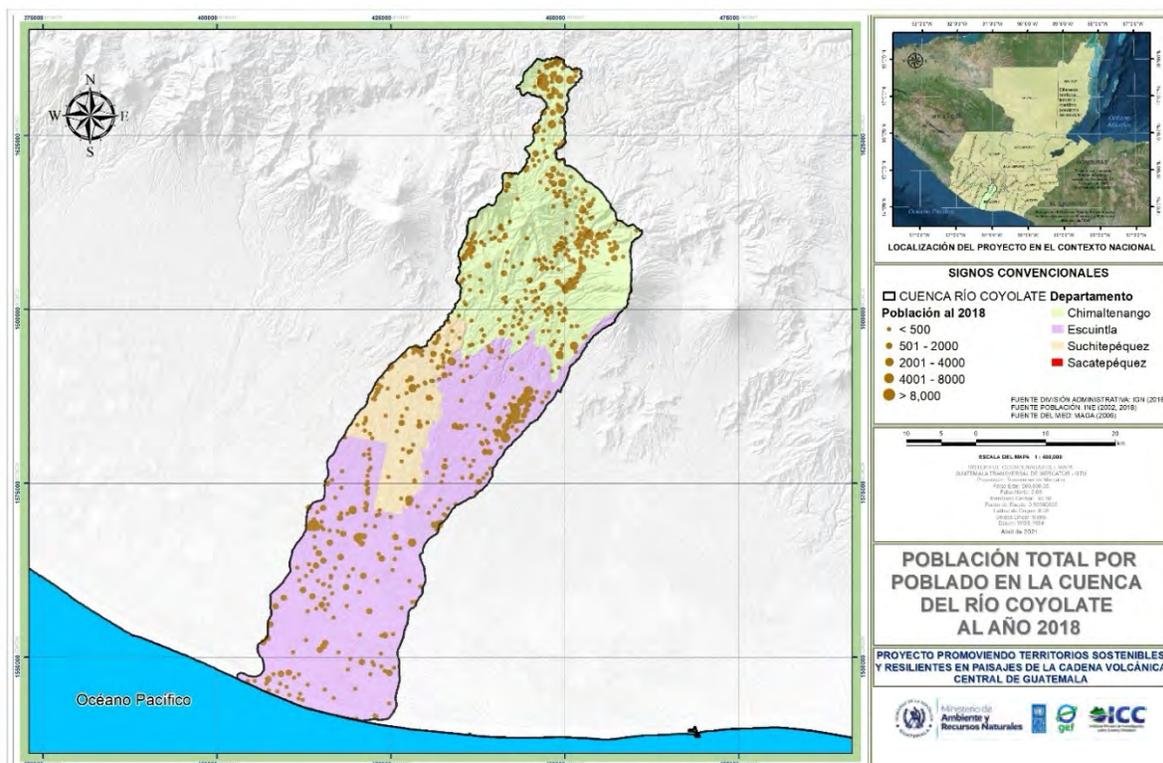
Figura 1. División político-administrativa de la cuenca hidrográfica del río Cozolate

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2003).

3 COMPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN

Con base en la interpolación realizada, se estima que la población que habitaba en esta cuenca en el 2018 era de 339 461 personas. Entre los años 2002 y 2018, la densidad poblacional pasó de 138 a 189 personas por kilómetro cuadrado (personas/km²) respectivamente. Al 2018, del total de la población en la cuenca, el 54 % habitaba en el departamento de Escuintla, el 4 % en Suchitepéquez y el 42 % en Chimaltenango (Figura 2).

Los municipios de San Miguel Dueñas y San Juan Alotenango del departamento de Sacatepéquez no cuentan con lugares poblados dentro de la cuenca. Los ocho municipios de Chimaltenango que se encuentran en el área de cobertura suman 324 lugares poblados, solamente en el caso del municipio de San Andrés Itzapa (0.45 % del área de la cuenca) no se identificó ninguno. Los cinco municipios de Escuintla que tienen presencia en la cuenca suman 275 lugares poblados, pero no se identificó ninguno en el municipio de Siquinalá (0.97 % del área de la cuenca), y el municipio de Sipacate no existía cuando se recogieron los datos del Censo 2002. En el municipio de Patulul del departamento de Suchitepéquez existen 78 lugares poblados que habitan en la cuenca (Instituto Nacional de Estadística, 2002).



Para poder conocer las características de la población que habita en la cuenca relacionadas con edad, sexo, estado conyugal, urbano/rural, pueblo y comunidad lingüística, se realizó una interpolación de la población utilizando el *XXII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*, mediante lo cual se obtuvieron estimaciones por municipio según los lugares poblados identificados en el *XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación*.

Los grupos etarios de la población que se identificaron en la cuenca del río Coyolate son los siguientes: (1) Menores de edad (19 años o menos): 45 %, (2) 20-34 años: 26 %, (3) 35-59 años: 21 % y (4) personas de la tercera edad (mayores a 60 años): 7 %. La población en la cuenca es altamente joven (71 %), conformada por menores de edad y adultos jóvenes.

Se estima que el 51 % de la población total en los 16 municipios que se encuentran en la cuenca corresponde a mujeres y 49 % a hombres (estos mismos porcentajes se observan en los ocho municipios de Chimaltenango). En el caso de los cinco municipios de Escuintla, y en el municipio de Patulul en Suchitepéquez, tanto la población femenina como la masculina es del 50 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018). En la Figura 3 se observa la ocupación de hombres y mujeres en los municipios con lugares poblados en la cuenca.

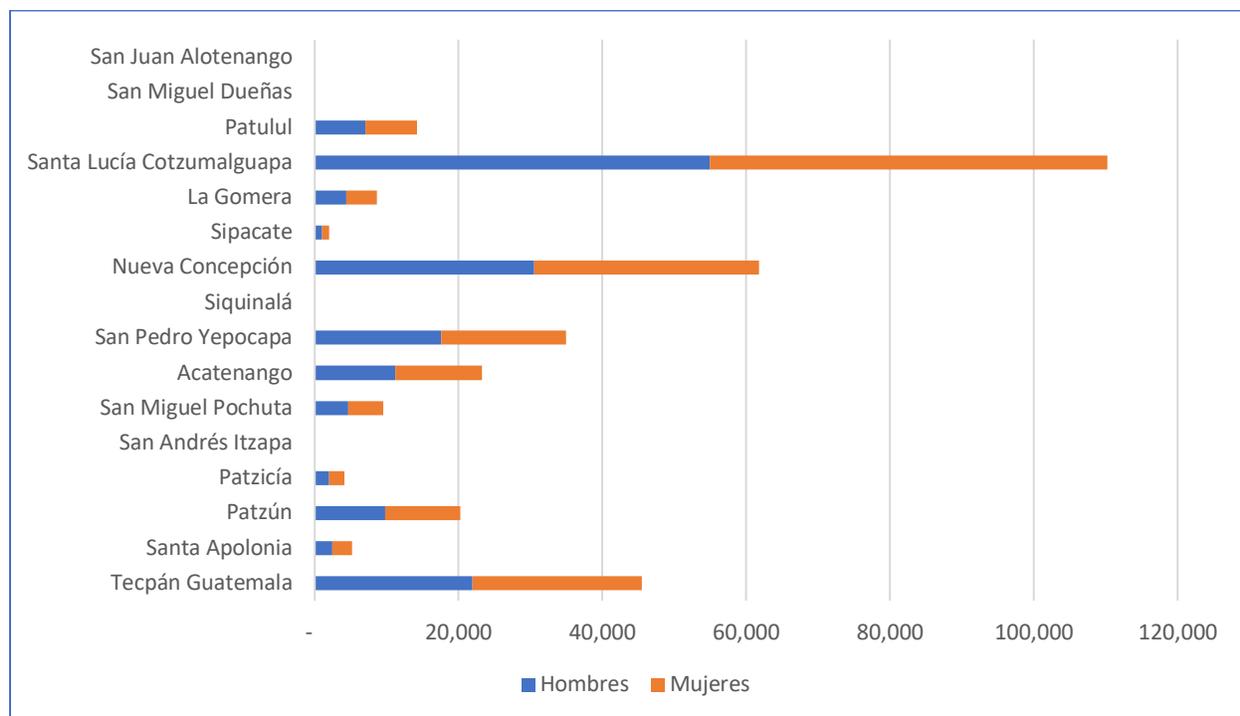


Figura 3. Población por sexo en los municipios ubicados dentro de la cuenca del río Coyolate en el año 2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

En cuanto al estado conyugal, el Censo 2018 considera la situación de la población de 10 años o más, lo que permitió identificar que: 43 % se declara estar soltero, 51 % se encuentra unido o casado, 2 % separado o divorciado y 4 % es viudo.

3.1 Población urbana/rural

Según la categorización del último censo de población, se estima que el total de la población urbana en la cuenca hidrográfica de Coyolate es de 43 % y la rural de 57 % (considerando que solo 12 de los 16 municipios con superficie en la cuenca aportan población) (Tabla 1). De la población de los municipios ubicados dentro de la cuenca: en Chimaltenango, 44 % ocupa el área urbana y 56 % el área rural; en Escuintla 42 % vive en el área urbana y 58 % en el área rural; en el municipio Patulul del departamento de Suchitepéquez el 28 % de la población habita en el área urbana y 72 % en el área rural (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

Tabla 1. Composición de la población que habita en la cuenca del río de Coyolate

Departamento	Municipio	Área de la cuenca (%)	Población estimada al 2018*	Urbana (%)	Rural (%)
Chimaltenango	Tecpán Guatemala	2.94	45 473	38	62
	Santa Apolonia	0.22	5189	12	88
	Patzún	4.72	20 231	46	54
	Patzicía	2.15	4098	64	36
	San Andrés Itzapa	0.45	-	-	-
	San Miguel Pochuta	5.73	9479	49	51
	Acatenango	7.11	23 228	52	48
	San Pedro Yepocapa	11.46	34 948	49	51
Escuintla	Siquinalá	0.97	-	-	-
	Nueva Concepción	21.77	61 779	22	78
	Sipacate	5.09	2011	61	39
	La Gomera	8.23	8651	57	43
	Santa Lucía Cotzumalguapa	17.47	110 178	52	48
Suchitepéquez	Patulul	11.68	14 196	28	72
Sacatepéquez	San Miguel Dueñas	< 0.01	-	-	-
	San Juan Alotenango	0.01	-	-	-
Total		100	338 461	42	58

Nota. Población estimada por medio de interpolación intercensal con base en lugares poblados por municipio. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018)

3.2 Población por pueblo: maya, garífuna, xinka, afrodescendiente, ladino y extranjero

Según el Instituto Nacional de Estadística (2018), la población de Guatemala se clasifica en los siguientes pueblos: maya, garífuna, xinka, afrodescendiente, ladino y extranjero. En la Tabla 2 se observa el detalle correspondiente a la población que habita en la cuenca.

Tabla 2. Población por pueblo en la cuenca del río Coyolate, año 2018

n.º	Pueblo	Población relativa (%)
1	Maya	34.76
2	Garífuna	0.09
3	Xinka	0.02
4	Afrodescendiente/creole/afromestizo	0.12
5	Ladino	64.91
6	Extranjero	0.10

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

3.3 Población maya por comunidades lingüísticas

El total de población maya en la cuenca es de 35.76 %. De las 22 comunidades lingüísticas mayas presentes en el país, las siguientes se registran en los municipios ubicados dentro de la cuenca (en un porcentaje mayor a 1 %): ixil, k'iche', kaqchikel y mam (Figura 4). Predomina la población hablante de kaqchikel, ya que se encuentra presente en 12 municipios con lugares poblados en la cuenca; seguida de la comunidad k'iche' (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

Un alto porcentaje de la población del departamento de Chimaltenango habla kaqchikel. Más del 95 % de la población maya de los siguientes municipios habla dicho idioma: Tecpán Guatemala, Santa Apolonia, Patzún, Patzicía, Acatenango y San Pedro Yepocapa. En Escuintla, el 27 % de la población de Santa Lucía Cotzumalguapa y La Gomera hablan dicho idioma; mientras que en el municipio de Patulul del departamento de Suchitepéquez este porcentaje es de alrededor del 50 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

La segunda mayor comunidad lingüística presente en la cuenca es la k'iche'. Los porcentajes más altos de población que habla este idioma están en el departamento de Escuintla en los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa (58 %), Nueva Concepción (46 %) y, en menor cantidad, en el resto de los

municipios. En Patulul el porcentaje estimado es de 24 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

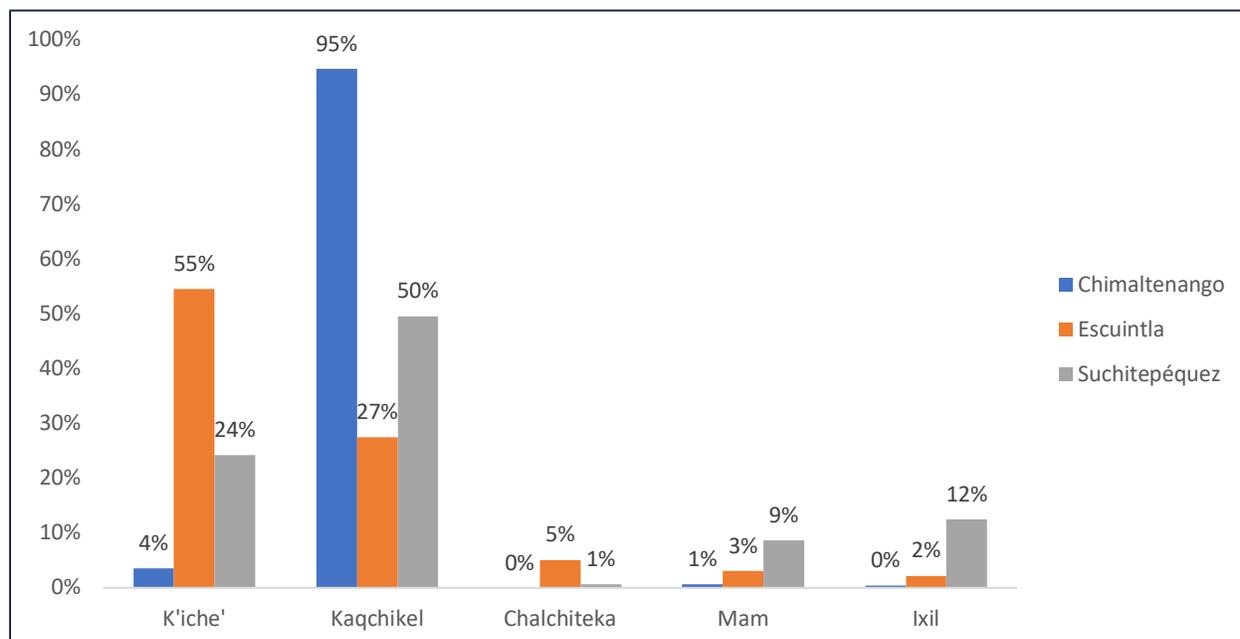


Figura 4. Población relativa por comunidad lingüística maya en la cuenca del río Coyolate, año 2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

3.4 Pobreza

Según datos de la *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida* (Encovi) (Instituto Nacional de Estadística, 2014), el 58.9 % de la población que habita en la cuenca es pobre, de la cual el 16.7 % vive en pobreza extrema y 42.2 % en pobreza no extrema (Tabla 3 y Figura 5).

Tabla 3. Porcentaje de la población que vive en pobreza en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2014

Departamento	Pobreza (%)		
	Extrema	No extrema	Total
Chimaltenango	23.4	42.7	66.1
Escuintla	11.2	41.7	52.9
Suchitepéquez	19.8	43.9	63.7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2014).

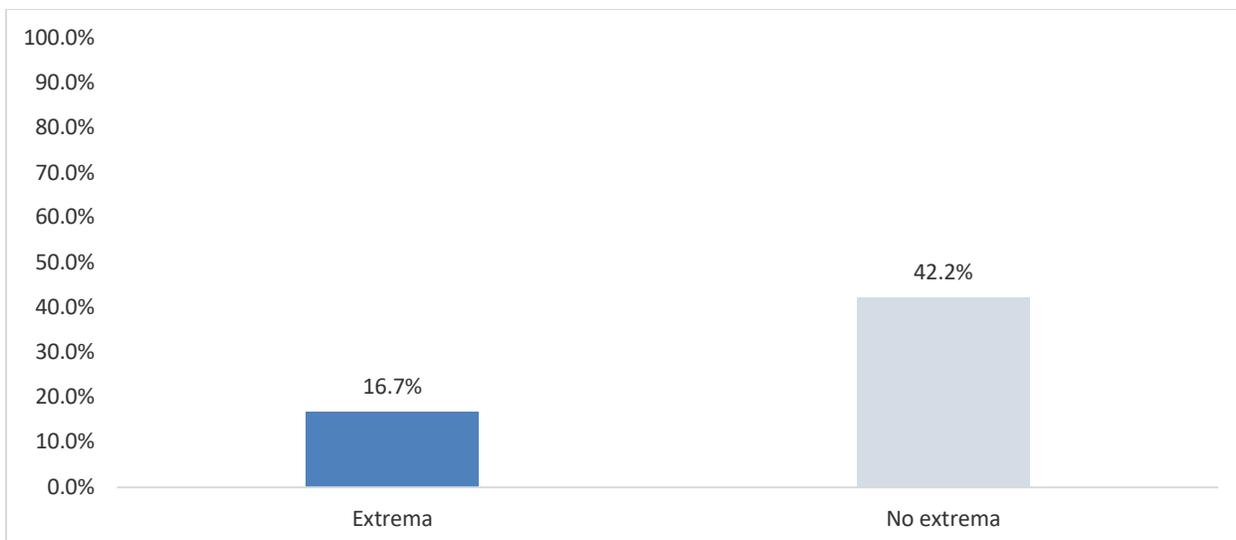


Figura 5. Población que vive en pobreza en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2014 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2014).

Según el componente de Desarrollo y Pobreza del Inform (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia *et al.*, 2018)², los departamentos ubicados en la cuenca tienen un riesgo de categoría muy bajo, bajo y alto. Así, de los 16 municipios con presencia en la cuenca, 13 % presenta una condición de vulnerabilidad socioeconómica de muy bajo riesgo, principalmente en el departamento de Escuintla. En los departamentos de Suchitepéquez y Escuintla el 31 % vive en condición de bajo riesgo. En los municipios del departamento de Chimaltenango y Suchitepéquez, el 56 % se encuentra en condición socioeconómica de alto riesgo. Ninguno de los municipios tiene niveles de riesgo muy altos.

Los municipios con lugares poblados en la cuenca que más llaman la atención por su situación de vulnerabilidad socioeconómica son: Siquinalá y Nueva Concepción (por su riesgo muy bajo); mientras que los municipios con alto riesgo se encuentran todos en los departamentos de Chimaltenango y Suchitepéquez, los cuales se ubican en la parte alta y media de la cuenca del río Coyolate (Tabla 4).

² El informe para Guatemala del índice para la gestión de riesgo en Guatemala (Inform, por sus siglas en inglés) (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia *et al.*, 2018) se divide en tres dimensiones: peligro y exposición, vulnerabilidad y falta de capacidad de respuesta. Para este apartado se consideró la dimensión de *vulnerabilidad* en la categoría socioeconómica, que tiene las componentes de desarrollo y pobreza en la que los indicadores se convierten en índices (con rango 0 a 10). Esto significa que los rangos (0 = muy bajo, 10 = muy alto) permiten hacer una comparación entre los municipios. La categoría de vulnerabilidad socioeconómica es aquella en la que no se cuenta con condiciones de vida y bienestar seguro y resiliente. Los indicadores que se utilizan en el componente son: índice de desarrollo humano (IDH), condiciones de vida, vivienda y pobreza en Guatemala.

Tabla 4. Categoría socioeconómica según el Informe (2018) por total del municipio

n.º	Departamento	Municipio	Informe socioeconómico	Nivel de riesgo
1	Escuintla	Siquinalá	2.1	Muy bajo
2	Escuintla	Nueva Concepción	2.5	
3	Escuintla	Santa Lucía Cotzumalguapa	2.7	Bajo
4	Suchitepéquez	Alotenango	3	
5	Escuintla	Sipacate	3.2	
6	Escuintla	La Gomera	3.3	
7	Suchitepéquez	San Miguel Dueñas	3.3	
8	Chimaltenango	Patzún	5	Alto
9	Suchitepéquez	Patulul	5.1	
10	Chimaltenango	San Andrés Itzapa	5.3	
11	Chimaltenango	Acatenango	5.5	
12	Chimaltenango	San Pedro Yepocapa	5.5	
13	Chimaltenango	Tecpán Guatemala	5.6	
14	Chimaltenango	Patzicía	5.7	
15	Chimaltenango	San Miguel Pochuta	5.8	
16	Chimaltenango	Santa Apolonia	5.9	

Nota. Clasificación según su nivel de riesgo: 0-2.5 muy bajo, 2.6-3.5 bajo, 3.6-4.6 medio, 4.7-5.9 alto y 6-7.5 muy alto. Fuente: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2018).

4 SALUD

4.1 Natalidad y fecundidad

El número de nacimientos registrados en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate son: 14 102 en el departamento de Escuintla (con una variación del año anterior de -9.5 %), 14 090 en el departamento de Chimaltenango (con una variación del año anterior de -7.8 %) y 12 066 en el departamento de Suchitepéquez (con una variación del año anterior de -9.8 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2020d).

La fecundidad mide la cantidad de hijos (as) nacidos vivos que han tenido las mujeres. En cuanto al promedio de hijos o hijas por mujer de 15 a 49 años en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, la tasa de fecundidad fue de 2.0 en Escuintla, 2.1 en Chimaltenango y 2.3 Suchitepéquez (Instituto Nacional de Estadística, 2020f) (Figura 6).

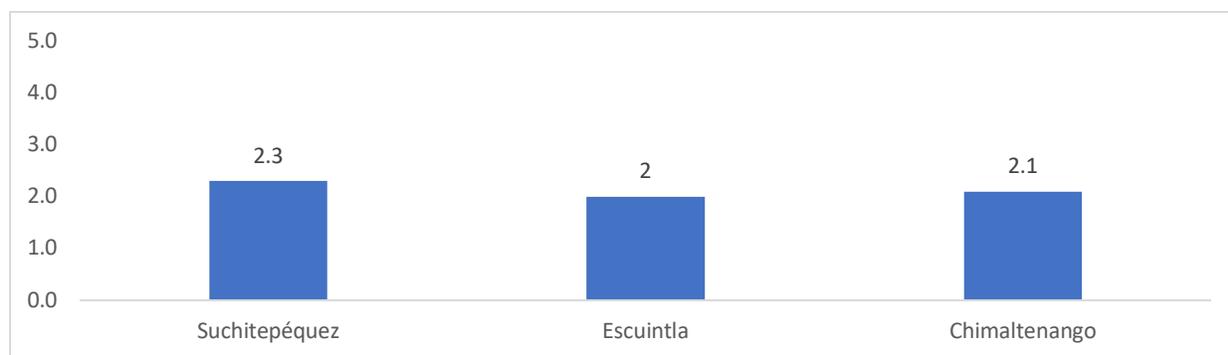


Figura 6. Tasa global de fecundidad por departamento en la cuenca del río Coyolate (año 2020)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2020f).

4.2 Defunciones

En el departamento de Escuintla se registraron 5333 defunciones. En promedio murieron 14.6 personas al día, y fallecieron más hombres (60.7 %) que mujeres. La principal causa de muerte fue por "otras causas" (41 %), seguida en orden de importancia por: síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio (16 %) y diabetes mellitus (10 %) (Figura 7) (Instituto Nacional de Estadística, 2020c).

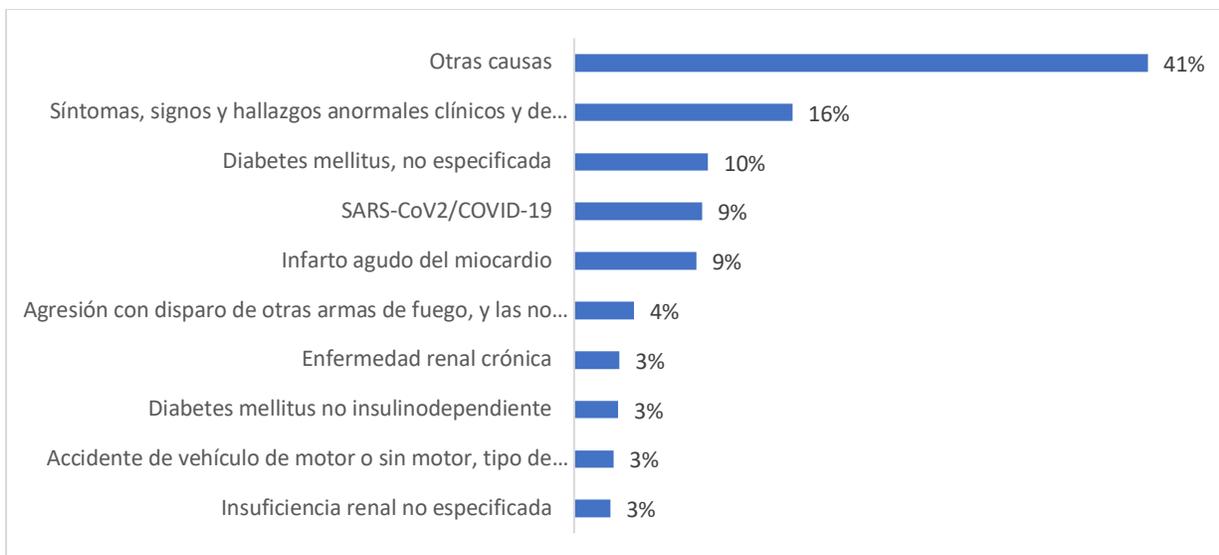


Figura 7. Principales causas de muerte en el departamento de Escuintla, año 2020

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2020c).

En el departamento de Chimaltenango se registraron 3113 defunciones. En promedio murieron 8.5 personas al día, y fallecieron más hombres (54.9 %) que mujeres. La principal causa de muerte fue por "otras causas" (48 %), seguida en orden de importancia de diabetes mellitus (8 %), y síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio (8 %) (Figura 8) (Instituto Nacional de Estadística, 2020c).



Figura 8. Principales causas de muerte en el departamento de Chimaltenango, año 2020

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2020c).

En el departamento de Suchitepéquez se registraron 3725 defunciones. En promedio murieron 10.2 personas al día, y fallecieron más hombres (58.9 %) que mujeres. La principal causa de muerte fue por síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio no clasificados en otra parte (47 %), otras causas y síntomas (26 %) y COVID-19 (6 %) (Figura 9) (Instituto Nacional de Estadística, 2020c).

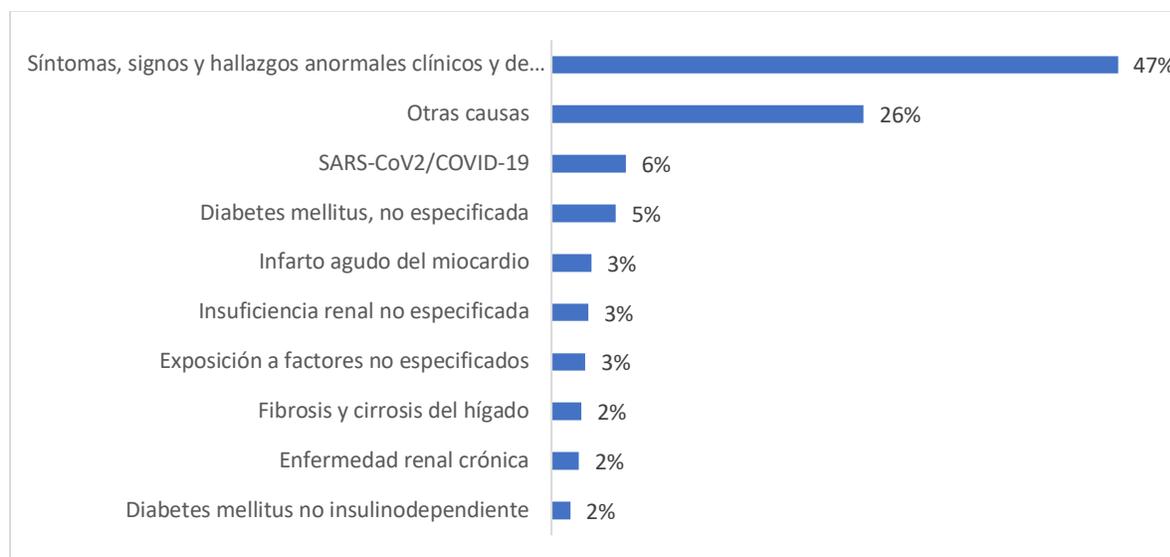


Figura 9. Principales causas de muerte en el departamento de Suchitepéquez, año 2020

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2020c).

4.3 Morbilidad

La morbilidad se refiere a la cantidad de personas que se enferman en un lugar y un período de tiempo determinados con relación al total de la población. Para el año 2019, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) identificó las principales causas de morbilidad (Tabla 5), algunas de las cuales están relacionadas con el consumo de agua.

Tabla 5. Causas principales de morbilidad general en las personas de los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2019

n.º	Causa de morbilidad general	Escuintla	Chimaltenango	Suchitepéquez
1	Infecciones respiratorias agudas (en el caso de Escuintla se registra resfriado común)	62 060	149 893	8408
2	Gastritis	25 891	22 927	No se cuenta con información
3	Infección de vías urinarias	38 139	15 829	7633

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2019).

Entre otras causas de morbilidad se reportaron las siguientes: (a) en Escuintla: amigdalitis aguda (36 495 personas) y fiebre con escalofríos (24 789); (b) en Chimaltenango: enfermedades diarreicas (24 247) y amebiasis (12 069) y (c) en Suchitepéquez: síndrome diarreico agudo (7060) y fracturas (4504) (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2019).

4.4 Servicios externos e internos

En cuanto a las consultas externas³, los centros hospitalarios privados brindaron atención a 36 035 personas en el departamento de Escuintla. La mayor demanda fue por otras causas (43.4 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: enfermedad renal crónica (18.8 %), otros exámenes especiales e investigaciones en personas sin quejas o sin diagnóstico informado (7.4 %), supervisión de embarazo normal (6.4 %), otras gastroenteritis y colitis de origen infeccioso y no especificado (2.9 %) y otros (Instituto Nacional de Estadística, 2020a).

En el departamento de Chimaltenango los centros hospitalarios privados brindaron consultas externas a 28 670 personas. La mayor demanda fue por otras causas (43.2 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: enfermedad renal crónica (6.8 %), otros trastornos del sistema urinario (4.6 %), otros exámenes especiales e investigaciones en personas sin quejas o sin diagnóstico informado (4.6 %), trastornos de la acomodación y de la refracción (3.7 %) y otros (Instituto Nacional de Estadística, 2020a).

Por último, en el departamento de Suchitepéquez los centros hospitalarios privados brindaron consultas externas a 17 609 personas, la mayor demanda fue por otras causas (26.5 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: enfermedad renal crónica (22.4 %), otros exámenes especiales e investigaciones en personas sin quejas o sin diagnóstico

³ Servicios externos: atención de pacientes ambulatorios que asisten a consulta médica, fuera de las áreas de hospitalización.

informado (10.1 %), enfermedad inflamatoria del cuello uterino (4.0 %), otras afecciones inflamatorias de la vagina y de la vulva (3.3 %) y otros (Instituto Nacional de Estadística, 2020a).

En cuanto a los servicios internos⁴, los centros hospitalarios privados del departamento de Escuintla atendieron a 11 365 personas en 2020. La mayor demanda fue por enfermedad renal crónica (24.9 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: otras causas (22.0 %) y parto único por cesárea (13.4 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2020b).

En el departamento de Chimaltenango se brindaron servicios internos a 4656 personas. La mayor demanda fue por otras causas (26.3 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: parto único por cesárea (12.8 %) y enfermedad renal crónica (11.7 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2020b).

Por último, en el departamento de Suchitepéquez se brindaron servicios internos a 6134 personas. La mayor demanda fue por otras causas (20.6 % del total de casos atendidos), le siguieron en orden de importancia: nacidos vivos según lugar de nacimiento (18.9 %) y parto único por cesárea con (14.7 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2020b).

Por otro lado, dos aspectos que sobresalen en el Plan de Desarrollo Departamental de Escuintla (2011) son: (a) el manejo y control de la malaria y la tuberculosis, y (b) la propagación del VIH/sida, cuyos datos muestran un incremento progresivo de los casos detectados desde el inicio de la epidemia en la década de los años 80⁵ (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

4.5 Inmunizaciones

Con relación a los programas de inmunizaciones, la *Memoria de Estadísticas Vitales y Vigilancia Epidemiológica 2019* reportó las siguientes coberturas en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2019) (Tabla 6).

⁴ Servicios internos: atención de pacientes que ingresan en una sala interna para ser atendidos médica, quirúrgica u obstétricamente.

⁵ De 66 casos reportados en el 2005, al concluir el año 2010 se habían diagnosticado un total de 1396 casos (30 % de ellos en el país). De estos, 336 corresponden al año 2010, con un predominio del sexo masculino sobre el femenino (56 %), y la principal causa de transmisión es la relación sexual desprotegida. De 2626 exámenes efectuados para detectar VIH en mujeres embarazadas, nueve casos resultaron positivos (0.3 %), lo cual evidencia la vulnerabilidad de las mujeres a ser infectadas y de que exista transmisión vertical a los niños, cuando no se tiene la oportunidad de recibir tratamiento (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Tabla 6. Programas de vacunación en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2019

n.º	Departamento	Chimaltenango	Escuintla	Suchitepéquez
	Población infantil menor de 1 año	14 375	16 673	16 346
	Vacunas	(%)		
1	Tuberculosis	90	1.5	72
2	Hepatitis B	80	0.8	59
3	Pentavalente*	93	2.2	72
4	Antipoliomielítica*	96	2.4	75
5	Rotavirus**	94	2.3	75
6	Influenza	18	0.8	19
7	Neumococo**	95	2.4	77
8	Sarampión, paperas y rubeola***	90	91	97

Nota. *Aplicación de tres dosis, **Aplicación de dos dosis, ***Aplicación de dosis a niños entre 1 a 2 años. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2019).

4.6 Desnutrición

Según el *Cuarto Censo Nacional de Talla en Escolares (2015)*, en la región V —a la que pertenecen los departamentos de Escuintla y Chimaltenango—, se identificó que de 37 630 niños censados⁶, 70.4 % se encuentra en estado nutricional normal y 29.6 % tiene retardo de talla, de los cuales 23.3 % está en un estado nutricional moderado y 6.3 % en un estado nutricional severo, aun así su categoría de vulnerabilidad nutricional se ubica en moderada (Ministerio de Educación, 2015).

En lo que se refiere a la clasificación de vulnerabilidad nutricional según prevalencia de retardo en talla o desnutrición crónica, el departamento de Escuintla tiene los valores más bajos con 18.6 %, mientras que Chimaltenango (42.7) % y Suchitepéquez (31.7 %) tienen valores más altos (Ministerio de Educación, 2015).

4.7 Infraestructura de salud

Según datos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2019), la distribución de infraestructura de salud en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate se describe en la Tabla 7.

⁶ Niños censados: niños y niñas asistentes a primer grado del sector público, comprendidos entre las edades de seis años con cero meses a nueve años con once meses (nacidos entre julio de 2005 a julio 2009).

Tabla 7. Tipo de servicio de salud en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate en el año 2019

n.º	Tipo de servicio de salud	Escuintla	Chimaltenango	Suchitepéquez	Totales
1	Hospitales	5	3	3	11
2	CAP	6	3	3	12
3	Caimi	0	0	0	0
4	Cenapa	1	0	2	3
5	Puesto de salud fortalecido	1	0	6	7
6	Centros de salud tipo "A"	3	0	0	3
7	Centros de salud tipo "B"	1	12	5	18
8	Puestos de salud	2	45	7	54
9	Maternidades cantonales	0	1	0	1
10	Centros de urgencias 24 horas	2	0	0	2
11	Clínicas periféricas	0	1	7	8
12	Centros de convergencia	15	102	28	145
13	Unidades notificadoras	4	76	4	84
14	Clínicas médicas particulares	No se cuenta con información	116	55	171
15	Hospitales y/o sanatorios privados	20	21	9	50
16	Farmacias	4	210	93	307
17	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)	Institución presente en cada departamento de la cuenca, pero no se tiene información a detalle sobre sus instalaciones.			

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2019).

5 EDUCACIÓN

Los porcentajes de cada nivel educativo de la población mayor de cuatro años en la cuenca hidrográfica del río Coyolate son los siguientes: (1) nivel preprimario: 4 %, (2) nivel primario: 47 %, (3) nivel medio: 27 % y (4) superior (licenciatura, maestría y doctorado): 2 %. El restante 19 % de la población no cuenta con ningún nivel de formación educativa (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

El municipio de Acatenango del departamento de Chimaltenango cuenta con el mayor porcentaje de población sin ningún nivel de formación educativa (24 %). Al contrario, el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Escuintla cuenta con la población con mayor nivel educativo superior (4 %).

En el departamento de Escuintla se estima que, de la población que habita en la cuenca mayor de cuatro años, el 50 % ha cursado el nivel preprimario y primario, pero sobresale que 3 % cuenta con nivel educativo superior. En los departamentos de Chimaltenango y Suchitepéquez se estima que el 55 % y 50 % de la población, respectivamente, ha estudiado a nivel preprimario y primario (Tabla 8).

Tabla 8. Población de cuatro años y más, según nivel educativo en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2018

Departamento	Población relativa (%)			
	Ninguno	Preprimario y primario	Medio	Superior
Chimaltenango	21	55	23	2
Escuintla	18	50	30	3
Suchitepéquez	21	50	27	3
Total	19	51	27	2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Del 19 % de la población de entre 4 a 29 años que no ha recibido ninguna educación en cada departamento, los principales factores sociales que provocan su inasistencia a los establecimientos educativos son (Figura 10): falta de dinero (26 %), tener que trabajar (14 %) y por falta de gusto o de deseo de asistir (17 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

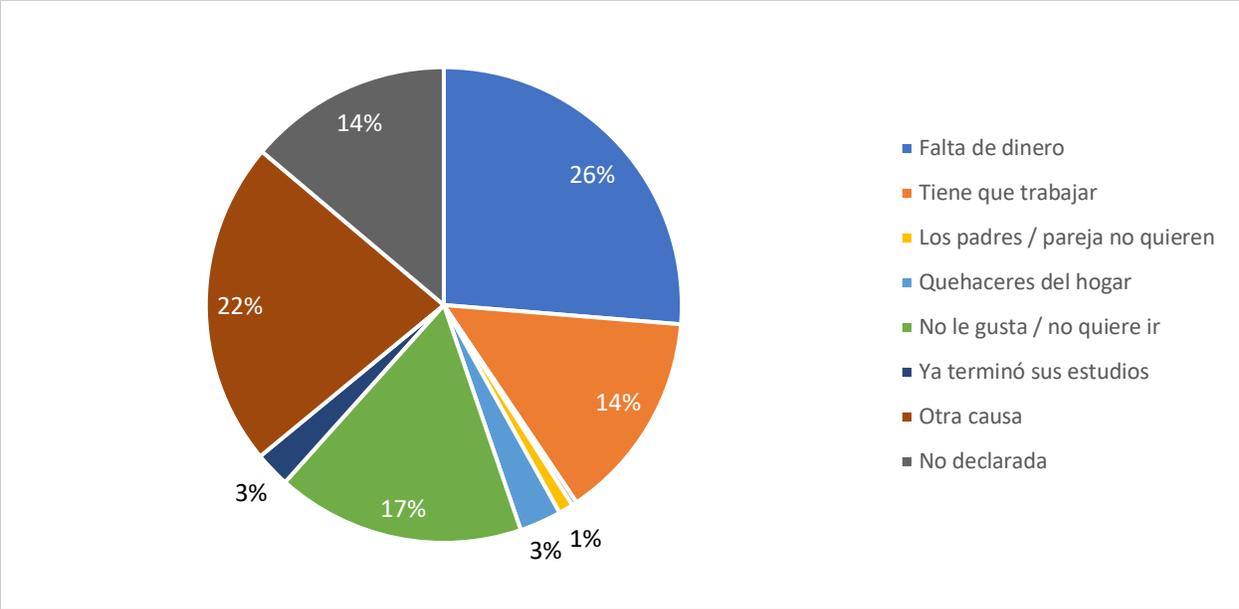


Figura 10. Causas de inasistencia a establecimientos educativos en la población entre 4 y 29 años en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

5.1 Alfabetismo

El que 84 % de la población que habita la cuenca del río Coyolate tiene 7 años o más, de los cuales el 84 % de ellos es alfabeto (sabe leer y escribir) y el 16 % es analfabeto (Figura 11). De las personas alfabetas, 43 % corresponde a hombres y 41 % a mujeres. Se estima que 27 % asiste a un establecimiento educativo, mientras que 73 % no asiste. De la población que asiste a un establecimiento, 89 % estudia en su mismo municipio y el resto ha tenido que salir para acceder a educación. Sobresale el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa con el porcentaje más alto de alfabetismo, 87 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

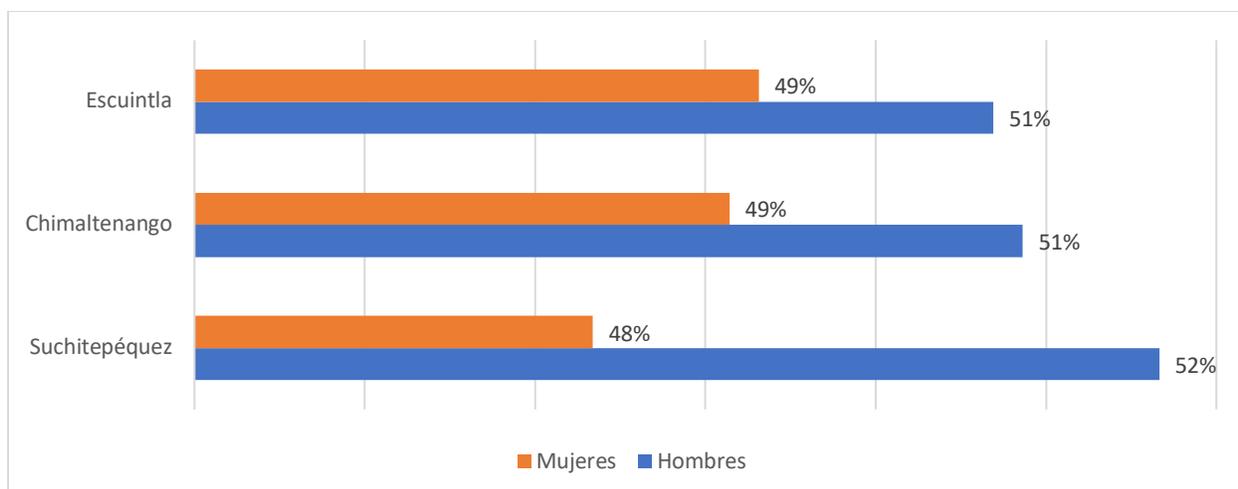


Figura 11. Población de siete años o más por tasa de alfabetismo en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)
 Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

5.2 Acceso y uso de dispositivos digitales e internet

El uso de nuevas tecnologías ha permitido acelerar el acceso a herramientas de estudio y ha agilizado la comunicación, con lo cual actualmente la población tiene a su disposición información de forma más veloz y directa. El uso del celular es el más común y un 59 % de la población relativa de la cuenca del río Coyolate mayor a siete años tiene acceso a dicho dispositivo (Figura 12). Sin embargo, 40 % de la población aun no lo utiliza en su diario vivir (Instituto Nacional de Estadística 2018).

La computadora es el segundo dispositivo más popular, 1.5 de cada 10 personas en la cuenca la utiliza, pero un 84 % de la población no tiene acceso o usa este dispositivo digital (Instituto Nacional de Estadística, 2018), a pesar de que es una importante herramienta de información, comunicación y estudio.

Guatemala cuenta con una red de internet nacional, pero el uso de dicho servicio implica tener un dispositivo digital. Al respecto, se ha estimado que de la población mayor a siete años en la cuenca, solo un 21 % usa internet, 77 % no lo utiliza en su día a día y del 2 % restante no se conoce si tiene acceso y/o utiliza el servicio. Los municipios de cada departamento con mayor acceso y uso de internet son: Patzún, Acatenango y San Pedro Yepocapa, Chimaltenango; y Sipacate, Escuintla (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

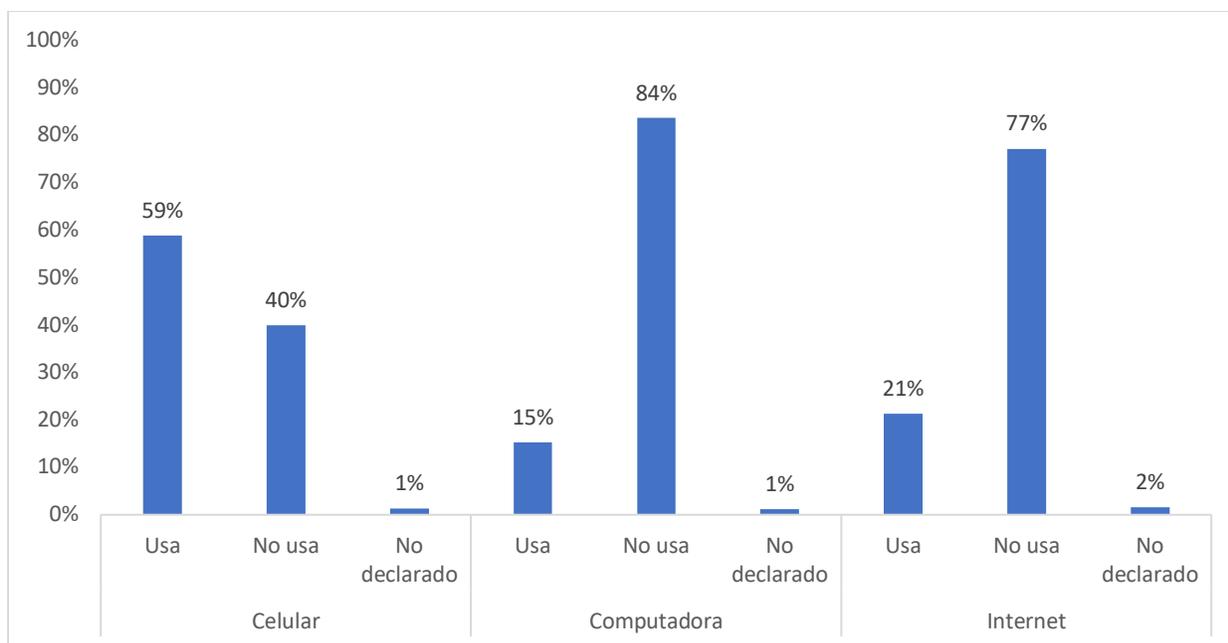


Figura 12. Población de siete años o más que utiliza celular, computadora y/o internet en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

5.3 Establecimientos educativos

La Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2011a) identificó 1301 establecimientos educativos en el departamento de Suchitepéquez (de los cuales 843 corresponden al sector público, equivalentes al 65 %). De estos, 399 son privados (31 %), 18 son municipales (1 %) y 41 corresponden al sector cooperativo (3 %). Las universidades que tienen presencia en el departamento son: Universidad de San Carlos de Guatemala por medio del Centro Universitario de Occidente (Cunsuroc) y en el sector privado se encuentra la Universidad Mariano Gálvez, la Universidad Rural y la Universidad Galileo. Todas ellas presentan una serie de opciones de carreras a nivel técnico y licenciatura.

En el departamento de Escuintla se identificaron 1521 establecimientos educativos (62 % públicos, 35 % privados y 3 % por cooperativa); de los cuales 508 son de preprimaria (33 %), 586 de nivel primaria (38 %) y 427 de nivel medio (28 %). Con relación al nivel superior existe una alta afluencia de jóvenes y adultos a las carreras ofertadas por la Universidad de San Carlos de Guatemala en el Centro Universitario del Sur (Cunsur), la Universidad del Valle (en Santa Lucía Cotzumalguapa), la Universidad Rafael Landívar, la Universidad Mariano Gálvez, la Universidad Rural (sedes en Escuintla, Tiquisate, Nueva Concepción y Santa Lucía Cotzumalguapa) y la Universidad

Galileo (sedes en Escuintla, Santa Lucía Cotzumalguapa, San José y Tiquisate), entre otras (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

En el departamento de Chimaltenango la infraestructura educativa registrada es de 792 establecimientos en los diferentes niveles educativos, 130 de los cuales se encuentran en el área urbana y 662 en la rural. Con relación a los servicios universitarios se cuenta con sedes de las siguientes universidades: Mariano Gálvez, Panamericana, Rural, Galileo y San Carlos de Guatemala —a través del Centro Universitario de Chimaltenango (Cundech)— (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011c).

6 HOGARES Y VIVIENDA

6.1 Hogares

En este caso no fue posible interpolar los datos sobre los hogares ubicados en todos los municipios de los departamentos de Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla que tienen lugares poblados ubicados dentro de la cuenca del río Coyolate según el Censo 2018, debido a que no se contó con información sobre el número de hogares en cada lugar poblado en la cuenca. En el caso de los municipios que no tienen población dentro del área de la cuenca, los datos sobre hogares se dejaron a cero. La distribución de los hogares por departamento se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Porcentaje de hogares por departamento, incluyendo sólo los municipios presentes en la cuenca del río Coyolate, año 2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Los municipios con más hogares en todo su territorio son (Figura 14): (a) Escuintla: Santa Lucía Cotzumalguapa (22 %) y Nueva Concepción (15 %); (b) Chimaltenango: Tecpán Guatemala (13 %) y (c) Suchitepéquez: Patulul (7 %).

Según el Censo 2018, los hogares poseen las siguientes características:

- Unipersonal: integrado por una sola persona (jefe de hogar), exclusivamente.
- Nuclear: conformado por un núcleo conyugal primario (jefe del hogar y cónyuge sin hijos, o jefe y cónyuge con hijos, o jefe con hijos), exclusivamente.
- Extenso: conformado por una familia nuclear más otros parientes no nucleares, exclusivamente.
- Compuesto: conformado por una familia nuclear o una familia extensa más otros no parientes.
- Coresidentes: conformado por el jefe de hogar y otros no parientes.

En los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate, el 65 % de los hogares es nuclear y el 27 % es extendido (Figura 15).

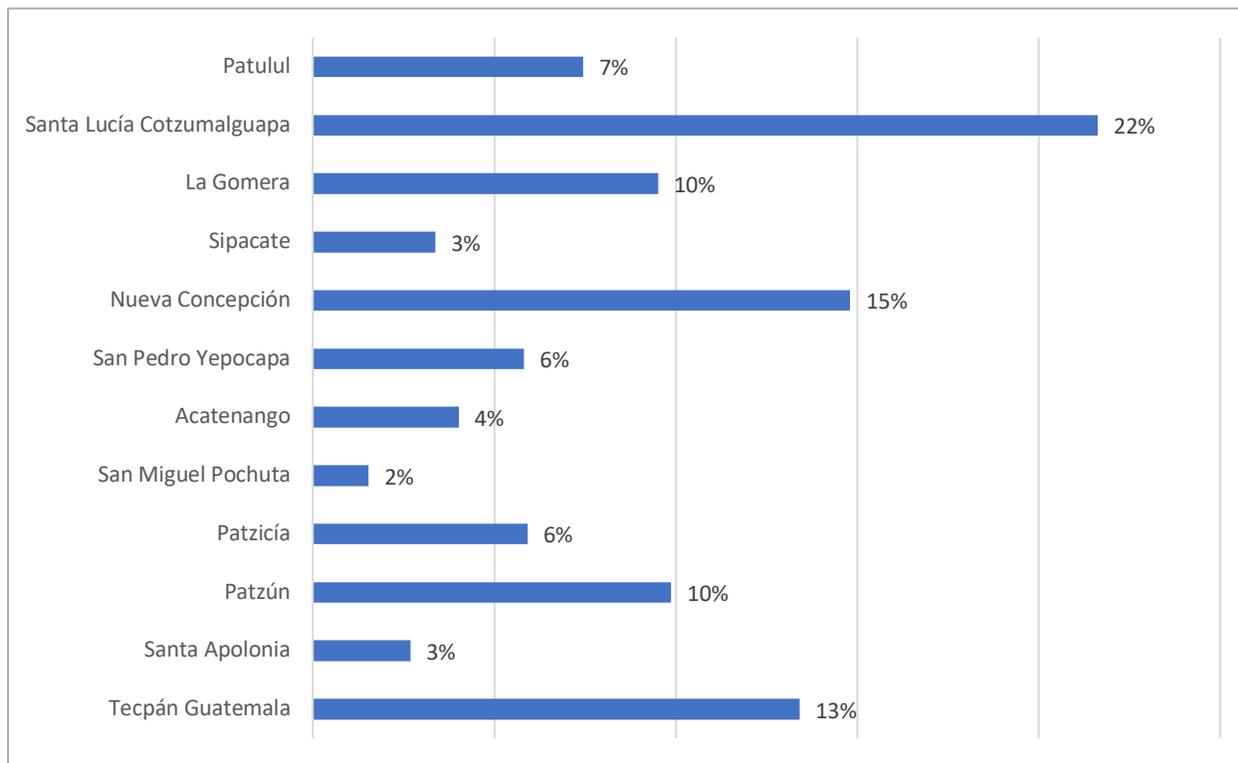


Figura 14. Porcentaje de hogares en los municipios ubicados en la cuenca del río Coyolate, año 2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

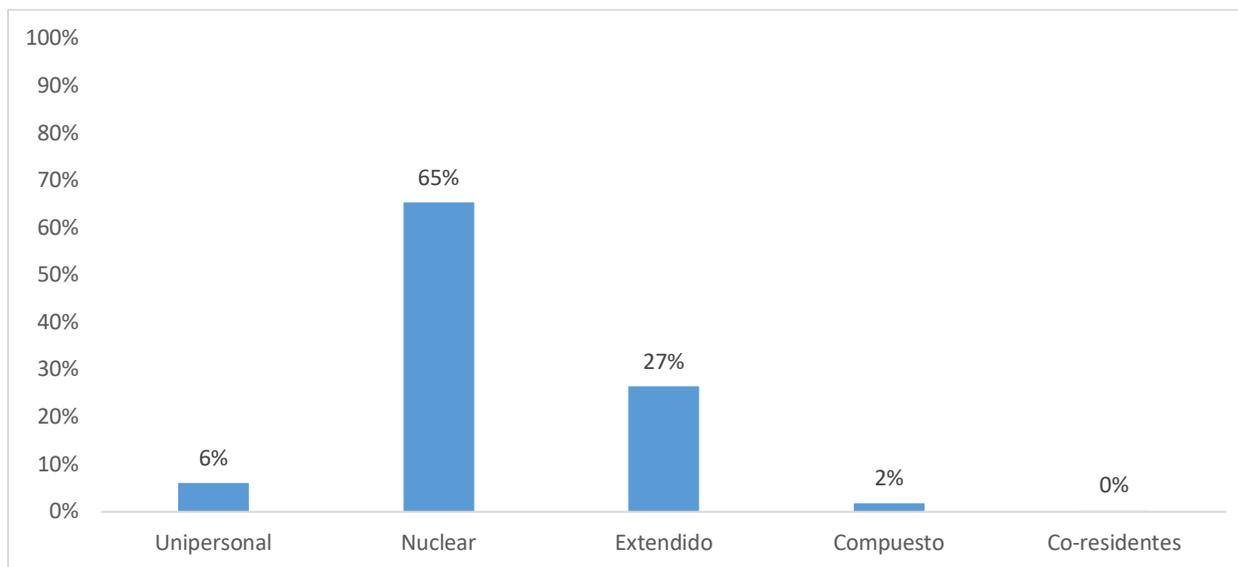


Figura 15. Tipo de hogares en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Según el Censo 2018, la distribución de la tenencia de la vivienda de la población en los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate es la siguiente: 78 % declara ser propietario, 9 % alquila, 12 % tiene vivienda cedida o prestada y 0.3 % tiene sus hogares en propiedades comunales (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

En lo que refiere al sexo del propietario de la vivienda, según el Censo 2018 el 60 % de los propietarios corresponde a hombres y 27 % a mujeres, en el 12 % de los casos es ambos y el resto no quiso dar a conocer el sexo del propietario. En cuanto a la toma de decisiones en el hogar, 22 % es ejercida por hombres, 16 % por mujeres y 60 % por ambos (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

6.2 Vivienda

Según el Censo 2018, de las viviendas ubicadas en los municipios que tienen lugares poblados dentro de la cuenca del río Coyolate, el 95 % es formal, 0.3 % es apartamento, 1.1 % es cuarto en casa de vecindad, 1.7 % es rancho, 1.5 % es improvisada, 0.1 % es vivienda colectiva y el resto corresponde a otro tipo de vivienda. La condición de ocupación de las viviendas particulares es la siguiente: 87.3 % ocupada, 1.3 % de uso temporal, 10.9 % desocupada y el restante porcentaje corresponde a la categoría de otros (Instituto Nacional de Estadística, 2018) (Figura 16).

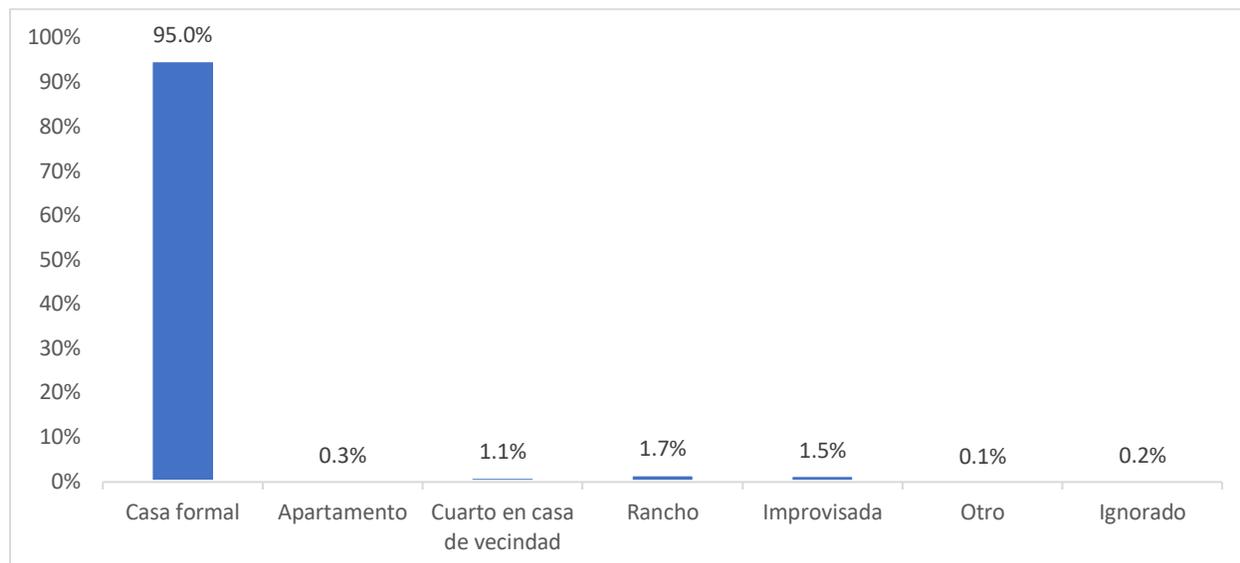


Figura 16. Tipo de vivienda en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

7 SERVICIOS BÁSICOS

7.1 Servicio sanitario

Los hogares ubicados en los municipios que tienen lugares poblados en la cuenca hidrográfica del río Coyolate en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y Chimaltenango utilizan los siguientes tipos de servicio sanitario: inodoro conectado a red de drenajes (44 %), inodoro conectado a fosa séptica (19 %), excusado lavable (7 %), letrina o pozo ciego (26 %) y 4 % no tiene acceso a servicio sanitario (Figura 17) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

El municipio de Santa Apolonia en el departamento de Chimaltenango es el que tiene un mayor porcentaje de uso de letrina o pozo ciego (61 %), seguido de: Chimaltenango (6.1 de cada 10 hogares), Tecpán Guatemala (5.8 de cada 10 hogares) y Patzún (4.6 de cada 10 hogares). En el caso del departamento de Escuintla, el 11 % de los hogares en el municipio de Nueva Concepción no tiene servicio sanitario, por lo que se utiliza inodoro conectado a fosa séptica (58 %), letrina o pozo ciego (17 %) y otros servicios sanitarios. En Patulul el 61 % de los hogares usa inodoro conectado a red de drenajes y 22 % letrina o pozo ciego (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

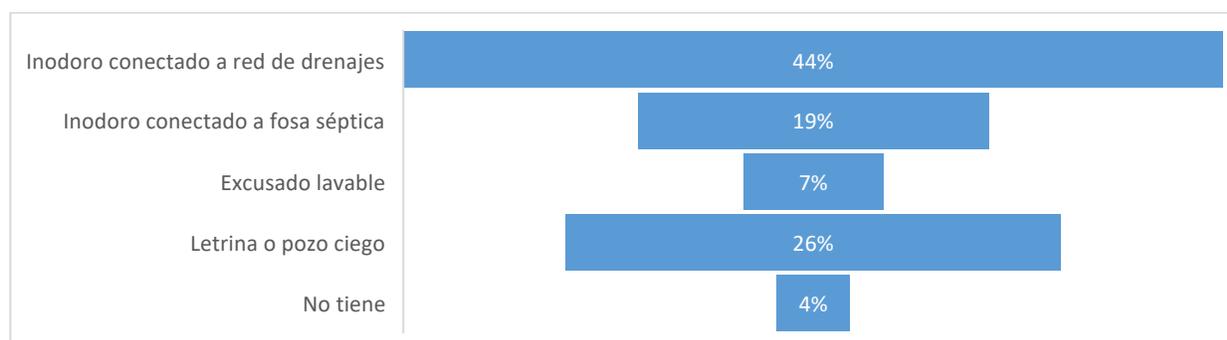


Figura 17. Tipo y uso de servicio sanitario en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

7.2 Cobertura eléctrica

Los hogares de los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate en los departamentos de Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla utilizan el siguiente tipo de alumbrado: red de energía eléctrica (95.6 %), panel solar o eólico (0.3 %), gas corriente (0.1 %), candela (3.6 %) y otros medios de alumbrado (0.5 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

En el departamento de Suchitepéquez, el 93 % del total de los hogares en el municipio de Patulul tiene acceso a la red de energía eléctrica, mientras que

un 5 % se ve en la necesidad de usar candela y 0.6 % utiliza panel solar o eólico.

En el departamento de Chimaltenango, el 95.3 % de los hogares de los seis municipios que tienen presencia en la cuenca usa la red de energía eléctrica y un 3.8 % aún utiliza candela, principalmente en los municipios de San Miguel Pochuta y Acatenango (que son los municipios que usan panel solar o eólico) (0.3 %).

Por último, en el departamento de Escuintla, el 96.2 % de los hogares emplea la red de energía eléctrica, 3.2 % utiliza candela (principalmente en los municipios de Sipacate y La Gomera), 0.3 % usa paneles solares (en el municipio de Sipacate), el resto dispone de otros tipos de alumbrado (Instituto Nacional de Estadística, 2018) (Figura 18).

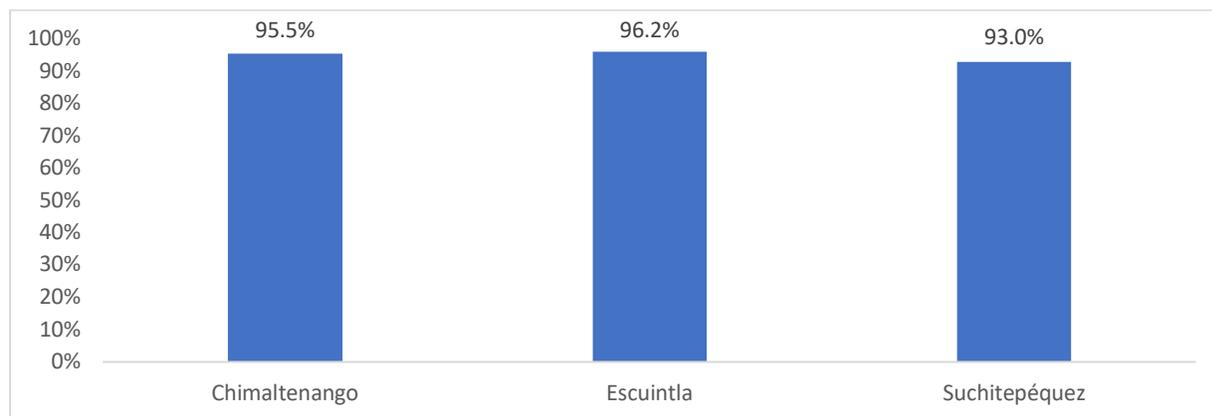


Figura 18. Cobertura eléctrica por departamento, incluye sólo los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

En el departamento de Chimaltenango, el municipio con menor cobertura es San Miguel Pochuta, con 82 %. Por su parte, en el departamento de Escuintla el municipio con menor cobertura es Sipacate, con 94 % (Figura 19).

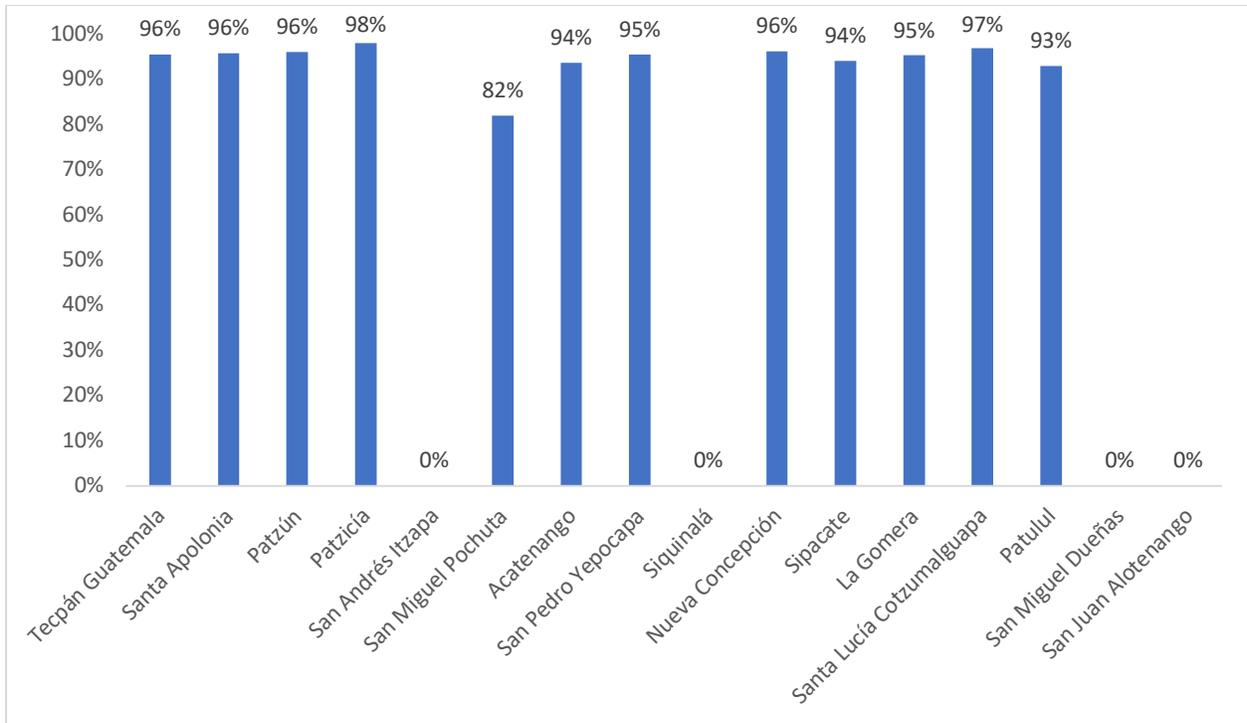


Figura 19. Cobertura eléctrica en los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

7.3 Fuentes de energía para cocinar

En los hogares de los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate, las principales fuentes de energía para cocinar son: leña (60 %), gas propano (39) %, electricidad (0.2 %) y no cocina (1.1 %). El 74 % de los hogares cuenta con un cuarto exclusivo para cocinar y 26 % no, lo que implica que en un mismo espacio se realizan muchas actividades del hogar, incluyendo posiblemente dormir (Figura 20) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

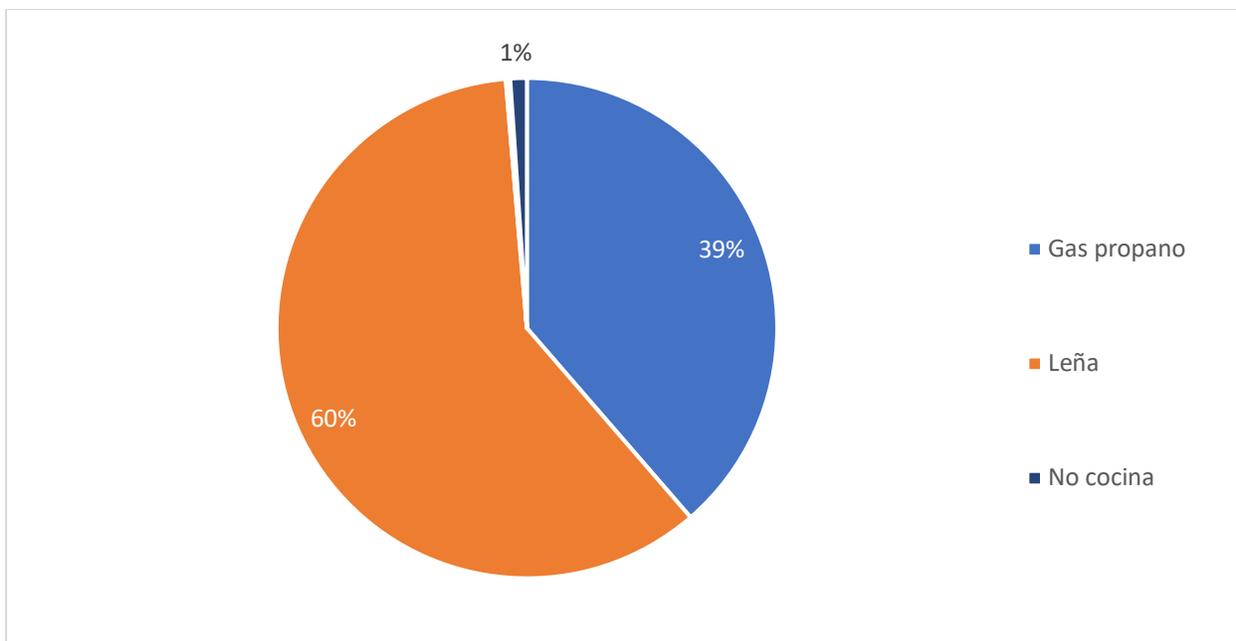


Figura 20. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (*en porcentaje*)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

En la Tabla 9 se detalla el uso de las fuentes de energía para cocinar en los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate con lugares poblados de los departamentos de Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla.

Tabla 9. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los departamentos que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate (año 2018)

Departamento	Fuente de energía para cocinar (%)				
	Gas propano	Leña	Electricidad	Carbón	Gas corriente
Chimaltenango	21.7	77.8	0.1	0	0.1
Escuintla	54.1	43.9	0.3	0	0
Suchitepéquez	35.3	63.2	0.2	0	0
Total	39	60	1	0	0

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

En el departamento de Chimaltenango, los municipios donde los hogares más emplean leña para cocinar son: Santa Apolonia (92 %), Acatenango (81 %), Tecpán Guatemala (79 %) y Patzún (79 %). Se estima que el 63 % de los hogares en el municipio de Patulul utiliza leña. En lo que refiere al departamento de Escuintla, los municipios que más usan gas propano como fuente principal para cocinar son: Santa Lucía Cotzumalguapa (60 %), La Gomera y Sipacate (57 %) respectivamente; mientras que Nueva Concepción

es el municipio que más emplea leña (56 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2018) (Figura 21).

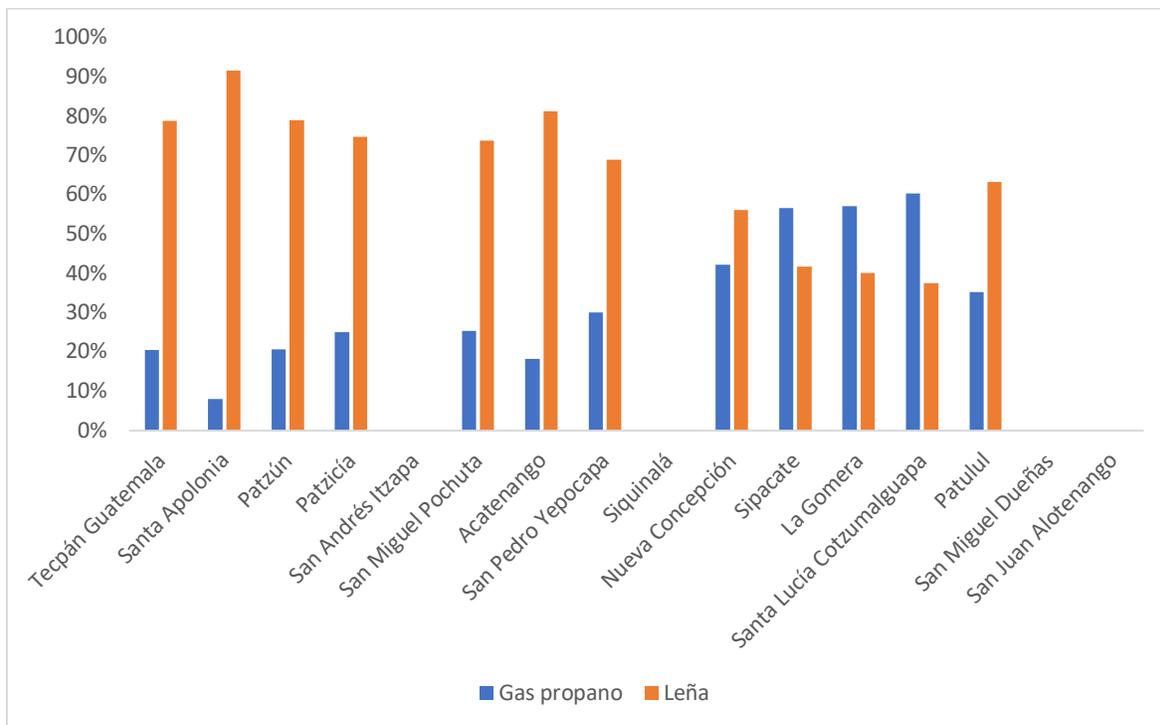


Figura 21. Fuente principal de energía para cocinar en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Se estima que el uso de electricidad para cocinar se concentra principalmente en el departamento de Chimaltenango en los municipios de Santa Apolonia, San Miguel Pochuta y Acatenango, con porcentajes de 0.2 % para cada uno.

7.4 Formas de eliminación de la basura

Los hogares de los departamentos con presencia en la cuenca utilizan como principal forma de eliminación de basura la quema (49 %), el servicio privado (19 %), el servicio municipal (16 %); mientras que el 3 % la tira en el río, quebrada o mar y el resto usa otros medios (Figura 22).

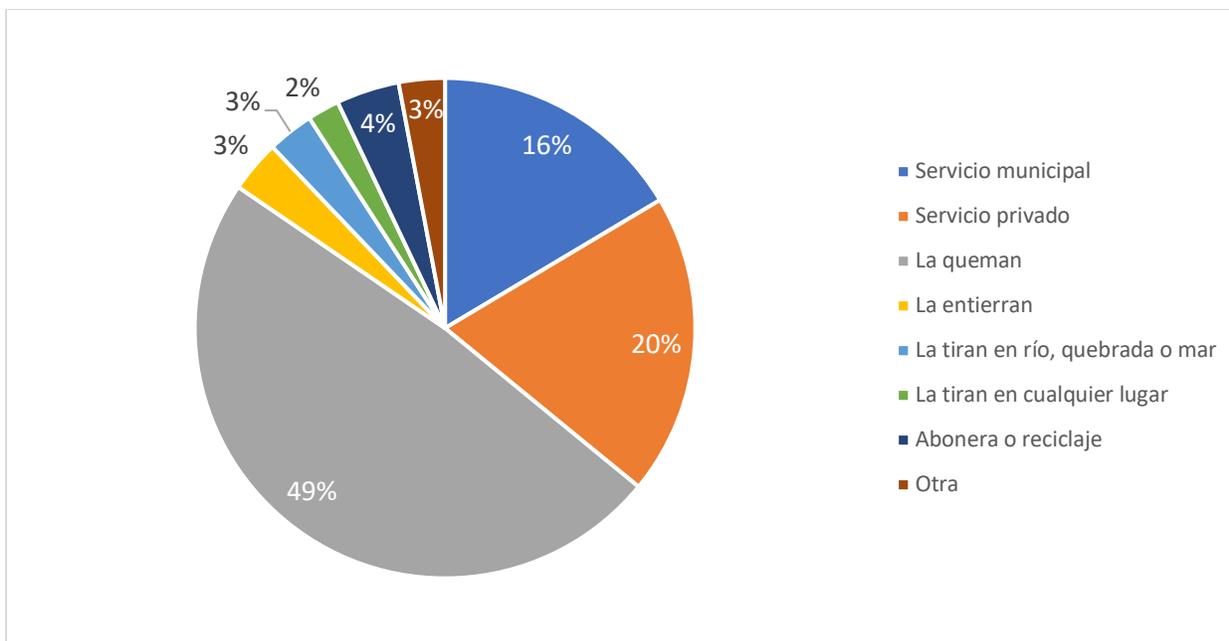


Figura 22. Principales formas de eliminación de la basura en los hogares de los municipios con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Uno de los principales problemas en el departamento de Suchitepéquez es la disposición y tratamiento de la basura. Las municipalidades llevan a cabo pequeños esfuerzos para trasladarla a predios municipales, pero sin realizar ningún tratamiento, y rara vez se separa la basura orgánica e inorgánica, por lo cual se quema, causando contaminación ambiental. Otro de los problemas es la contaminación de los ríos con basura y aguas servidas provenientes de las cabeceras municipales y principales lugares poblados del departamento (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Todas las cabeceras municipales en el departamento de Escuintla cuentan un tren de aseo; sin embargo, en ningún municipio se ha implementado un manejo adecuado de la basura, ya que todos tienen basureros a cielo abierto y en ninguno existe planta de manejo de los desechos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Por último, en ningún municipio del departamento de Chimaltenango existen rellenos sanitarios o plantas de tratamiento de desechos sólidos, y la descarga se hace directamente en vertederos que van a parar a diferentes ríos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

8 USOS DEL AGUA

8.1 Fuente principal de agua para consumo en el hogar

Con base en datos del Censo 2018, se procesó la información sobre la fuente principal de agua para consumo en el total de los hogares del municipio. El 40 % de los hogares en los municipios que tienen presencia en la cuenca declara como fuente principal de agua para consumo la que llega por medio de tubería a la vivienda, seguido del pozo perforado (38 %), tuberías fuera de la vivienda (14 %) y chorro público (4 %) (Figura 23) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

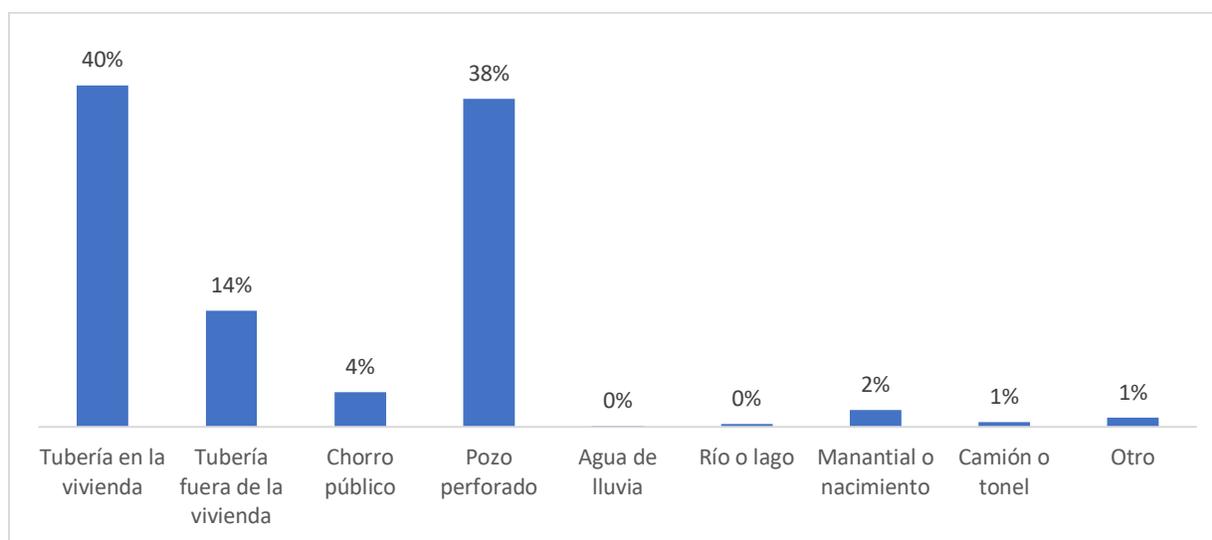


Figura 23. Fuente principal de agua para consumo en los hogares de los municipios presentes en la cuenca del río Coyolate en el año 2018 (en porcentaje)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Las principales fuentes de acceso a agua para consumo en los hogares del departamento de Escuintla son: tubería en la vivienda (35 %), pozo perforado (55 %) y tubería fuera de la vivienda (7 %) (Figura 24). Los municipios que tienen tubería como fuente primaria de acceso a agua para consumo en la vivienda son: La Gomera (57 %) y Sipacate (51 %). La principal fuente de acceso a agua en la vivienda en el municipio de Nueva Concepción (88 %) es el pozo perforado (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

En el municipio de Patulul del departamento de Suchitepéquez, el 61 % de los pobladores obtiene agua para consumo por medio de tubería en la vivienda, seguido de tubería fuera de la vivienda (16 %), pozo perforado (10 %) y, en

un menor porcentaje, manantial o nacimiento (7 %) y camión o tonel (2 %). Por su lado, en el departamento de Chimaltenango la población obtiene el agua de las siguientes fuentes: tubería en la vivienda (43 %), tubería fuera de la vivienda (21 %), pozo perforado (24 %) y manantial o nacimiento (3 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

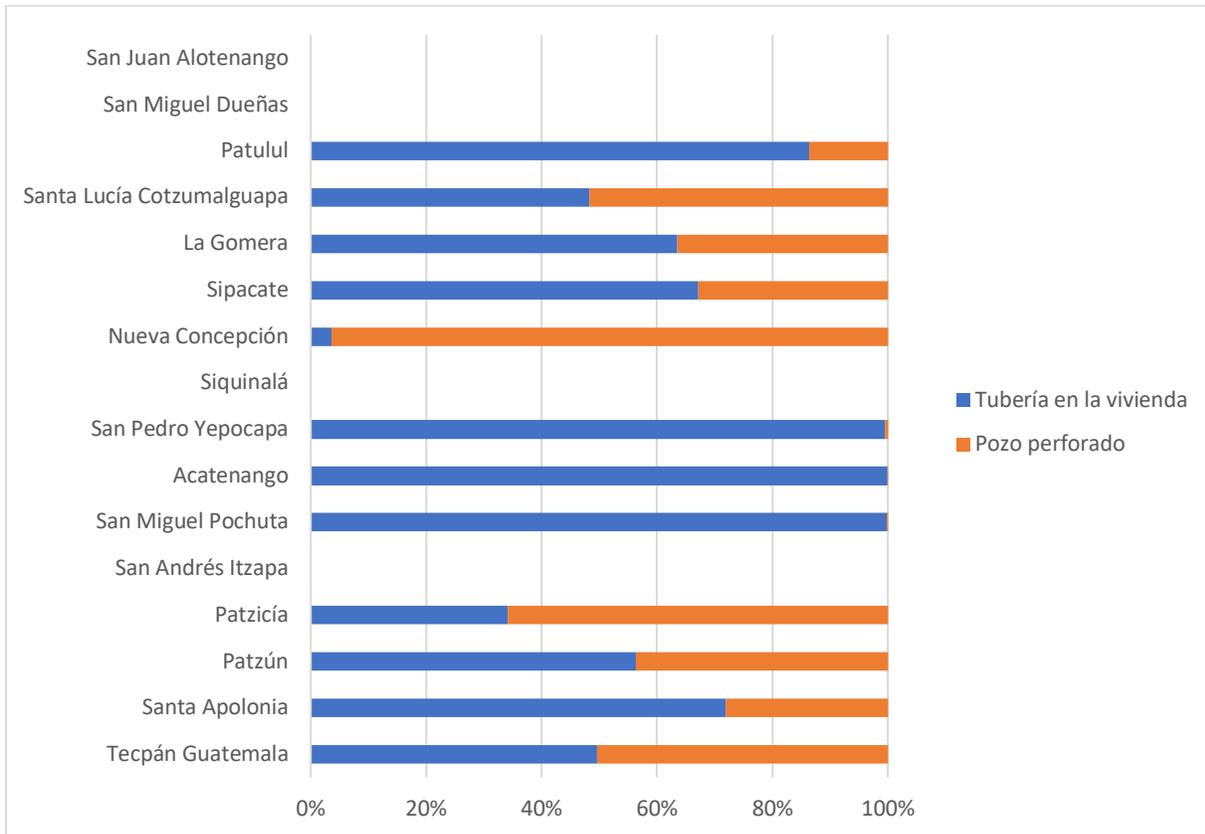


Figura 24. Fuentes principales de agua para consumo por municipio con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2018

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

9 INFRAESTRUCTURA VIAL

La infraestructura vial del departamento de Escuintla posee varias rutas nacionales de importancia (Figura 25). Entre estas se pueden mencionar la ruta CA-9, que hacia el noroeste tiene unos 17 km a la cabecera de Palín, de allí 12.5 km al lado oeste de la cabecera de Amatitlán y de ese lugar 27 km a la Ciudad de Guatemala; mientras que por el sur al puerto de San José hay aproximadamente 54 km. La carretera internacional del Pacífico atraviesa el departamento; hacia el oeste existen 25 km a la cabecera de Siquinalá, de allí unos 7.5 km al lado sur de la cabecera de Santa Lucía Cotzumalguapa, de donde transcurren unos 69 km hacia la cabecera departamental de Mazatenango (Suchitepéquez), mientras que al sureste en dirección a la frontera con El Salvador, a la cabecera de Taxisco (Santa Rosa) hay 50 km (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

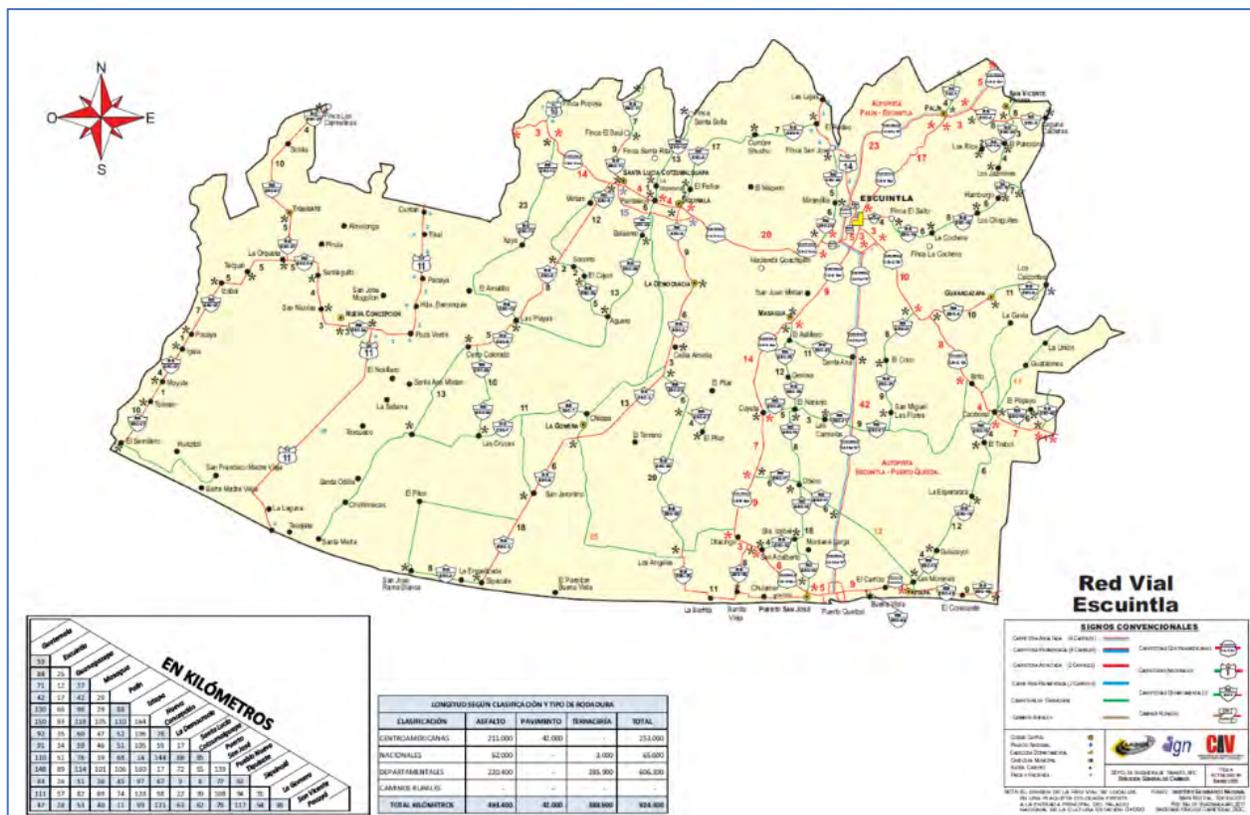


Figura 25. Mapa vial del departamento de Escuintla

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2010).

El departamento de Escuintla cuenta, además, con otras carreteras nacionales y departamentales que unen a todos los poblados del departamento entre sí y con el resto de la República, estimando una red vial de 861 km, de la cual 45 % está asfaltada y el resto es de terracería. Los tramos más recientes son los de la CA-2-oriente Taxisco-Chiquimulilla-Ciudad Pedro de Alvarado, la CA-9 sur autopista Escuintla-Puerto Quetzal, la CA-9 San José-Iztapa, la Autopista Palín-Escuintla y la más reciente carretera al Puerto de San José vía Masagua, del kilómetro 70 al 110. Además, cuenta con 112 puentes de concreto armado y algunos con estructuras metálicas (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

En términos generales, el departamento de Chimaltenango cuenta con una red de carreteras en buenas condiciones (Figura 26). La mayor cantidad de transporte que proviene de todos los municipios se concentra en la cabecera departamental, ya que es atravesada por la carretera Interamericana. El departamento cuenta con una carretera que comunica a Patzún con la costa sur. A nivel departamental, existen carreteras asfaltadas que comunican los municipios entre sí, y las distancias en la mayoría de los casos son cortas. No obstante, para llegar a algunos municipios se debe pasar por la cabecera departamental, porque un alto número de caminos rurales no están aptos para la circulación de vehículos livianos y pesados. San Pedro Yepocapa y San Miguel Pochuta son los municipios más alejados de la cabecera departamental y la mayoría de sus habitantes prefieren viajar hacia la ciudad capital por la costa sur, pues la distancia es más corta y la red vial está en mejores condiciones (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

En el departamento de Suchitepéquez, los municipios que cuentan con la mayor longitud de carreteras dentro de su límite territorial son: Cuyotenango, Patulul, Chicacao y Río Bravo quienes, en conjunto, poseen el 55 % del total de la red vial primaria y secundaria (Figura 27). En lo que respecta a la red terciaria, esta se localiza principalmente en los municipios de Mazatenango, Cuyotenango y Santo Domingo, los cuales cubren la parte sur del departamento (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

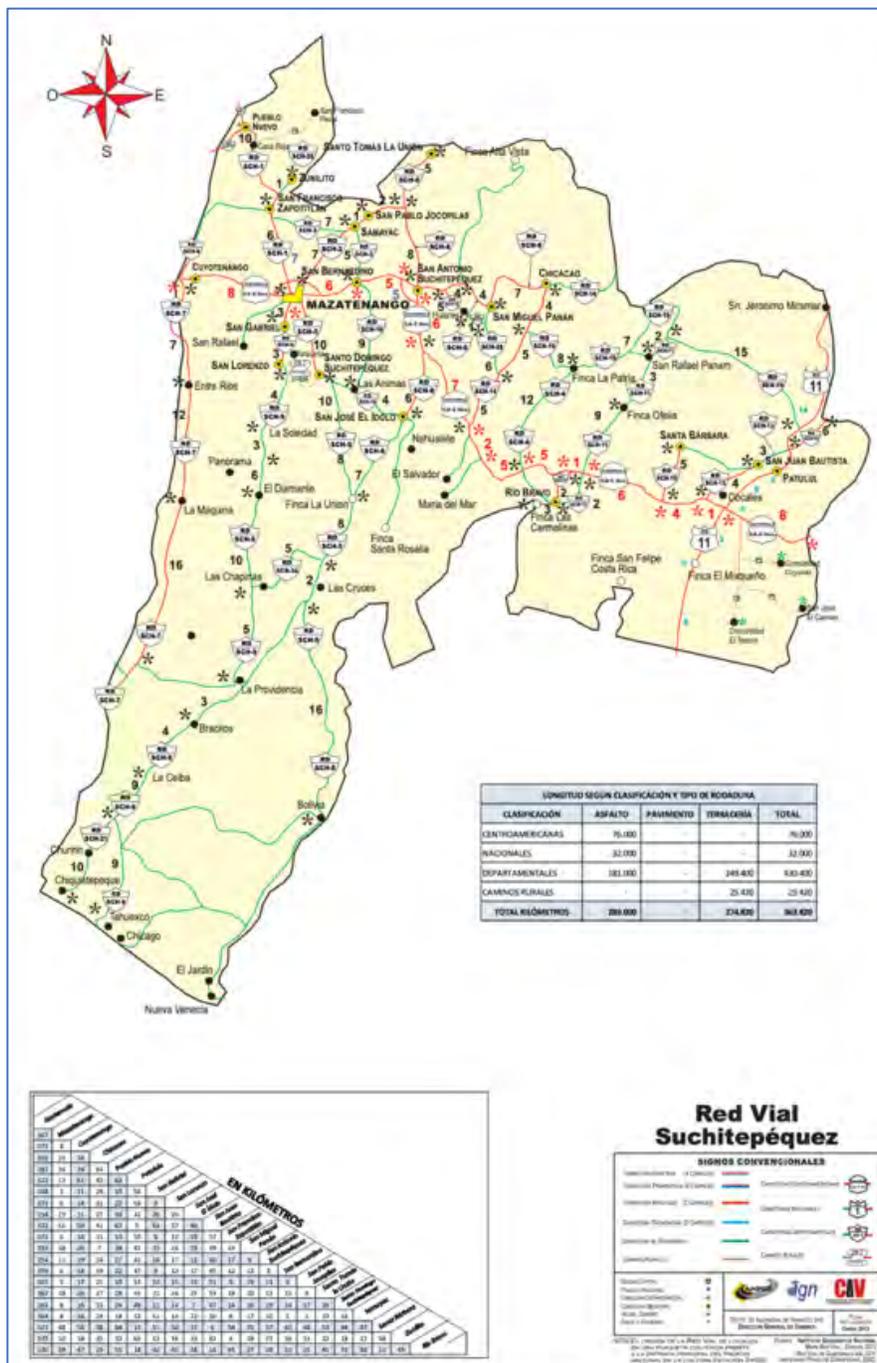


Figura 27. Mapa vial del departamento de Suchitepéquez
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2010).

Al recorrer longitudinalmente la red vial que conecta a los tres departamentos —y, en la medida de lo posible de forma paralela al cauce principal de la cuenca—, se evidencia la dinámica del paisaje desde su cabecera hasta la desembocadura (Tabla 10).

Tabla 10. Longitud de las carreteras y caminos en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2010 (en kilómetros)

Longitud según clasificación y tipo de rodadura (km)					
Departamento	Clasificación	Asfalto	Pavimento	Terracería	Total
Escuintla	Centroamericanas	211 000	42 000	0	253 000
	Nacionales	62 000	0	3000	65 000
	Departamentales	220 400	0	385 900	606 300
	Caminos rurales	0	0	0	0
Suchitepéquez	Centroamericanas	72 000	0	0	72 000
	Nacionales	36 000	0	0	36 000
	Departamentales	181 000	0	249 400	430 400
	Caminos rurales	0	0	25 420	25 420
Chimaltenango	Centroamericanas	34 000	21 000	0	55 000
	Nacionales	44 000	0	66 800	110 800
	Departamentales	77 000	0	177 723	254 723
	Caminos rurales	0	0	559 465	559 465
Kilómetros totales		937 400	63 000	1 467 708	2 468 108

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2010).

10 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

10.1 Actividades económicas del departamento de Escuintla

El desarrollo económico del departamento de Escuintla es muy complejo y dinámico, pues aporta considerablemente a la dinamización financiera y productiva del país, caracterizándose por la realización de actividades agrícolas, agroindustriales y ganaderas. Su desarrollo económico y productivo puede medirse en torno a cuatro grandes territorios estratégicos en los cuales se divide la productividad del departamento: Madre Vieja, Azucarero, Litoral Pacífico y Pacaya (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a). Para los fines del presente documento se abordarán únicamente los territorios azucarero y Madre Vieja, ya que los municipios con presencia en la cuenca hidrográfica del río Coyolate se ubican en esas áreas.

Territorio azucarero

Esta área geográfica incorpora a los municipios de La Gomera, Siquinalá, Santa Lucía Cotzumalguapa y La Democracia. La mayoría de los suelos de este territorio (85 %) es destinado a la producción de caña de azúcar, mientras que el resto es utilizado para cultivos anuales, pastos, plantaciones de café, plantaciones de hule, palma africana, cultivo de limón y bosques naturales. En este territorio se encuentra la mayor cantidad de siembras de caña de azúcar del país, asimismo, se ubican ingenios azucareros e industria avícola (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Los cultivos de palma africana, limón, industria avícola y actividades derivadas de la industria —como el transporte—, complementan las fuentes laborales del territorio. El principal centro de comercio en el territorio es la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa, en la cual se concentran los servicios educativos, centros comerciales, bancos y mercados. Le siguen en importancia comercial los municipios de La Gomera, Siquinalá y La Democracia, que son dependientes de los servicios que prestan los municipios principales y son utilizados como áreas de paso (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Territorio Madre Vieja

Esta área geográfica incorpora a los municipios de Tiquisate y Nueva Concepción. El mercado de trabajo en la zona gira en torno a la

industrialización de la caña de azúcar, por lo que la época de zafra (noviembre-abril) genera más de 200 000 empleos. Sin embargo, durante el período de mayo-octubre, esta capacidad se reduce en un 25 % a 30 %. El cultivo de banano, la palma africana, la ganadería y lo relacionadas con el transporte, complementan las principales actividades económicas (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

El municipio de Tiquisate es el principal centro de comercio del territorio. Allí se concentran los servicios y se ha desarrollado la industria de químicos, productos vegetales y transporte. Por su parte, en la actualidad el municipio de Nueva Concepción presenta un repunte en las actividades económicas y en la prestación de servicios que, en algunos casos, complementan los servicios existentes en Tiquisate. Pese a ello, la presencia del crimen organizado ha limitado, de cierta manera, el desarrollo económico de este municipio (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

10.2 Aspectos de las actividades económicas del departamento de Chimaltenango

Debido a su constitución topográfica, Chimaltenango desarrolla una producción agrícola variada y abundante que proporciona excedentes que se comercializan en otros departamentos. La actividad económica se divide en dos rubros básicos: la agricultura y la industria (caracterizada principalmente por la agroindustria y la maquila). Los municipios que tienen presencia en la cuenca del río Coyolate se encuentran en el territorio industrial y bocacosta, por lo que la información presentada se centra en esos lugares (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

El territorio industrial está diversificado, se considera el motor comercial e industrial del departamento, y también cuenta con municipios eminentemente agrícolas. En el territorio de bocacosta la actividad agrícola es la fuente principal de ingresos, aunque se enfoca en el café y está poco diversificada. Gran parte de la producción departamental proviene de productores pequeños que se han asociado y han podido exportar sus cultivos al exterior a través de redes comerciales. Esta situación ha fortalecido la competitividad local y ha garantizado la adhesión de los productores a estándares mínimos de calidad y al control de uso de pesticidas. De igual forma, ha mejorado la conectividad entre productores a través de las asociaciones, fundaciones y programas de Gobierno (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

La producción de arveja china en el departamento representa el 69% de la producción obtenida a nivel nacional, por lo que constituye un importante producto en la economía departamental. El cultivo de güicoy representa el 38% del total nacional, y se podría considerar un cultivo de alto potencial si se pudiera lograr un mayor acceso a los mercados internacionales. El repollo y el aguacate son cultivos que también deben considerarse de alto potencial —el primero representa la mitad de la producción nacional y tiene un rendimiento 18.5 % superior al de la República— (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

En Chimaltenango, el sector textil y de prendas de vestir ocupa una de las principales fuentes de ingresos en cuanto a las exportaciones. La carretera interamericana que atraviesa el departamento se ha convertido en un foco importante de la industria maquilera.

10.3 Actividades económicas del departamento de Suchitepéquez

El departamento de Suchitepéquez es una de las regiones agrícolas más ricas de Guatemala. La producción de café, caña de azúcar, etanol, ganado, hule, palma africana, banano, plátano, maíz blanco y cacao es significativa a nivel de país. La crianza y engorde de ganado vacuno para carne constituye una de las empresas más importantes.

Suchitepéquez ocupa la posición 2 de los 4 departamentos productores de azúcar, aportando el 7.36 % de la producción nacional. Entre los departamentos productores de biocombustible etanol se encuentran Escuintla y Suchitepéquez, este último ocupa la segunda posición en este aspecto y aporta el 0.06 % a la producción nacional. El cacao es producido en Alta Verapaz, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos, de los cuales Suchitepéquez, ocupa el puesto 2 de 4 (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

En lo que se refiere a infraestructura productiva y comercial, todas las cabeceras municipales cuentan con infraestructura para el desarrollo de las actividades propias de un mercado con fines de abastecimiento alimenticio a la población urbana, algunos de ellos funcionan todos los días y en otros casos únicamente se establecen determinados días de plaza. Los principales mercados a los que confluyen productos locales y de otros departamentos son: Mazatenango, Cuyotenango, San Antonio Suchitepéquez, Chicacao y Patulul (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

10.4 Empresas por tamaño

En el 2015, el 97.5 % de las empresas del departamento de Suchitepéquez registradas en la Oficina Coordinadora Sectorial de Estadísticas (OCSE-Mipyme) se catalogó como empresas micro, mientras que en el departamento de Escuintla el porcentaje fue del 96.2 % y en el departamento de Chimaltenango de 98.1 % (Tabla 11). Se registró una menor cantidad de empresas clasificadas como grandes y medianas (Ministerio de Economía, 2015).

Tabla 11. Número de empresas por tamaño en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2015

n.º	Empresas por tamaño	Suchitepéquez	Escuintla	Chimaltenango
1	Grandes	4	27	6
2	Medianas	29	68	32
3	Pequeñas	523	959	448
4	Micro	21 924	26 986	24 642
Total de empresas		22 480	28 040	25 128

Nota. Está definido por los factores de ingresos y capital reportados. Fuente: Ministerio de Economía (2015).

Al aplicar la tasa a nivel nacional, del total de empresas clasificadas en Suchitepéquez, Escuintla y Chimaltenango se estima que el 32.5 % se dedicó a actividades inmobiliarias, empresariales y de alquileres. Le siguieron en orden de importancia con 25.1 % el comercio al por mayor y al por menor, y la reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos, y con 7.67 % el transporte, almacenamiento y comunicaciones (Figura 28) (Ministerio de Economía, 2015).

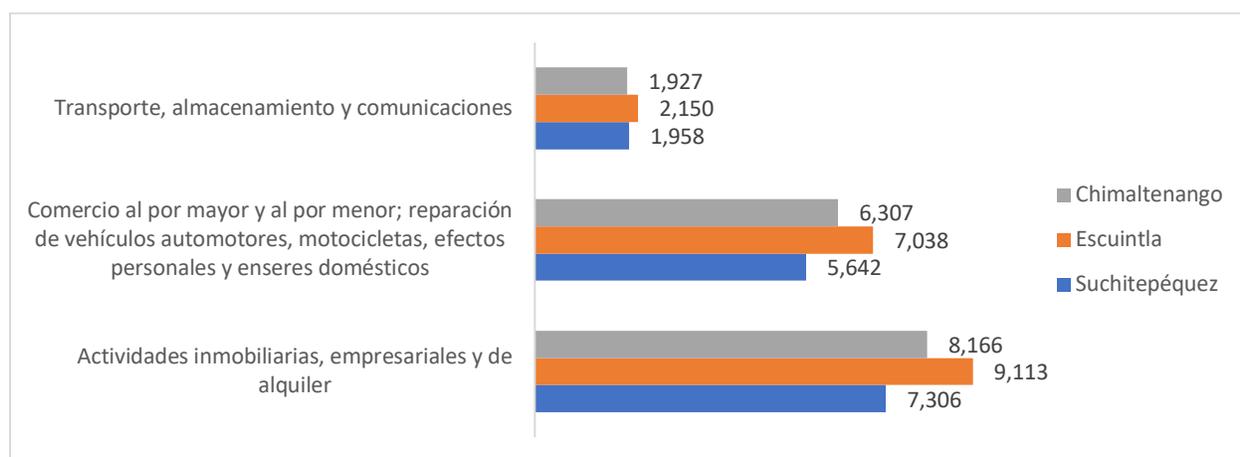


Figura 28. Número de empresas por actividad económica en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2015
Fuente: Ministerio de Economía (2015).

10.5 Parque vehicular

El parque vehicular en el departamento de Suchitepéquez durante el 2020 fue de 1 266 495, cifra que representó el 2.7 % del total nacional. En el departamento de Chimaltenango fue de 1 639 377 (3.4 % del total nacional) y en el departamento de Escuintla de 2 896 129, cifra que representó el 6.1 % del total nacional (Instituto Nacional de Estadística, 2020e).

10.6 Ocupación hotelera

En 2013, el mayor nivel de ocupación hotelera en el departamento de Escuintla se alcanzó en marzo (32.1 %), mientras que el menor nivel fue en febrero (16.2 %). En el departamento de Suchitepéquez el mayor nivel se alcanzó en septiembre (27.3 %), mientras que el menor nivel en marzo (14.1 %). Por último, en el departamento de Chimaltenango el mayor nivel se alcanzó en diciembre (39.9 %), mientras que el menor nivel en marzo (25.3 %) (Instituto Nacional de Estadística, 2013 a, b y c).

10.7 Migración⁷

Según la *Encuesta sobre Migración Internacional de Personas Guatemaltecas y Remesas en Guatemala*, en el 2016 existían 5 532 683 personas de siete años y más con familiares en el exterior con intención de emigrar principalmente a Estados Unidos, de los cuales los siguientes porcentajes (con relación al total del país) corresponden a los departamentos de la cuenca del río Cuyolote: 3.54 % para Suchitepéquez, 2.44 % para Chimaltenango y 5.33 % para Escuintla.

El INE registró que la emigración de las personas guatemaltecas de los departamentos de la cuenca del río Cuyolote, según solicitud de pasaporte, fue de 7573 personas de Suchitepéquez, 6430 personas de Chimaltenango y 9215 personas de Escuintla, quienes tuvieron como destino principal Estados Unidos y, en una menor porción, Canadá y México (Instituto Nacional de Estadística, 2021).

Por otro lado, se registraron 123 213 personas retornadas de siete años y más de edad, de las cuales los siguientes porcentajes se ubican en la cuenca del

⁷ a) La migración es el desplazamiento de una persona producido por un cambio de residencia, b) la emigración es la migración de una persona desde un territorio hacia el exterior y c) la inmigración es la migración de una persona desde el exterior hacia este territorio.

río Coyolate: 1.63 % en Suchitepéquez, 1.51 % en Chimaltenango y 2.64 % en Escuintla (Organización Internacional para las Migraciones, 2017).

En Escuintla existe una fuerte migración hacia la zona en busca de empleo durante la zafra (noviembre a abril), especialmente si el clima ha afectado los cultivos. La migración para la venta de mano de obra no calificada también se realiza hacia la capital, donde las personas llevan a cabo oficios como ayudantes de albañilería y domésticos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

En el departamento de Chimaltenango la migración laboral ocurre hacia las ciudades cercanas como la cabecera misma, Sacatepéquez, Escuintla y la ciudad capital, aunque se logró identificar que la mayoría de estas migraciones se realizan dentro de los mismos municipios. También existe migración a los Estados Unidos y a Canadá; se estima que de cada 100 familias cuatro tienen uno o dos familiares en estos países (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

10.8 Remesas

Según la *Encuesta sobre Migración Internacional de Personas Guatemaltecas y Remesas*, de las 1 860 287 personas residentes en el exterior de Guatemala que enviaron remesas a sus departamentos de origen, el 3.4 % corresponde a Suchitepéquez, 5.3 % a Escuintla y 2.2 % a Chimaltenango (Organización Internacional para las Migraciones (2017).

De las 516 243 personas receptoras de remesas en Guatemala, 3.57 % corresponde a Suchitepéquez, 1.32 % a Chimaltenango y 5.75 % a Escuintla, con relación al total nacional (Organización Internacional para las Migraciones, 2017).

El volumen de remesas que se recibió en el país fue de USD 7 164 908 055 en el año 2016. A través de bancos el monto fue de USD 5 273 946 718, de los cuales los departamentos en la cuenca del río Coyolate recibieron: USD 216 966 035 en Suchitepéquez (4.11 % del total nacional), USD 142 346 174 en Chimaltenango (2.69 % del total nacional) y USD 285 175 222 en Escuintla (5.40 % del total nacional). La distribución del gasto proveniente de remesas fue el siguiente: 34.68 % para consumo (alimentos, vestuario y calzados, equipamiento del hogar, mantenimiento de la vivienda y otros), 7.72 % para consumo intermedio (producción, alquiler de instalaciones y otros), 49.84 % para inversión y ahorro (reparación de la vivienda, construcción de vivienda, terrenos, compra de vivienda, ahorro e

inversión en seguros) y 7.74 % para inversión social (gastos en salud y gastos en educación) (Organización Internacional para las Migraciones, 2017).

10.9 Índice de precios del consumidor (IPC) de la región V

El índice de precios del consumidor (IPC) se utiliza para medir el comportamiento del nivel general de precios de la economía del país. En la región V (en la que tienen presencia los departamentos de Chimaltenango y Escuintla), el IPC registró una variación interanual de 4.28 % en el 2021. Durante el periodo 2017-2021 (Figura 29), la variación más alta se registró en 2021 cuando alcanzó 4.28 %, mientras que en 2018 ocurrió la variación más baja de la región (0.79 %) (Instituto Nacional de Estadística, enero del 2022).

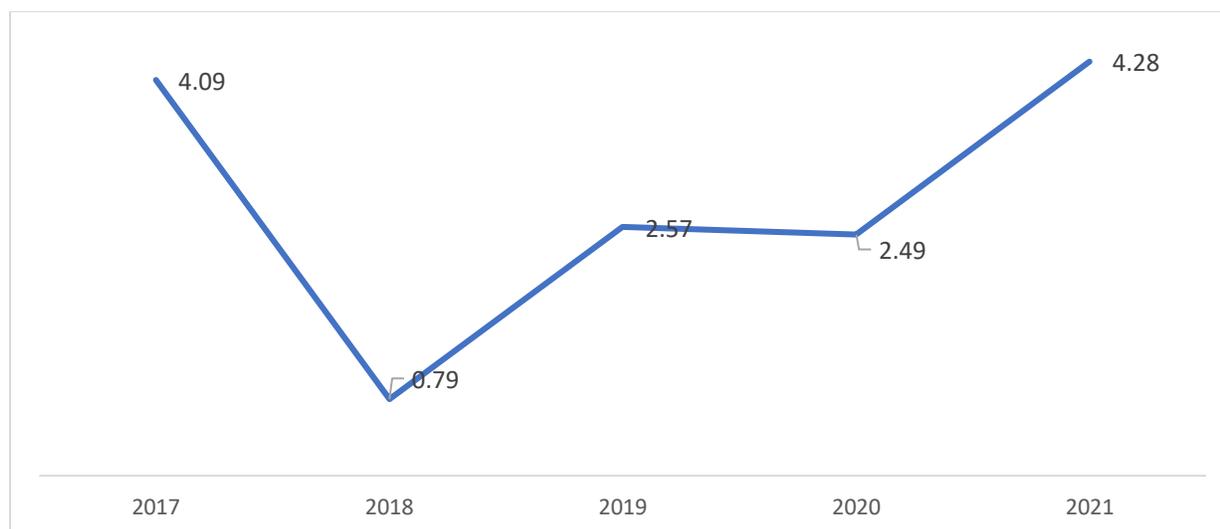


Figura 29. Variación porcentual interanual del índice de precios del consumidor (IPC), región V, serie histórica 2017-2021

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2022).

De las doce divisiones de gasto que integran el IPC (Figura 30), las mayores variaciones en 2021 las presentaron el transporte (7.38 %) y la vivienda, agua, gas y electricidad (4.47 %). Por otra parte, la división de educación presentó la variación negativa más baja, con -0.20 % (Instituto Nacional de Estadística, enero del 2022).

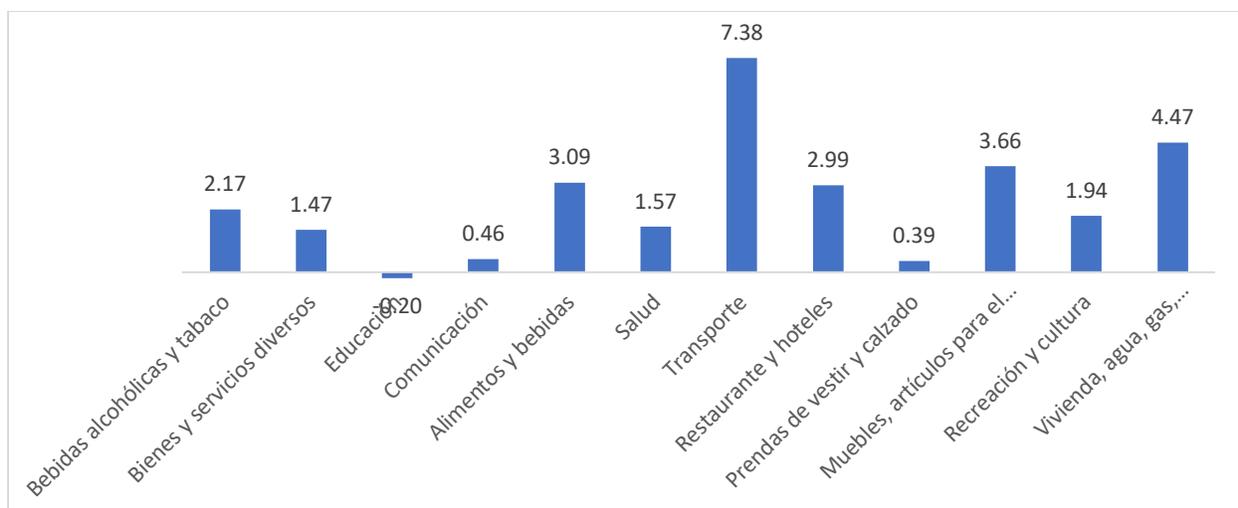


Figura 30. Variación interanual del índice de precios del consumidor (IPC) por división de gasto, en el año 2021

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2022).

Según el informe de la canasta básica alimentaria (CBA) y ampliada (CA) (2022), a febrero de 2022 la tortilla presentó un precio promedio por libra de Q3.61, en comparación con diciembre de 2012, donde fue de Q3.62. En las mismas fechas el precio medio por libra de pollo varió de Q13.06 a Q12.71, y el de la carne de res con hueso de Q17.13 a Q10.86 (Instituto Nacional de Estadística, febrero del 2022).

10.10 Población en edad de trabajar

Según el Censo 2018, se estima que el 48 % de la población de 15 años o más en la cuenca hidrográfica del río Coyolate era económicamente activa (PEA). La población se categoriza en: ocupada⁸ (46 %) y desocupada⁹ (2 %), de esta última la PEA se estima como cesante¹⁰ (1.1 %) y como aspirante¹¹ (0.4 %). Entre las otras categorías se estima que el 52 % de la población es económicamente inactiva (PEI), de la cual el 7 % se encuentra estudiando, 33 % realiza quehaceres del hogar, 2 % corresponde a jubilados y el otro 10 % realiza otras actividades o se desconoce su actividad económica. El 37 % de las personas económicamente activas labora en el mismo municipio,

⁸ Ocupada: población de 15 años o más que, durante la semana de referencia, y en al menos una hora al día, llevaron a cabo alguna actividad económica a cambio de un ingreso, salario, ganancia u otro tipo de remuneración en dinero y/o especie, ya fuera de beneficio individual o familiar. Se consideraron también a las personas que, sin recibir remuneración, participaron o ayudaron en la elaboración o venta de productos agrícolas, ganaderos o de autoconsumo o en alguna otra actividad económica.

⁹ Desocupada: personas disponibles para trabajar que hicieron gestiones para encontrar un trabajo.

¹⁰ Cesante: quienes buscaron trabajo y ya tienen experiencia laboral.

¹¹ Aspirante: quienes buscan trabajo por primera vez.

6 % fuera del municipio o país y el resto no declaró (Figura 31) (Instituto Nacional de Estadística, 2018).

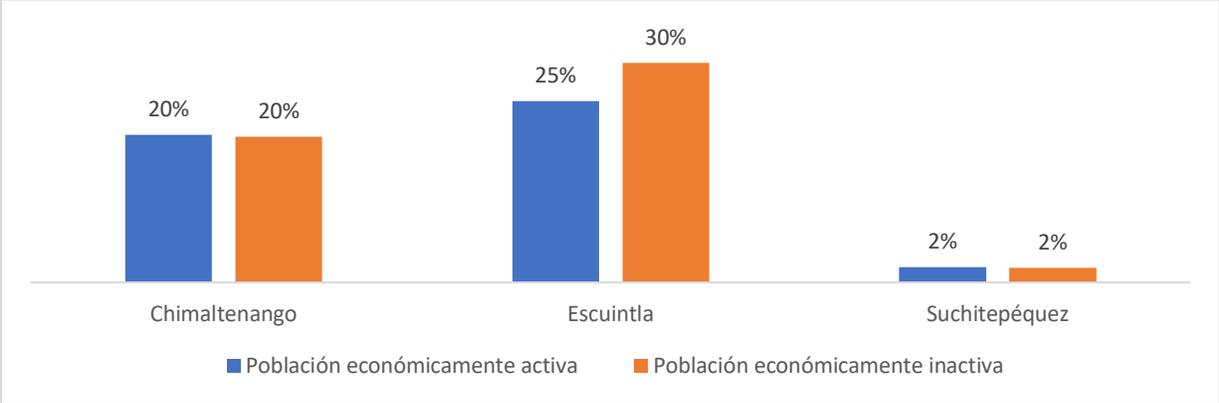


Figura 31. Población económicamente activa (PEA) e inactiva (PEI) en los departamentos de la cuenca del río Coyolate, año 2018
Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

11 INSTITUCIONALIDAD

11.1 Instituciones presentes

En cuanto a la presencia de entidades públicas en Suchitepéquez, Escuintla y Chimaltenango se han identificado delegaciones ubicadas en las cabeceras departamentales que les dan cobertura a los municipios. Las que se relacionan por su quehacer en el territorio con la cuenca hidrográfica del río Cuyolate son:

Dirección Departamental del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS); Delegación Departamental de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred), quien además se encarga del Centro de Operaciones de Emergencia (COE); Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV); Instituto Nacional de Estadística (INE); Instituto Nacional de Bosques (INAB); Coordinación Departamental del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); Delegación Departamental y Regional del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN); Delegación Regional del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap); Dirección Departamental del Ministerio de Educación (Dideduc); Inspección de Trabajo del Ministerio de Trabajo y Previsión Social (Mintrab); Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán); Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia (SCEP); Secretaría Presidencial de la Mujer (Seprem); Ministerio de Gobernación (Mingob) por medio de Gobernación Departamental, la Unidad de Prevención del Delito y Violencia (UPCV) y otros; Instituto de Fomento Municipal (Infom); Delegación Departamental del Instituto Guatemalteco de Turismo (Inguat); Unidad de Desarrollo Cultural de Sacatepéquez del Ministerio de Cultura y Deportes (Micude); y Ministerio de Economía (Mineco) por medio de la Dirección de Atención al Consumidor (Diac) (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011).

El Registro Nacional de las Personas (Renap), el Tribunal Supremo Electoral (TSE) y la Policía Nacional Civil (PNC) tienen presencia en todos los municipios.

11.2 Aspectos de seguridad y justicia

Sistema de Justicia

Cada departamento cuenta con una delegación del Ministerio Público (MP). El Organismo Judicial (OJ) opera por medio de una red de juzgados que abordan diferentes temas, se ubican en las cabeceras departamentales y, en ocasiones, en algunos municipios como el Juzgado de Primera Instancia Penal, Narcoactividad y Delitos contra el Ambiente (uno en la cabecera departamental de Escuintla y otro en Santa Lucía Cotzumalguapa); además se cuenta con juzgados de paz (los cuales se encuentran distribuidos en cada municipio).

El sistema de justicia se auxilia de las subestaciones de la PNC, el Instituto Nacional de Ciencias Forenses, la delegación de la Procuraduría General de la Nación (PGN) y la Auxiliatura de la Procuraduría de los Derechos Humanos (PDH) (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Detenidos por cometer hechos delictivos

En cuanto a la detención de personas sospechosas de cometer algún hecho delictivo, en 2020 la PNC detuvo a 4105 personas en Suchitepéquez. Del total de delitos, el 57.1 % corresponde a otras causas, le siguieron en orden de importancia: amenazas (15.2 %) y hurto (4.1 %). En Escuintla se detuvo a 7638 personas y, del total de delitos, el 44.6 % corresponde a otras causas, le siguieron en orden de importancia: amenazas (16.2 %) y robo agravado (11.9 %). Por último, en Chimaltenango se detuvo a 3641 personas y, del total de delitos, el 50.5 % corresponde a otras causas, le siguieron en orden de importancia: amenazas (15.4 %) y lesiones leves (5.2 %) (Figura 32) (Instituto Nacional de Estadística, enero de 2021).

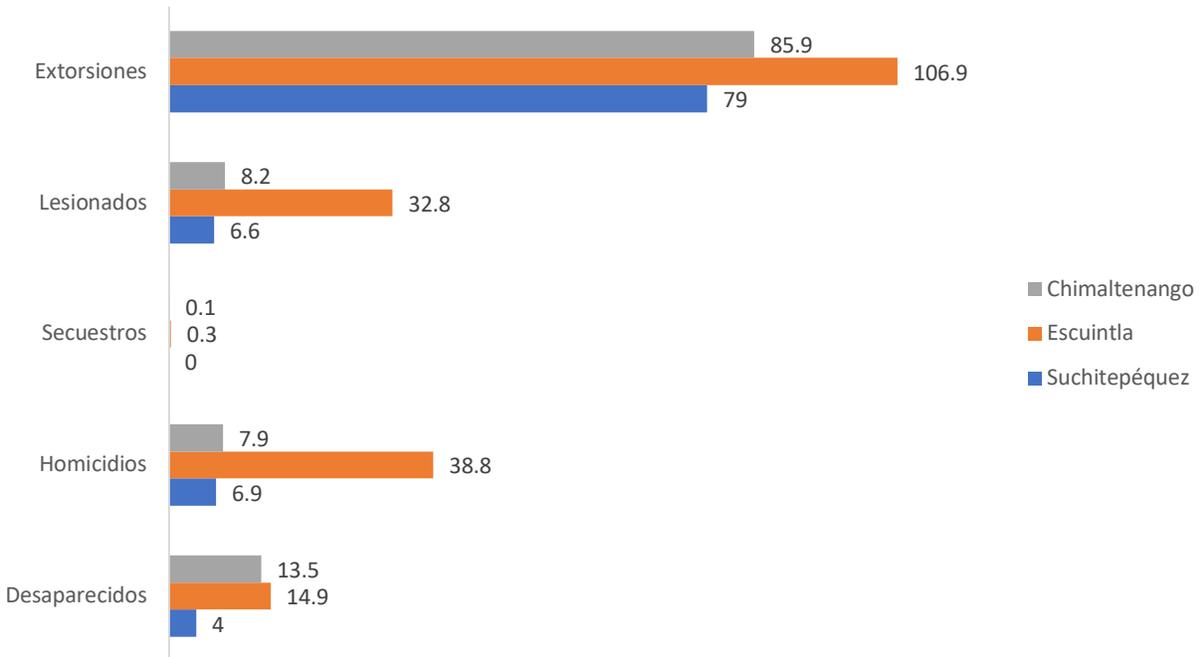


Figura 32. Tasa de víctimas a causa de delito en los departamentos con presencia en la cuenca del río Coyolate, año 2020 (por cada 100 000 habitantes)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2021).

En el 2020¹², la PNC reportó las siguientes cifras en cuanto a las víctimas de hechos delictivos: (a) 790 víctimas en el departamento de Suchitepéquez, el 58 % hombres y 42 % mujeres. La tasa de homicidios fue de 6.9 por cada 100 000 habitantes; (b) 2579 víctimas en el departamento de Escuintla, 73 % hombres y 27 % mujeres. La tasa de homicidios fue de 38.8 por cada 100 000 habitantes; (c) 1145 víctimas en el departamento de Chimaltenango, 70 % hombres y 30 % mujeres. La tasa de homicidios fue de 7.9 por cada 100 000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, enero de 2021).

¹² Datos de la Unidad de Estadísticas Socioculturales y de Seguridad del Instituto Nacional de Estadística (INE), con datos de la Policía Nacional Civil (PNC).

12 FORMAS DE ORGANIZACIÓN

En el departamento de Escuintla se observan mancomunidades y asociaciones departamentales, las últimas son no lucrativas y funcionan con colaboraciones de los asociados y particulares, sin apoyo gubernamental. Además, existen algunas de tipo cultural, deportivas y otras profesionales (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Entre las mancomunidades se pueden mencionar la Mancomunidad de Municipios de la Costa Sur (Mamcosur), que está conformada por nueve municipios: San Vicente Pacaya, Palín, Siquinalá, La Gomera, La Democracia, Santa Lucía Cotzumalguapa, Nueva Concepción, Tiquisate y San Antonio Suchitepéquez. Su propósito es crear alternativas y estrategias comunes para resolver problemas compartidos; ha buscado la formulación común de políticas públicas intermunicipales, planes, programas y proyectos, la ejecución de obras y la prestación eficiente de servicios públicos, con un voto por cada municipio; y se rige por el Código Municipal y la Ley de Descentralización y su reglamento. El tema priorizado al momento de su creación fue el manejo de los desechos sólidos del área, el cual generó la necesidad de conformar la mancomunidad y unificar esfuerzos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

La Mancomunidad Sureña para el Desarrollo Integral (Masur) está integrada por los municipios de Escuintla, Masagua, Guanagazapa, Iztapa y Puerto de San José. Aún no cuenta con un plan estratégico, pero uno de los proyectos que llevó a su conformación fue el manejo de los desechos sólidos.

En el departamento de Chimaltenango los grupos se han organizado a través de asociaciones, cooperativas, comités, grupos de mujeres, jóvenes, indígenas, cofradías, fundaciones y ONG que representan a diferentes sectores sociales, económicos, ambientales y políticos. Así mismo, en el departamento existen entidades legalmente constituidas por agrupaciones de municipios como la Mancomunidad Mankaq'chikel (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

La cooperación internacional está presente dentro del departamento, como en el caso de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Aecid), la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), la Agencia de EE. UU. para el Desarrollo Internacional (Usaid), la Unión Europea (UE) y una gran variedad de instituciones privadas y gubernamentales extranjeras. Accionan directamente o a través de ONG en proyectos específicos de atención sectorial y en puntos estratégicos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

La organización sectorial en Suchitepéquez juega un rol muy importante en la estructura social departamental, y cuenta con organizaciones no gubernamentales, dentro de las cuales se encuentran: Fundazúcar, con sede en la cabecera departamental y representa a los ingenios azucareros; y Anacafé, cuya sede también se ubica en Mazatenango y representa a los caficultores de la región II. Ambas instituciones tienen cobertura para todo el departamento. También está la Cámara de Comercio que aglutina al gremio comerciante organizado y gran cantidad de comités pro mejoramiento que son muy comunes y funcionan en todo el departamento. Por último, en Mazatenango funciona el Grupo Gestor y la oficina Nodal de Grupos Gestores (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Otras organizaciones que funcionan activamente en Suchitepéquez son las cooperativas, como la Cooperativa Integral de Transportes Trabajando Juntos R. L., registrada en Inacop; la Cooperativa Unión Popular conocida como Micope y la cooperativa Coosadeco R.L. que tiene su matriz en la ciudad de Coatepeque (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

12.1 Organización política

Según la *Memoria de Elecciones 2019*, el padrón electoral de las últimas elecciones en los departamentos con presencia en la cuenca hidrográfica del río Cuyolate fue de 53.7 % mujeres y 46.3 % hombres (Tabla 12) (Tribunal Supremo Electoral, 2020).

Tabla 12. Empadronamiento por sexo en los departamentos de la cuenca del río Cuyolate

n.º	Departamento	Mujeres empadronadas (%)	Hombres empadronados (%)
1	Suchitepéquez	53.5	46.4
2	Chimaltenango	54.7	45.3
3	Escuintla	52.8	47.2
Total		53.7	46.3

Fuente: Tribunal Supremo Electoral (2020).

En lo que refiere a los diputados distritales de los departamentos de Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla, se eligieron 16 representantes de los cuales tres fueron mujeres. De los representantes elegidos, 50 % corresponde al partido político UNE, 19 % a Vamos y el resto se distribuye entre los partidos políticos UCN, Podemos, BIEN y PC (Tabla 13).

Tabla 13. Diputados distritales electos en los departamentos de la cuenca del río Coyolate

n.º	Suchitepéquez	Chimaltenango	Escuintla
1	José Arnulfo García Barrios y Byron Wilfredo Arriaga Alonzo (UCN)	José Alejandro de León Maldonado (Podemos)	Gustavo Adolfo Cruz Montoya (BIEN) y Hernán Moran Mejía (PC)
2	Vasny Adiel Maldonado Alonzo, Merana Esperanza Oliva Aguilar y Oswaldo Rosales Polanco (UNE)	Madeleine Samantha Figueroa Rodas y Petrona Mejía Chuta Lara (UNE)	Francisco Vitelo Lam Ruano, Carlos Enrique Mencos Morales y Ángel Francisco González Velásquez (UNE)
3		Maynor Gabriel Mejía Popol y Wilmer Rolando Mendoza (Vamos)	Sergio David Arana Roca (Vamos)

Fuente: Tribunal Supremo Electoral (2020).

Las dieciséis corporaciones municipales están integradas por 176 miembros distribuidos en los puestos de alcalde, síndicos, concejales y suplentes. Quince de los alcaldes son hombres y una es mujer. Del total de los electos, 11 % corresponde a mujeres y 89 % a hombres.

El partido político predominante en la elección de 2019 fue la UNE, el cual ocupa seis de las corporaciones municipales con presencia en la cuenca; le sigue el partido Vamos con dos corporaciones; y los partidos FCN Nación, Unionista, Unido, PPT, PAN, CREO, CCEI Hormiga y CCE Trigo con una corporación municipal cada uno. Dos de las corporaciones municipales son lideradas por comités cívicos (Tabla 14).

Tabla 14. Distribución de los miembros de las corporaciones municipales por sexo y organizaciones políticas

Municipios	# de miembros de la corporación	Género		Organización política ganadora	Otras organizaciones
		Mujeres	Hombres		
		Número de personas			
Patzún	11	0	11	Vamos	UNE, Podemos, Vamos
Patzicía	11	0	11	Vamos	CCE Samajel, Fuerza, VIVA
San Miguel Dueñas	10	1	9	Unionista	UNE, CREO
San Juan Alotenango	10	1	9	Unidos	Todos, PC
Santa Apolonia	10	0	10	UNE	PC, BIEN
Acatenango	10	0	10	UNE	Podemos, Vamos

Municipios	# de miembros de la corporación	Género		Organización política ganadora	Otras organizaciones
		Mujeres	Hombres		
		Número de personas			
San Pedro Yepocapa	11	3	8	UNE	UCN
San Miguel Pochuta	10	2	8	UNE	Valor, Fuerza
Nueva Concepción	14	1	13	UNE	Fuerza, Podemos, PC
La Gomera	10	1	9	UNE	PC, UCN
Santa Lucía Cotzumalguapa	13	3	10	PPT	UNE, Semilla
Patulul	11	3	8	PAN	UNE, FCN, PHG
Sipacate	10	2	8	FCN Nación	Valor
Siquinalá	10	1	9	CREO	UNE, UCN
San Andrés Itzapa	11	1	10	CCEI Hormiga	PC, BIEN
Tecpán Guatemala	14	1	13	CCE Trigo	EG, UNE, CCE El Camino, CREO
Total	176	20	156		

Fuente: Tribunal Supremo Electoral (2020).

12.2 Sistema de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural

En el marco de la creación de la Ley del Sistema de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural se consideró que los artículos 119 y 224 de la Constitución Política de la República de Guatemala (1985) se refieren a la necesidad de promover sistemáticamente la descentralización económico-administrativa como medio para promover el desarrollo integral del país, por lo que era urgente propiciar una amplia participación de todos los pueblos y sectores de la población guatemalteca en la determinación y priorización de sus necesidades y las soluciones correspondientes.

Por tal razón, se creó el Sistema de Consejos de Desarrollo que tiene por naturaleza ser el espacio de participación de la población maya, xinca, garífuna y no indígena en el que la gestión pública lleve a cabo el proceso de planificación democrática para el desarrollo, el cual tiene como objetivo organizar y coordinar la administración pública mediante la formulación de políticas de desarrollo, planes y programas presupuestarios y el impulso de la coordinación interinstitucional, pública y privada (Congreso de la República de Guatemala, 2022).

Los principios generales del Sistema de Consejos de Desarrollo son:

- a. El respeto a las culturas de los pueblos que conviven en Guatemala.
- b. El fomento a la armonía en las relaciones interculturales.
- c. La optimización de la eficacia y eficiencia en todos los niveles de la administración pública.
- d. La constante atención porque se asigne a cada uno de los niveles de la administración pública las funciones que por su complejidad y características pueda realizar mejor que cualquier otro nivel. La promoción de procesos de democracia participativa, en condiciones de equidad e igualdad de oportunidades de los pueblos maya, xinca y garífuna y de la población no indígena, sin discriminación alguna.
- e. La conservación y el mantenimiento del equilibrio ambiental y el desarrollo humano, con base en las cosmovisiones de los pueblos maya, xinca y garífuna y de la población no indígena.
- f. La equidad de género, entendida como la no discriminación de la mujer y la participación efectiva, tanto del hombre como de la mujer (Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia, 2022).

Este sistema está integrado por cinco niveles, los cuales están previstos constitucionalmente. En lo que se refiere a lo municipal, se sustenta en el Código Municipal, y en lo comunitario, según lo contemplado en los Acuerdos de Paz —esto último debido a que en dichos acuerdos se asumieron compromisos para superar las causas que le dieron origen, entre las cuales estaba la reforma a la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural—. En la Figura 33 se describen los niveles del sistema.

El Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural (Conadur), que es coordinado por el presidente de la República, tiene a su cargo la formulación de las políticas de desarrollo, así como el ordenamiento territorial. Continuando con la jerarquía de este sistema escalonado se creó el Consejo Regional de Desarrollo Urbano y Rural (Coredur) presidido por el representante del presidente de la República e integrado por los gobernadores de los departamentos que forman la región, por un representante de las corporaciones municipales de cada uno de los departamentos incluidos en la misma y por representantes de entidades públicas y privadas (Congreso de la República de Guatemala, 2002).

Los gobernadores ejercen el gobierno de los departamentos. Dicho puesto es nombrado por el presidente de la República y es el encargado de presidir el Consejo Departamental de Desarrollo Urbano y Rural (Codede) que está integrado por los alcaldes de todos los municipios y representantes del sector público y privado organizado. En un siguiente escalón se encuentran los consejos municipales de desarrollo (Comude), que están conformados por el

alcalde municipal, quien lo coordina, así como por representantes de los consejos comunitarios de desarrollo y entidades públicas y civiles locales.



Figura 33. Sistema de los consejos de desarrollo urbano y rural
Fuente: Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia (2022).

Por último, se encuentran los consejos comunitarios de desarrollo (Cocode) que están integrados por la Asamblea Comunitaria, la cual está formada por los residentes de una misma comunidad y son coordinados por un órgano integrado de acuerdo con lo que determine la comunidad o reglamentación municipal. Esta es la base del sistema de consejos de desarrollo, al cual se le delegan —entre sus muchas funciones— la de formular políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo de la comunidad, con base en la priorización de sus necesidades, y proponerlos al Comude para su incorporación en los planes municipales.

Además, tiene la responsabilidad de ejercer auditoría social a los proyectos u obras que se ejecuten en sus comunidades, administrar y velar por el buen

uso de los recursos técnicos, financieros y de otra índole que obtenga el Cocode, por lo que debe informar constantemente a la Asamblea Comunitaria. Los Cocode tienen la representatividad legal de su aldea, debido a que deberán registrarse e inscribirse en el libro respectivo del Registro Civil de la municipalidad de su jurisdicción, con lo cual obtienen personalidad jurídica (Congreso de la República de Guatemala, 2002)

La toma de decisiones en los consejos de desarrollo se realiza por consenso, pero cuando no se logre, se votará por mayoría simple. Todos los miembros participan *ad honorem* en las sesiones. Se pueden crear las comisiones de trabajo que se consideren necesarias. Sus funciones serán emitir opinión y desarrollar temas y asuntos por encargo del consejo correspondiente, ejemplo de ello son las comisiones de medio ambiente (Codema), que se han constituido en los Cocode y son lideradas por los delegados del MARN.

13 GOBERNANZA

13.1 Agua

Según el Water Forum of the Americas (Serrano, 2011), la gobernanza del agua se refiere a la interacción de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que entran en juego para regular el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad. La gobernanza del agua existe donde las organizaciones estatales encargadas de la gestión del recurso establecen una política efectiva, junto con un marco legal apropiado para regular y gestionar el agua, de forma tal que responda a las necesidades ambientales, económicas, sociales y políticas del Estado, con la participación de todos los agentes sociales.

La gobernanza del agua en Guatemala se ve afectada principalmente por aspectos legales y las competencias que estas regulaciones otorgan a diferentes instituciones en el país, lo cual genera superposición de las competencias para la regulación de este recurso y, por tanto, para su gobernanza (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad Del Valle de Guatemala, 2019).

De acuerdo con Salguero (2009), la legislación actual relativa a la gestión del recurso hídrico en Guatemala, se encuentra dispersa en una serie de leyes y normas que no integran un sistema de derecho —entendido como el régimen que norma lo relativo al dominio, uso y aprovechamiento, conservación y administración del agua— (Tabla 15) (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad Del Valle de Guatemala, 2019).

Tabla 15. Marco legal del agua en Guatemala

Enfoque	Institución	Legislación
Dominio	Registro General de la Propiedad Corte de Constitucionalidad Tribunales de Justicia	Código Procesal Civil (1992) Código Civil (1933 y 1963)
Uso común	Municipalidades MSPAS	Código Civil (1933 y 1963) Ordenanzas municipales Política Nacional del Sector Agua Potable y Saneamiento (2013)
Aprovechamientos especiales	Municipalidades MAGA Ministerio de Energía y Minas (MEM) MSPAS	Código Municipal (2002) Reglamento de riego (1972) Ley de Minería (1997) Código de Salud (1997)

Enfoque	Institución	Legislación
Protección de las personas	Consejo Nacional para la Reducción de Desastres	Código Civil (1933 y 1963) Ley de la Conred (1996)
Protección del recurso	MARN	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)
Zonas de producción de agua	INAB Conap	Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos (2006)

Fuente: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad del Valle de Guatemala (2019).

Guatemala cuenta con legislación y reglamentos que atienden diferentes necesidades de sectores específicos para el uso del agua. Además, existen 36 políticas de Estado relacionadas con este tema, de las cuales no se conocen sus resultados. Tampoco se cuenta con una ley de aguas en particular, aunque sí se han discutido varios proyectos de ley en el Congreso de la República de Guatemala.

13.2 Bosques

Guatemala ha reconocido la importancia de los bosques para la sociedad y para su desarrollo económico, por lo cual ha declarado de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques (Congreso de la República de Guatemala, 1985). Esta declaración ha sido fortalecida por medio de la promulgación de una serie de leyes ordinarias orientadas a este fin.

Tomando como referencia lo mencionado en el apartado de agua, a continuación se presenta el marco legal relativo al tema forestal (Tabla 16).

Tabla 16. Marco legal forestal en Guatemala

Enfoque	Institución	Legislación
Conservación de bosques	INAB Conap MARN	Ley Forestal (Decreto 101-97) Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-89 y sus reformas) Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, el cual propone la creación del Fondo Nacional de Cambio Climático (Decreto 7-2013)

Enfoque	Institución	Legislación
Beneficios relacionados con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	INAB MEM	Ley de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal (Pinpep) (Decreto 51-2010) Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala (Probosque) (Decreto 2-2015) Reglamento del Pinfor Reglamento de la Ley Pinpep Reglamento de Ley Probosque Reglamento para la Fiscalización de Empresas Forestales Reglamento para el Aprovechamiento Forestal de Consumo Familiar Reglamento para el Transporte de Productos Forestales y su Procedencia Lícita Reglamento para el Manejo de Plantaciones y Áreas Productoras de Semilla de Pinabete Reglamento del Registro Nacional Forestal Reglamento para Técnicos y Profesionales que se dedican a la actividad forestal Ley Reguladora del Registro, Autorización y Uso de Motosierras Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (52-2003)

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (s. f.).

13.3 Suelos

La gestión de los suelos se encuentra dispersa en una serie de cuerpos normativos relativos a temas como actividades productivas agrícolas e industriales, actividades para consumo interno o externo, minería, generación de energía y salud. En la Tabla 17 se incluyen algunas normas relacionadas con el ordenamiento territorial y leyes que refieren a las autoridades de manejo de lagos y cuencas, reservas territoriales, y protección y conservación de suelos.

Tabla 17. Marco legal de los suelos en Guatemala

Enfoque	Institución	Legislación
Actividades productivas	MAGA	Ley del Organismo Ejecutivo (Decreto 114-1997) y sus reformas en lo conducente al MAGA Corresponde al MAGA, la Dirección y Coordinación Superior del Sector Público Agrícola, y por su medio el Gobierno de la República, aplicar la Política de Desarrollo Agrícola del País (Decreto 102-1970) y sus reformas Reglamento de Registro Genealógico de Ganado para los Países Centroamericanos suscrito en 1965 (Decreto Ley 4-1961)
Aspectos de salud	MAGA MARN MSPAS INAB Conap MEM Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (Sesán)	Ley de Sanidad Vegetal y Animal Código de Salud Ley Forestal Ley de Áreas Protegidas Ley de Minería Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional
Ordenamiento territorial	Conred Ministerio de Finanzas (Minfin) Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia (SCEP) Municipalidades Segeplán MAGA MARN MSPAS INAB Conap MEM Sesán	Ley de creación de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado (Conred) Ley de Adjudicación de Bienes Inmuebles Propiedad del Estado, el Gobierno o la Nación, a favor de familias en situación de pobreza y extrema pobreza Ley de Desarrollo Social Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural Código Municipal Ley General de Descentralización Ley Preliminar de Urbanismo Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos Ley de Parcelamientos Urbanos Reglamento Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural Reglamento de la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos Reglamento de la Ley de la Conred Reglamento de la Ley General de Descentralización Reglamento de la Ley Forestal

Enfoque	Institución	Legislación
		Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas Reglamento de la Ley de Minería Reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores
Autoridades de manejo de lagos y cuencas	MARN	Ley de creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno Ley de creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal, el Río Dulce y su Cuenca Ley de creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán
Reservas territoriales	MAGA Ocret	Ley Reguladora de las Áreas de Reservas Territoriales del Estado de Guatemala (Decreto 126-1997)
Proteger y conservar		Ley de Protección para el Cultivo del Plátano y el Banano en la República de Guatemala (Decreto 7-2020) Ley de Registro de Productos Agroquímicos (Decreto 5-2010) Donde se Acepta y Aprueba el Protocolo de Montreal Relativo a las Substancias Agotadoras de la Capa de Ozono, Suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987 (Decreto 34-1989) y sus reformas (Decreto 17-2001) Ley de Sanidad Vegetal y Animal (Decreto 36-1998) Referido al Uso de Grasas para Uso Industrial que Deroga (Decreto 93-1995) Se Exonera del Pago de Derechos de Importación y Sobrecargos la Importación de Insecticidas, Fungicidas, Herbicidas y Fertilizantes Destinados a la Producción Agrícola y Ganadera (Decreto 24-1981) Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-1986) Se Aprueba el Convenio Entre el Gobierno de Guatemala y el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos para Proteger las Cosechas de los Daños Causados por la Plaga de la Mosca del Mediterráneo, suscrito en la Ciudad de la Antigua Guatemala, el 15 de noviembre de 1975 (Decreto 21-1976) Aprobación de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria Firmada por el

Enfoque	Institución	Legislación
		representante de Gobierno en Roma, el 23 de abril de 1952, para Prevenir la Introducción y Difusión de Plagas y Enfermedades de Plantas y Productos Vegetales (Decreto 5-1955)

Fuente: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2005).

14 CONFLICTIVIDAD SOCIAL

Durante los últimos años se conformó la Mesa Técnica del río Coyolate con la participación de Gobernación Departamental, empresas, municipalidades, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, instituciones públicas, ONG y comunidades.

Asimismo, se constituyó un comité de usuarios que está conformado por palmeros, azucareros, bananeros, ICC, y otros: piscicultores, plataneros, ganaderos (según la cuenca). Además, se instituyó un comité técnico con las siguientes instituciones: MARN, ICC, Gobernación Departamental, municipalidades, Insivumeh, MAGA y Conred. Como parte de las acciones se implementaron las siguientes:

- Identificación de los usos y usuarios del agua
- Determinación de la oferta de agua a través de mediciones de caudales realizadas en el 2016 y 2017
- Implementación de mecanismos de coordinación relativos al uso del agua para garantizar que los ríos lleguen a la desembocadura, lo cual se hizo a través de:
 - Reuniones de comités técnicos por río (usuarios del agua)
 - Comunicación constante
 - Reuniones de mesas técnicas (con autoridades, usuarios y otros actores)
- Reducción del uso del agua de los ríos por medio de la implementación de riego más eficiente, disminución del riego (con baja en la productividad) y uso de otras fuentes de agua.
- Restauración de los bosques en las riberas de ríos

Los logros principales son:

1. Diálogo entre distintos actores (comunitarios, autoridades, sector privado).
2. Inventario de usos y usuarios del agua.
3. Mecanismos de coordinación para el uso racional del agua.
4. Sistema de información sobre caudales disponibles y verificación de cumplimiento de su uso.
5. Recuperación de los caudales en la desembocadura de los ríos (principales y secundarios).
6. Planes y ejecución de reforestaciones en las riberas de los ríos.
7. Disminución de la conflictividad.
8. Fortalecimiento de la gobernabilidad local, con liderazgo de los gobernadores departamentales y algunos alcaldes.

Como parte de los retos a futuro se pueden mencionar:

- Seguir aumentando la eficiencia de riego.
- Involucrar a los usuarios del agua en la parte media y alta de las cuencas.
- Realizar acciones para el manejo racional del agua subterránea y aumento de su recarga.
- Almacenar agua (subterránea y superficial).
- Inversión del Estado para que los hogares tengan acceso al servicio de agua.
- Generar información y análisis sobre las cuencas para su manejo integral.
- Gobernabilidad del agua fortalecida: institucionalizar los mecanismos y tener reglas claras (Instituto Privado sobre Cambio Climático, 2017).

15 HISTORIA Y ASPECTOS CULTURALES

A pesar de estar dentro de la misma región y cuenca, cada territorio tiene aspectos históricos y culturales distintivos, los cuales se describen a continuación:

15.1 Historia

Escuintla

Parte de la zona que hoy ocupa Escuintla fue habitada por las culturas Cotzumalguapa y Tolteca. Posteriormente, el territorio fue habitado por los grupos pipiles que se extendieron a lo largo de la franja costera y que procedían de los mexicas, que más tarde cayeron bajo el dominio k'iche' (eGuate, 2021). La etimología de Escuintla proviene de "yzquintepeque", que se origina de las voces pipiles "yzquin" (que significa perro) y "tepet" (que significa cerro), debido a que en la región se criaban muchos tepescuintles. La otra voz de la que deriva el nombre Escuintla es el término "pipilzcuintla", que significa patojos o niños, porque así llamaban a los habitantes de la región pipil (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

Al principio de la historia colonial, a partir del siglo XVI, los habitantes pipiles de Cotzumalguapa fueron catequizados por los franciscanos. El 4 de noviembre de 1825 la Asamblea Nacional Constituyente decretó la división territorial y, conforme a la misma, se instalaron muchos españoles y mulatos.

Durante la colonia producían añil, algodón y gran cantidad de otros cultivos. El cacao se cambió por el café y proliferaron las plantaciones de citronela y caña de azúcar. Dicha producción agrícola fue favorecida con el ferrocarril y la carretera del Pacífico (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

En la época federal se rehabilitó el Puerto de Iztapa y, a principios de 1853, se puso a funcionar el Puerto San José. En 1872 el general Justo Rufino Barrios ordenó la expropiación de los bienes de la Iglesia Católica, que no solo incluía conventos y templos, sino haciendas e ingenios. En 1880 se terminó de construir la primera estación del ferrocarril en el tramo entre el Puerto San José y la capital. En 1896 se impulsó la construcción del Ferrocarril Interoceánico que conectaría al Puerto Iztapa y Puerto Barrios (Hoy en la Historia, 2021).

El terremoto de 1942 golpeó fuertemente al departamento. Durante el gobierno revolucionario de 1944 se le expropiaron extensos terrenos ociosos

a la United Fruit Company (Hoy en la Historia, 2021). A lo largo del conflicto armado interno Escuintla fue un lugar estratégico por sus puertos y conexiones logísticas.

En los municipios de La Democracia y Siquinalá, además de estar presentes los pueblos mayas, existen vestigios arqueológicos de la cultura olmeca, pipil y náhuatl. Dentro de los lugares arqueológicos más conocidos se pueden mencionar el parque y el museo de La Democracia.

Cada municipio tiene actividades propias, con las que celebran los días de sus santos patronos o bien sus propias ferias titulares, época en la cual se ponen de manifiesto las costumbres y tradiciones locales que, por lo general, toman una semana.

Actualmente existen organizaciones, instituciones y entidades que fomentan la cultura como parte de un proceso coordinado por la municipalidad donde participan las siguientes instituciones: Comisión de Cultura y Deporte de la Municipalidad, la Casa de la Cultura, Boys Scout y otros. En la mayor parte de municipios se practican diversas ramas deportivas. Los más populares son el fútbol, básquetbol y voleibol, tanto en ramas femenina como masculina. Existen asociaciones federadas, clubes y equipos deportivos que los representan a nivel departamental y nacional (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011a).

En el municipio existen tradiciones que se han preservado a lo largo de los años, como las actividades de la Cofradía, las procesiones religiosas, las carreras de caballos y los jaripeos (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011d).

Chimaltenango

En 1462 los kaqchikeles se separaron del dominio k'iche y fundaron su capital en una nueva región en el lugar llamado Iximché. Más tarde, colonizada por los españoles, se le conoció como la Provincia de Chimaltenango. En este departamento se realizó la firma del acta de Patzicía el 3 de junio de 1871, evento que fue crucial para el triunfo del general Justo Rufino Barrios durante la Revolución Liberal (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

En lengua náhuatl "chimal" significa escudo, broquel o rodela. Por su parte, "tenango" significa lugar amurallado. Por lo tanto, el nombre significa "muralla de escudos", que se atribuye al hecho de haber sido una plaza militar

fortificada (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

La religión se basa en el culto a la naturaleza y a los antepasados. Dentro de las creencias existe un mediador entre los dos mundos, el *ajch'ab'al*, sabio anciano rezador quien, además, es médico brujo o *aq'omanel*. El idioma maya predominante es el kaqchikel (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

Las cofradías y las fiestas patronales de cada municipio son de relevancia cultural para los pueblos y su estrecha relación con la religión se hace evidente en cada lugar. Los principales lugares sagrados son iglesias, cerros y cuevas (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

El Departamento de Chimaltenango posee diversos sitios turísticos y arqueológicos que representan la historia y arquitectura maya. Dentro de los más conocidos, se pueden mencionar: el balneario los Aposentos (Chimaltenango), los baños de Pixcayá, las Delicias y Río Pequeño (San Juan Comalapa), el balneario Ojo de Agua (San Martín Jilotepeque), las cuevas de Venecia y cuevas del Diablo, las cataratas de la Torre y del Río Nicán (San Miguel Pochuta) (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011c). Entre los centros arqueológicos más importantes se pueden mencionar: Iximché (en el municipio de Tecpán), Mixco Viejo (en el municipio de San Martín Jilotepeque); además, en el municipio de San Juan Comalapa se encuentran atractivos turísticos como las caídas de agua: El Cubo, El Retiro, La Golondrina, Santa Anita y La Torre y otros (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011b).

Otro atractivo turístico del departamento es la vista que proveen los volcanes Acatenango y Fuego, en los municipios de Acatenango y Yepocapa respectivamente.

Con relación al deporte, existe la selección departamental de fútbol y básquetbol. Para la realización de actividades deportivas cuentan con un estadio en la cabecera departamental, varios centros polideportivos privados, canchas deportivas municipales. La mayoría de los municipios posee un estadio municipal.

15.2 Aspectos culturales

15.2.1 Visión indígena del agua

El total de la población maya que habita en la cuenca hidrográfica del río Coyolate es de 35 %. De las comunidades lingüísticas existentes en el país, se registra mayor presencia de población kaqchikel, 91 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018). Los aspectos culturales relacionados con el agua y las prácticas de su utilización, la tradición, el idioma y la forma de organización, son elementos a ser considerados durante el planteamiento del manejo de una cuenca (Lentini, 2010).

Debido a la concepción religioso-cultural que poseen los pueblos originarios sobre el agua, el desarrollo de los servicios para estos grupos se ha de basar en enfoques y metodologías especializadas adecuadas a las circunstancias. Según Mutz (2009), la concepción del agua para los indígenas mayas surge del hecho de que constituye un elemento sagrado dentro de la espiritualidad y consideran que el origen del agua es divino¹³. En la vida cotidiana no existe una separación entre la religión y el orden social, sino que la base de su comportamiento consiste en respetar el orden establecido desde el origen y, por lo tanto, el cuidado de la naturaleza constituye un compromiso sagrado. Así, rinden culto al ciclo del agua, y a la relación entre los bosques y las fuentes superficiales y subterráneas de agua. Además, la cultura indígena tiene como principio el equilibrio con la naturaleza, y el establecimiento de un balance entre el aprovechamiento de los recursos y la protección del ambiente (Lentini, 2010).

El agua es uno de los cuatro elementos principales (fuego, tierra, agua y aire) de la naturaleza, por lo tanto, es sagrada y vital al mismo tiempo. Es un elemento que tiene vida y carácter propio, que se define mediante su espíritu o energía y tiene su guardián (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad Del Valle de Guatemala, 2019).

Según su origen y ubicación, el agua posee diferentes energías, como el agua de mar, de los lagos y lagunas, la subterránea, de los ríos, de lluvia, entre otras. Al mismo tiempo, tiene usos culturales diferentes, como su aplicación para renovar las energías de las personas, para la depresión, el susto, la regulación del sistema digestivo con la llegada de las lluvias en el mes de mayo, entre otros (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad Del Valle de Guatemala, 2019).

¹³ Las aguas son consideradas como símbolo de unión entre el mundo de los vivos y los antepasados.

A lo largo de su historia, la comunidad kaqchikel ha construido una forma de vivir, una manera de relacionarse con la naturaleza, con Dios (creador y formador), con sí misma, y con los hombres y mujeres de otras culturas. Entre los elementos materiales de identidad se encuentra el maíz, aunque también existen elementos espirituales (como el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza) que los identifican por practicarlos en todos los actos de su vida individual y comunitaria (Universidad Rafael Landívar y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 1997).

Se ubican desde el siglo XVI en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Sololá, Guatemala, Suchitepéquez, Escuintla y Baja Verapaz. Su área de ocupación no ha cambiado desde casi cinco siglos (Universidad Rafael Landívar y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 1997).

Son descendientes de otras comunidades, lo cual es un rasgo de la organización social que compartían con los demás pueblos de habla maya. Su organización consistía en una federación de cuatro linajes mayores o "chinamit" (linajes o clanes), los cuales eran: *sotz'íl*, kaqchikel (*xahil*), *tukuche'* y *aqajal*. El vocablo *sotz'íl* se deriva de *sotz'* o murciélago, símbolo de la "raza kaqchikel". *Xahil* proviene de *xah*, que significa bailar, y probablemente se trata de los bailarines que ejecutaban las danzas sagradas. Kaqchikel proviene de *kaqa*: rojo y *che'*: árbol; en tanto que *aqajal* significa "los de las colmenas". Estos cuatro grupos son mencionados en documentos sobre las guerras comunes entre los k'iche' y kaqchikel y en el Memorial de Sololá.

La parte más importante de la organización social es la familia, la cual comprende a los abuelos, padres, hijos, hermanos, tíos, sobrinos y primos. El respeto a los ancianos y mayores es uno de los valores morales más importantes de esta comunidad. Como parte de su organización económica se basan en la agricultura, lo cual ha cambiado el paisaje debido a la tala de árboles (Universidad Rafael Landívar y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 1997).

16 SÍNTESIS DE LA CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se estima que en la cuenca hidrográfica del río Coyolate habitan 339 461 personas, distribuidas en 677 lugares poblados de los siguientes departamentos (según su porcentaje de área en la cuenca): Sacatepéquez (0.01 %), Escuintla (53 %), Chimaltenango (35 %) y Suchitepéquez (12 %). La población es altamente joven debido a que alrededor del 71 % se encuentra en el rango etario de 0 a 34 años; existe una ligera mayoría de mujeres (51 %) en comparación con los hombres (49 %). Se distribuyen principalmente en el área rural (56 %) y 42 % en el área urbana. La población es principalmente ladina (65 %), mientras que el 35 % es maya. Las comunidades lingüísticas predominantes son: kaqchikel (91 %) y k'iche' (6 %).

Alrededor de 23 % de la población vive en pobreza y 36 % en pobreza extrema, con niveles de riesgo socioeconómico entre bajo y alto, principalmente. La tasa global de fecundidad se estima en 2.0 a 2.3 en los departamentos con área en la cuenca. Entre las causas principales de muerte en 2020 se identificaron las siguientes: síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio; diabetes mellitus y otras. Las principales causas de morbilidad general son: infecciones respiratorias agudas (resfriado común), gastritis e infección de las vías urinarias. Adicionalmente se reportan: amigdalitis aguda, enfermedades diarreicas, amebiasis, fiebre con escalofríos, síndrome diarreico y fracturas.

Un alto porcentaje de la población ha recibido educación a nivel preprimaria y primaria (51 % aproximadamente), y alrededor de un 3 % ha cursado la educación superior (licenciatura, maestría y doctorado). Dentro de las principales causas de inasistencia se pueden mencionar la falta de dinero, que no le gusta/no quiere ir y la necesidad de trabajar. La tasa de alfabetismo es de más del 84 %, con porcentajes de 43 % para hombres y 41 % para mujeres.

La mayoría de los hogares de la cuenca hidrográfica se ubica principalmente en su parte alta y media. Los tipos de servicio sanitario predominantes son el inodoro conectado a la red de drenajes (44 %) y la letrina o pozo ciego (26 %). La cobertura eléctrica en los hogares de la cuenca es del 96 %. Se estima que las principales fuentes de energía para cocinar son gas propano (39 %) y leña (60 %). Dentro de las formas de eliminación de la basura que más se practican se pueden mencionar: servicio municipal (16 %), servicio privado (20 %) y quema (49 %). Las fuentes principales de agua para consumo en el hogar son: tubería en la vivienda (40 %) y pozo perforado (38 %). En el departamento de Escuintla, el 55 % de los hogares obtiene agua

de pozo. En el municipio de Patulul (Suchitepéquez), el 61 % de los hogares obtiene agua por medio de tubería en la vivienda y en Chimaltenango este porcentaje alcanza el 43 %.

Entre las principales actividades económicas se identificaron la agricultura a gran escala (azúcar, café, hule, palma y verduras) y para exportación y consumo local, la industria manufacturera y fábricas especializadas, la producción pecuaria y las actividades comerciales formales e informales. El 98 % de las empresas registradas está catalogada como microempresas. Se estima que la población económicamente activa es de alrededor del 48 % y más del 52 % califica como económicamente inactiva.

En los departamentos existen formas de organización, algunas de las cuales están relacionadas con el agua, como la Mancomunidad de Municipios de la Costa Sur (Mamcosur) y la Mancomunidad Sureña para el Desarrollo Integral (Masur); además de otras que abordan temas relacionados con el medio ambiente como las mesas técnicas, las organizaciones no gubernamentales (ONG) con fines educativos, entre otras. Las organizaciones políticas son diversas y las corporaciones municipales se distribuyen entre partidos políticos y comités cívicos. Los partidos políticos con mayor presencia en las corporaciones municipales son la Unidad Nacional de la Esperanza (UNE) y Vamos por una Guatemala Diferente (Vamos), además se identificó mayor ocupación de puestos públicos por parte de hombres (un 89 % aproximadamente), que por mujeres.

Entre las instituciones que atienden aspectos relacionados con la cuenca hidrográfica, las más importantes son las gobernaciones departamentales, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred), el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap). Estas instancias tienen delegaciones departamentales y/o regionales que, por lo general, se ubican en las cabeceras departamentales, y de esos lugares se movilizan a los municipios.

Una de las formas de abordaje de los conflictos relacionados con los recursos naturales en el área corresponde a la Mesa Técnica del Río Coyolate en el departamento de Escuintla. Finalmente, en lo que refiere a la historia y aspectos culturales, se determinó que la comunidad kaqchikel tiene una visión del agua que tiene como base la concepción para los pueblos mayas que considera su origen como divino; además de que no hace una separación entre la vida cotidiana, religión y orden social, por lo que el cuidado de la naturaleza es un compromiso sagrado.

REFERENCIAS

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Universidad del Valle de Guatemala. (Junio del 2019). *Gobernanza del agua desde la visión indígena*. Universidad del Valle de Guatemala.
- Aquino, L. A. (2013). *Financiamiento de unidades agrícolas y Proyecto: Producción de Papaya*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1985). Constitución Política de la República de Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1986). Decreto Número 70-86. Ley Preliminar de Regionalización.
- Congreso de la República de Guatemala. (2002). Decreto Número 11-2002. Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural.
- eGuate. (21 de octubre del 2021). *Historia de Escuintla*. <http://www.eguate.com/site/es/historia/departamental/escuintla.html>
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa Mundial de Alimentos, Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios y Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2018). *Índice para la gestión de riesgo*.
- Hoy Historia GT. (21 de octubre del 2021). *Escuintla*. <https://hoyhistoriagt.org/escuintla/>
- Instituto Geográfico Nacional. (2010). Mapa red vial. En *Red vial de Guatemala. Inventario vial de Guatemala*.
- Instituto Privado de Cambio Climático. (Noviembre de 2017). *9.ª Conferencia Centroamericana de Legisladores del Recurso Hídrico*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2002). *Lugares poblados y vivienda. XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2013a). *Caracterización departamental de Chimaltenango*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2013b). *Caracterización departamental de Escuintla*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*.

- Instituto Nacional de Estadística. (2020a). *Estadísticas hospitalarias año 2020: servicios externos*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020b). *Estadísticas hospitalarias año 2020: servicios internos*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020c). *Número de defunciones por departamento de residencia del difunto(a)*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020d). *Número de nacimientos por departamento de residencia de la madre*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020e). *Parque vehicular*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020f). *Tasa global de fecundidad por departamento*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2021). *Emigración internacional de personas guatemaltecas por país de destino*.
- Instituto Nacional de Estadística. (Enero del 2021). *Índice hechos delictivos de la Policía Nacional Civil*.
- Instituto Nacional de Estadística. (Enero del 2022). *Variación interanual por región*
- Instituto Nacional de Estadística. (Febrero del 2022). *Canasta Básica Alimentaria (CBA) y Ampliada (CA)*.
- Lentini, E. (Julio del 2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, M. (s. f.). MARN. [http://siredd.marn.gob.gt/marco-normativo#:~:text=Guatemala%20ha%20reconocido%20la%20importancia,bosques%20\(Constituci%C3%B3n%2C%201985\)](http://siredd.marn.gob.gt/marco-normativo#:~:text=Guatemala%20ha%20reconocido%20la%20importancia,bosques%20(Constituci%C3%B3n%2C%201985)).
- Ministerio de Economía. (2015). *Sistema Nacional de Información MIPYME Guatemala año base 2015*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Política de Electrificación Rural 2020-2050*.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2019). *Memoria de estadísticas vitales y vigilancia epidemiológica*.

- Organismo de las Naciones Unidas para la Migración. (Febrero del 2017). *Encuesta sobre migración internacional de personas guatemaltecas y remesas 2016*.
- Presidencia de la República de Guatemala. (2002). Acuerdo Gubernativo Número 461-2002. Reglamento de la Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural.
- Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia. (10 de junio del 2022). *Sistema de Consejos de Desarrollo*. <https://scep.gob.gt/consejos-de-desarrollo/>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2005). *Análisis del marco normativo y legal relativo a la gestión de riesgo*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). *Plan de Desarrollo de Escuintla*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011a). *Plan de Desarrollo de Escuintla*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011b). *Plan de Desarrollo Departamental de Chimaltenango*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011c). *Plan de Desarrollo Departamental PDD de Sacatepéquez*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011d). *Plan de Desarrollo Departamental PDD del Departamento de Escuintla*.
- Serrano, J. D. (Diciembre del 2011). *Hacia una buena gobernanza para la gestión integrada de los recursos hídricos*. Water Forum of the Americas.
- Universidad Rafael Landívar y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (1997). *Historia y memorias de la comunidad étnica kaqchikel*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Plan de protección y conservación
de la cuenca hidrográfica del río

Coyolate

Capítulo III. Mapeo de actores



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), denominado:
Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena
Volcánica Central en Guatemala

Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Capítulo III

Mapeo de actores

Guatemala, febrero de 2025

Citar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Capítulo III: Mapeo de actores*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Global Environment Facility y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Autoridades

Ph. D. César Bernardo Arévalo De León

Presidente de la República de Guatemala

Ph. D. Karin Larissa Herrera Aguilar

Vicepresidenta de la República de Guatemala

MSc. Ana Patricia Orantes Thomas

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

MSc. Jaime Luis Carrera Campos

Viceministro del Agua

Dr. MSc. Edwin Josué Castellanos López

Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Ing. José Rodrigo Rodas Ramos

Viceministro de Ambiente

Lic. Edwing Antonio Pérez Corzo

Viceministro Administrativo Financiero

Equipo técnico

MSc. José Juan Ochoa Quezada

director de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Ing. Maritza Yaneth Campos Fuentes

jefe a.i. Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Luis Pablo Palala Méndez

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Pablo Eduardo Ponce Paiz

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Néstor Fajardo Herrera

asesor técnico del Departamento de Control y Monitoreo del Recurso Hídrico

INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (ICC)

Apoyo técnico metodológico

Giovanni González-Celada

coordinador y especialista en cuencas hidrográficas

Nancy Soto

consultora especialista social y género

Alex Guerra, Luis Reyes, Juan Andrés Nelson y Oscar González

comité asesor del ICC

PROYECTO PROMOVRIENDO TERRITORIOS SOSTENIBLES Y RESILIENTES EN PAISAJES DE LA CADENA VOLCÁNICA CENTRAL EN GUATEMALA

Equipo técnico

Indira Ixquic Barreno Colindres

directora del Proyecto

Mario Samuel Buch

coordinador del Proyecto

Pedro López Velásquez

coordinador región 1

Keny Juárez

coordinador región 2

Juan Ernesto Celada

coordinador región 3

Este documento fue generado en el marco del Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) denominado: "Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala", mediante el acuerdo colaborativo con el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

Nos gustaría reconocer al Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (www.marn.gob.gt) denominado: Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala, Cooperación no reembolsable que es financiado con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM/GEF- (www.thegef.org), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- (www.undp.org). Por su apoyo y contribución financiera a esta publicación.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



TABLA DE CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	v
INTRODUCCIÓN	1
1 METODOLOGÍA.....	2
2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES	3
2.1 Clasificación de actores por área temática	3
2.2 Categorías de análisis	3
3 PRIORIZACIÓN DE ACTORES	5
3.1 Posición	5
3.2 Interés	7
3.3 Influencia.....	9
4 AGRUPACIÓN Y MAPEO DE ACTORES.....	11
REFERENCIAS.....	22

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate del sector público, privado, sociedad civil, organizaciones internacionales y academia	13
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Metodología para el mapeo de actores	2
Figura 2. Posición de los actores identificados en la cuenca hidrográfica del río Coyolate (en frecuencia absoluta)	6
Figura 3. Interés de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate.....	8
Figura 4. Influencia de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate .	10
Figura 5. Mapeo de actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	12

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Anacafé	Asociación Nacional del Café
ANAM	Asociación Nacional de Municipalidades
APIB	Asociación de Productores Independientes de Banano
Asazgua	Asociación de Azucareros de Guatemala
Asobordas	Asociación para la Protección de las Bordas de los Ríos Coyolate y Madre Vieja
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
Cocode	consejo comunitario de desarrollo
Codede	consejo departamental de desarrollo
Comude	consejo municipal de desarrollo
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Conred	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
GEF	Fondo Mundial para el Ambiente
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
Mineduc	Ministerio de Educación
Mingob	Ministerio de Gobernación
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Ocret	Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado

ONG	organización no gubernamental
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SCEP	Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia
Segeplán	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
UGAM	Unidad de Gestión Ambiental
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala

INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate se elaboró en cuatro fases, publicadas en documentos individuales, tal como se describe a continuación:

- Capítulo I** Caracterización biofísica
- Capítulo II** Caracterización socioeconómica
- Capítulo III** Mapeo de actores de la cuenca
- Capítulo IV** Diagnóstico, línea base, zonificación territorial y plan de manejo integral de la cuenca

1 METODOLOGÍA

Para poder elaborar la representación gráfica o mapeo de actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se definió como objetivo identificar aquellos que estuvieran relacionados con el manejo y la gestión de los recursos naturales. Se inició con la recopilación de información secundaria, principalmente de documentos generados en el territorio con información pertinente. Esta fase se completó con información primaria recopilada a través de talleres participativos, donde también se priorizó a los actores, utilizando el método del cuestionario (Chevalier, 2006; De Vaus, 2002). Seguidamente, se procesó y sistematizó la información para definir la priorización de actores identificados, lo cual se efectuó con base en tres dimensiones o categorías: posición, interés e influencia, además de su clasificación por área temática a través de la adaptación de diferentes métodos (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2014; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019; Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2021).

Posteriormente se agruparon los actores priorizados para su respectiva representación gráfica o mapeo. El análisis se complementó con la inclusión de actores no mencionados durante los talleres, pero que por mandato están relacionados directa o indirectamente con el manejo y/o gestión de los recursos naturales. Finalmente, se realizó una descripción del rol o mandato institucional de los actores, sus funciones clave y su relación con otros y/o con el manejo y gestión de los recursos naturales en el ámbito de la cuenca hidrográfica (Tabla 1).

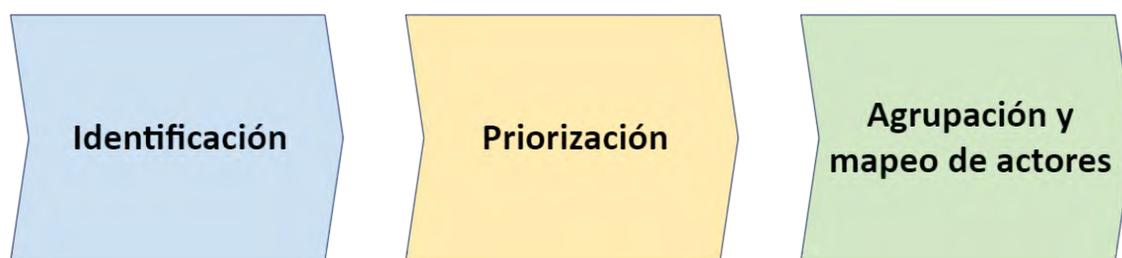


Figura 1. Metodología para el mapeo de actores

Fuente: adaptado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2014).

2 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

2.1 Clasificación de actores por área temática

Se definió como actor a los grupos o instituciones públicas y/o privadas, locales, nacionales y/o internacionales, que participan o que puedan verse afectados, positiva o negativamente y directa o indirectamente con respecto al manejo y gestión de los recursos naturales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

Debido a la diversidad de actores que se encuentran en una cuenca hidrográfica, se clasificaron en las categorías que se describen a continuación:

1. Sector público: entidades públicas de los poderes del Estado desde el nivel local hasta el nacional. Estas fueron subclasificadas (por ejemplo, en gobierno local y ejecutivo).
2. Sector privado: empresas privadas que, por su giro de negocio, se ven íntimamente relacionadas con los recursos naturales. Algunas de las subcategorías determinadas con mayor frecuencia fueron: industria, y pequeñas y medianas empresas (pymes).
3. Sociedad civil: organizaciones, instituciones o personas individuales que no se encuentran integradas dentro del sistema político, pero que participan activamente en defensa de los intereses de los ciudadanos, y tienen personería jurídica o no. Se incluyen algunas organizaciones sociales, organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones académicas y comunidades.
4. Organismos internacionales: instituciones y cooperantes internacionales, ya sea bilaterales o multilaterales, que se involucran en aspectos sociales y ambientales en los territorios del país según sus objetivos de acción.
5. Medios de comunicación: organizaciones, empresas privadas, instituciones y/o personas individuales que generan información que incide directa o indirectamente en los actores.

2.2 Categorías de análisis

Siguiendo la metodología definida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2019), la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2021) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación

y Enseñanza (2014), se elaboró la siguiente clasificación que responde a los diferentes factores tanto endógenos como exógenos de cada actor, y que se definen como aquellos criterios que permiten la aproximación a la descripción del quehacer y del perfil de cada uno de ellos.

- Posición: pensar y accionar estratégico del actor. Según este criterio, los actores pueden ubicarse en: apoyo activo, apoyo pasivo, indecisos, oposición pasiva, oposición activa y desconocida.
- Intereses: objetivos de existencia o creación de cada actor que le impulsa o motiva a interrelacionarse con la temática de esta investigación. El nivel de interés se mide de la siguiente forma: el más interesado, mucho interés, interés moderado, algún interés y poco o ningún.
- Influencia: nivel de implicación del accionar del actor. Los niveles de influencia se clasifican en: el más influyente, mucha influencia, moderada, algo de influencia, poco o ninguna y desconocida.
- Área temática: campo de acción del actor. Algunas de las opciones son: social, político, económico y ambiental.

3 PRIORIZACIÓN DE ACTORES

Los actores identificados fueron priorizados durante los talleres participativos y se clasificaron dentro de diferentes categorías según su posición, interés e influencia. De esta manera, se presentan gráficamente los actores identificados y priorizados, así como su frecuencia absoluta o la cantidad de veces que fueron calificados en las diferentes categorías de cada una de las dimensiones anteriores (posición, interés e influencia) y en total.

3.1 Posición

Con base en la información recopilada durante los talleres participativos, los actores más mencionados y que tuvieron mayor número de calificación en las categorías de apoyo activo y pasivo fueron: municipalidades, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Gobierno Central, consejos comunitarios de desarrollo (Cocode) e Instituto Nacional de Bosques (INAB) (Figura 2).

Dentro de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se ubican dieciséis corporaciones municipales, que brindan la mayor cantidad de apoyo para el manejo y la gestión de los recursos naturales según los resultados de la información recopilada en los talleres. Dentro de sus atribuciones, la Constitución Política de la República de Guatemala les obliga a “propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico” (Congreso de la República de Guatemala, 1985). Algunas tienen más interés que otras debido al área de la cuenca que se encuentra en su territorio, por ejemplo: Nueva Concepción ocupa un 21.77 % de la superficie, Santa Lucía Cotzumalguapa un 17.47 % y Patulul un 11.68 %.

Se considera que el MARN es el segundo actor que más apoya el manejo y gestión de los recursos naturales por su mandato legal y liderazgo para atender las problemáticas que se presentan en la cuenca hidrográfica. Sin embargo, parte su apoyo es pasivo porque su accionar estratégico no es tan evidente (Figura 2).

Se percibe que los actores que tienen una oposición activa y pasiva son el Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSPAS), la comunidad Xesajcap y los cañeros. Los actores que se encuentran divididos entre apoyo y oposición son: municipalidades, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred), organizaciones no gubernamentales (ONG),

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), sociedad civil y empresas privadas. Algunas de las personas que participaron en los talleres consideraron que la posición de las municipalidades, los Cocodes, el INAB y Conred era, en parte, desconocida (Figura 2).

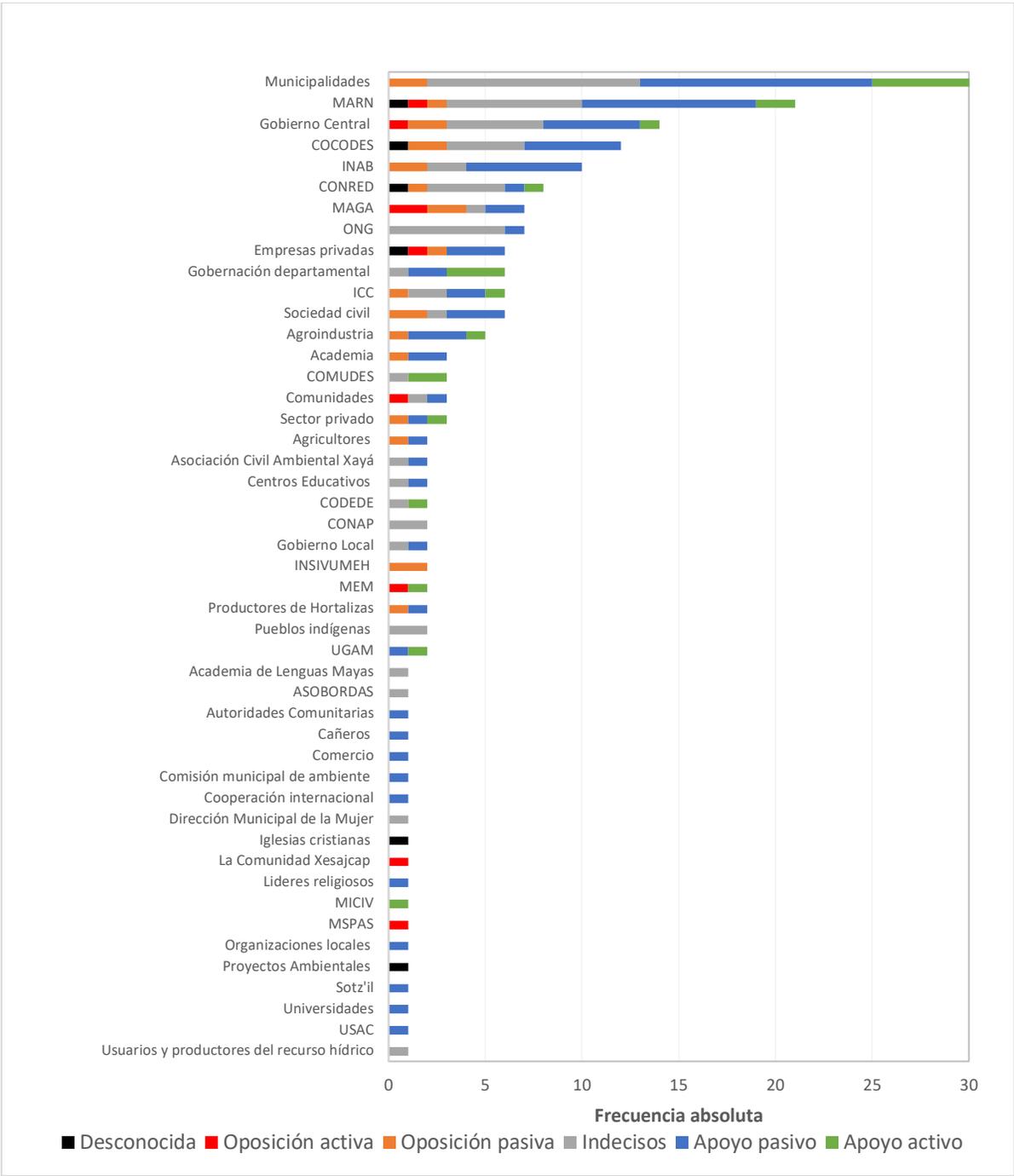


Figura 2. Posición de los actores identificados en la cuenca hidrográfica del río Coyolate (en frecuencia absoluta)

Fuente: elaboración propia (2022).

3.2 Interés

Los actores identificados como “más interesado” fueron las municipalidades, el MARN y los Cocodes. Esto se debe a que sus objetivos los impulsan a actuar para la gestión de los recursos naturales. Los actores que se ubicaron con “mucho interés”, además de los mencionados anteriormente, fueron el Gobierno Central, las ONG, el INAB, el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) y la Gobernación Departamental (Figura 3).

Los actores ubicados con interés moderado fueron los pueblos indígenas, los agricultores, el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el Conap, los centros educativos, los usuarios y productores del recurso hídrico, la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), otras universidades, el Ministerio de Infraestructura, Comunicaciones y Vivienda (CIV), la comunidad Xesajcap, la Asociación para la Protección de las Bordas de los Ríos Coyolate y Madre Vieja (Asobordas) y la Academia de las Lenguas Mayas. Con algún interés se ubicaron con alto porcentaje las comunidades, el Consejo Departamental de Desarrollo (Codede), el MSPAS y el sector de comercio. Con poco o ningún interés se ubicaron todas las iglesias cristianas y, en menor porcentaje, el Codede, la agroindustria y las empresas privadas (Figura 3).

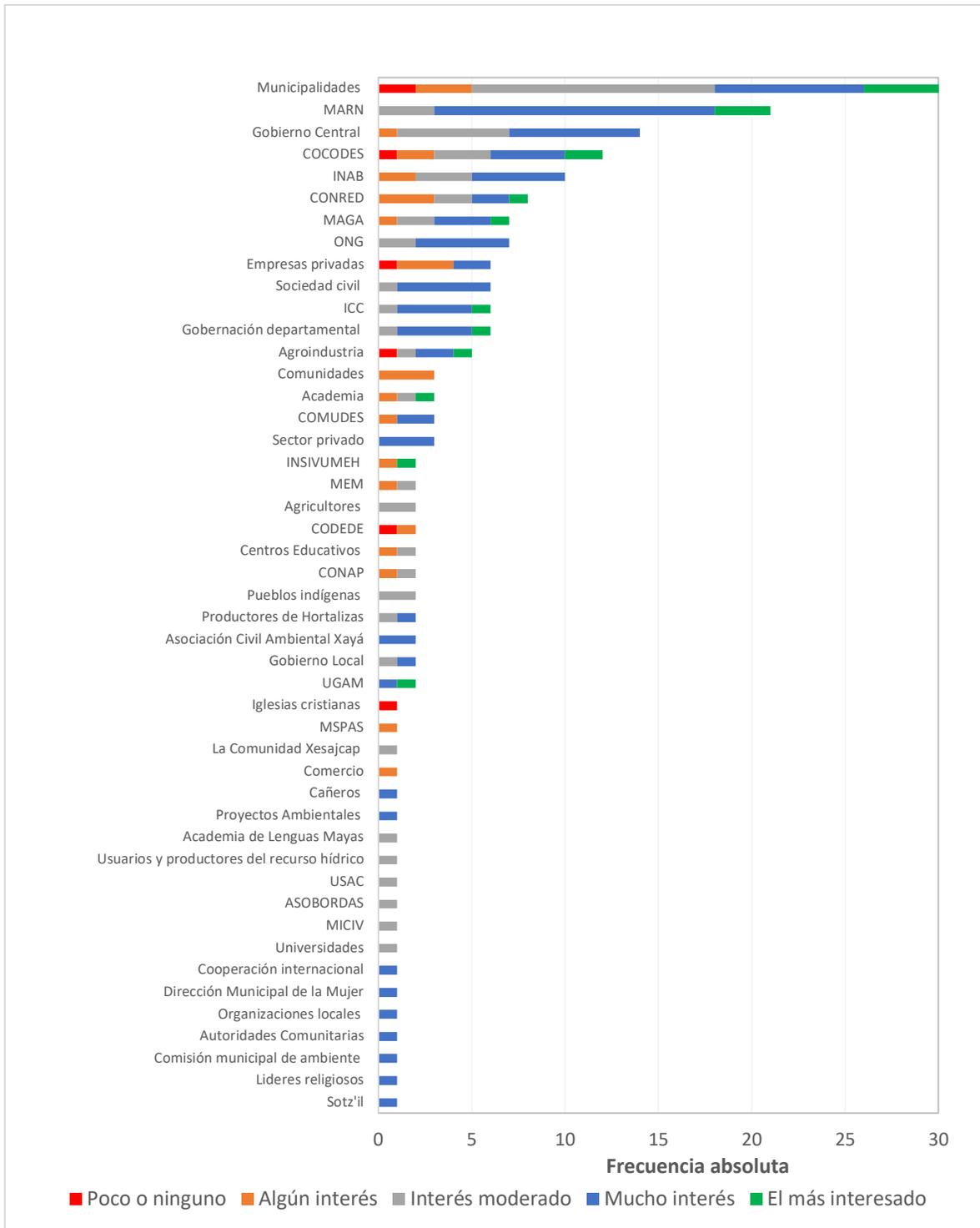


Figura 3. Interés de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
 Fuente: elaboración propia (2022).

3.3 Influencia

Los actores más influyentes o con mucha influencia identificados fueron las municipalidades, Gobernación Departamental, el Consejo Municipal de Desarrollo (Comude), el MARN, el Gobierno Central, los Cocodes y el INAB. Con moderada influencia se mencionaron, además de los anteriores, las ONG, la Conred, el Conap y los pueblos indígenas, entre otros. Con algo de influencia se encuentran el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh); la sociedad civil; las empresas privadas y el ICC. Con poca o ninguna influencia están el MSPAS, la comunidad Xesajcap, el MEM, las comunidades, el MAGA y las empresas privadas. Con influencia desconocida se identificaron las iglesias cristianas y los proyectos ambientales (Figura 4).

La categorización corresponde al poder político, económico o social que pueda tener cada actor, el cual se distribuye en los ámbitos locales y nacionales por la incidencia de sus decisiones en la cuenca hidrográfica. Además, se debe considerar que algunos actores pueden tener recursos limitados, pero según el marco legal sus competencias, pueden coordinar a todos los actores.

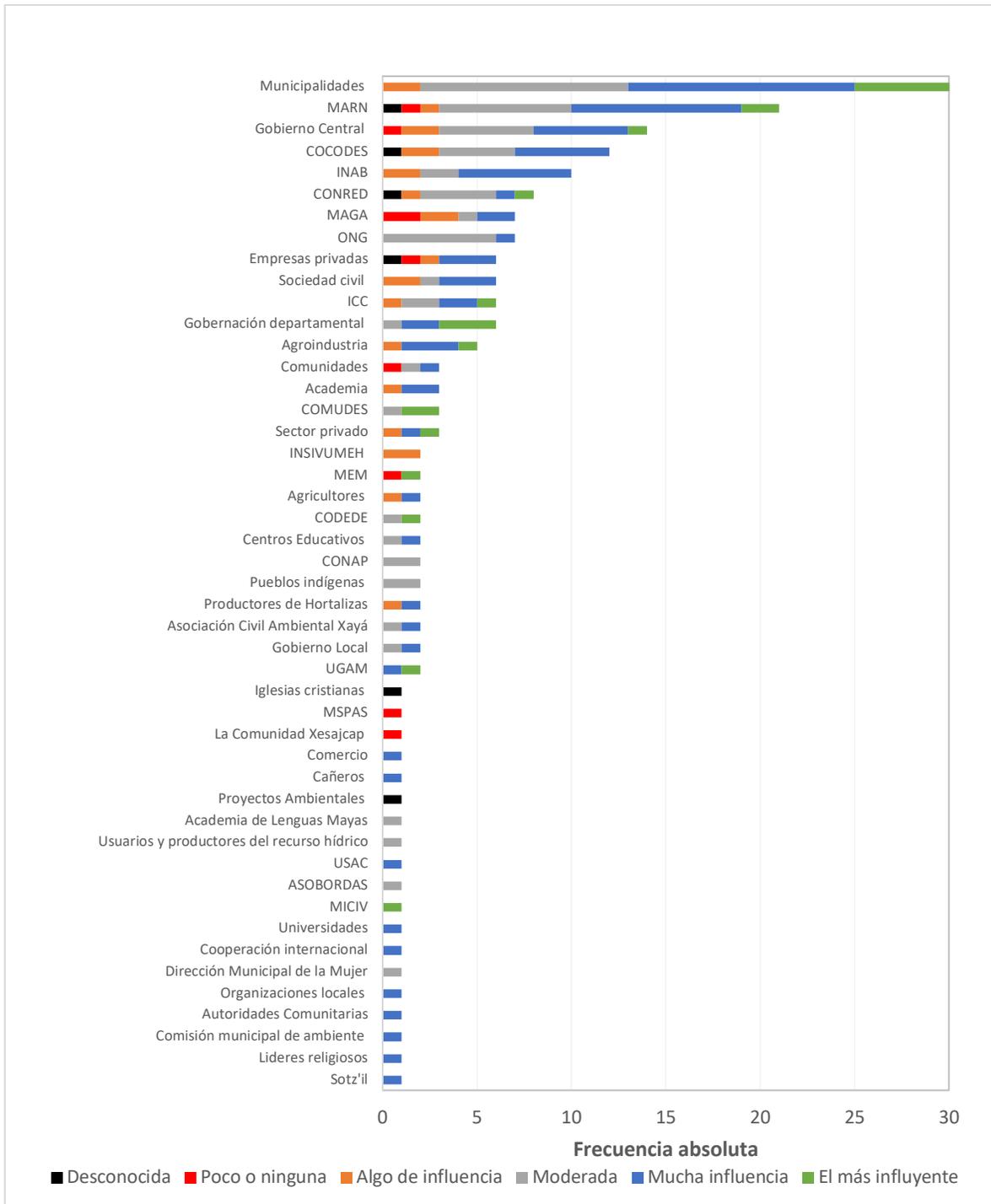


Figura 4. Influencia de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Fuente: elaboración propia (2022).

4 AGRUPACIÓN Y MAPEO DE ACTORES

Los **actores clave** se ubican en la parte superior de la pirámide porque son calificados, principalmente, por tener una posición de apoyo por lo general activa, ser los más interesados y tener muy alta influencia para implementar acciones en la cuenca. Entre ellos se encuentran las municipalidades, el MARN, el Gobierno Central, los Cocodes, el INAB y la Gobernación Departamental (Figura 5). El MARN es un actor de alta prioridad.

Existen cuatro gobernaciones departamentales en la cuenca, que corresponden a Chimaltenango, Escuintla, Sacatepéquez y Suchitepéquez, cuya función es fungir como representantes del presidente en los departamentos y velar por la gobernabilidad. Por otro lado, de las dieciséis corporaciones municipales que tienen superficie en la cuenca del río Coyolate, algunas tienen más interés que otras debido al área de la cuenca que se encuentra en su territorio.

Seguidamente están los **actores primarios**, que son calificados así por su posición de apoyo activo o pasivo, y por tener con mucho interés e influencia para implementar acciones en la cuenca. En esta categoría se encuentran las empresas privadas, los Comudes y la academia. Según los planes de ordenamiento territorial de Escuintla, Chimaltenango y Suchitepéquez, las empresas privadas se dedican a la producción de caña de azúcar, café, hule, palma africana y limón y bosques naturales, principalmente (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011) (Figura 5).

Luego se encuentran los **actores secundarios**, que son calificados así por tener una posición de apoyo u oposición activo o pasivo, con interés e influencia moderada para implementar acciones en la cuenca. Entre ellos se encuentran la organización Sotz'íl, los líderes religiosos y la Comisión Municipal de Ambiente.

En la base de la pirámide se encuentran los **actores periféricos**, que son calificados de esa manera por tener una posición neutral o desconocida. Sin embargo, pueden llegar a tener influencia directa/indirecta en las otras categorías de actores, por lo que las percepciones de los participantes cambiaron durante los talleres realizados en sus territorios. Entre ellos se encuentran los proyectos ambientales, los cañeros, el comercio y la comunidad Xesajcap. Dentro de los proyectos ambientales se incluye el proyecto "Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes

en Paisajes de la Cadena Volcánica Central de Guatemala”, que es promovido por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Fondo Mundial para el Ambiente (por sus siglas en inglés GEF), el ICC y el MARN.

Un resumen del mapeo de actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se muestra en la Figura 5.

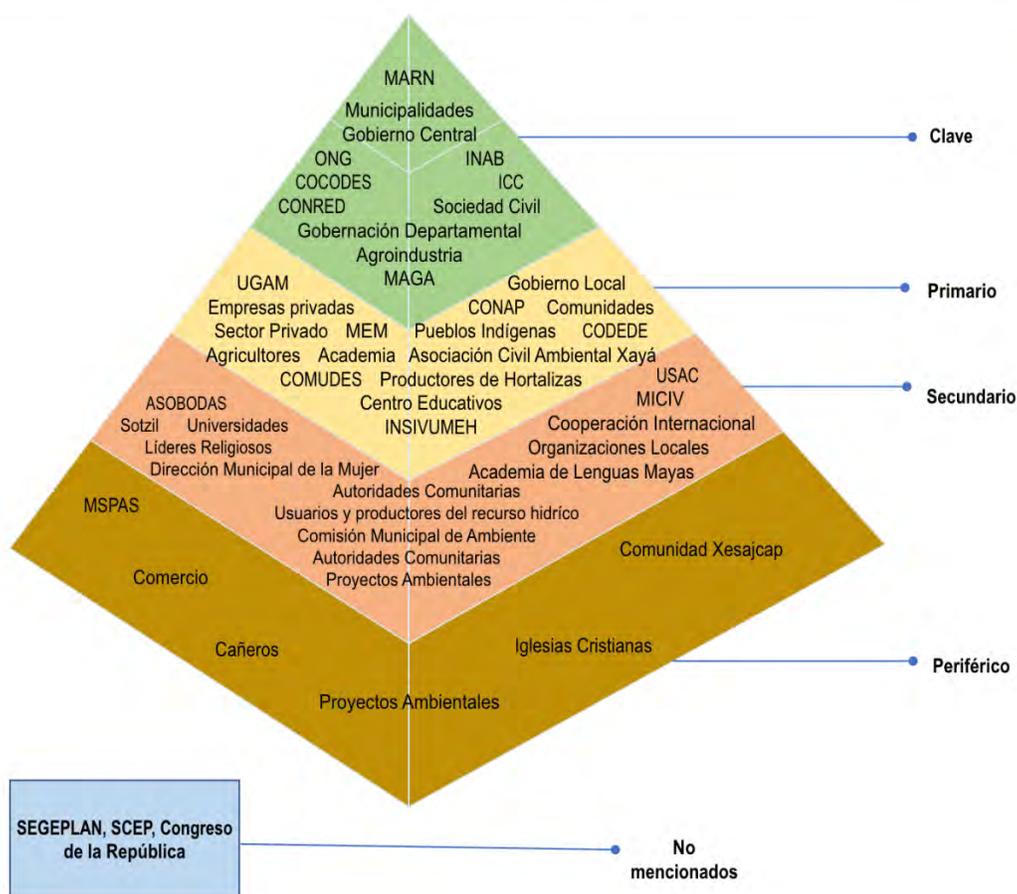


Figura 5. Mapeo de actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate Fuente: elaboración propia (2022).

Los resultados del mapeo de actores evidenciaron que algunos actores importantes no fueron mencionados durante los talleres, por lo que se incluyó la categoría de “no mencionados”, donde se consideraron a aquellos actores que toman decisiones o acciones que inciden en la cuenca, pero que no son fácilmente perceptibles o que se desconoce su rol o mandato institucional. A continuación, se describe cada actor del mapeo, incluyendo a algunos de los que no fueron mencionados (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los actores de la cuenca hidrográfica del río Coyolate del sector público, privado, sociedad civil, organizaciones internacionales y academia

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
Sector público nacional			
1	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Ambiental	Cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2022; Congreso de la República de Guatemala, 1997).
2	Gobierno Central (Presidencia de la República con vicepresidencia, secretarías y gabinete de ministros)	Político	Velar por la gobernabilidad del territorio, ser el administrador del presupuesto de la Nación, tener iniciativa de ley, crear acuerdos gubernativos y coordinar la política de desarrollo del país.
3	Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap)	Ambiental	Conservar las áreas protegidas y la diversidad biológica, planificando, coordinando e implementando las políticas y modelos de conservación necesarios (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2022).
4	Instituto Nacional de Bosques (INAB)	Ambiental	Promover el desarrollo forestal del país y contribuir al desarrollo rural integral, a través del fomento al manejo sostenible y la restauración de los bosques y tierras forestales, el fortalecimiento de la gobernanza forestal y la vinculación bosques-industria-mercado (Instituto Nacional de Bosques, 2022).
5	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)	Ambiental	Formular las políticas y hacer cumplir el régimen jurídico relativo a la salud preventiva y curativa y a las acciones de protección, promoción, recuperación y

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
			rehabilitación de la salud física y mental de los habitantes del país y a la preservación higiénica del medio ambiente (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2022).
6	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)	Social	Atender los asuntos concernientes a la producción agrícola, pecuaria e hidrobiológica (esta última en lo que le atañe), así como aquellas que tienen por objeto mejorar las condiciones alimenticias de la población, la sanidad agropecuaria y el desarrollo productivo nacional (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2022).
7	Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia (SCEP)	Político	Colaborar con el presidente de la República en la coordinación del Sistema Nacional de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural y el Sistema de Consejos Regionales y Departamentales, así como en la formulación de políticas de desarrollo urbano y rural (Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia, 2022).
8	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán)	Político	Realizar la planificación territorial y los planes de desarrollo municipal (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2022).
9	Consejos de desarrollo urbano y rural	Político	Conadur, Coredur, Codede, Comude y Cocode conforman un sistema de participación y coordinación de la población maya, xinca y garífuna y la no indígena, en la gestión pública para llevar a cabo el proceso de planificación democrática del desarrollo. Se encarga de formular políticas de desarrollo urbano y rural y ordenamiento territorial, promueve la descentralización, promueve y facilita la organización y participación efectiva de la

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
			población, y formula y da seguimiento a las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo a nivel nacional.
10	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh)	Ambiental	Generar información hidrometeorológica, vulcanológica y sismológica (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2022).
11	Ministerio de Gobernación (Mingob)	Político	Representa al presidente de la República en el seno de la administración pública y coordina a los gobernadores departamentales. Entre sus dependencias se encuentra la Dirección de Protección a la Naturaleza de la Policía Nacional Civil (Diprona), la cual vela por la conservación de los recursos naturales, y la atención de denuncias y delitos contra el ambiente (Ministerio de Gobernación, 2022).
12	Ministerio de Educación (Mineduc)	Político	Ente rector de la educación pública en el país. Además, cuenta con redes de organización social como las Juntas de Padres de Familia en cada escuela del país (Ministerio de Educación, 2022).
13	Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado (Ocret)	Político	Instancia encargada de las reservas territoriales del Estado (Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado, 2022).
14	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred)	Político	Coordinar la gestión de riesgo a los desastres con las instituciones públicas, privadas, organismos nacionales e internacionales y sociedad civil en los distintos niveles territoriales y sectoriales (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2022).
15	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	Político	Encargado de los sistemas de información geográfica, elaborar los mapas de bosques y uso de la tierra, información cartográfica,

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
			mapas temáticos y cuencas hidrográficas (Instituto Geográfico Nacional, 2022).
16	Ministerio de Energía y Minas (MEM)	Político	Estudiar y fomentar el uso de fuentes nuevas y renovables de energía. Proponer y cumplir las normas ambientales en materia energética (Ministerio de Energía y Minas, 2022).
17	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV)	Político	Velar por que se presten los servicios de información de meteorología, vulcanología, sismología e hidrología en forma descentralizada. Formular la política nacional de vivienda y asentamientos humanos y evaluar y supervisar su ejecución, dentro del marco de las leyes aplicables (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, 2022).
18	Asociación Nacional de Municipalidades (ANAM)	Político	Defender la autonomía local y los intereses de los municipios de la República de Guatemala, impulsar la descentralización del Estado y apoyar a las municipalidades en sus tareas de servicio a la comunidad e impulso de sus territorios (Asociación Nacional de Municipalidades, 2022).
19	Congreso de la República de Guatemala (Legislativo)	Político	La potestad legislativa corresponde al Congreso de la República, compuesto por diputados electos directamente por el pueblo mediante sufragio universal y secreto, por el sistema de distritos electorales y lista nacional, para un período de cuatro años, pudiendo ser reelectos (Congreso de la República de Guatemala, 1985).
20	Academia de las Lenguas Mayas	Político	Coordinar proyectos lingüísticos, educativos y culturales, así como convenios de cooperación técnica para el desarrollo, promoción y

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
			difusión de los idiomas y de la cultura Maya.
Sector público Local			
21	Gobierno local	Político	Engloba todas las instituciones que son encargadas de velar por los intereses y problemas de su entorno más inmediato.
22	Gobernación Departamental	Político	El gobernador es el representante del presidente en el departamento y vela por la gobernabilidad.
23	Municipalidades	Político	Propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.
24	Unidad de Gestión Ambiental (UGAM)	Ambiental	En las municipalidades es la encargada de promover y contribuir a la protección de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población local. Asesorar la elaboración de normativas, instrumentos y procedimientos municipales de contenido ambiental.
25	Comisión Municipal de Ambiente	Ambiental	Organizar el Consejo Municipal para el estudio y dictamen de asuntos ambientales.
26	Dirección Municipal de la Mujer	Social	Dependencia de las municipalidades orientada a promover la participación de las mujeres en el municipio.
Sector privado			
27	Sector privado	Económico	Empresas privadas que, por su giro de negocio, se ven íntimamente relacionadas con los recursos naturales. Algunas de las subcategorías más encontradas fueron: industria y pequeñas y medianas empresas (pymes).
28	Empresas	Económico	Se dedican a actividades inmobiliarias, comercio al por mayor y al por menor, transporte, administración pública y defensa, industrias manufactureras y otras ramas económicas.

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
29	Agroindustria	Económico	Según su naturaleza se pueden dedicar principalmente a producir caña de azúcar, palma africana, banano, plátano, hule y café en el territorio de la cuenca.
30	Cañeros (ingenios azucareros)	Económico	Realizar la molienda y procesamiento de la caña de azúcar.
31	Comercio	Económico	Transferencia e intercambio de bienes y servicios entre personas y otras entidades.
32	Productores de hortalizas	Económico	Producir plantas herbáceas cultivadas con fines de autoconsumo y su comercialización en mercados internos y externos.
33	Agricultores	Económico	Cultivar la tierra.
34	Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB)	Económico	Dar seguimiento a compromisos de reforestación y monitoreo ambiental de empresas bananeras, gestión ambiental y manejo del agua.
35	Asociación de Azucareros de Guatemala (Asazgua)	Económico	Dar seguimiento a compromisos de reforestación y monitoreo ambiental de empresas azucareras, gestión ambiental y manejo del agua.
36	Asociación Nacional del Café (Anacafé)	Económico	Producir café y realizar actividades para la conservación de los bosques y biodiversidad, restauración forestal y asistencia técnica.
Sociedad civil			
37	Comunidades	Social	Son lideradas por un órgano de coordinación que vela por los intereses de los miembros de la comunidad.
38	Organizaciones no Gubernamentales (ONG)	Ambiental	Instituciones sin ánimo de lucro que no dependen del Gobierno y realizan actividades de interés social.
39	Asociación Civil Ambiental Xayá	Ambiental	Entidad privada con personalidad jurídica propia, de servicio y asistencia social y desarrollo integral, para la formulación, gestión y ejecución de planes, programas y proyectos.

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
40	Pueblos indígenas	Social	Son grupos sociales y culturales distintos que comparten vínculos ancestrales colectivos con la tierra y los recursos naturales.
41	Sociedad civil	Social	Incluye organizaciones, instituciones o personas individuales que no se encuentran integradas dentro del sistema político, pero que poseen participación activa en la defensa de los intereses de los ciudadanos, que tienen personería jurídica o no.
42	Iglesias cristianas	Social	Institución religiosa que agrupa a personas con las mismas creencias, entre las cuales la principal gira entorno a la figura de Cristo.
43	Sotz'il	Social	Organización indígena constituida bajo un modelo de participación comunitaria, lo que le permite generar propuestas alternativas en el ámbito social, económico, ambiental y cultural, en búsqueda del <i>utz k'aslemal</i> o "buen vivir" asociado al bienestar colectivo en armonía y equilibrio, con un desarrollo integral (Sotz'il Guatemala, 2022).
44	Líderes religiosos	Social	Actuar juntos por un objetivo de beneficio para un grupo de personas.
45	Autoridades comunitarias	Social	Representar a una comunidad y liderarla en la toma de decisiones por intereses compartidos.
46	Organizaciones locales	Social	Conjunto de individuos que establecen una asociación en la búsqueda de objetivos comunes.
47	Asociación para la Protección de las Bordas de los Ríos Coyolate y Madre Vieja (Asobordas)	Ambiental	Coordinar acciones para la protección de los ríos.
48	Usuarios y productores del recurso hídrico	Ambiental	Productores, propietarios individuales o comunidades ubicadas en los bosques de la parte baja de los conos volcánicos,

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
			municipalidades estratégicas, propiedades privadas que cuentan con nacimientos o fuentes de agua, bosques, áreas protegidas o similares, entre otros. Los usuarios son los actores que hacen uso de los recursos que provee la cuenca hidrográfica.
49	Comunidad Xesajcap	Social	Aldea o comunidad del municipio de Santa Apolonia del departamento de Chimaltenango.
Organizaciones internacionales			
50	Cooperación internacional	Social	Apoyar el desarrollo económico y social del país mediante la transferencia de tecnologías, conocimientos, experiencias o recursos por parte de países con igual o mayor nivel de desarrollo.
51	Proyectos ambientales	Ambiental	Implementar actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas, para alcanzar metas específicas dentro de los límites que imponen un presupuesto, calidades establecidas con anterioridad y un lapso previamente definido, los cuales en ocasiones son financiados por entes internacionales.
Academia			
52	Foro de Universidades	Académico	Encargado de la educación superior y con posibilidades de orientar la investigación a temas ambientales y sociales.
53	Instituto Privado de Cambio Climático (ICC)	Ambiental	Crear y promover acciones y procesos que faciliten la mitigación y la adaptación al cambio climático en la región con base en lineamientos técnico-científicos (Instituto Privado de Cambio Climático, 2022).
54	Centros educativos	Académico	Establecimientos dedicados a la enseñanza.
55	Universidades	Académico	Instituciones destinadas a la enseñanza superior.

n.º	Actor	Área temática	Objetivo
56	Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)	Académico	Realizar investigación, extensionismo, educación superior, restauración forestal, gestión de los recursos naturales.

Fuente: elaboración propia con información de diferentes fuentes.

REFERENCIAS

- Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala. (2022). *ANAM - Página principal*. <https://anam.org.gt/>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2014). *Herramienta: análisis de actores clave*.
- Chevalier, J. M. (2006). *Conceptos y herramientas para la investigación colaborativa y la acción social*. Centro Internacional para Investigaciones para el Desarrollo.
- Congreso de la República de Guatemala. (1985). Constitución Política de la República de Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto No. 114-1997. Ley del Organismo Ejecutivo.
- Congreso de la República de Guatemala. (23 de octubre de 2014). Decreto Número 1-2014.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2022). *Misión y visión del Conap*. <https://conap.gob.gt/#:~:text=La%20MISI%C3%93N%20DEL%20CONAP%20es,crecimiento%20desarrollo%20sostenible%20del%20Pa%C3%ADs>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2022). *Conred - Página principal*. www.conred.gob.gt
- De Vaus, D. (2002). *Surveys in social research* (5.ª ed.). Allen & Unwin.
- Instituto Geográfico Nacional. (2022). *IGN - Página principal*. www.ign.gob.gt
- Instituto Nacional de Bosques. (2022). *Quiénes somos*. <https://www.inab.gob.gt/index.php/quienes-somos/acercadeinab>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2022). *Insivumeh - Página principal*. www.insivumeh.gob.gt
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2022). *¿Quiénes somos?* <https://icc.org.gt/es/quienessomos/>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2022). *MAGA - Página principal*. www.maga.gob.gt
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *MARN - Página principal*. www.marn.gob.gt
- Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. (2022). *Micivi - Página principal*. <https://www.civ.gob.gt/web/guest/inicio>

Ministerio de Economía. (2015). *Sistema Nacional de Información MIPYME Guatemala año base 2015*.

Ministerio de Educación. (2022). *Mineduc - Página principal*. www.mineduc.gob.gt

Ministerio de Energía y Minas. (2022). *MEM - Página principal*. www.mem.gob.gt

Ministerio de Gobernación. (2022). *Mingob - Página principal*. www.mingob.gob.gt

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2022). *MSPAS - Página principal*. www.mspas.gob.gt

Oficina de Control de Áreas de Reserva del Estado. (2022). *OCRET - Página principal*. www.ocret.gob.gt

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Herramientas para el análisis y la transformación de conflictos*.

Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia. (2022). *SCEP - Página principal*. www.scep.gob.gt

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2021). *Herramientas de apoyo sugeridas para el análisis y elaboración de los instrumentos de planificación*.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2022). *Segeplán - Página principal*. www.segeplan.gob.gt

Sotz'il Guatemala. (2022). *Sotz'il - Página principal*. <https://sotzil-guatemala.org/#contact>



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**

Plan de protección y conservación
de la cuenca hidrográfica del río

———— **Coyolate** ————

Capítulo IV. Diagnóstico, línea base, zonificación territorial, plan de manejo integral



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), denominado:
Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica
Central en Guatemala

Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Capítulo IV

Diagnóstico

Línea base

Zonificación territorial

Plan de manejo integral

Guatemala, febrero de 2025

Citar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2024). *Plan de protección y conservación de la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Capítulo IV: diagnóstico, línea base, zonificación territorial y plan de manejo integral*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Global Environment Facility y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Autoridades

Ph. D. César Bernardo Arévalo De León

Presidente de la República de Guatemala

Ph. D. Karin Larissa Herrera Aguilar

Vicepresidenta de la República de Guatemala

MSc. Ana Patricia Orantes Thomas

Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

MSc. Jaime Luis Carrera Campos

Viceministro del Agua

Dr. MSc. Edwin Josué Castellanos López

Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático

Ing. José Rodrigo Rodas Ramos

Viceministro de Ambiente

Lic. Edwing Antonio Pérez Corzo

Viceministro Administrativo Financiero

Equipo técnico

MSc. José Juan Ochoa Quezada

director de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Ing. Maritza Yaneth Campos Fuentes

jefe a.i. Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico de la Dirección de Cuencas del Viceministerio del Agua

Luis Pablo Palala Méndez

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Pablo Eduardo Ponce Paiz

asesor técnico del Departamento para la Protección, Conservación y Mejoramiento Territorial del Recurso Hídrico

Néstor Fajardo Herrera

asesor técnico del Departamento de Control y Monitoreo del Recurso Hídrico

INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (ICC)

Apoyo técnico metodológico

Giovanni González-Celada

coordinador y especialista en cuencas hidrográficas

Nancy Soto

consultora especialista social y género

Alex Guerra, Luis Reyes, Juan Andrés Nelson y Oscar González

comité asesor del ICC

PROYECTO PROMOVRIENDO TERRITORIOS SOSTENIBLES Y RESILIENTES EN PAISAJES DE LA CADENA VOLCÁNICA CENTRAL EN GUATEMALA

Equipo técnico

Indira Ixquic Barreno Colindres

directora del Proyecto

Mario Samuel Buch

coordinador del Proyecto

Pedro López Velásquez

coordinador región 1

Keny Juárez

coordinador región 2

Juan Ernesto Celada

coordinador región 3

Este documento fue generado en el marco del Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) denominado: "Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala", mediante el acuerdo colaborativo con el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

Nos gustaría reconocer al Proyecto del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (www.marn.gob.gt) denominado: Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala, Cooperación no reembolsable que es financiado con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM/GEF- (www.thegef.org), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- (www.undp.org). Por su apoyo y contribución financiera a esta publicación.



Ministerio de
**Ambiente y
Recursos Naturales**



ÍNDICE DE CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS	ix
INTRODUCCIÓN	1
1 DIAGNÓSTICO	2
1.1 Metodología	2
1.2 Problemas identificados y priorizados	3
1.3 Análisis de problemas	10
1.3.1 Pérdida de la cobertura forestal	10
1.3.2 Descarga de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente	16
1.3.3 Falta de gobernanza	20
1.3.4 Erosión hídrica	23
1.3.5 Escasez de agua	29
1.3.6 Mal manejo de los desechos sólidos	32
2 LÍNEA BASE	35
3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL	46
3.1 Metodología	46
3.2 Propuesta de zonificación territorial	49
4. PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCA	53
4.1 Resumen ejecutivo	53
4.2 Visión	55
4.3 Misión	55
4.4 Horizonte	56
4.5 Justificación	56
4.6 Objetivos	57
4.7 Marco lógico	59
4.8 Resumen de los problemas identificados	66
4.9 Programas	66
4.9.1 Programa 1: Restauración del paisaje forestal y la biodiversidad	67
4.9.2 Programa 2: Gestión del agua	72
4.9.3 Programa 3: Gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica	75

4.9.4	Programa 4: Manejo y conservación del recurso suelo	77
4.9.5	Programa 5: Manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos	78
4.9.6	Programa 6: Gestión del riesgo	80
4.10	Costos del Plan	83
4.11	Estrategia de ejecución y financiamiento.....	85
REFERENCIAS		87
ANEXOS		100

Índice de tablas

Tabla 1.	Matriz de marco lógico de los problemas identificados y priorizados en la cuenca del río Coyolate.....	4
Tabla 2.	Cambios de cobertura forestal y tasa de deforestación en la cuenca del río Coyolate	10
Tabla 3.	Cobertura forestal en la cuenca hidrográfica del río Coyolate	11
Tabla 4.	Balance de la biomasa leñosa en la cuenca hidrográfica del río Coyolate .	12
Tabla 5.	Incentivos forestales aplicados para la cuenca del río Coyolate entre 1998 y 2020.....	13
Tabla 6.	Erosión hídrica y producción de sedimentos en la cuenca del río Coyolate	24
Tabla 7.	Necesidades de información básica a escala de cuenca para el Plan.....	35
Tabla 8.	Indicadores de línea base con relación a las problemáticas de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	36
Tabla 9.	Categorías de zonificación territorial de la cuenca del río Coyolate.....	47
Tabla 10.	Categorías de zonas de manejo especial en la cuenca del río Coyolate ..	48
Tabla 11.	Categorías de zonificación del territorio en la cuenca del río Coyolate....	49
Tabla 12.	Categorías de zonificación del territorio en la cuenca del río Coyolate (continuación)	50
Tabla 13.	Categorías de las zonas de manejo especial en la cuenca del río Coyolate	51
Tabla 14.	Matriz de marco lógico del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate	59
Tabla 15.	Actividades del Programa de restauración del paisaje forestal y la biodiversidad	68
Tabla 16.	Actividades del Programa de gestión del agua	72
Tabla 17.	Actividades del Programa de gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica	75

Tabla 18. Actividades del Programa de manejo y conservación del recurso suelo ..	77
Tabla 19. Actividades del Programa de manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos	78
Tabla 20. Actividades del Programa de gestión del riesgo	80
Tabla 21. Costos del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate	83

Índice de figuras

Figura 1. Etapas del diagnóstico de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	2
Figura 2. Cambio neto anual de la cobertura forestal en la cuenca del río Coyolate	11
Figura 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la cuenca del río Coyolate	17
Figura 4. Curva hipsométrica relativa para la cuenca hidrográfica del río Coyolate	24
Figura 5. Cambio de cauce del río Pantaleón, que pasó de fluir hacia el río Cristóbal para desembocar en el río Jute de la cuenca hidrográfica vecina del río Pantaleón.....	29
Figura 6. Metodología para la zonificación territorial de la cuenca del río Coyolate	47
Figura 7. Zonificación territorial de la cuenca hidrográfica del río Coyolate.....	50
Figura 8. Zonificación de las áreas de alta recarga hídrica y potencial de restauración de zonas de ribera en la cuenca del río Coyolate.....	51
Figura 9. Zonificación de las áreas de manejo especial de la cuenca hidrográfica del río Coyolate	52
Figura 10. Esquema del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate con sus programas (numerados) y su vinculación a las prioridades de desarrollo nacional y los objetivos de desarrollo sostenibles	67



ACUERDO MINISTERIAL NÚMERO 403-2023

Guatemala, 18 de octubre de 2023

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONSIDERANDO

Que de conformidad con lo que establecen los artículos 64 y 97, de la Constitución Política de la República de Guatemala, se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación; el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su deprecación.

CONSIDERANDO

Que la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto Número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, establece que al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado.

CONSIDERANDO

Que el Acuerdo Gubernativo número 19-2021, que contiene Disposiciones Para Promover La Protección y Conservación de Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala, establece en el artículo 7 que el Plan de Protección y Conservación de Cuencas será el instrumento que determine las acciones estratégicas en el mediano y largo plazo para revertir las tendencias negativas en el estado de los recursos naturales de la cuenca, así como mantener y potencializar las acciones positivas. El Plan debe basarse en el diagnóstico de la cuenca y tener revisiones con una periodicidad de tres años para incorporar mejoras al mismo. En el Plan deberán plasmarse los objetivos a largo plazo (por lo menos diez años), definir problemática, las prioridades, las acciones de protección y conservación, los costos y beneficios y la evaluación de riesgos para el Plan. (...) El plan será aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.





POR TANTO

En ejercicio de las funciones que establecen los artículos 64, 97 y 194 de la Constitución Política de la República de Guatemala; 27, 29 bis, de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto, número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala; 7, de Las Disposiciones Para Promover la Protección y Conservación de Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala, Acuerdo Gubernativo número 19-2021; 7, 29 y 32 del Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Acuerdo Gubernativo número 73-2021.

ACUERDA

Artículo 1. Aprobación. Aprobar el "Plan de Protección y Conservación de la Cuenca Hidrográfica del río Coyolate".

Artículo 2. La Dirección de Cuencas del Viceministerio Del Agua del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, implementará, coordinará, dará seguimiento, monitoreo y evaluación de las acciones propuestas en el "Plan de Protección y Conservación de la Cuenca Hidrográfica del río Coyolate", así como realizar las revisiones con una periodicidad de tres años para incorporar mejoras al mismo.

Artículo 3. Los casos no previstos dentro del "Plan de Protección y Conservación de la Cuenca Hidrográfica del río Coyolate" objeto de aprobación, serán resueltos de conformidad con las normas y principios del Derecho Administrativo y Ambiental.

Artículo 4. Notifíquese el presente Acuerdo Ministerial al Viceministro del Agua, Dirección de Monitoreo y Vigilancia del Agua, Dirección de Cuencas, todos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, para su conocimiento y efectos correspondientes.

Artículo 5. El presente Acuerdo Ministerial surte sus efectos inmediatamente.

COMUNIQUESE


 Ing. Gerson Elias Barrios Garza
 Ministro
 Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales




SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Anacafé	Asociación Nacional del Café
ARNPG	Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
Catie	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
Cocode	consejo comunitario de desarrollo urbano y rural
Codede	consejo departamental de desarrollo
Colred	coordinadora local para la reducción de desastres
Comude	Consejo Municipal de Desarrollo Urbano y Rural
Conadur	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Conred	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
Coredur	Consejo Regional de Desarrollo Urbano y Rural
CSA	compensación por servicios ambientales
Digegr	Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Gimbot	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra
Iarna	Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad
ICA	índice de calidad del agua
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
Infom	Instituto de Fomento Municipal

Inform	<i>index for risk management</i> (índice para la gestión del riesgo)
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
ISQA	índice simplificado de calidad del agua
LMP	límite máximo permisible
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MFEWS	Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
PDM-OT	plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial
Pinfor	Programa de Incentivos Forestales
Pinpep	Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Pnuma	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POA	plan operativo anual
PRM	parque regional municipal
Probosque	Programa de incentivos para el establecimiento, recuperación, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala
Provia	Dirección General de Protección y Seguridad Vial
PSA	pago por servicios ambientales
PTAR	plantas de tratamiento de aguas residuales
RRCS	Red de Restauración de la Costa Sur
SCALL	sistema de cosecha de agua de lluvia

Segeplán	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
Seprem	Secretaría Presidencial de la Mujer
Sesán	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional
URL	Universidad Rafael Landívar
Usaid	United States Agency for International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional)
UVG	Universidad del Valle de Guatemala

INTRODUCCIÓN

El presente documento desarrolla los componentes de diagnóstico, línea base, zonificación territorial y el plan de manejo integral de la cuenca del río Coyolate. Para la formulación de un plan de manejo de cuenca se requiere desarrollar diferentes fases previas. Entre las principales están el análisis de actores clave, la caracterización biofísica, la caracterización socioeconómica, el diagnóstico, la línea base y la zonificación territorial, para finalizar con el plan en sí mismo. Los documentos que constituyen las fases para llegar al Plan son los siguientes.

Capítulo I	Caracterización biofísica
Capítulo II	Caracterización socioeconómica
Capítulo III	Mapeo de actores de la cuenca
Capítulo IV	Diagnóstico, línea base, zonificación territorial y plan de manejo integral de la cuenca

1 DIAGNÓSTICO

1.1 Metodología

Para la elaboración del diagnóstico de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se recopiló información a través de diferentes métodos (Chevalier, 2006; Denzin & Lincoln, 2012; Geilfus, 2002; Newing, 2011; De Vaus, 2002). El análisis interpretativo se sistematizó y adaptó con base en un marco lógico (Faustino & Jiménez, 2000; Ortegón *et al.*, 2005). Se consideraron los enfoques integral, participativo, dinámico, interpretativo y prospectivo.

Se utilizó información adicional sobre la cuenca previamente recopilada y descrita (recorridos de campo, caracterizaciones biofísica y socioeconómica), lo cual permitió completar el diagnóstico participativo y el análisis interpretativo de sus diferentes componentes (Figura 1).



Figura 1. Etapas del diagnóstico de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: elaboración propia (2022).

Recorridos de campo: se realizaron dos recorridos de campo a través de los cuales se recopiló información utilizando el método observacional.

Caracterizaciones: las caracterizaciones biofísica y socioeconómica describen el estado de un conjunto de variables.

Diagnóstico participativo: se aplicaron diversos métodos para recopilar y presentar la información sobre la cuenca. El enfoque del marco lógico utilizado permitió sistematizar y ordenar las problemáticas identificadas y priorizadas a través de tres talleres realizados con actores de la cuenca (Anexo 1).

Análisis interpretativo: con base en la triangulación de la información recopilada en las etapas previas, se analizaron las causas y soluciones de las problemáticas identificadas, además de sus efectos, actores involucrados y lugar de ocurrencia. Los resultados fueron sistematizados en una matriz de marco lógico.

1.2 Problemas identificados y priorizados

El diagnóstico de la cuenca hidrográfica del río Coyolate reveló seis problemáticas que se listan a continuación. El análisis completo que considera los elementos de origen o causas, efectos, ubicación, alternativas de solución y actores involucrados se presenta en el marco lógico (Tabla 1).

1. Pérdida de la cobertura forestal
2. Descarga de aguas residuales sin tratar o con deficiente tratamiento
3. Falta de gobernanza
4. Erosión hídrica
5. Escasez de agua
6. Mal manejo de los desechos sólidos

Otras problemáticas identificadas por los actores durante el diagnóstico participativo, y que de alguna manera tienen relación con las priorizadas, son: amenaza por inundaciones en la parte baja de la cuenca, falta de un plan de ordenamiento territorial con enfoque de cuenca, extracción de materiales, falta de educación ambiental, amenazas volcánicas (volcán de Fuego), pobre inversión comunitaria, falta de conciencia ambiental, contaminación del aire, y falta de interés y voluntad política.

Tabla 1. Matriz de marco lógico de los problemas identificados y priorizados en la cuenca del río Coyolate

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
<p>Pérdida de la cobertura forestal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mal manejo forestal. • Tala ilegal. • Poco interés en aplicar a los incentivos forestales del INAB. • Limitada aplicación de la legislación forestal. • Incremento de la demanda de la leña asociado al modelo energético utilizado por la población en el hogar. • Crecimiento poblacional. • Débil o baja gobernabilidad ambiental. • Cambio de uso de áreas con cobertura forestal. • Falta de seguridad alimentaria. • Pobreza. • Agricultura de minifundio • Incendios forestales. • Plagas forestales. • Explotación indiscriminada de madera (madereros y leñeros). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocurrencia de inundaciones. • Afectación de los medios de vida asociados al bosque. • Aumento de la erosión hídrica y producción de sedimentos (azolvamiento). • Vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones. • Pérdida y/o deterioro de los bienes y servicios ecosistémicos del bosque. • Reducción de los sumideros de carbono. • Alteración de los flujos del ciclo hidrológico. • Fragmentación del paisaje y de los corredores biológicos. • Pérdida de la biodiversidad terrestre. 	<p>En la totalidad del territorio de la cuenca</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gobiernos locales y regionales • Consejos de desarrollo • Instituto Nacional de Bosques (INAB) • Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) • Empresas privadas • Instituciones educativas • Sociedad civil • Proyectos de cooperación internacional • Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) • Organizaciones no gubernamentales • Asociaciones civiles de representación 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar acciones de recuperación, restauración y/o conservación forestal con enfoque en áreas de recarga hídrica. • Realizar la zonificación territorial de la cuenca. • Promover acciones de manejo sostenible forestal. • Planificar la restauración del paisaje, su aplicación y monitoreo. • Aplicar y cumplir la legislación forestal. • Fortalecer las capacidades y la concientización. • Implementar un sistema de pago/compensación por servicios ambientales (PSA/CSA), y valoración económica de la pérdida de la cobertura forestal.

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
				indígena y de la mujer	
Descarga de aguas residuales sin tratar o con deficiente tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades limitadas o poco fortalecidas en la temática. • Prevalencia de plantas de tratamiento que no funcionan. • Pobre densidad de plantas de tratamiento en la cuenca. • Incremento de la población. • Pobre gobernabilidad efectiva y gobernanza para el tratamiento de las aguas residuales. • Vacíos técnicos en la legislación. • Falta de un plan de ordenamiento territorial. • Falta de educación ambiental y concientización en los hogares. • Pobre cumplimiento de la legislación, adicional a las múltiples prórrogas del Acuerdo Gubernativo 236-2006. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la calidad de los bienes y servicios ecosistémicos. • Impacto negativo en la calidad de los medios de vida relacionados con el consumo de agua, recreación, alimentación y otros. • Emisiones de gases de efecto invernadero. • Contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea. • Afectación de la biodiversidad acuática. • Propagación e incremento de la incidencia de enfermedades que afectan la salud humana. 	En la totalidad del territorio de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • Municipalidades • Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) • Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) • Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) • Comunidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y dar cumplimiento a la legislación (Acuerdo Gubernativo 236-2006, Acuerdo Ministerial 37-2021, Acuerdo Gubernativo 48-2013, Código Municipal, Código de Salud, otros) • Evaluar y aplicar tecnologías de tratamiento comunitario. • Realizar la valoración económica del daño al ambiente (gestión de pago y/o mecanismo financiero ambiental). • Ampliar la densidad de las plantas de tratamiento, implementarlas y desarrollar un sistema de monitoreo y evaluación. • Fortalecer capacidades. • Realizar campañas de sensibilización. • Brindar educación ambiental.

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
<p>Falta de gobernanza</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de voluntad política. • Legislación débil o falta de su cumplimiento. • Toma de decisiones centralizada. • Débil capacidad del Estado. • Deficiente involucramiento de los consejos de desarrollo. • Falta de planificación y gestión integral sostenible del territorio con enfoque de cuenca. • Falta de integración de los actores y de participación para promover el manejo y la gestión de las problemáticas de la cuenca. • Débil capacidad de coordinación, integración e institucionalidad bajo una visión compartida de territorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta o débil gobernabilidad y del ejercicio de la democracia. • Mal manejo y gestión de los recursos naturales. • Pérdida o detrimento de la calidad de los servicios ecosistémicos. • Débil gestión del riesgo multidimensional. • Gestión inefectiva de los gobiernos locales. • Desconocimiento de las acciones, plataformas, proyectos y problemáticas relacionadas con los recursos naturales, población, servicios básicos, entre otros. • Deficiente gestión de los gobiernos locales por falta de enfoque en las prioridades y/o problemáticas del territorio. • Falta de información y empoderamiento sobre la problemática en la cuenca. 	<p>En la totalidad del territorio de la cuenca</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional (Conadur) • Consejo departamental de desarrollo urbano (Codede) • Consejo municipal de desarrollo urbano y rural (Comude) • Consejo comunitario de desarrollo urbano y rural (Cocode) • Gobernación • INAB • MARN • MAGA • Comunidades • Asociaciones civiles y de pueblos originarios • Empresas privadas relacionadas al uso y/o 	<ul style="list-style-type: none"> • Dar cumplimiento a la legislación. • Dar cumplimiento al Acuerdo Gubernativo 19-2021. • Institucionalizar los procesos de planificación y gestión del territorio con enfoque de cuenca. • Promover la formulación de un nuevo modelo de regionalización del territorio por el Conadur. • Promover la participación ciudadana para el manejo y gestión de las problemáticas y cumplimiento de la legislación. • Seleccionar el personal idóneo en las instituciones. • Fortalecer las capacidades a todo nivel. • Realizar la valoración económica de las presiones al ambiente debidas a las problemáticas de la cuenca. • Captar y/o diseñar fondos ambientales en apoyo al manejo de la cuenca.

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
				aprovechamiento de recursos naturales.	
Erosión hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de legislación sobre la degradación del suelo. • Aspectos morfológicos de la cuenca. • Cambio y/o uso de la tierra con poca cobertura. • Falta y/o deficiente implementación de prácticas de conservación del suelo y el agua. • Pendientes del terreno de alto grado y longitud. • Alta agresividad de la precipitación pluvial o erosividad. • Susceptibilidad natural del suelo a ser erosionado. • Alto potencial de producción de escorrentía en la cuenca. • Prácticas inadecuadas para el manejo de cultivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la productividad de los cultivos. • Intensificación de los niveles de erosión en tierras con uso inadecuado. • Reducción de la fertilidad natural del suelo. • Riesgo de inseguridad alimentaria. • Incremento de los costos de producción. • Desertificación de las tierras. • Deterioro de la calidad de los bienes y servicios ecosistémicos asociados al suelo (provisión de cultivos, regulación del agua y nutrientes, almacenamiento de carbono). • Azolvamiento de las corrientes fluviales por el aporte de sedimentos. 	En la totalidad del territorio de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • MAGA • MARN • INAB • Red de productores y/o cooperativas • Municipalidades y comunidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y dar cumplimiento a la legislación relacionada con la degradación del suelo. • Fortalecer capacidades. • Diseñar, mejorar, evaluar e implementar estructuras de retención de sedimentos. • Impulsar la formulación de legislación en materia de degradación del suelo. • Incrementar la cobertura forestal del bosque de galería. • Realizar la valoración económica del servicio ecosistémico por erosión evitada (mecanismo financiero ambiental). • Brindar asistencia técnica a productores agrícolas. • Diseñar e implementar prácticas de conservación de suelos.
Escasez de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de gobernanza del recurso hídrico. • Falta de una Ley de Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inseguridad alimentaria e hídrica. • Conflictividad social. 	En la totalidad del	<ul style="list-style-type: none"> • Municipalidades • Comunidades • MARN 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover los diálogos para la Ley de Agua.

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidad y cambio climático. • Crecimiento poblacional. • Cambio del uso/cobertura de la tierra. • Contaminación del agua. • Deficiente gestión del recurso hídrico. • Alta huella hídrica para la producción de bienes y servicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro del bienestar humano. • Degradación de las tierras. • Disminución de los niveles de agua subterránea. • Deterioro de los ecosistemas. 	territorio de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno central • MAGA • MSPAS • INAB 	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer y dar asistencia técnica a sistemas de riego. • Mejorar la eficiencia en la cobertura del sistema de agua potable. • Crear o fortalecer la gobernanza del recurso hídrico. • Mejorar las tecnologías de riego agrícola.
Mal manejo de los desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la basura mediante métodos que no garantizan su segregación y almacenamiento seguros. • Incremento de la población. • Falta de cultura y educación para clasificar la basura. • Limitadas capacidades para el manejo de los desechos sólidos. • Débil o incumplimiento de la legislación existente. • Gobernanza con enfoque de cuenca limitada. • Disposición de la basura en basureros sin contar con instrumentos ambientales. • Débil gobernabilidad en materia sanitaria y ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de las fuentes de agua superficial y subterráneas. • Contaminación del suelo. • Basura acumulada en el cauce de los ríos y descargada hacia el mar Pacífico. • Deterioro de la calidad de los servicios ecosistémicos. • Deterioro de la belleza escénica y/o contaminación visual. • Acumulación de basura en las zonas azolvadas de los ríos. • Emisión de gases de efecto invernadero. 	En la totalidad del territorio de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • Municipalidades • Comunidades • MARN • MSPAS • Empresas privadas de recolección de basura 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y dar cumplimiento a la legislación en materia de desechos sólidos (Acuerdos Gubernativos 281-2015, 164-2021, otros), educación ambiental, producción limpia, otras. • Realizar la valoración económica del daño al ambiente (gestión de pago y/o mecanismo financiero ambiental). • Implementar una campaña de concientización ambiental. • Elaborar un plan municipal de desechos y residuos sólidos y/o

Problema	Causas	Efectos	¿Dónde?	Actores para involucrar	Alternativas de solución
	<ul style="list-style-type: none"> Falta de planificación municipal para el manejo de los desechos sólidos y/o su aplicación y planificación territorial. Pobre gobernanza para el buen manejo y gestión de los desechos sólidos. Ausencia de legislación sobre la contaminación de los suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación de la biodiversidad terrestre, del suelo y acuática. Propagación de enfermedades humanas. 			<p>implementarlo, incluyendo un sistema de monitoreo y evaluación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Fortalecer capacidades. Brindar educación ambiental en todos los niveles. Diseñar y poner en marcha la planta regional de tratamiento de desechos sólidos.

Fuente: elaboración propia con base en información primaria y secundaria consultada y sistematizada para realizar el diagnóstico de la cuenca del río Coyolate (2022).

1.3 Análisis de problemas

1.3.1 Pérdida de la cobertura forestal

1.3.1.1 Causas

Una de las principales causas de pérdida de la cobertura forestal en Guatemala, así como en las regiones de occidente y la costa sur (donde se ubica la cuenca hidrográfica del río Cuyolote), es el cambio de uso de la tierra en las áreas boscosas para la realización de actividades agrícolas y ganaderas, así como para la expansión de las zonas urbanas y la construcción de infraestructura (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2008; Grupo Promotor de Tierras Comunales, 2009; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2013 y *et al.*, 2018). En occidente, estos cambios ocurren principalmente por el establecimiento de agricultura de subsistencia en minifundios (y, en algunos casos, para abastecer mercados locales), además de la extracción ilegal de madera y leña; mientras que en la costa sur se deben a la agricultura comercial como parte del desarrollo de la agroindustria en la zona (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales *et al.*, 2018).

Los cambios netos de cobertura forestal en la cuenca hidrográfica del río Cuyolote muestran una tendencia positiva o de incremento. En la Tabla 2 se puede observar un ligero cambio neto negativo durante el primer período (2001-2006) —que significó la reducción del 0.18 % (316.80 ha) de la superficie de la cuenca—, así como un cambio neto positivo durante el último período analizado (2010-2016), el cual equivale al 3.41 % (6109.38 ha) y que fue causado por el aumento más que proporcional de las ganancias brutas en comparación con las pérdidas brutas. El incremento forestal anual se mantuvo durante los últimos dos períodos. Durante el periodo 2010-2016 la tasa de deforestación fue del 3.72 %, lo cual significó la recuperación del 20.6 % de la cobertura forestal existente en 2016 en comparación con la que había en 2010.

Tabla 2. Cambios de cobertura forestal y tasa de deforestación en la cuenca del río Cuyolote

Período	Pérdida bruta	Ganancia bruta	Cambio neto		Tasa de deforestación anual (%)
	(hectáreas)		Área de la cuenca (%)		
2001-2006	7408.17	7091.37	-316.80	-0.18	-0.18
2006-2010	3621.42	4094.37	472.95	0.26	0.45
2010-2016	5421.78	11 531.16	6109.38	3.41	3.72

Fuente: elaboración propia con información del Instituto Nacional de Bosques *et al.* (2012, 2019); Universidad Del Valle de Guatemala *et al.* (2011).

De forma similar, los cambios netos anuales fueron positivos durante los últimos dos períodos, aunque la mayor tasa de cambio neto anual ocurrió entre 2010 y 2016, a razón de 1104.77 hectáreas por año. Las pérdidas anuales netas se redujeron durante los últimos dos períodos analizados, mientras que la ganancia neta anual casi se duplicó del segundo al tercer período (Figura 2).

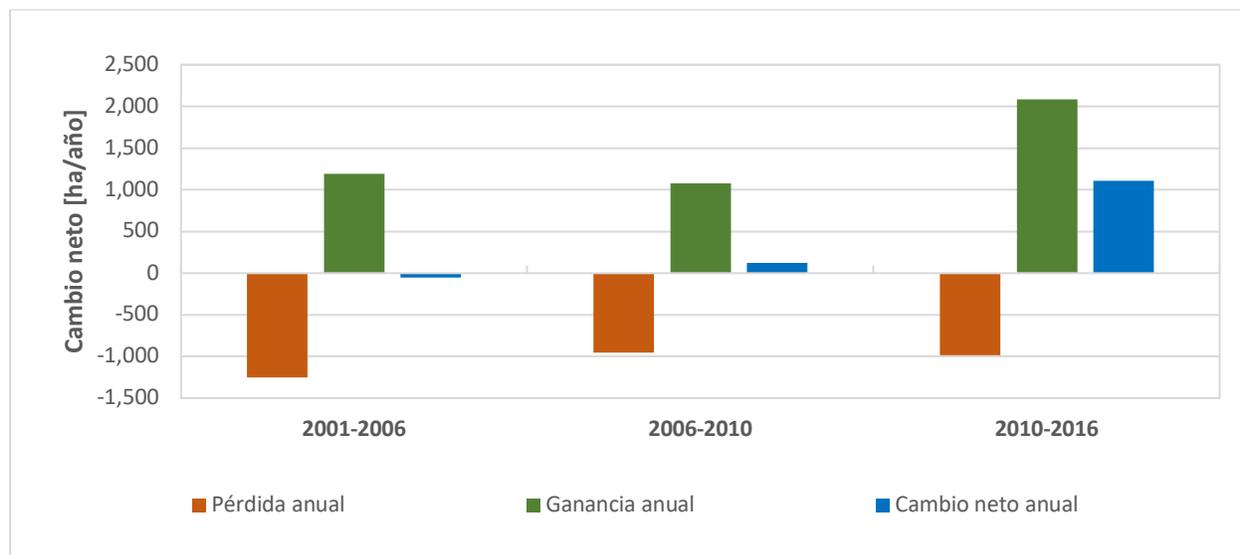


Figura 2. Cambio neto anual de la cobertura forestal en la cuenca del río Cuyolote

Fuente: elaboración propia con información del Instituto Nacional de Bosques *et al.* (2012, 2019); Universidad Del Valle de Guatemala *et al.* (2011).

El porcentaje de cobertura forestal en la cuenca hidrográfica del río Cuyolote ha sido poco fluctuante. Derivado de las mayores ganancias netas ocurridas durante el período 2010-2016, alcanzó su máximo valor en 2016 (19.74 % de la superficie de la cuenca). El menor valor se reportó en el año 2006 (15.61 %) (Tabla 3).

Tabla 3. Cobertura forestal en la cuenca hidrográfica del río Cuyolote

Año	Superficie con cobertura forestal	
	(hectáreas)	Área cuenca (%)
2001	28 998.45	16.18
2006	27 974.07	15.61
2010	29 676.96	16.56
2016	35 376.21	19.74

Fuente: elaboración propia con información de Instituto Nacional de Bosques *et al.*, (2012, 2019); Universidad Del Valle de Guatemala *et al.*, (2011).

La dinámica forestal de la cuenca del río Coyolate refleja los esfuerzos realizados por incrementar la cobertura boscosa, los cuales deben priorizarse en sitios estratégicos como las zonas de recarga hídrica, las tierras de aptitud forestal y las zonas de ribera, para evitar la pérdida y degradación de los bosques allí existentes.

Otra causa de la pérdida de cobertura forestal es el incremento de la población, con el consecuente aumento de la demanda de fuentes energéticas para uso en el hogar, como la leña. En los hogares de los municipios ubicados parcial o totalmente en la cuenca del río Coyolate, se estima que el consumo de leña es del 60 % (Instituto Nacional de Estadística, 2018). Tomando como base la población que habita la cuenca, se calcula que existe un déficit anual de leña de 223 282 toneladas métricas de biomasa leñosa; pues su demanda es casi tres veces mayor que la oferta. Este mismo patrón se observa en los departamentos de Chimaltenango y Escuintla (Tabla 4). De allí que los municipios de Santa Apolonia, Tecpán, Patzún, Patzicía, Acatenango y San Andrés Itzapa se encuentran en la lista priorizada de déficit de leña anual a nivel nacional (Instituto Nacional de Bosques, 2015).

Tabla 4. Balance de la biomasa leñosa en la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Departamento¹	Demanda	Oferta	Balance
	toneladas de biomasa leñosa anual (t biomasa/año)		
Chimaltenango	173 436	59 319	-114 117
Escuintla	163 125	55 380	-107 745
Suchitepéquez	19 656	18 237	-1420
Cuenca río Coyolate	356 217	132 936	-223 282

Nota. ¹ Estimación realizada con base en la proporción de población de cada departamento en la cuenca hidrográfica del río Coyolate. Fuente: elaboración propia con información del Instituto Nacional de Bosques *et al.* (2012); Instituto Nacional de Estadística (2018); Public Health Institute (2015).

Durante los talleres de diagnóstico participativo que se realizaron en esta cuenca, se mencionó que el consumo de leña con fines energéticos también obedece al alto costo de otras fuentes energéticas, que dificultan su reemplazo en las zonas rurales. Por otro lado, el consumo de leña está asociado a la tala ilegal no controlada. Por ejemplo, el 75 % del total de extracciones ilegales no controladas en Tecpán Guatemala durante el 2005 fue destinado para su uso como leña; además esta ilegalidad ha absorbido la mayoría de los flujos de la leña (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009).

La aplicación de incentivos forestales para el manejo forestal sostenible en esta cuenca ha sido deficiente, ya que entre 1998 y 2020 se implementaron

5512.59 hectáreas, que equivalen al 3.1 % de la superficie de la cuenca, donde el 60 % corresponde a la modalidad de manejo de bosque natural para protección, 24 % al manejo de bosque natural para producción, 16 % a plantaciones forestales y 0.24 % a sistemas agroforestales.

La mayor parte del área de la cuenca fue cubierta por el Programa de Incentivos Forestales (Pinfor) con el 69 %, seguido del Programa de incentivos para el establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala (Probosque) con 28 % y, por último, el Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal (Pinpep) con 4 % (Tabla 5). Adicionalmente, entre 2012 y 2020, la Red de Restauración de la Costa Sur recuperó un total de 433.3 hectáreas, entre bosque de ribera, mangle y otros (Instituto Nacional de Bosques e Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2022).

Tabla 5. Incentivos forestales aplicados para la cuenca del río Coyolate entre 1998 y 2020

Programa	Modalidad				Total
	Manejo de bosque natural de producción	Manejo de bosque natural de protección	Plantaciones forestales	Sistemas agroforestales	
	Hectáreas				
Pinfor	1291.33	1865.93	641.83		3799.09
Pinpep	3.11	71.60	105.97	13.45	194.13
Probosque	2.61	1376.58	140.18		1519.37
Total	1297.05	3314.11	887.98	13.45	5512.59

Fuente: elaboración propia con información del Instituto Nacional de Bosques (2020).

En la parte alta de la cuenca del río Coyolate, la mayoría de los bosques comunales se localizan en los municipios de Acatenango y Yepocapa, donde su conservación y gestión forestal para la producción de agua y conservación de la biodiversidad está a cargo de las comunidades. Las áreas de mayor interés son la cadena volcánica (volcanes de Agua, Fuego, Acatenango), las montañas de Patzicía, Tecpán Guatemala y San Andrés Itzapa (Grupo Promotor de Tierras Comunales, 2009).

Otra causa de la pérdida de cobertura forestal son los incendios. Entre 2010 y 2014, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (2020), atendió un total de 18 incidentes de emergencia por incendio forestal, la mayoría de los cuales ocurrió en Acatenango y Patzún. Entre 2001 y 2017 se

registraron 735 incendios forestales en Chimaltenango, 277 en Sacatepéquez, 25 en Escuintla y 4 en Suchitepéquez (Instituto Nacional de Bosques, 2017a). Entre las principales causas de los incendios forestales de la temporada 2016-2017, destacan las siguientes: acciones de los leñadores, quema de basura, intencionalidad, quemas agrícolas y quema de pastos (Instituto Nacional de Bosques, 2017b). Durante los talleres de diagnóstico participativo llevados a cabo, también se identificó a los incendios forestales como una causa de esta problemática.

La tala ilegal o ilícita es una causa más de la degradación y pérdida de la cobertura forestal, que se origina por los aprovechamientos sin licencia, el cambio de uso del bosque sin autorización, la tala de especies protegidas, y el incurrimento de faltas o delitos contra los recursos naturales incluidos en la Ley Forestal de Guatemala (Congreso de la República de Guatemala, 1996; Instituto Nacional de Bosques, 2010). Durante los talleres participativos también se identificó este factor como causante de la pérdida de la cobertura forestal.

En el municipio de Tecpán Guatemala se estimó que la tala no controlada al año 2005 incidió en el 68.51 % de las pérdidas forestales. La tala selectiva no controlada correspondió al 89.99 % de las extracciones totales lo cual, además, inhibe el crecimiento del bosque (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009). Esta sigue siendo una de las principales problemáticas en Tecpán Guatemala (Concejo Municipal de Tecpán, 2019).

Por otro lado, la susceptibilidad a plagas y enfermedades es muy alta en la parte alta de la cuenca del río Coyolate (Tecpán Guatemala, Patzicía, Patzún, Acatenango, Yepocapa y San Andrés Itzapa). Se han reportado ataques por gorgojo del pino en la región de occidente (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales *et al.*, 2018). En el resto de la cuenca existen zonas de susceptibilidad media y alta, y una pequeña área de susceptibilidad baja al norte de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa (Instituto Nacional de Bosques, 2022).

1.3.1.2 Efectos

La pérdida de la cobertura forestal altera los flujos del ciclo hidrológico que favorecen la producción de agua y escorrentía superficial, pues se reduce la infiltración, la percolación y la recarga hídrica (Cuerpo de Ingenieros de Los Estados Unidos de Norte América, 2000; González-Celada *et al.*, 2021; Kundu *et al.*, 2017). Además, la cuenca hidrográfica del río Coyolate tiende a tener baja permeabilidad, alto potencial de escorrentía superficial, rápida respuesta hidrológica y relieve montañoso; lo cual incrementa la potencia de las

corrientes que transportan los sedimentos producidos en las áreas degradadas de la cuenca media y alta (Lane, 1983). Como consecuencia, se favorece la ocurrencia de inundaciones fluviales en la cuenca baja (Castillo & Allan, 2007), que corresponde a la zona más vulnerable a estos eventos (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2015).

La pérdida y degradación de la cobertura forestal también impacta en los ecosistemas, pues afecta negativamente los hábitats y sus funciones ecológicas, además de que desfavorece la conectividad biológica. Esta es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en Guatemala y en la cuenca (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2002; Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2008; Loening & Markussen, 2003; Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, 2014; Instituto Nacional de Bosques, 2010).

También se ven afectados los medios de vida de los habitantes, principalmente por la provisión de bienes y servicios ecosistémicos. Por ejemplo, la zona del medio de vida de “actividad cafetalera” —que para la cuenca del río Coyolate corresponde a una zona que conecta a los municipios de Pochuta, Acatenango y Yepocapa—, actualmente comercializa productos maderables luego de que ocurrió la crisis del café. Por otro lado, los principales medios de vida en la cabecera de la cuenca (Santa Apolonia, Tecpán Guatemala, Patzún y Patzicía) son la venta de mano de obra, la producción de granos básicos de subsistencia, las hortalizas, el comercio y las remesas; pero la deforestación es recurrente, principalmente a causa de la tala ilegal para fines de obtención de leña y madera, así como para el establecimiento de agricultura de subsistencia (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales *et al.*, 2018; Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria, 2016; Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009). La tala ilícita no controlada también representa pérdidas económicas. Por ejemplo, en 2005 esta actividad significó 23.6 millones de quetzales en Tecpán Guatemala (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009).

La pérdida de la cobertura forestal disminuye la rugosidad del terreno y de las buenas condiciones hidrológicas, e incrementa la escorrentía superficial, con lo cual aumenta la erosión hídrica y el transporte de sedimentos producidos en las partes altas, que se acumulan en la parte baja de la cuenca (Blainiski *et al.*, 2017; Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norte América, 2000; González-Celada *et al.*, 2021). La eliminación de la cobertura vegetal causada por la actividad del volcán de Fuego, además de los lahares y flujos

piroclásticos, también ocasiona erosión hídrica (Escobar-Wolf, 2013, 2018; Ferrés & Escobar Wolf, 2018; World Bank, 2018).

La erosión hídrica, en conjunción con la ocurrencia de eventos de precipitación pluvial u otros factores, incrementa la susceptibilidad a deslizamientos en zonas con relieves pronunciados (Mora & Vahrson, 1994).

La eliminación de cobertura forestal también está relacionada con la degradación del bosque, el incremento de las emisiones de dióxido de carbono por la disminución del carbono almacenado en la biomasa (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2013) y la pérdida de carbono relacionada con la erosión hídrica (Hernández *et al.* 2014; Lal, 2020).

1.3.2 Descarga de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente

1.3.2.1 Causas

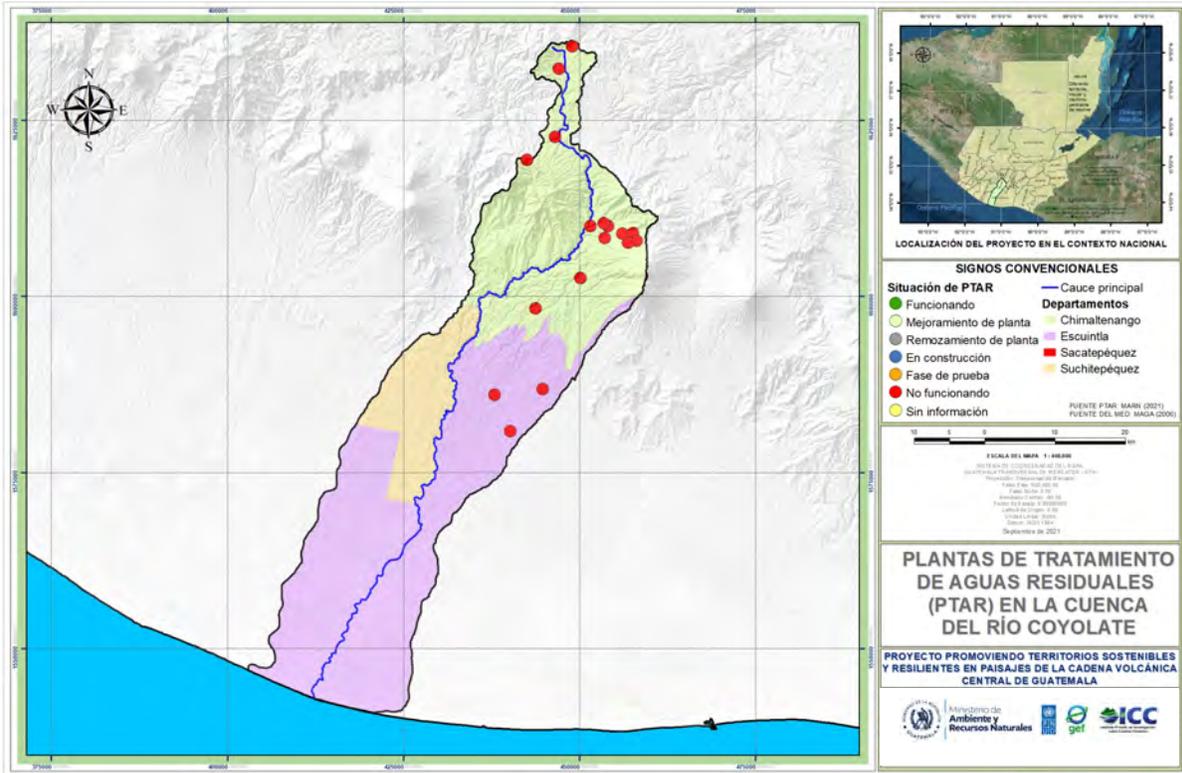
Una de las causas de la descarga de aguas residuales crudas o con tratamiento deficiente, es la pobre gobernabilidad impulsada por la poca voluntad política, la falta de capacidad de las instituciones de Gobierno, la centralización de la toma de decisiones, entre otros (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 2015; Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, 2014).

Otra causa relacionada con la gobernabilidad, es el deficiente cumplimiento del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos (Acuerdo Gubernativo 236-2006) (Presidencia de la República de Guatemala, 2006). Dicho acuerdo ha sufrido de múltiples reformas que han aplazado su observancia por parte de las municipalidades y empresas de tratamiento. Solamente el 62.5 % de los municipios que ocupan parcial o totalmente esta cuenca han cumplido con el estudio técnico de aguas residuales. No lo han cumplido Patzún (en la parte alta de la cuenca), ni Siquinalá, La Gomera y Sipacate en la cuenca baja (Viceministerio del Agua, 2021).

También se observa falta de gobernanza en la cuenca, lo cual se debe a la deficiente colaboración entre el Estado y la sociedad, para lo cual debe existir participación ciudadana, integración y articulación de actores, en este caso, bajo el contexto de cuenca hidrográfica. En un escenario mejorado, las redes de gobernanza llevarían a la toma de decisiones consensuadas para reducir la degradación ambiental y promover la sostenibilidad territorial.

Por otro lado, ninguna de las 17 plantas de tratamiento de aguas residuales registradas a finales del 2021 en la cuenca hidrográfica del río Coyolate

funciona (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021b) (Figura 3). Por lo tanto, es urgente operativizarlas e incrementar su cantidad.



Al 2010, uno de los causantes de la contaminación del agua en la cuenca el río Cuyolate fue la actividad industrial y agrícola (café y caña de azúcar) (Medina Mazariegos, 2010). En la cuenca alta, Tecpán Guatemala, una de las principales amenazas es la contaminación del agua por vertidos de desechos líquidos debido a la falta de tratamiento de las aguas residuales (Consejo Municipal de Tecpán, 2019). En Patzún, las aguas residuales crudas se descargan a quebradas, ya que de doce sistemas de drenaje de aguas residuales, nueve no cuentan con tratamiento (Consejo Municipal de Patzún, 2018). Esta situación también se observa en la cuenca baja, ya que las municipalidades de Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción no cuentan con ningún sistema de tratamiento de aguas residuales funcional, por lo cual estas se vierten en los ríos (Consejo Municipal de Nueva Concepción, 2019; Consejo Municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa, 2019).

Según el índice de servicios públicos (que incluye la recolección de aguas pluviales y residuales, y que está integrado en el *ranking* de la Gestión Municipal 2018), el 56 % de los 16 municipios que integran, parcial o totalmente la cuenca del río Coyolate, se encuentra en la categoría baja de dicho índice, el 38 % en la categoría media-baja y el 6 % en la media (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2019). Algunos de los municipios que se encuentran dentro de la categoría baja son: Tecpán Guatemala, Patzicía, Santa Lucía Cotzumalguapa, Nueva Concepción y Patulul, cuyo centro urbano se ubica dentro de la superficie de la cuenca del río Coyote. Esto confirma la descarga de aguas residuales hacia los ríos y la mala gestión por parte de las municipalidades de Tecpán Guatemala, Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción.

Otras causas son: (a) el crecimiento poblacional, por su inherente generación de aguas residuales domésticas; (b) la poca educación y cultura ambiental de la población; (c) la falta de fortalecimiento de las capacidades de las instituciones y del personal encargado del diseño, operación y monitoreo de las plantas de tratamiento de aguas residuales; (d) la poca sensibilización de la población sobre esta problemática generalizada en la cuenca hidrográfica del río Coyolate; y (e) la poca aplicación de la planificación territorial con enfoque de cuenca hidrográfica, a pesar de ser una prioridad de desarrollo nacional.

1.3.2.2 Efectos

La descarga de aguas residuales (domiciliares y/o especiales) crudas o con tratamiento deficiente deterioran de la calidad o contaminan a los cuerpos receptores, que son principalmente ríos. En la cuenca hidrográfica del río Coyolate se ha establecido por medio del índice simplificado de calidad del agua (ISQA, por sus siglas en inglés), que la calidad del agua la hace inadmisibles para uso humano en el caso de los ríos Pantaleón (estación hidrológica Pantaleón), Cristóbal (estación hidrológica El Carrizal) y el río Coyolate (estación hidrológica Puente Coyolate), aunque en este último es admisible el uso agrícola (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2022). En 2006 se determinó que la carga contaminante de la agroindustria era tres veces superior a la de las aguas residuales domiciliarias municipales (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2006).

Las fuentes de agua subterránea de la cuenca alta se encuentran en riesgo de contaminación debido a las actividades antrópicas (centros poblados) y a la ubicación de letrinas próximas a manantiales y zonas de recarga hídrica. Sin embargo, en la cuenca baja el riesgo es mayor debido a que las letrinas están

ubicadas en áreas donde ocurren aguas subterráneas (Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2011), ya que la profundidad del nivel freático en el abanico aluvial tiende a mantenerse entre 2 a 4 metros de profundidad, tanto en época seca como en lluviosa (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2021b).

La descarga de aguas residuales ocasiona la pérdida de la biodiversidad terrestre y acuática, la degradación y alteración de los ecosistemas donde las especies se desarrollan y de las cadenas alimenticias, así como la fragmentación y pérdida de la conectividad biológica (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2008; Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014). Esto también tiene consecuencias negativas en los medios de vida relacionados; por ejemplo en la zona litoral, donde se desarrolla principalmente la pesca artesanal (Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria, 2016).

Adicionalmente, la descarga de aguas residuales se relaciona con el incremento de enfermedades como fiebre tifoidea, poliomielitis, disentería, entre otras (Organización Mundial de la Salud, 2022). Por ejemplo, la diarrea y la amebiasis están entre las primeras 20 causas de morbilidad en los municipios¹ que ocupan parcial o totalmente la cuenca del río Coyolate, y representan el 6.6 % de las causas en San Pedro Yepocapa, el 6.0 % en San Miguel Pochuta (6.0 %) y el 5.2 % en la Gomera (Sistema de Información Gerencial de Salud, 2021).

Adicionalmente, las comunas de Tecpán Guatemala, Santa Lucía Cotzumalguapa, Patzún y Nueva Concepción destacan por la proliferación de enfermedades ocasionadas por la falta de tratamiento de aguas residuales (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Tecpán Guatemala, 2019; Concejo Municipal de Nueva Concepción, 2019; Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Patzún, 2018; Concejo Municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa, 2019). Otro efecto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento son las emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

¹ En proporción con su población total, a lo sumo afectan al 6.6 % de sus habitantes.

1.3.3 Falta de gobernanza

1.3.3.1 Causas

La falta de gobernanza es causada por la deficiente participación, integración y articulación de los actores en torno a las problemáticas existentes en la cuenca hidrográfica, lo cual dificulta el establecimiento de redes en conjunto con las instituciones de Gobierno para la atención de dichas problemáticas con base en un sistema de toma de decisiones consensuadas, sostenibles y en armonía con el ambiente. También existe pobre capacidad de coordinación interinstitucional y falta de diálogos entre usuarios de los recursos naturales para su gobernanza, como en el caso del agua (Global Water Partnership e International Network of Basin Organizations, 2009). Adicionalmente, la capacidad del Estado para la gestión del territorio es débil, lo cual ha llevado a la degradación ambiental (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014).

Sin embargo, en la cuenca existen algunas plataformas que promueven la gobernanza, como los comités de agua empresarial en la cuenca baja, que tienen dentro de sus compromisos que el agua del río llegue al mar. También en la cuenca baja se encuentra la Asociación de Agricultores y Protectores de las Bordas de los Ríos de Nueva Concepción (Asobordas), que se originó por la búsqueda de soluciones ante la amenaza de inundaciones y de transparencia en la construcción de obras para mitigar las inundaciones del río Coyolate (N. Yanes, comunicación personal, mayo 2017). Mientras, en la cuenca alta está la Asociación Tikonel, que implementa un sistema de gestión a través de alianzas estratégicas y fortalecimiento de sus redes; y la Asociación Sotz'il, que cuenta con un modelo comunitario participativo para mejorar la calidad de vida de las personas.

No obstante, aún hace falta que los actores de la parte baja, media y alta de la cuenca hidrográfica del río Coyolate participen, se integren y articulen para poder priorizar y atender las problemáticas de la cuenca, y así lograr la protección y conservación de los recursos naturales, la reducción de su degradación ambiental y el fortalecimiento de la gobernanza del agua. Para ello, es necesario sensibilizar y concientizar a los actores de la cuenca sobre dichas problemáticas, de manera que puedan establecerse diálogos y realizarse coordinaciones intra e interinstitucionalmente, para poder abordarlas desde el interior de las instituciones hasta la red de relaciones donde estas interactúan por la gobernanza del territorio. Por lo tanto, es necesario identificar y mapear todas las relaciones de gobernanza presentes en el territorio, tanto formales como informales, pues las problemáticas de la cuenca influyen a los actores

tanto individualmente como a nivel de su red de relaciones (Sharifzadeh *et al.*, 2014).

Se considera necesario abordar lo anterior debido a que el Plan Nacional de Desarrollo priorizó la gestión integral sostenible del territorio con enfoque de cuencas hidrográficas, además de la necesidad de un nuevo modelo de regionalización del territorio para su gestión con este enfoque de cuenca (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014). No obstante, el marco de administración del territorio en Guatemala está establecido por departamentos y municipios, lo cual no empata con las delimitaciones naturales de las cuencas hidrográficas, lo cual dificulta su abordaje en la planificación natural y, lo más importante, la asignación de un presupuesto. De allí que una vez más, se identifica que es necesario integrar a los actores a escala de cuenca hidrográfica para la gestión y manejo de sus problemáticas.

Durante los talleres participativos que se llevaron a cabo se identificaron como actores clave los siguientes: municipalidades, MARN, consejos comunitarios de desarrollo urbano y rural, INAB, Gobernación Departamental, oenegés, ICC, Conred, MAGA, sociedad civil y agroindustria. Entre los actores primarios están el resto de las empresas privadas, los consejos municipales y departamentales de desarrollo urbano y rural, la academia, las unidades de gestión ambiental, los comunitarios, la Asociación ACAX, los pueblos indígenas, los productores de hortalizas, el Conap, el MEM y el Insivumeh. Los actores secundarios identificados son: Asociación Sotz'íl, líderes religiosos, comisión municipal de ambiente, Dirección Municipal de la Mujer, cooperación internacional, Asobordas, Ministerio de Comunicaciones, usuarios del recurso hídrico y Academia de las Lenguas Mayas. Dentro de los actores periféricos o los que pueden llegar a influir a los otros actores, está el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

En cuanto a la gestión municipal, el índice de gestión estratégica califica las acciones y la institucionalización para la gestión ordenada del territorio, que se incluye en el *Ranking de la Gestión Municipal 2018* (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2019). Para los 16 municipios con superficie parcial o total dentro de la cuenca del río Coyolate, según este índice el 53 % está en la categoría baja, 27 % en la media-baja y 20 % en la media. Otro índice que se incluye en este *ranking* es el de servicios públicos, el cual califica la gestión y manejo de los residuos y desechos sólidos, la recolección de aguas pluviales y residuales, la cobertura del servicio público de agua, la gestión de los servicios públicos municipales, entre otros. El 56 % de los municipios de esta cuenca se ubica en la categoría baja, 38 % en la media-

baja y 6 % en la categoría media. Con esto se pone de manifiesto que los esfuerzos que se realizan para la gestión territorial de la cuenca del río Coyolate son deficientes, y que queda mucha brecha para su mejoramiento.

Por el lado de la legislación en materia de cuencas hidrográficas y su relación con los procesos de gobernanza e integración de actores, se cuenta con el Acuerdo Gubernativo 19-2021, que contempla la conformación e integración de mesas técnicas de cuenca hidrográfica, lo cual representa una oportunidad para aplicar el abordaje de cuenca hidrográfica. Sin embargo, existen antecedentes, como la declaratoria de inconstitucionalidad del Acuerdo Ministerial 335-2016² (Corte de Constitucionalidad, 2017) por extralimitación de las competencias del Organismo Ejecutivo. Este mismo destino podría correr el Acuerdo Gubernativo 19-2021 si se encuentran hallazgos en la misma vía (Alonso Ramírez *et al.*, 2021). Por lo tanto, los esfuerzos por implementar redes de gobernanza en la cuenca deben ser legítimos, inclusivos, participativos y representativos para que no sean derogados por la legislación actual y, de ese modo, se pueda garantizar su cohesión y dar seguimiento al manejo y gestión de la cuenca.

Por otro lado, no se han fortalecido las capacidades en materia de cuencas hidrográficas para poder conocer los alcances de su abordaje y las potenciales problemáticas existentes. Además, es necesario fortalecer la educación ambiental a todos los niveles.

1.3.3.2 Efectos

Uno de los efectos de la falta de gobernanza del territorio es el incremento de los impactos antropogénicos negativos, que contribuyen a la degradación ambiental de las cuencas hidrográficas (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014) y que afectan, en consecuencia, la calidad de vida al deteriorarse los satisfactores de bienestar humano. Ante el aumento de dichos impactos, el Gobierno pierde la capacidad de tomar decisiones efectivas en respuesta a las principales problemáticas de la cuenca, lo cual se traduce en una gobernabilidad ausente o deficiente, a pesar de la existencia de la legislación básica. Por otro lado, es necesario que las decisiones para gestionar y atender las problemáticas del territorio sean priorizadas y ejecutadas.

La falta de gobernanza también puede influir en la pérdida de cobertura forestal, la descarga de aguas residuales crudas o con tratamiento deficiente a los cauces de los ríos, la degradación del suelo por erosión hídrica, la escasez

² Normas para promover la gestión integrada de cuencas a través de la creación y operación del inventario de usuarios del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala.

de agua, el mal manejo de los desechos sólidos, la proliferación de sitios con contaminación ambiental, la ingobernabilidad, la sobreutilización de las tierras, la pérdida de la biodiversidad y la conflictividad social, entre otras. Además, existen situaciones de riesgo en esta cuenca que requieren de su inmediato manejo y gestión, como las amenazas volcánicas, las inundaciones y los deslizamientos.

Un efecto más de la falta de gobernanza es la deficiente instrumentación de la cuenca hidrográfica a través de redes de monitoreo que provean información para poder evaluar los recursos hídricos y obtener datos como disponibilidad y demanda, balance hídrico, fuentes de contaminación, entre otros. Esta información constituye la base para el manejo y gestión integrada del recurso hídrico (Global Water Partnership e International Network of Basin Organizations, 2009) y para poder tomar decisiones informadas para la evaluación, manejo y monitoreo de la cuenca hidrográfica.

Otra causa es la falta de integralidad para abordar las grandes problemáticas y amenazas del territorio. Este tema está incluido en este plan de manejo de cuenca para que las acciones puedan llevarse a cabo a un nivel priorizado de subcuencas, microcuencas o unidades de manejo de menor tamaño (fincas, parcelamientos, entre otros). Por otro lado, existe duplicidad de acciones en el territorio, ya que las problemáticas identificadas y priorizadas no han sido ordenadas. Por lo tanto, es necesario integrar a los actores para que puedan participar y articularse en los diálogos sobre el manejo y gestión del territorio, donde la mesa técnica que propone el Acuerdo Gubernativo 19-2021 podría constituirse en un primer paso, siempre y cuando sea inclusiva, representativa, adaptativa, prospectiva y dinámica.

1.3.4 Erosión hídrica

1.3.4.1 Causas

Una de las causas de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río Coyolate se relaciona con sus características morfológicas, que revelan su evolución geomorfológica y ciclo erosivo. Según su curva hipsométrica relativa, esta cuenca se encuentra en proceso de transición entre su madurez y vejez, con predominancia de esta última. Existe una casi planicie en la cuenca baja que se ha formado por el continuo depósito de sedimentos. En la parte alta, la cuenca aún cuenta con un alto potencial erosivo que se incrementa en la sección convexa de dicha curva (Figura 4).

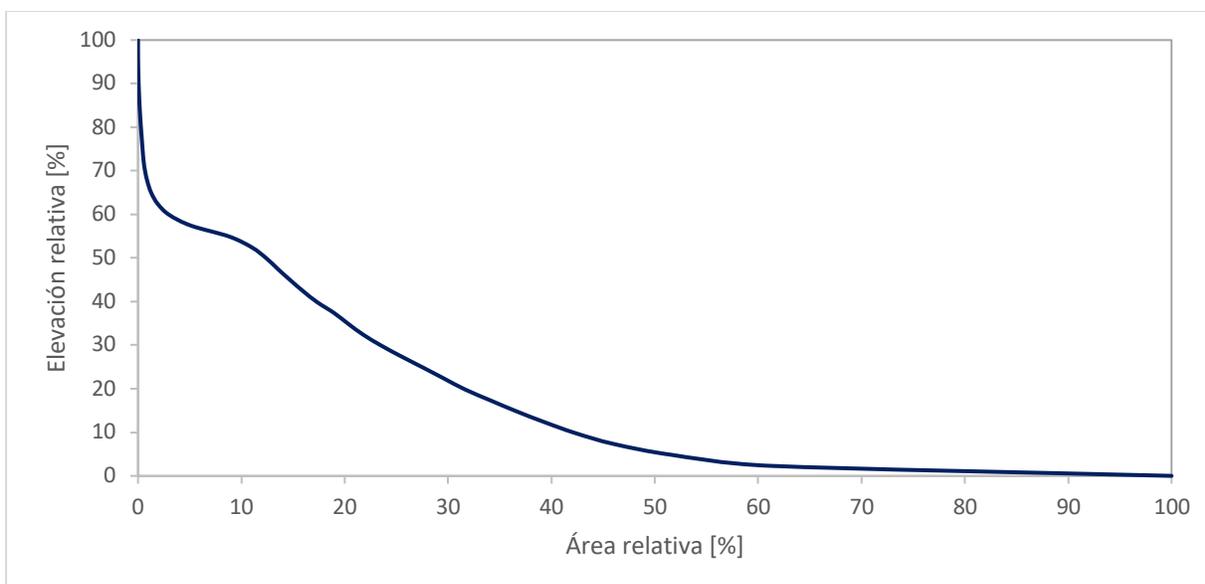


Figura 4. Curva hipsométrica relativa para la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Fuente: elaboración propia con base en diferentes informaciones cartográficas indicadas en la caracterización morfológica de la cuenca del río Coyolate (2021).

Según el uso y cobertura de la tierra, la erosión hídrica es muy alta (> 200 t/ha/año) en las áreas bajo la categoría de agricultura anual, árboles dispersos, café, hule, entre otros; los cuales producen el 74.4 % de los sedimentos de la cuenca. Por otro lado, las zonas con usos de bosque, caña de azúcar y cultivos permanentes arbóreos están sujetas a una erosión alta y producen el 25.2 % de los sedimentos. La erosión es moderada en las áreas con los siguientes usos: banano-plátano, palma africana y urbano (Tabla 6). La erosión hídrica potencial en la cuenca hidrográfica del río Coyolate se estima en 312 toneladas métricas por hectárea al año (t/ha/año) (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2021a).

Tabla 6. Erosión hídrica y producción de sedimentos en la cuenca del río Coyolate

Usos ¹	Erosión ² (t/ha/año)	Nivel de erosión ²	Sedimentos (%)
Agricultura anual, árboles dispersos, café, cultivos permanentes herbáceos, espacios abiertos sin o con poca vegetación, hule,	> 200	Muy alta	74.4 %

Usos ¹	Erosión ² (t/ha/año)	Nivel de erosión ²	Sedi- mentos (%)
matorrales y zonas agrícolas heterogéneas			
Bosque, caña de azúcar y cultivos permanentes arbóreos	50–200	Alta	25.2 %
Banano-plátano, palma africana y urbano	10–50	Moderada	0.45 %

Nota. ¹ Usos determinados con base en el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2014). ² Categorías establecidas con base en la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación *et al.* (1980). Fuente: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (2021a).

Dentro de los factores decisivos que causan erosión hídrica se encuentra la agresividad de la precipitación pluvial o erosividad, que es baja-media en la mayoría de la cuenca del río Coyolate, y se distribuye entre muy alta, severa y extremadamente severa. El factor topográfico (longitud e inclinación de la pendiente) tiende a ser alto en la parte media-alta de la cuenca. Adicionalmente, la susceptibilidad de sus suelos a ser erosionados (erodabilidad), tiende a ser alta en la mayor parte de la superficie de la cuenca, especialmente en las cercanías de los volcanes de Fuego y Acatenango (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2021a), debido a que predominan los suelos de tipo andisol (33 %), que tienen susceptibilidad natural a la erosión hídrica en relieves pronunciados (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2013; Soil Survey Staff *et al.*, 2010; Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales, 2000).

Por otro lado, la cuenca del río Coyolate tiene características morfológicas que aumentan su potencial a producir escorrentía superficial, y el relieve montañoso y coeficiente de rugosidad la hacen susceptible a procesos de erosión hídrica intensos. Como consecuencia, su potencial para el transporte de sedimentos es alto, favoreciendo el transporte desde la parte media-alta hacia la cuenca baja (Lane, 1983). De allí que la combinación de los factores decisivos, el cambio de uso de la tierra y la ausencia de prácticas de conservación de suelos promovería el incremento de la erosión hídrica, y la producción de sedimentos y su deposición en la cuenca baja.

Otra causa de erosión es la eliminación de vegetación a causa de la actividad del volcán de Fuego, además del continuo aporte de sedimentos por los lahares y flujos piroclásticos que se combinan con eventos de precipitación pluvial (Escobar-Wolf, 2013, 2018; Ferrés & Escobar Wolf, 2018; World Bank, 2018); esta dinámica es clave en esta cuenca y las vecinas, considerando que ocupa el tercer lugar en el *ranking* de riesgo volcánico en Latinoamérica (Guimarães *et al.*, 2021).

Por otro lado, la implementación de prácticas de conservación de suelos en esta cuenca es deficiente, a pesar de que el 60 % de su superficie tiene aptitud agrícola. Se considera necesario aplicar estas prácticas a diferente nivel y en conjunto con buenas prácticas de manejo de cultivos (Instituto Nacional de Bosques, 2000).

A esto se suma la necesidad de fortalecer capacidades y brindar asistencia técnica para la implementación de prácticas de conservación de suelos y manejo de cultivos, así como sensibilizar a los productores agrícolas sobre esta problemática. En ese orden de ideas, las acequias de ladera pueden ser una alternativa para la conservación de los suelos en las partes altas y media de la zona cañera (Robles Rivera, 2018).

Una causa más es la falta de legislación relativa a la degradación de tierras. Al respecto, se está formulando la Política de Degradación de Tierras, Desertificación y Sequías (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2021), y está pendiente de aprobación la iniciativa de Ley de Manejo, Conservación y Restauración de Suelos Agrícolas por parte del Congreso (Congreso de la República de Guatemala, 2022). Adicionalmente, hay poca aplicación y cumplimiento de la legislación relacionada, como la Ley Forestal (Congreso de la República de Guatemala, 1996); la Ley de Cambio Climático (Congreso de la República de Guatemala, 2013); la Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y de los Recursos Naturales (Presidencia de la República de Guatemala, 2007); y la Política Nacional de Producción más Limpia (Presidencia de la República de Guatemala, 2010).

1.3.4.2 Efectos

Uno de los efectos de la erosión hídrica y producción de sedimentos provocada por la actividad del volcán de Fuego es el azolvamiento del cauce de los ríos, principalmente en la cuenca baja, donde el paisaje ofrece las condiciones de pendiente propias para su depósito y acumulación. El aporte de sedimentos del volcán de Fuego no solo ocurre durante los eventos eruptivos, pues los lahares no limitan su ocurrencia (Naismith *et al.*, 2019).

Las barrancas más activas en cuanto al transporte y depósito de sedimentos por aporte de flujos piroclásticos y lahares en la cuenca hidrográfica del río Coyolate son la Barranca Seca-Santa Teresa y la Barranca Taniluyá, que alimentan al río Pantaleón; aunque también se ha identificado el transporte de lahares en el río Mineral (Escobar-Wolf, 2013; Ferrés & Escobar Wolf, 2018). El cauce del río Pantaleón recibe continuamente sedimentos que han sido emplazados en las barrancas, donde probablemente ocurren procesos de sedimentación, como se observó luego de la erupción ocurrida el 3 de junio de 2018 en la unión del río Pantaleón con el río Gobernador (Escobar-Wolf, 2018; Ferrés & Escobar Wolf, 2018).

Otro efecto de la dinámica de sedimentos que aporta el volcán de Fuego a través del depósito de flujos piroclásticos y lahares son los cambios en los canales de los ríos, debido a la agradación del canal ocasionada por los sedimentos. Así, entre 1972 y 1973, el canal del río Taniluyá cambió, ya que dejó de fluir hacia el río Obispo para dirigirse hacia el río Pantaleón (Escobar-Wolf, 2013).

Similar situación ocurrió en agosto de 2021, cuando una alta carga de sedimentos acumulados provocó que el cauce del río Pantaleón dejara de fluir hacia el río Cristóbal y, en su lugar, se uniera al río Jute, que es parte del sistema fluvial de la cuenca hidrográfica vecina del río Acomé. Este cambio ocurrió entre la Granja Virginia, la Finca el Socorro y el Centro Administrativo de la zona de Agrario El Cajón. La dinámica hidrológica resultante desencadena efectos negativos para el ecosistema y los lugares poblados aguas abajo, como inundaciones, incremento del caudal del río Acomé, aumento de sedimentos en la zona de manglar de Sipacate-Naranjo y disminución del caudal del río Coyolate. Como resultado, los medios de vida —como la pesca, la venta de servicios por actividades turísticas y el transporte—, se ven afectados (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2022) (Figura 5).

Existe la probabilidad de que esta situación vuelva a ocurrir o se intensifique considerando que desde el 2015 el volcán de Fuego inició un nuevo ciclo caracterizado por erupciones más violentas (Naismith *et al.*, 2019). En relación con esto, se estima que el volumen de flujos piroclásticos acumulado en el cauce y en la zona de desbordamiento en la barranca Seca-Santa Teresa producto de la erupción ocurrida el 3 de junio de 2018 fue de 11.7 y 2.6 millones de metros cúbicos (Escobar-Wolf, 2018). Esto evidencia que el sistema fluvial de las cuencas hidrográficas influenciadas por la actividad del volcán de Fuego está sujeto a cambios morfológicos como respuesta al continuo aporte de sedimentos por flujos piroclásticos, lahares y erosión de sus barrancas.

Adicionalmente, los eventos de precipitación en esta zona son extremadamente severos (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2021a).

Otro efecto de los procesos de sedimentación en la cuenca baja son los eventos de inundación por desbordamiento de los ríos debido a la disminución del tirante hidráulico o profundidad del río, lo cual incrementa la zona de cobertura de las inundaciones, tal como se evidenció a través de la realización de una simulación hidráulica luego de la actividad del volcán de Fuego del 3 de junio del 2018 (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2020). En la parte baja de esta cuenca, que se ubica entre los 0 y 100 metros sobre el nivel del mar, la frecuencia de inundaciones es alta (Guerra *et al.*, 2017). Por ejemplo, en las proximidades de la aldea Canoguitas (Nueva Concepción, Escuintla) ocurrían inundaciones por desbordamiento del río Coyolate año tras año durante la época lluviosa previo a la construcción de una borda en 2011, que fue resultado del diálogo y la coordinación entre los actores involucrados (Calderón, 2017). Por otro lado, entre 1999 y 2015 se ha observado la reducción de la abertura de las bocanarras del río Coyolate y la Laguneta Las Pescas, que podría provocar su cierre y cuya causa probable es la sedimentación. Adicionalmente, la bocanarra del río Coyolate tiende a cerrarse entre marzo y abril (Pellecer Aguirre, 2015).

La erosión hídrica también provoca la disminución de la fertilidad del suelo, pudiendo llegar incluso a su desertificación (Godone & Stanchi, 2011). Con ello, se pierden las funciones ecológicas y la biodiversidad, se afecta la regulación de nutrientes y el agua (Costantini *et al.*, 2018; Steinhoff-Knopp *et al.*, 2021) y se emiten gases de efecto invernadero por la pérdida de carbono orgánico del suelo (Hernández *et al.*, 2014; Lal, 2020). Esto tiene repercusiones en la seguridad alimentaria (principalmente en las zonas de agricultura de subsistencia) y en la reducción de la producción y productividad agrícola (Gebrehiwot, 2022; Akinrinde, 2004; Brown, 1981; Young, 2000).

Por otro lado, la erosión hídrica en esta cuenca puede intensificarse debido a la sobreutilización de las tierras (el 35.8 % de la superficie de la cuenca del río Coyolate se encuentra categorizada dentro de este tipo de uso), debido a que la erosión hídrica es tres veces mayor en las tierras sobreutilizadas en comparación con las de uso correcto y 1.8 veces mayor que las tierras subutilizadas.

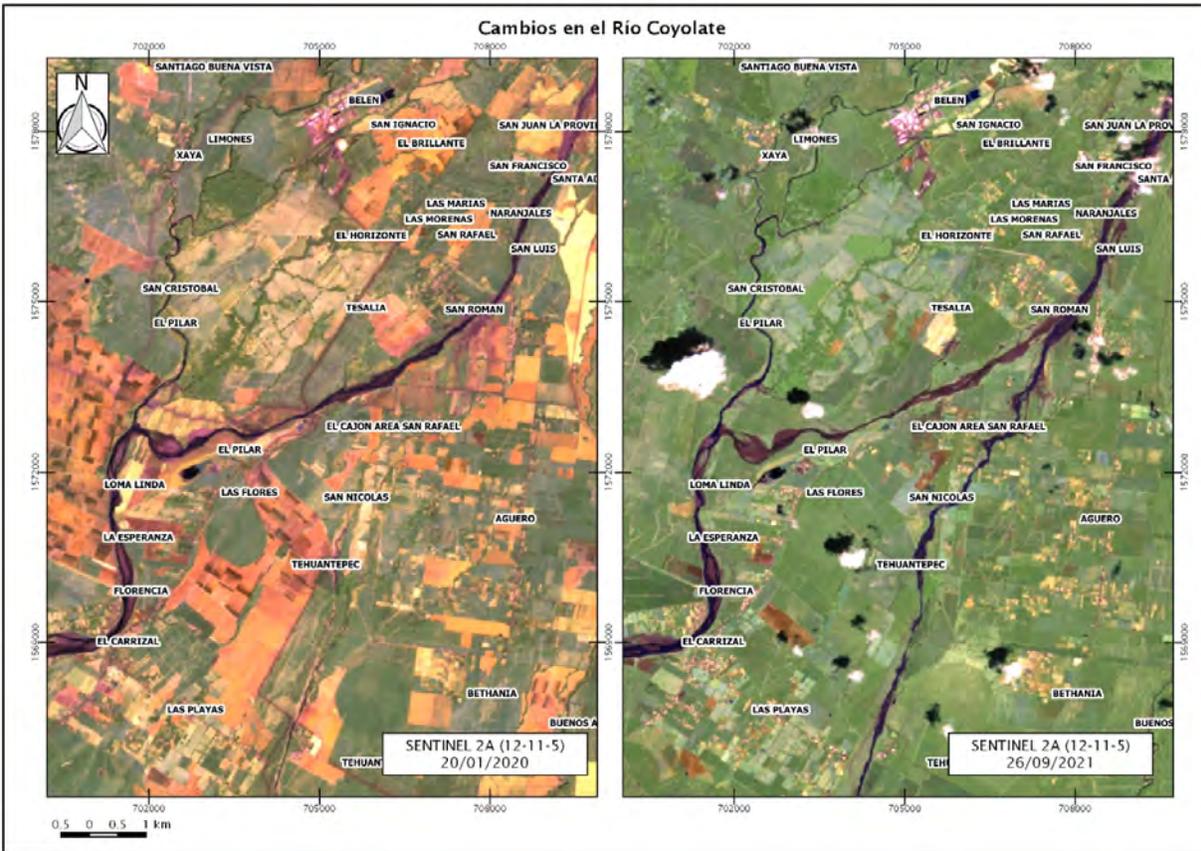


Figura 5. Cambio de cauce del río Pantaleón, que pasó de fluir hacia el río Cristóbal para desembocar en el río Jute de la cuenca hidrográfica vecina del río Pantaleón

Fuente: Chun y González (2021).

1.3.5 Escasez de agua

1.3.5.1 Causas

Una de las causas de escasez de agua es el aumento poblacional, que se constituye en un impulsor de estrés y escasez hídrica. Se estima que de 2002 a 2018 la cuenca hidrográfica del río Coyalate incrementó su población en 36.8 %, lo que significó pasar de poco más de 248 000 a 339 461 personas. Por otro lado, la precipitación pluvial media anual para esta cuenca fue de 2155.3 ± 430.5 mm entre 1991 y 2020, lo cual evidencia una amplia variación de los acumulados anuales. Adicionalmente, los cambios de uso/cobertura de la tierra que han ocurrido en la cuenca han repercutido en el ciclo hidrológico, impactando en la disponibilidad hídrica. En adición a ello están los efectos de la variabilidad y el cambio climático.

En la región de bocacosta de esta cuenca la precipitación pluvial media anual incrementó durante el período 2001-2014, en comparación con el de 1971-2000; mientras que ocurrió lo contrario en el caso de la temperatura media anual (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018b). La duración de la época lluviosa durante el período 1980-2018 tendió a ser mayor en una sección de la cuenca baja y media (175-215 días), pero menor en la cabecera y la parte más baja (115-150 días) (Orrego *et al.*, 2021). La canícula del período 1980-2019 duró principalmente de 26 a 35 días en la parte baja y media de la cuenca, mientras que en la cabecera fue de hasta 55 días, con intensidades de entre -50 a 50 mm, y precipitación pluvial inferior a los 200 mm (Orrego *et al.*, 2022). La amenaza por sequía se categoriza como de media a alta en la cuenca baja, y en el resto de la cuenca es muy baja y baja (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2015).

Una causa más de escasez de agua es la contaminación del recurso hídrico, cuyo consumo tiene repercusiones en la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 2022). Esta situación deriva de la descarga de aguas residuales crudas o con tratamiento deficiente a cuerpos receptores, y a la proliferación de basureros clandestinos. Otra causa es la débil gobernanza del recurso hídrico con enfoque de cuenca, a pesar de que existen ciertos esfuerzos dispersos, pero aún está pendiente la integración de actores de la parte alta, media y baja.

Otra causante es la huella hídrica o la cantidad de agua dulce que es utilizada para la producción de bienes y servicios. Durante los talleres participativos, los actores de la cuenca identificaron como situaciones de conflicto la derivación de ríos para uso de agua en la agroindustria y su aprovechamiento sin control (lo cual, en cierta medida, tiene su origen en la falta de una Ley de Aguas y lleva a la falta de gobernabilidad) (Global Water Partnership Centroamérica, 2015).

Según el indicador de disponibilidad de agua dulce por habitante —que considera ciertos umbrales para el aprovisionamiento mínimo para el desarrollo de actividades agrícolas, humanas, industriales, energéticas y para mantener el medio ambiente (Falkenmark *et al.*, 1989; United Nations Development Programme, 2006)—, la cuenca del río Coyolate se clasifica dentro de la categoría “sin estrés hídrico” (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2015). Sin embargo, la fracción de Tecpán Guatemala ubicada en esta cuenca se encuentra bajo estrés hídrico (<1000-1700 m³/persona/año) y Santa Apolonia bajo escasez crónica (500-1000 m³/persona/año).

Otro elemento que aporta a la escasez en la cuenca hidrográfica del río Coyolate es la exportación del agua superficial de la microcuenca Xayá alto que, en conjunto con tres microcuencas (Pixcayá, Balanyá y Pacorral) de la subcuenca Pixcayá, son transitadas a través del acueducto Xayá-Pixcayá para uso en el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala. Así, en 2012 se estimó que estas cuatro microcuencas aportan anualmente 88 millones de metros cúbicos a la disponibilidad de agua para dicha área metropolitana; lo que corresponde al 11.15 % de la disponibilidad por aguas superficiales (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy, 2012). El consumo de agua proveniente del acueducto Xayá-Pixcayá en el área metropolitana se estima en 51 100 000 m³ por año, que representa el 9 %, mientras que el resto proviene de fuentes subterráneas. Para realizar esta estimación se utilizó información de la Empresa Municipal de Agua (Empagua) (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy, 2013).

Otros autores mencionan diferentes porcentajes de abastecimiento de agua para consumo en la región metropolitana. Tal es el caso de Fernández (2013), que indica que el aporte de Xayá-Pixcayá es del 35 %, mientras que Guzmán Sáenz (2013) menciona que es de aproximadamente el 50 %.

El agua superficial de la microcuenca Xayá alto se exporta a través de un trasvase (túnel) hacia la cuenca Pixcayá en la presa El Tesoro, desde donde se conduce hacia la planta de tratamiento Lo de Coy para su posterior distribución en la Ciudad de Guatemala. El acueducto por el cual se trasvasa agua de la cuenca Xayá (vertiente del Pacífico), hacia Pixcayá (vertiente del Atlántico) y luego de nuevo a la vertiente del Pacífico, tiene una longitud de 49 kilómetros. El mismo fue finalizado en su primera fase en 1979, y se diseñó y construyó como una estrategia frente a la escasez de agua potable en la ciudad capital (Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos, 2016; González Figueroa e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1988).

1.3.5.2 Efectos

Los efectos de la escasez de agua son la inseguridad hídrica y alimentaria, con lo cual se deteriora el bienestar humano. Otras consecuencias son el incremento de la pobreza, el aumento e intensificación de la conflictividad social, la degradación de tierras, la disminución de los niveles de aguas subterránea, entre otros (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2010; United Nations Water, 2007). Muchos de estos efectos se observan en la cuenca del río Coyolate.

Adicionalmente, el acceso a agua potable segura es limitado en los hogares. En Tecpán Guatemala (cuenca alta), el servicio domiciliario de agua potable es escaso (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Tecpán Guatemala, 2019); mientras que en Santa Lucía Cotzumalguapa (cuenca baja), es limitado (Consejo Municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa, 2019). La misma situación prevalece en Nueva Concepción, debido a la baja cobertura de agua potable entubada (Concejo Municipal de Nueva Concepción, 2019).

1.3.6 Mal manejo de los desechos sólidos

1.3.6.1 Causas

Entre las causas del mal manejo de los desechos y residuos sólidos está la deficiente gobernabilidad y ejercicio democrático, la limitada capacidad de las instituciones de Gobierno, la falta de voluntad política y la centralización en la toma de decisiones. La débil capacidad del Estado para gobernar favorece la degradación ambiental y la deficiente atención a la gestión y manejo de los desechos sólidos (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014). Adicionalmente, no existe gobernanza en el territorio, ya que las actividades antropogénicas impactan a la naturaleza, ante la deficiente integración y articulación de los actores para dialogar con el Estado y conformar sistemas de gobernanza efectivos.

Actualmente se cuenta con la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos (Presidencia de la República de Guatemala, 2015), aunque ha sido pobremente implementada. El cumplimiento de la legislación relacionada es deficiente, como en el caso de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Código Civil, el Código de Salud, la Mesa Coordinadora para la Gestión y Manejo Integral de los Residuos Sólidos, el Reglamento para el manejo de residuos sólidos hospitalarios, el Reglamento de gestión de desechos radiactivos, la Ley de Cambio Climático, la Política de Producción Más Limpia y el Código Municipal —el cual delimita como principal responsabilidad de las municipalidades, la buena gestión de los desechos sólidos generados, pero en la práctica es deficiente o nula— (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2003). En cuanto a la contaminación de suelos existe un vacío legal. Recientemente entró en vigor el reglamento para la gestión integral de residuos y desechos sólidos comunes (Acuerdo Gubernativo 164-2021) (Presidencia de la República de Guatemala, 2021a).

En la cuenca del río Coyolate proliferan los basureros clandestinos, que refleja la falta de infraestructura para el manejo de los desechos sólidos, lo cual provoca contaminación ambiental, especialmente en los centros urbanos más grandes de la cuenca como Tecpán Guatemala, Patzún, Santa Lucía Cotzumalguapa y Nueva Concepción (Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Tecpán Guatemala, 2019; Concejo Municipal de Nueva Concepción, 2019; Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Patzún, 2018; Consejo Municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa, 2019). A septiembre de 2021 se registraba la existencia de 70 basureros, la mayor parte ilegales y clandestinos, y la mayoría se concentraba en los centros urbanos previamente indicados, además de las cercanías de ríos como el Xayá (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021a).

La generación de desechos sólidos también se atribuye al incremento poblacional. Con base en el dato poblacional de la cuenca al 2018 (339 461 habitantes) y una tasa de generación por persona de 0.34 ± 0.03 kilogramos/día (Instituto Nacional de Estadística, 2019); se estima que en la cuenca del río Coyolate se generan anualmente 42 642 toneladas métricas de desechos y residuos sólidos, de los cuales el 60 % se produce en la parte baja (Escuintla y Suchitepéquez) y el 40 % en la parte media-alta (Chimaltenango y Sacatepéquez).

Una causa más es la forma de eliminación de la basura. En los municipios que ocupan esta cuenca, en promedio el 49 % de los hogares la quema, 19 % paga servicio privado, 16 % cuenta con servicio municipal y el 3 % la tira en el río (Instituto Nacional de Estadística, 2018). No existe garantía de que alguno de estos servicios cuente con la aprobación del MARN.

La gestión y manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel municipal se mide a través del índice de servicios públicos del *ranking* municipal 2018 (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2019), el cual determinó que el 56 % de los municipios con superficie en la cuenca Coyolate se encuentra en la categoría baja, 38 % en la media-baja y 6 % en la media. En cuanto al cumplimiento de las 27 características cualitativas de manejo y gestión de desechos sólidos a nivel municipal (Instituto Nacional de Estadística, 2019), en promedio el 13 % de los municipios cumple con al menos una de estas. La de mayor cumplimiento es el tener de aseso y contar con servicio de recolección de basura en el edificio del mercado.

Otras causas son: (a) deficiente cultura y educación ambiental, (b) incremento de la cultura de consumo, (c) pobre fortalecimiento de las capacidades enfocadas en el ciclo completo de manejo de desechos sólidos, lo que a su vez

lleva al pobre cumplimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. Lo analizado previamente en esta sección es preocupante considerando que el manejo integral de los desechos sólidos participativo es una prioridad nacional de desarrollo (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014).

1.3.6.2 Efectos

El mal manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos propicia la contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea. Estas últimas por los lixiviados que se producen en los sitios que funcionan como tiraderos de basura, ante la falta de un tratamiento, y la ausencia de legislación en materia de contaminación de los suelos. Las fuentes de agua superficial están amenazadas porque en los cauces de los ríos se transportan desechos y residuos sólidos provenientes de basureros que se localizan desde la zona de ribera de los ríos, hasta su desembocadura en el mar del Pacífico. Se estima que la carga de macro plásticos que llega al mar proveniente de esta cuenca es de 446.3 toneladas métricas al año, y los plásticos mal manejados en la cuenca equivalen a 7203 t/año (Meijer *et al.*, 2021).

Una de las mayores amenazas antropogénicas es la contaminación por micro plásticos (Qi *et al.*, 2020), lo cual impacta a los recursos naturales y afecta el bienestar humano debido al precario servicio de manejo de desechos sólidos en la cuenca. Los desechos sólidos son una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad terrestre y acuática en Guatemala, debido al impacto que tienen sobre los ecosistemas, sus cadenas alimenticias y la calidad de sus hábitats (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2008).

La contaminación del agua incide en el incremento de enfermedades en el territorio, además de ocasionar malos olores y contaminar visualmente el paisaje. Los basureros son sitios potenciales de origen de incendios forestales, debido a que la quema de basura es una forma de eliminarla (Instituto Nacional de Estadística, 2018). La disposición final de basureros en tierra es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en Guatemala (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

2 LÍNEA BASE

La línea base corresponde a la situación inicial o de referencia de la cuenca hidrográfica del río Coyolate, la cual fue determinada por medio de un diagnóstico donde se identificaron las principales problemáticas presentes. Está integrada por un marco de referencia a través de indicadores y variables cuantitativas y cualitativas, cuyos valores se definieron con base en información primaria y secundaria obtenida durante las fases previas del Plan (caracterizaciones, diagnóstico y recorrido de campo).

Dentro de los indicadores relativos al manejo y gestión compartida de las cuencas hidrográficas se encuentran aquellos de proceso, impacto, resultado y producto. Los indicadores de manejo consideran el efecto de la implementación de acciones para el mejoramiento de las problemáticas de la cuenca. Los de gestión compartida abordan la gobernanza con enfoque de cuenca, además de la sensibilización y el trabajo compartido en la toma de decisiones.

Por otro lado, se identificaron vacíos de información para poder llevar a cabo el monitoreo y evaluación de los indicadores y variables de la línea base, algunos de los cuales se presentan en la Tabla 7. Los indicadores de línea base con relación a las problemáticas identificadas en la cuenca se detallan en la tabla 8.

Tabla 7. Necesidades de información básica a escala de cuenca para el Plan

Necesidad de información	Descripción
Recarga hídrica a escala de cuenca	Estimación de la lámina de recarga hídrica y su distribución espacial a escala de detalle, con levantamiento de información en campo (pruebas de infiltración, entre otras).
Redes de monitoreo hidroclimático de alta resolución espacial y temporal	Incremento de la densidad de estaciones hidrométricas y climáticas.
Monitoreo de sedimentos en los principales ríos	Se requiere monitorear la carga de sedimentos en la parte alta, media y baja (salida) de la cuenca.
Plataforma digital para el monitoreo de la cuenca	Se requiere de una plataforma digital que integre una interfaz gráfica y de datos biofísicos y socioeconómicos de la cuenca.
Sitios de contaminación ambiental	Registro y mapeo participativo a través de dispositivos móviles: basureros, descargas de aguas residuales, incendios, caza, tala ilegal, entre otras.

Fuente: elaboración propia (2022).

Tabla 8. Indicadores de línea base con relación a las problemáticas de la cuenca hidrográfica del río Coyolate

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Pérdida de la cobertura forestal	Cobertura forestal	Dinámica de la cobertura forestal	Superficie (ha, %)	<ul style="list-style-type: none"> Ganancias brutas (2010-2016): 11 531.16 ha Pérdidas brutas (2010-2016): 5421.78 ha Cambio neto (2010-2016): 6109.38 ha (+3.41 %) Cobertura forestal (2016): 19.74 % 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio neto positivo Aptitud forestal de la cuenca (protección y producción): 18.6 % 	Análisis temporal con imágenes satelitales.	5 años	Toda la superficie de la cuenca
		Superficie con programas o iniciativas de manejo forestal sostenible	Superficie (ha, %)	<ul style="list-style-type: none"> Superficie de la cuenca con incentivos forestales: 3.1 % (5512.59 ha) 	Se incrementa la superficie con incentivos para apoyar el aumento de la cobertura forestal	Análisis temporal con registros del INAB.	5 años	Toda la superficie de la cuenca
		Potencial de restauración forestal en zonas de ribera (ZR: franja de 35 m por lado según la Ley Probosque, Decreto 2-2015)	Superficie (ha, %)	<ul style="list-style-type: none"> Río Coyolate: 18.8 % (355 ha) Río Pantaleón: 3.51 % (26 ha) Río Cristóbal: 19.31 % (126 ha) Río Mascalate: 12.15 % (41 ha) 	<ul style="list-style-type: none"> Río Coyolate: 1875.5 ha Río Pantaleón: 737.89 ha Río Cristóbal: 650.62 ha Río Mascalate: 336.37 ha 	Análisis temporal con imágenes satelitales.	5 años	Ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate

Problema	Indicadores	VARIABLES	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Pérdida de la cobertura forestal	Cobertura forestal	Protección con cobertura forestal de las fuentes de agua para consumo humano	Superficie (ha, %)	No existe un inventario de fuentes de agua para consumo humano y su zona de protección con cobertura forestal en toda la superficie de la cuenca.	Cobertura vegetal en la zona que se ubican las fuentes de agua para consumo humano, o en su zona de recarga.	Análisis temporal con imágenes satelitales y/o visitas de campo	5 años	Fuentes de agua para consumo humano
		Cobertura forestal en áreas de recarga hídrica	Superficie (ha, %)	No existen estudios sobre la delimitación espacial de zonas de recarga hídrica en toda la superficie de la cuenca con valores de lámina.	Según la zonificación de las áreas de recarga hídrica.	Análisis con imágenes satelitales	5 años	Zonas de recarga hídrica
Descarga de aguas residuales con limitado o nulo tratamiento	Tratamiento de aguas residuales municipales	Estudio técnico de aguas residuales (Artículo 5 Acuerdo Gubernativo 236-2006)	Informe	El 62.5 % (10) de los municipios con superficie en la cuenca ha cumplido con el estudio técnico de aguas residuales.	El 100 % (16) de las municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate cuenta con el estudio técnico.	Consulta integrada al MARN	5 años	Las 16 municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate
		Plantas de tratamiento de aguas residuales que descargan al alcantarillado público y/o cuerpos receptores	Número de PTAR funcionando; cumplimiento de LMP; % de eficiencia de remoción;	Al 2021 existen 17 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales el 100 % no funciona.	El 100 % de las municipalidades con superficie en la cuenca y las empresas que prestan el servicio de tratamiento y que tienen descargas a cuerpos receptores y/o alcantarillado público de aguas residuales	Consulta y revisión con las municipalidades y el MARN (Sistema General de Entes	1 año	El total de la superficie de la cuenca

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Descarga de aguas residuales con limitado o nulo tratamiento	Tratamiento de aguas residuales municipales		; % de descargas con tratamiento		ordinarias, especiales o mezcla de ambas, cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales funcionando, cumplen con los límites máximos permisibles de descarga y tienen alta eficiencia de remoción.	Generadores de Aguas Residuales)		
Falta de gobernanza con enfoque de cuenca	Gobernanza	Índice de gestión municipal	Índice de la gestión municipal (<i>ranking</i> municipal) y los índices que lo integran	Según el índice de gestión estratégica, el 53 % de los municipios está en la categoría baja; 27 % en la media-baja y 20 % en la media. En cuanto al índice de servicios públicos, el 56 % de los municipios está en categoría baja, 38 % en media-baja y 6 % en media.	Categorías alta y media-alta.	Índice de la gestión municipal	Bianual	Las 16 municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate.
		Coordinación interinstitucional, participación e integración de actores con enfoque de cuenca	Acta de constitución de la mesa técnica u otra plataforma de gestión del	En la cuenca existen algunos esfuerzos que promueven la gobernanza. En la cuenca baja está el Comité de Agua empresarial y la Asobordas. Mientras, en la parte alta	Constitución y conformación de la Mesa Técnica de la cuenca del río Coyolate con integración de sus actores de la parte alta, media y baja y/u otras plataformas de gestión con enfoque de	Revisión documental, conformación de la mesa técnica u otras plataformas	Anual	Toda la cuenca.

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Falta de gobernanza con enfoque de cuenca	Gobernanza		territorio con enfoque de cuenca; informes, minutas, eventos, reuniones y otros.	se encuentra Tikonel y la Asociación Sotz'íl.	cuenca. Relacionamiento (formal e informal) entre actores para realizar acciones con base en el plan de manejo de la cuenca (compromisos firmados, actividades conjuntas, entre otros).	Revisión documental de reuniones y actividades		
Pérdida de suelo por erosión hídrica	Pérdida de suelo	Erosión hídrica potencial a escala de cuenca	t/ha/año	<ul style="list-style-type: none"> Cuenca del río Coyolate (2021): 312 t/ha/año Microcuenca Los Sujúyes: el 45 % de su superficie tiene erosión alta (50–200 t/ha/año) Subcuenca Aguná (2020): 29.15 t/ha/año 	Ligera (≤ 10 t/ha/año) a moderada (10-50 t/ha/año).	Ecuación universal de pérdida del suelo y/o sus variantes	Anual	Toda la superficie de la cuenca.
		Erosión hídrica en campo	t/ha/año	<ul style="list-style-type: none"> Según parcelas de escurrimiento, la erosión en la microcuenca Los Sujúyes (2014) es mayor en los meses de junio ($\sim 5-9$ t/ha) y septiembre ($\sim 3.8-8$ t/ha) en los 	Ligera (≤ 10 t/ha/año).	Clavos de erosión y parcelas de escurrimiento (dedicación total); priorización	Anual	Principales usos/coberturas de la tierra en la cuenca.

Problema	Indicadores	VARIABLES	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Pérdida de suelo por erosión hídrica				usos de la tierra de cultivo de caña, eucalipto y hule.		por nivel de erosión		
	Manejo del suelo	Conservación del suelo	Superficie (hectáreas)	<ul style="list-style-type: none"> Acequias de ladera en algunas zonas donde se cultiva caña de azúcar. 	Prácticas de conservación del suelo en las zonas de erosión hídrica moderada, alta y muy alta.	Diseño e implementación de prácticas de conservación del suelo	Anual	Principales usos/coberturas de la tierra en la cuenca.
Escasez de agua	Disponibilidad de agua u oferta hídrica	Caudal	Caudal volumétrico (m ³ /s)	Caudales promedio de las primeras 20 semanas del año del período 2016-2021: (a) río Coyolate (cuenca media): 6.47 m ³ /s; (b) río Coyolate próximo a desembocadura: 5.13 m ³ /s; (c) Río Cristóbal: 0.55 m ³ /s; (d) Río Pantaleón: 1.22 m ³ /s.	Según el balance hidrológico de la cuenca y sus cuencas de mayor nivel; sin embargo, no existe un estudio para esta cuenca con caudales calibrados.	Sección-velocidad, vertederos, radar-curva de calibración	Diario y semanal; discretizándose por época (seca y lluviosa)	Ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal, Mascate (parte alta, media y baja)
		Profundidad del agua subterránea (nivel freático)	Profundidad del nivel freático (m) y mapa de isopiezas	En el abanico aluvial central (Coyolate, Acomé y Coyolate) la profundidad del nivel freático (2017-2020) se ha mantenido principalmente entre 2 a 6 m en marzo.	Según las condiciones intrínsecas del lugar (geología, litología, recarga, unidades hidrogeológicas, suelo, topografía, conductividad hidráulica, otros), uso/cobertura de	Medición en campo con cinta métrica	Mensual	Acuíferos identificados

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Escasez de agua	Disponibilidad de agua u oferta hídrica				la tierra, clima y presión antrópica. El valor ideal es cuando los niveles se mantienen estables, sin tendencia a disminuir.			
		Disponibilidad de agua subterránea (recarga hídrica, extracciones, descargas naturales)	millones de m ³ /año	<p>No existen estudios sobre la disponibilidad del agua subterránea en la cuenca, que consideren la recarga y las extracciones.</p> <p>Con datos del año 2002, un estudio realizado en 2019 determinó que un pozo en la aldea Cerro Colorado, La Gomera, tiene transmisividad media de 130-245 m²/día; un pozo en la finca San Antonio El Valle posee transmisividad muy alta (2000-2740 m²/día) y el pozo Cengicaña tiene transmisividad baja (20.4-22.5 m²/día). Los primeros dos tienen buena calidad para la</p>	Disponibilidad de agua subterránea sin sobre extracciones.	Relación recarga hídrica y extracciones	Anual	Acuíferos de la cuenca

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Escasez de agua	Disponibilidad de agua u oferta hídrica			extracción de agua subterránea.				
		Agua dulce disponible por persona (cuenca, subcuencas, municipios)	Indicador de agua dulce por habitante ($m^3/persona/año$)	<ul style="list-style-type: none"> La cuenca Coyolate no tiene estrés hídrico (> 1700 m³/persona/año). Tecpán Guatemala tiene estrés hídrico (1000-1700 m³/persona/año); y Santa Apolonia tiene escasez crónica (500-1000 m³/persona/año). 	> 1700 m ³ /persona/año	Indicador de agua dulce por habitante	5 años	Toda la superficie de la cuenca, subcuencas de nivel 7 y 8, y por municipio
	Agua para consumo humano	Índice de calidad de servicio de abastecimiento de agua para consumo humano	Categorías del índice (A, B, C, D)	Actualmente no existe información a detalle sobre el acceso óptimo.	Acceso óptimo (> 100 l/persona/día): categoría A del índice	Revisión de información municipal (PDM-OT), entrevistas a directivos de oficinas municipales de agua y saneamiento	Anual	Las municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate con presencia de habitantes
Cobertura de agua potable/entubada segura (apta)		Porcentaje de cobertura de servicio de	Actualmente los municipios en la cuenca cuentan con bajos niveles de cobertura de agua	<ul style="list-style-type: none"> Acceso y cobertura: 100 % Cumplimiento de límites de los parámetros 	Revisión de información	Anual	Las municipalidades con superficie en la cuenca del	

Problema	Indicadores	VARIABLES	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Escasez de agua		para consumo humano)	agua potable/entubada segura	potable/entubada según sus PDM-OT, y otros no han realizado el PDM-OT.	físicos, químicos y microbiológicos de la Norma Técnica Guatemalteca 29001	municipal (PDM-OT)		río Coyolate con presencia de habitantes
	Agua dulce utilizada para la producción de bienes y servicios	Huella hídrica para la producción de los principales bienes y servicios	Volumen de agua por unidad de bien o servicio producido (<m³/t)	<ul style="list-style-type: none"> • Caña de azúcar (2020): 115 m³/t • Banano, costa sur (2020): 360 m³/t • Aguacate, altiplano central (2020): 757-848 m³/t (plantaciones >= 5 años) 	Huella hídrica integrada: a) Caña de azúcar: 1666-1782 m³/t b) Banano: 790 m³/t (media mundial) c) Aguacate: 1981 m³/t (media mundial, plantaciones >= años) d) Café: 15 897 (verde) – 18 925 (tostado) m³/t e) Maíz: 1222 m³/t	The Water footprint assessment manual	Anual	Principales usos productivos de la cuenca
	Calidad del agua	Calidad del agua superficial y subterránea (parámetros físicos, químicos y microbiológicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de calidad del agua (ICA), índice de calidad del agua BMWP-Atitlán (Biological Monitoring Working Party) 	En 2021, según el índice simplificado de calidad del agua (ISQA), la calidad del agua de los ríos Pantaleón y Cristóbal fue inadmisibles, pero admisible en el río Coyolate. En los tres se descarta la aptitud para el consumo humano.	<ul style="list-style-type: none"> • ICA: buena a excelente (71-100) • BMWP-Atitlán: buena (91-120) a excelente (> 120) • IBF: calidad muy buena a excelente • Parámetros físicos, químicos y microbiológicos por debajo de los límites máximos permisibles de la Norma Técnica Guatemalteca 	ICA, BMWP-Atitlán, IBF; Coganor 29001	Anual	Principales ríos de la cuenca, pozos y manantiales utilizados para consumo

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Escasez de agua	Calidad del agua		<ul style="list-style-type: none"> • Índice biológico a nivel de familias (IBF) • Parámetros físico-químicos y microbiológicos 	No existen estudios con información sobre IBF, ICA y BMWP-Atitlán.	<p>29001 para las fuentes de agua superficial y subterránea utilizadas para consumo humano.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua subterránea no reflejan la influencia de actividades antrópicas. 			
Mal manejo de los desechos sólidos	Grado de gestión y manejo de los desechos y residuos municipales	Estudio de caracterización sobre los desechos y residuos sólidos municipales	Informe	No se cuenta con una estadística sobre el cumplimiento del reciente reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.	El 100 % (16) de las municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate cumple con el estudio.	Consulta integrada al MARN	5 años	Las 16 municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate
		Plan municipal para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes	Informe	Solo el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con servicio público de gestión y manejo de residuos y desechos sólidos con plan de manejo o manual de operación y mantenimiento.	El 100 % (16) de las municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate cuenta con el plan.	Consulta integrada al MARN	Actualización: cinco años; evaluación: un año	Las 16 municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate

Problema	Indicadores	Variables	Unidad de medida	Valor actual	Valor ideal	Método	Frecuencia de medición	Lugar de medición
Mal manejo de los desechos sólidos	Grado de gestión y manejo de los desechos y residuos municipales	Actividades para la gestión integral de residuos y desechos sólidos	t/año	El 0 % de los municipios cuenta con planta de clasificación de residuos operando; 3 municipios (Santa Apolonia, Tecpán y Santa Lucía Cotz.) tienen algún programa de reciclaje; el 0 % cuenta con planta de compostaje operando; 6 de los 16 municipios en la cuenca tienen tren de aseo; ningún municipio cuenta con relleno sanitario con dictamen del MSPAS y licencia ambiental aprobada por el MARN.	Cumplimiento de las actividades para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos según el Reglamento (Acuerdo Gubernativo 164-2021).	Consulta y análisis de estudio bi-anual de Segeplán y consulta y análisis al MARN	Anual	Las 16 municipalidades con superficie en la cuenca del río Coyolate
		Basureros clandestinos	Número de basureros	Al 2021, existían 70 basureros, predominantemente clandestinos, a cielo abierto e ilegales.	0	Levantamiento y verificación en campo o con dron	Anual	El total de la superficie de la cuenca

Fuente: elaboración propia con base en información primaria y secundaria obtenida durante las fases de caracterización (biofísica y socioeconómica) y diagnóstico de la cuenca del río Coyolate (2021-2022).

3. ZONIFICACIÓN TERRITORIAL

La zonificación territorial de la cuenca hidrográfica del río Coyolate consistió en definir unidades de análisis territorial con base en una serie de variables espaciales; así, dichas unidades o zonas permitan responder a la ubicación de la implementación del Plan de Manejo Integral de la cuenca.

3.1 Metodología

La zonificación territorial de la cuenca del río Coyolate se definió con base en criterios técnicos, legales y sociales (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2015), que fueron analizados y adaptados de manera conjunta a los criterios de zonificación territorial de una cuenca (Velásquez Mazariegos, 2013; Watler, 2014). Para ello, se realizó un arreglo espacial de tres mapas. La producción de los dos primeros se basó en la integración de los criterios: (i) capacidad de uso de la tierra (Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2016); (ii) intensidad de uso de la tierra (Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, 2019); (iii) áreas protegidas (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2020); (iv) zonas de recarga hídrica alta (> 500 mm/año) (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2015) y (v) prioridad de restauración de la zona ribereña (35 metros a ambos lados del cauce) (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático e Instituto de Recursos Mundiales, 2021), según la Ley Probosque (Decreto 2-2015) (Figura 6).

El tercer mapa se refiere a las zonas de manejo especial y contiene las zonas de riesgo y contaminación: (i) riesgo por deslizamiento (Centro del Agua del Trópico Húmedo Para América Latina y El Caribe y Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, 2010), (ii) amenaza y susceptibilidad a inundaciones (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 2015; Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático, 2017), (iii) amenazas volcánicas (flujos piroclásticos y lahares) (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2018a; 2018), y (iv) sitios de potencial contaminación por presencia de basureros (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2021a) (Figura 6).

A continuación, se describen las categorías de las zonas territoriales definidas (Tabla 9 y Tabla 10).

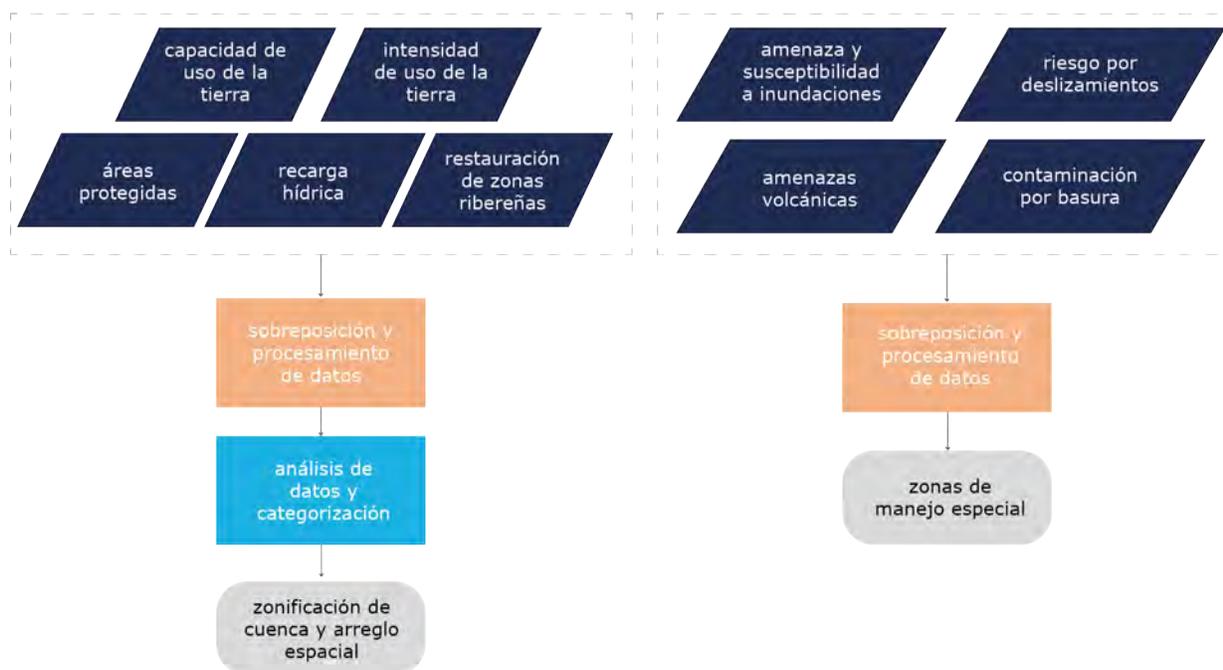


Figura 6. Metodología para la zonificación territorial de la cuenca del río Coyolate

Fuente: adaptado de diferentes criterios del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2015); Velásquez Mazariegos (2013); Watler (2014).

Tabla 9. Categorías de zonificación territorial de la cuenca del río Coyolate

Código	Categoría	Descripción general
A1	Producción agrícola anual tecnificada con o sin prácticas de manejo	Integrada por las siguientes clases de capacidad de uso de la tierra: agricultura sin limitaciones (A) y/o agricultura con mejoras (Am), uso correcto o subuso de la tierra, sin áreas protegidas y otros.
A2	Producción ganadera bajo sistemas silvopastoriles	Esta incluye la categoría de capacidad de uso de la tierra de sistemas silvopastoriles (Ss), uso correcto o subuso de la tierra y sin áreas protegidas.
B1	Producción agroforestal con cultivos anuales	Incluye la categoría de capacidad de uso de la tierra de agroforestería con cultivos anuales (Aa), uso correcto o subuso de la tierra, sin áreas protegidas y otros.
B2	Producción agroforestal con cultivos permanentes	Incluye la categoría de capacidad de uso de la tierra de agroforestería con cultivos permanentes (Ap), uso correcto o subuso de la tierra, sin áreas protegidas y otros.

Código	Categoría	Descripción general
B3	Zonas de producción forestal	Incluye la categoría de capacidad de uso de la tierra de tierras forestales de producción (F), uso correcto o subuso de la tierra, sin áreas protegidas y otros.
C1	Zonas para la protección forestal	Incluye la categoría de capacidad de uso de la tierra de tierras forestales de protección (Fp), uso correcto o subuso de la tierra, sin áreas protegidas y otros.
C2	Áreas protegidas	Está integrada por áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas.
C3	Humedales, cuerpos de agua	Integrada por las categorías de intensidad y capacidad de uso de la tierra correspondientes a humedales y agua.
D1	Centros urbanos	Incluye la categoría urbana de intensidad de uso de la tierra.
Sin código	Zonas de alta recarga hídrica	Incluye las zonas de recarga hídrica con una lámina ≥ 500 mm/año según el balance hidrológico de subcuencas de la República de Guatemala.
Sin código	Potencial de restauración de la zona de ribera	Incluye las áreas prioritarias de restauración de la zona de ribera (alta, media y baja). La zona de ribera está definida por 35 metros a ambos lados del cauce según la Ley Probosque (Decreto 2-2015) para los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate.

Fuente: elaboración propia con adaptación de criterios de Velásquez Mazariegos (2013); Watler (2014).

Tabla 10. Categorías de zonas de manejo especial en la cuenca del río Coyolate

Categoría	Descripción
Áreas susceptibles a inundaciones	Áreas susceptibles a inundación con períodos de retorno igual a 2, 10, 30 y 50 años; y con algún grado de amenaza por inundación (baja, media, alta y muy alta).
Zonas con riesgo a deslizamientos	Áreas con algún riesgo a deslizamiento (bajo, medio y alto).
Amenazas volcánicas (flujos piroclásticos y lahares)	Zonas de amenaza por flujos piroclásticos (baja y alta) y lahares (baja, moderada y alta) según la erupción del 3 de junio de 2018.
Sitios de contaminación	Son aquellos sitios donde al año 2021 existían basureros no autorizados por el MARN.

Fuente: elaboración propia con base en diferentes fuentes de información.

3.2 Propuesta de zonificación territorial

A continuación, se presenta la propuesta de zonificación territorial para la cuenca hidrográfica del río Coyolate. La mayor parte de su superficie corresponde a producción agrícola anual tecnificada con o sin prácticas de manejo y/o ganadería (42.67 %), principalmente en la cuenca baja. Le siguen en importancia las zonas silvopastoriles y las zonas de producción ganadera (21.16 %). La zona de producción forestal equivale al 11.7 % y las áreas protegidas representan el 4.78 % (Tabla 11 y Figura 7).

Tabla 11. Categorías de zonificación del territorio en la cuenca del río Coyolate

Código	Categoría	Área	
		km ²	%
A1	Producción agrícola anual tecnificada con o sin prácticas de manejo y/o ganadería	764.07	42.67
A2	Zonas silvopastoriles y zonas de producción ganadera	378.88	21.16
B1	Producción agroforestal con cultivos anuales	162.32	9.06
B2	Producción agroforestal con cultivos permanentes	60.65	3.39
B3	Zonas de producción forestal	210.34	11.75
C1	Zonas para la protección forestal	68.54	3.83
C2	Áreas protegidas	85.63	4.78
C3	Humedales y cuerpos de agua	27.03	1.51
D1	Zonas urbanas	33.26	1.86

Fuente: elaboración propia (2022).

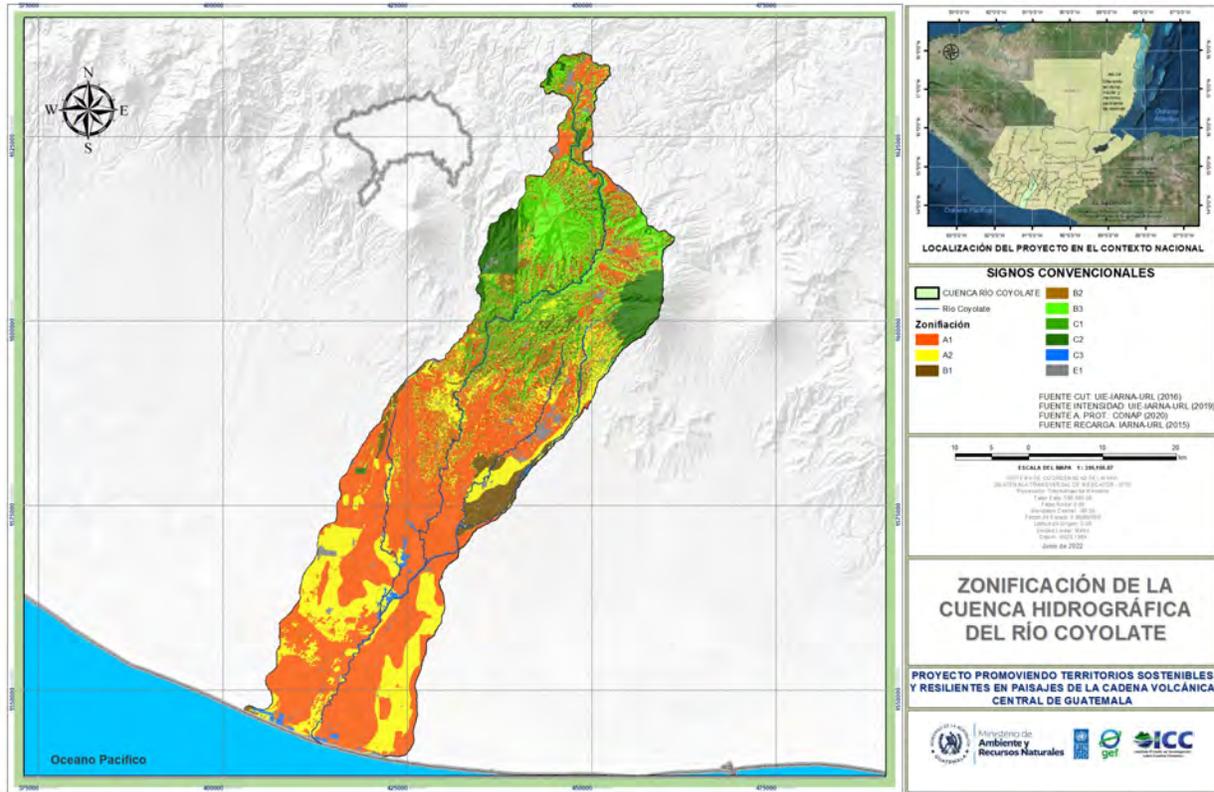


Figura 7. Zonificación territorial de la cuenca hidrográfica del río Coyolate
Fuente: elaboración propia (2022).

Las zonas de alta recarga hídrica (> 500 mm/año) representan el 26.3 % de la superficie de esta cuenca y se localizan desde la cuenca alta (conos volcánicos Fuego y Acatenango), hasta la cuenca baja (unión entre los ríos Cristóbal y Pantaleón). El potencial de restauración de la zona ribereña (prioridad alta, media y baja) representa el 51.3 % de la zona delimitada hasta los 35 m de ambos lados del cauce (Tabla 12 y Figura 8).

Tabla 12. Categorías de zonificación del territorio en la cuenca del río Coyolate (continuación)

Categoría		Área	
		km ²	% ¹
Potencial de restauración de la zona ribereña (35 m a ambos lados): Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate	Alta	5.36	14.9
	Media	8.67	24.1
	Baja	4.43	12.3
Zonas de alta recarga hídrica		470.6	26.3

Nota. ¹ Para la categoría de restauración de la zona ribereña corresponde al % con respecto a franja ribereña de 35 m por lado. ² Para la recarga hídrica corresponde al % con respecto al área total de la cuenca. Fuente: elaboración propia (2022).

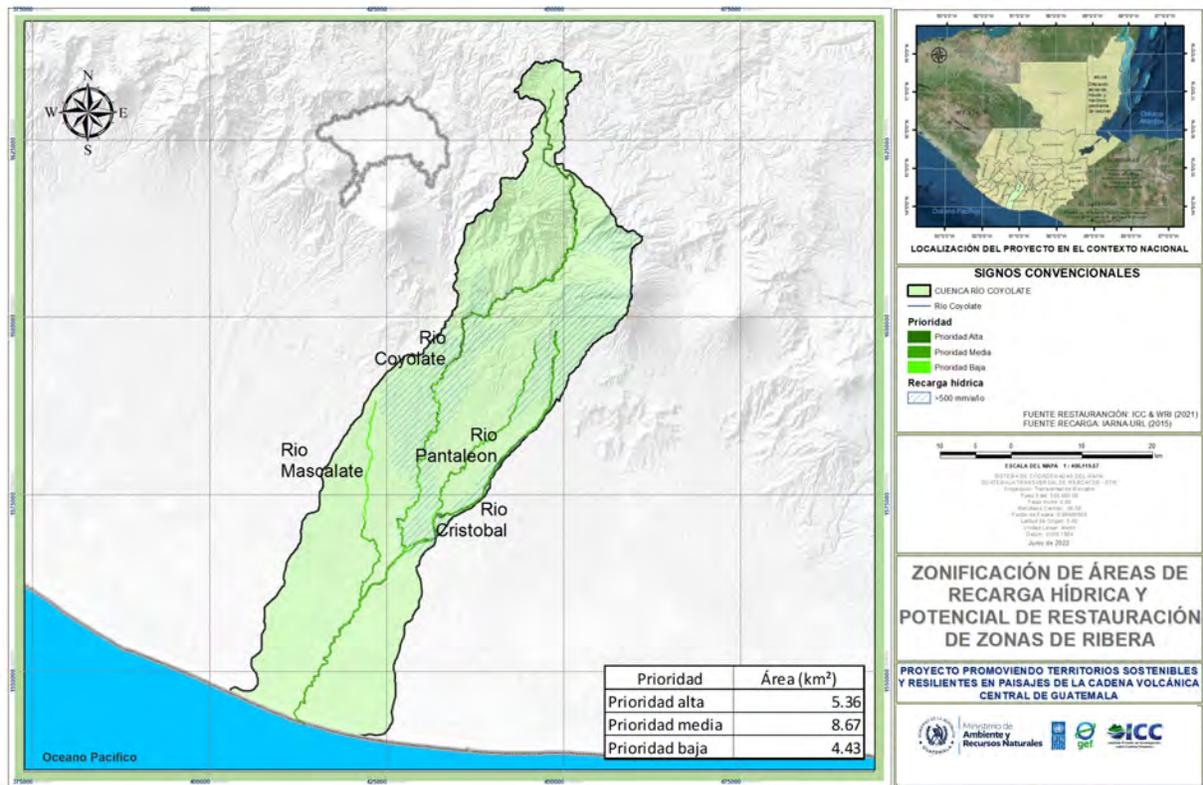


Figura 8. Zonificación de las áreas de alta recarga hídrica y potencial de restauración de zonas de ribera en la cuenca del río Coyolate
Fuente: elaboración propia (2022).

Las zonas de manejo especial representan el 52.8 % de la superficie de la cuenca hidrográfica del río Coyolate, donde predomina el riesgo a deslizamientos y la amenaza por inundaciones. Aquí se ubican los puntos de contaminación por basureros en la cuenca, desde su parte alta hasta su parte más baja (Tabla 13 y Figura 9).

Tabla 13. Categorías de las zonas de manejo especial en la cuenca del río Coyolate

Categoría	Área		Ubicación
	km ²	% ¹	
Riesgo a deslizamientos	193.71	10.8	Cuenca alta
Amenaza por inundaciones	632.48	35.3	Cuenca baja
Amenazas volcánicas (piroclastos y lahares)	119.38	6.7	Cuenca alta

Nota. ¹ Porcentaje de área con respecto al área de la cuenca. Fuente: elaboración propia (2022).

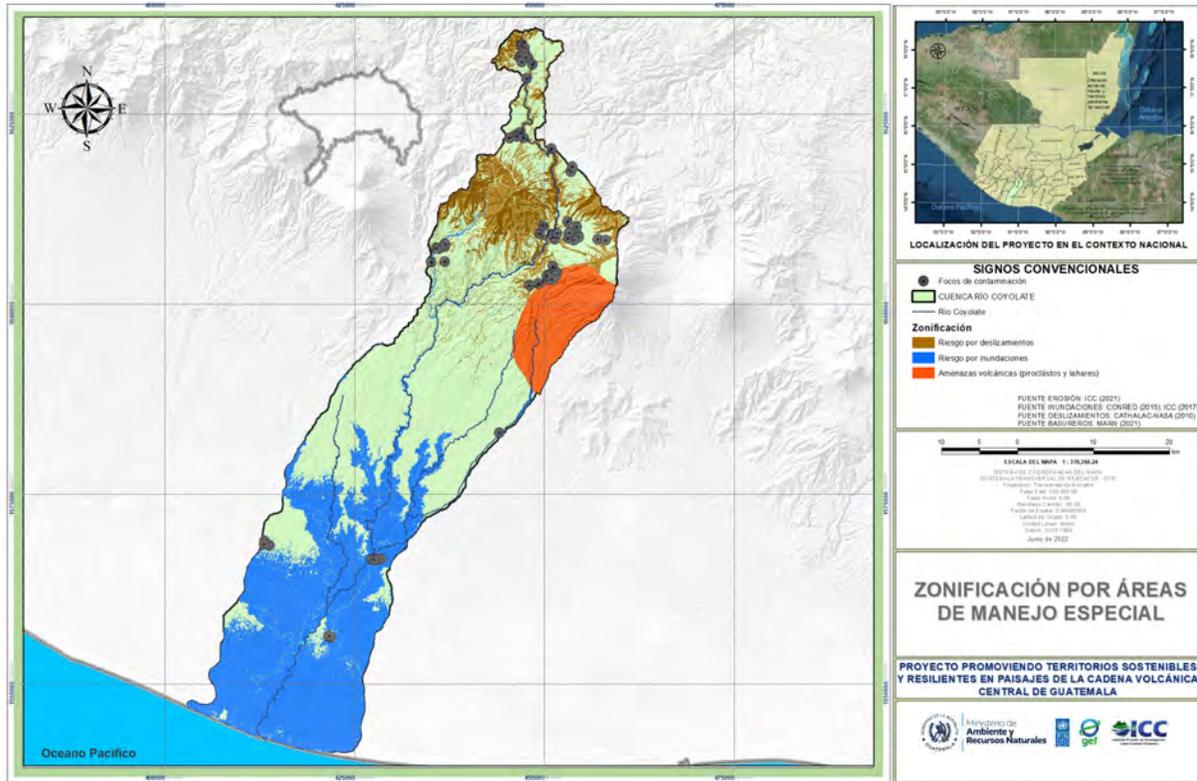


Figura 9. Zonificación de las áreas de manejo especial de la cuenca hidrográfica del río Cuyolá
 Fuente: elaboración propia (2022).

4. PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCA

4.1 Resumen ejecutivo

El plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Coyolate se formuló para dar atención a las seis problemáticas identificadas y priorizadas durante el diagnóstico participativo realizado, y con base en información proveniente de la caracterización biofísica y socioeconómica, del mapeo de actores, entre otra. Las problemáticas priorizadas son: (i) pérdida de la cobertura forestal, (ii) descarga de aguas residuales sin tratar o con deficiente tratamiento, (iii) falta de gobernanza, (iv) erosión hídrica, (v) escasez de agua y (vi) mal manejo de los desechos sólidos.

El cambio anual relativo (%) de la cobertura forestal en los últimos dos períodos ha sido positivo, de 0.45 % (2006-2010) y 3.72 % (2010-2016), mientras que entre 2001 y 2006 fue negativo (-0.18 %). Entre los impulsores de pérdida de la cobertura forestal están el déficit de anual de leña (que en la cuenca se estima en 223 282 toneladas de biomasa leñosa), la habilitación de áreas con cobertura forestal para otros usos de la tierra, la realización de actividades ilícitas, entre otros. Al finalizar 2021, se cuantificaron seis municipalidades que no cumplían con el estudio técnico de aguas residuales, y las 17 plantas de tratamiento de aguas residuales existentes no funcionaban. El índice de servicios públicos del *ranking* de la gestión municipal 2018 (que se refiere a la recolección de aguas residuales, gestión y manejo de desechos sólidos y otros servicios), ubica al 56 % de los municipios dentro de la categoría baja, 38 % en la media-baja y 6 % en la media.

La falta de gobernanza con enfoque de cuenca, en adición a otros factores, se debe a la pobre capacidad de coordinación interinstitucional, a la falta de diálogos entre usuarios de los recursos naturales, a la falta de voluntad política, entre otras causantes. Sin embargo, existen plataformas aisladas de gobernanza, como el Comité de Agua Empresarial en la cuenca baja, la Asociación de Agricultores y Protectores de las Bordas de los Ríos de Nueva Concepción (Asobordas), la Asociación Tikonel y la Asociación Sotz'il. Así, la tarea pendiente es integrar estas y otros actores diferenciados para atender las problemáticas existentes con enfoque de cuenca.

La erosión hídrica en la cuenca se estima en 312 toneladas métricas por hectárea al año (t/ha/año) debida a los cambios de uso de la tierra, la agresividad de las lluvias, el tipo de suelos y sus características morfológicas; además, la actividad eruptiva del volcán de Fuego aporta sedimentos continuamente.

En cuanto a la escasez de agua, el indicador de disponibilidad de agua dulce per cápita identificó que la porción de Tecpán Guatemala que se ubica dentro de la cuenca está bajo estrés hídrico ($<1000-1700 \text{ m}^3/\text{persona/año}$) y Santa Apolonia tiene escasez crónica ($500-1000 \text{ m}^3/\text{persona/año}$). Entre los impulsores de la escasez de agua se identifican las siguientes: contaminación por vertido de aguas residuales y desechos sólidos, limitado acceso a agua potable segura para la población, y huella hídrica para la producción de bienes y servicios (que se relaciona con la ocurrencia de conflictividad entre la agroindustria y las comunidades en la cuenca baja). La producción anual de residuos y desechos sólidos en la cuenca se estima en 42 642 toneladas métricas, de las cuales el 60 % se produce en la cuenca baja (Escuintla y Suchitepéquez) y el 40 % en la cuenca media-alta (Chimaltenango y Sacatepéquez).

El plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Coyolate comprende seis programas y 25 actividades, y atiende las problemáticas diagnosticadas (forestal, agua, gobernanza, suelo, desechos sólidos y riesgo). Estos temas se relacionan de manera transversal con las variables priorizadas de desarrollo nacional "gestión integral sostenible del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica" y "democracia y gobernabilidad"; alrededor de cinco objetivos de desarrollo sostenible y la temática de cambio climático. Las acciones del Plan en los seis programas son: restauración del paisaje forestal y biodiversidad, gestión del agua, gobernanza con enfoque de cuenca, manejo y conservación del suelo, manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos, y gestión del riesgo.

El Plan pretende reducir el efecto negativo de las problemáticas priorizadas, lo cual justifica su elaboración e implementación a través de una serie de actividades. Adicionalmente, aporta directamente al cumplimiento de los componentes de caracterización, diagnóstico y plan de cuenca hidrográfica establecidos en el Acuerdo Gubernativo 19-2021, que se refiere a las disposiciones para promover la protección y conservación de cuencas hidrográficas de la República de Guatemala. También se vincula con la legislación en materia de bosque, agua, desechos sólidos, aguas residuales, cambio climático, entre otros. El marco referencial de intervención del Plan es la cuenca hidrográfica del río Coyolate, que está integrada por 16 municipios de cuatro departamentos (Sacatepéquez, Chimaltenango, Suchitepéquez, Escuintla). Las intervenciones vinculan las actividades con la zonificación territorial en un horizonte de 10 años.

La figura que se propone para liderar la ejecución del Plan es la Mesa Técnica del río Coyolate, que está planteada en el Acuerdo Gubernativo 19-2021, y

que una de sus funciones es "promover, coordinar y ejecutar planes, programas y proyectos orientados al beneficio de las cuencas hidrográficas y a la sostenibilidad de los recursos". De esta manera, el plan se encuentra vinculado con la actual y más reciente legislación en materia de cuencas hidrográficas, sin embargo, el rol de líder está abierto a otra organización conforme lo establezcan futuras legislaciones, con la finalidad de consolidar un modelo de gobernanza con enfoque de cuenca en el territorio. La estrategia para la ejecución y gestión de los recursos en el marco de esta plataforma de gobernanza contempla la socialización y comunicación del Plan para guiar las inversiones para su implementación, y la integración del plan operativo anual (POA) de las instituciones presentes en el territorio de la cuenca y el Plan.

Para lograr la sostenibilidad del Plan, es necesario que los actores identificados y mapeados lo conozcan, para que puedan adoptarlo y vincularse en la implementación del enfoque de cuenca. Con la operativización de la organización de cuenca o mesa técnica, además de fortalecer el modelo de gobernanza de la cuenca, se institucionalizarán las acciones contenidas en el Plan a diferentes escalas de ejecución y categorías de actores. Así, la gestión compartida y la toma de decisiones consensuadas en la búsqueda de la sostenibilidad del territorio, beneficiará al estado reciente de la cuenca.

4.2 Visión

Para el año 2032, los habitantes de la cuenca hidrográfica del río Coyolate participan en la toma de decisiones y en la ejecución coordinada de acciones para la gestión sostenible del suelo, el agua, el paisaje forestal y la biodiversidad; así como para la gobernanza, la gestión de residuos, desechos sólidos y riesgo, y la promoción del desarrollo agroforestal; de manera que mejore el bienestar humano inclusivo y económico.

4.3 Misión

Los actores y gobiernos locales integrados en la cuenca hidrográfica del río Coyolate realizan acciones coordinadas para atender las problemáticas priorizadas, a través de la planificación estratégica de programas y actividades para la gestión sostenible del agua, el suelo, el paisaje forestal y la biodiversidad; así como la gestión de los residuos sólidos y del riesgo; para mejorar el bienestar humano inclusivo y económico, al tiempo que se logra la sostenibilidad ambiental.

4.4 Horizonte

El horizonte para la ejecución del Plan es de diez años (Anexo 3), en el cual se alcanzarán los resultados esperados para mejorar el estado de esta cuenca, tomando como referencia la línea base y a través de las actividades planteadas.

4.5 Justificación

La cuenca hidrográfica del río Coyolate integra cuatro departamentos y 16 municipios, de allí que existen diversas problemáticas desde el contexto local o comunitario hasta el regional. En ese sentido, y con base en sus características biofísicas, socioeconómicas y la percepción de sus actores, se identificaron y priorizaron seis problemáticas: (i) pérdida de la cobertura forestal, (ii) descarga de aguas residuales sin tratar o con deficiente tratamiento, (iii) falta de gobernanza, (iv) erosión hídrica, (v) escasez de agua y (vi) mal manejo de los desechos sólidos. Adicionalmente, se identificaron otras problemáticas como la amenaza por inundaciones en la cuenca baja, la falta de ordenamiento territorial con enfoque de cuenca, la extracción de materiales, la falta de educación ambiental, las amenazas volcánicas, la pobre inversión comunitaria, la falta de conciencia ambiental, entre otras.

Este plan fue formulado en atención a las problemáticas identificadas y priorizadas en la cuenca, con el fin de mejorar su estado actual. Se empleó un enfoque territorial de cuenca hidrográfica, que aborda integralmente el análisis de dichas problemáticas desde su origen hasta sus efectos en el territorio. El plan se constituye en un instrumento de planificación estratégica para la institucionalidad, que permitirá guiar las acciones mediante el enfoque de cuenca, apoyándose en el sistema de gobernanza que se ha moldeado por la organización de cuenca.

Otro argumento que justifica la elaboración de este Plan es que da cumplimiento al Acuerdo Gubernativo 19-2021; principalmente en los componentes de caracterización, diagnóstico, plan de cuenca hidrográfica, además considerar la conformación de una mesa técnica. En adición, se vincula al cumplimiento de otra legislación, como el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes (Presidencia de la República de Guatemala, 2021a), el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (Presidencia de la República de Guatemala, 2006), la Ley Forestal (Congreso de la República de Guatemala, 1996) y otras leyes de temática forestal (Pinpep, Probosque), la Ley de Cambio Climático

(Congreso de la República de Guatemala, 2013), la Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013-2024 (Instituto Nacional de Bosques, 2015), entre otras.

4.6 Objetivos

4.6.1 Objetivo general:

Mejorar el estado actual de los bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca hidrográfica del río Coyolate; enfocándose en los recursos suelo, agua, paisaje forestal y biodiversidad; incluyendo la gobernanza con enfoque de cuenca, la gestión del agua y de los residuos sólidos, así como la gestión del riesgo; de manera que mejore el bienestar humano inclusivo y económico de los habitantes de la cuenca, se reduzca la degradación ambiental y se garantice la provisión de bienes y servicios ecosistémicos de calidad y en cantidad para su desarrollo sostenible.

4.6.2 Objetivos específicos:

1. Restaurar, recuperar y conservar el paisaje forestal y conservar la biodiversidad asociada a este a través de la restauración forestal y de la zona ribereña, del manejo de áreas protegidas, del desarrollo en zonas de aptitud forestal y agroforestal, de la restauración del mangle, de la protección de zonas de recarga hídrica, del manejo de incendios y del uso eficiente de la leña.
2. Mejorar el estado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la cuenca que son fuente para consumo humano, uso productivo y para los ecosistemas, a través de la implementación de acciones coordinadas, participativas e inclusivas.
3. Fomentar y fortalecer la gobernanza del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica para lograr la participación inclusiva, articulación, integración y coordinación entre actores para la toma de decisiones consensuadas para la atención de las problemáticas priorizadas en la cuenca del río Coyolate, incluyendo la transversalización del enfoque de cuenca hidrográfica en la institucionalidad y legislación actual, y el diseño e implementación de un mecanismo financiero por compensación de servicios ambientales.

4. Manejar, restaurar y conservar el ecosistema suelo para el aprovisionamiento de alimentos para las poblaciones y la producción de bienes y servicios ecosistémicos.
5. Manejar y gestionar integralmente los desechos y residuos sólidos producidos en la cuenca con la participación y abordaje desde lo local (comunidades), municipal y de forma mancomunada.
6. Reducir el riesgo por inundaciones, deslizamientos y amenazas volcánicas; a través de la puesta en marcha de actividades para mejorar la capacidad adaptativa y la resiliencia de la población.

El marco lógico del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate se presenta en la Tabla 14.

4.7 Marco lógico

Tabla 14. Matriz de marco lógico del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
<p>Objetivo a largo plazo o general:</p> <p>Mejorar el estado actual de los bienes y servicios ecosistémicos de la cuenca hidrográfica del río Coyolate; enfocándose en los recursos suelo, agua, paisaje forestal y biodiversidad; incluyendo la gobernanza con enfoque de cuenca, la gestión del agua y de los residuos sólidos, así como la gestión del riesgo; de manera que mejore el bienestar humano inclusivo y económico de los habitantes de la cuenca, se reduzca la degradación ambiental y se garantice la provisión de bienes y servicios ecosistémicos de calidad y en cantidad para su desarrollo sostenible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la cobertura forestal • Mejora del estado de los recursos naturales (agua, suelo, paisaje forestal) • Gobernanza con enfoque de cuenca fortalecida • Reducción de la carga de desechos y residuos sólidos mal manejados • Mejora de la gestión del saneamiento de aguas residuales • Incremento de la calidad del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ranking</i> municipal • Índice de desarrollo humano • Dinámica forestal • Cantidad y calidad del agua superficial y subterránea • Registro de acciones de manejo y conservación del suelo • Registro de acciones para la reducción del riesgo a desastres • Registro de plataformas para la gobernanza con enfoque de cuenca 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de voluntad política • Débil involucramiento institucional en materia de los ejes de agua, suelo, forestal y riesgo • Pobre participación inclusiva y con enfoque de género • Deficiente apropiación del enfoque de cuenca y del Plan
Objetivo específico 1 (OE1)			
<p>Resultados esperados:</p> <p>Se ha recuperado, restaurado y/o conservado la cobertura forestal en zonas de aptitud forestal, zonas de ribera, fuentes de agua para consumo humano, áreas de recarga hídrica y en el ecosistema de mangle; además, se ha implementado el manejo de los incendios forestales, el manejo agroforestal, el uso</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dinámica forestal (ha, %) • Cobertura forestal de la zona de ribera (Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate) (ha, %) 	<ul style="list-style-type: none"> • Documento y mapas de la cobertura y dinámica forestal nacional • Registros y mapa de áreas de restauración del paisaje forestal 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de incendios forestales por erupción volcánica • Deterioro de la gobernanza forestal

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
<p>eficiente de la leña, el manejo de áreas protegidas y el desarrollo de turismo sostenible.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal • Uso eficiente de la leña como fuente energética • Restauración de la zona de ribera • Manejo de áreas protegidas • Desarrollo de turismo sostenible • Manejo de incendios • Conservación y restauración del ecosistema de mangle • Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos forestales (ha, %) • Número de reservas naturales privadas (número) • Plan de manejo de áreas naturales y su vinculación con el turismo sostenible (número) • Reservas privadas y áreas protegidas que implementan estrategias de turismo sostenible (número, %) • Estrategias de uso eficiente de la leña (número) • Número de incendios forestales (ha y número/año) • Registro/mapeo de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano con protección vegetal (número, %) • Cobertura forestal en zonas de recarga hídrica (ha, %) 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de áreas bajo modalidades de incentivos forestales • Registro de acciones, proyectos y/o estudios de caso sobre el uso de estrategias de uso eficiente de la leña para consumo en el hogar • Plan de manejo de áreas protegidas y reservas naturales privadas • Registro de incendios forestales y atención de emergencia • Registros municipales de fuentes para el consumo humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de las tierras comunales • Pobre adopción de estrategias de uso eficiente de la leña para consumo en el hogar

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
Objetivo específico 2 (OE2)			
<p>Mejorar el estado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la cuenca que son fuente para el consumo humano, uso productivo y para los ecosistemas; a través de la acción coordinada, participativa e inclusiva.</p> <p>Resultados esperados: Se gestiona de forma participativa e inclusiva el agua en la cuenca con la finalidad de evaluar el estado de los recursos hídricos a través de redes de monitoreo, además de mejorar la toma de decisiones con base en información física.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (recarga, extracción, niveles, calidad, disponibilidad, consumo) • Agua para consumo humano • Agua para usos productivos • Aguas residuales • Agua para los ecosistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador de agua dulce por habitante (m³/persona/año) • Disponibilidad de agua subterránea • Caudal volumétrico (m³/s) de los principales ríos (parte alta, media, baja) • Índice de calidad del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano • Huella hídrica • Índice de calidad del agua (ICA) • Índice biológico a nivel de familias (IBF) • Tratamiento de aguas residuales ordinarias y especiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Balance hídrico (espacio-temporal) • Registro de la estimación/proyección de la población • Recarga hídrica potencial (espacio-temporal) • Registro de monitoreo de caudales • Registro de monitoreo de calidad del agua (consumo humano, IBF, ICA, aguas residuales) • Calidad del servicio de agua para consumo humano • Huella hídrica integrada • Registro de PTAR funcionando, cumpliendo límites, eficiencias de remoción, % de descargas con tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevas reformas al Acuerdo Gubernativo 236-2006 • Pobre inversión en plantas de tratamiento de aguas residuales • Falta de estudios básicos como balance hídrico y recarga • Falta de una Ley de Agua

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
Objetivo específico 3 (OE3)			
<p>Fomentar y fortalecer la gobernanza del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica con el propósito de lograr la participación inclusiva, la articulación, integración y coordinación entre actores para la toma de decisiones consensuadas para la atención de las problemáticas priorizadas en la cuenca del río Coyolate; incluyendo la transversalización del enfoque de cuenca hidrográfica en la institucionalidad y legislación actual, y el diseño e implementación de un mecanismo financiero por compensación de servicios ambientales.</p> <p>Resultados esperados: Se ha fomentado y fortalecido la gobernanza territorial con un enfoque de cuenca hidrográfica a través de la participación inclusiva para la coordinación entre actores en la toma de decisiones sostenibles con relación a las problemáticas y riesgos en la cuenca.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conformación, integración y operativización de la mesa técnica u organización de cuenca. • Transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente. • Diseño e implementación de un mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de gestión municipal • Gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica • Mecanismo financiero 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de la gestión municipal (<i>ranking</i> municipal) e índices que lo integran. • Acta de constitución y conformación de la mesa técnica u otra plataforma de gestión del territorio con enfoque de cuenca; informes, minutas, eventos, campañas, reuniones, participantes de la plataforma establecida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de interés de los actores y de su integración • Débil canalización de fondos económicos para la ejecución de acciones del Plan

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
Objetivo específico 4 (OE4)			
<p>Manejar y conservar el ecosistema suelo para el aprovisionamiento de alimentos para las poblaciones y la producción de bienes y servicios ecosistémicos; a través del manejo, restauración y conservación de los suelos.</p> <p>Resultados esperados: Se ha manejado, conservado y restaurado el recurso suelo con énfasis en la provisión de alimentos, la productividad y evitar su degradación acelerada.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejo y conservación de los suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelo potencial (t/ha/año) • Manejo del suelo (número, ha) • Restauración del suelo (ha, %) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeo de la pérdida de suelo por erosión hídrica • Registro y mapeo de prácticas de conservación del suelo implementadas • Registro y mapeo de las prácticas para la restauración de los suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la producción de sedimentos por flujos piroclásticos y lahares; y de erosión por remoción de cobertura vegetal por erupciones volcánicas • Pobre fomento y adopción de prácticas de conservación de suelos en la cuenca media-alta

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
<p>Objetivo específico 5 (OE5)</p> <p>Manejar y gestionar integralmente los desechos y residuos sólidos producidos en la cuenca con la participación y abordaje desde lo local (comunidades), municipal y de forma mancomunada.</p> <p>Resultados esperados: Se manejan y gestionan integralmente los desechos y residuos sólidos de la cuenca a través de la participación a diferentes escalas territoriales.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concientización, sensibilización y educación ambiental enfocada en los desechos sólidos • Implementación de sistemas participativos de gestión de desechos sólidos • Cierre y control de basureros clandestinos • Fomento/promoción de la gestión mancomunada de los desechos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de manejo y gestión integral de los desechos y residuos sólidos municipales • Basureros ilegales 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro del cumplimiento de actividades relativas a la gestión integral de residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo 164-2021) • Registro y mapeo de basureros 	<ul style="list-style-type: none"> • Concientización y sensibilización inefectiva de la población • Falta de fomento a la economía circular

Estrategia	Indicadores	Medios de verificación	Riesgos importantes
Objetivo específico 6 (OE6)			
<p>Reducir el riesgo por inundaciones, deslizamientos y amenazas volcánicas; a través de la puesta en marcha de actividades para mejorar la capacidad adaptativa y resiliencia de la población.</p> <p>Resultados esperados Se mejora la capacidad adaptativa y resiliencia ante amenazas naturales</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementación de sistemas participativos de alerta temprana por inundaciones y amenazas volcánicas. • Diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones. • Coordinadoras locales para la reducción de desastres. • Fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice para la gestión del riesgo (Inform) • Inventario de acciones implementadas para la gestión del riesgo • Eventos de inundación • Probabilidad de ocurrencia de inundaciones • Atención a emergencia por inundaciones • Estudios realizados • Registro de actividades de fortalecimiento de capacidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados del Informe • Registro de atención a emergencias por inundaciones • Registro de eventos de inundación • Ficha técnica del cálculo de la probabilidad de ocurrencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la agresividad de la actividad volcánica y extensión superficial de sus amenazas en corto tiempo.

Fuente: elaboración propia con base en información primaria y secundaria de las fases de caracterización (biofísica y socioeconómica) y diagnóstico de la cuenca Coyolate (2021-2022).

4.8 Resumen de los problemas identificados

En el diagnóstico de la cuenca se priorizaron seis problemáticas para su abordaje a través del plan de manejo integral de la cuenca del río Coyolate, que son:

1. Pérdida de la cobertura forestal
2. Descarga de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente
3. Falta de gobernanza
4. Erosión hídrica
5. Escasez de agua
6. Mal manejo de los desechos sólidos

4.9 Programas

El Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate está conformado por una serie de programas que responden a los objetivos específicos del Plan y que integran una serie de actividades diseñadas para dar respuesta a las problemáticas diagnosticadas en la cuenca (Figura 10). Dichos programas tienen dos ejes transversales: por un lado, están las variables priorizadas de desarrollo nacional “gestión integral sostenible del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica” y “democracia y gobernabilidad” (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Regional, 2014); y por el otro, los objetivos de desarrollo sostenible.

El Plan está integrado por seis programas: (i) conservación del paisaje forestal y la biodiversidad asociada, (ii) manejo y conservación del recurso suelo, (iii) gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica, (iv) gestión del agua, (v) manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos, y (vi) gestión del riesgo.

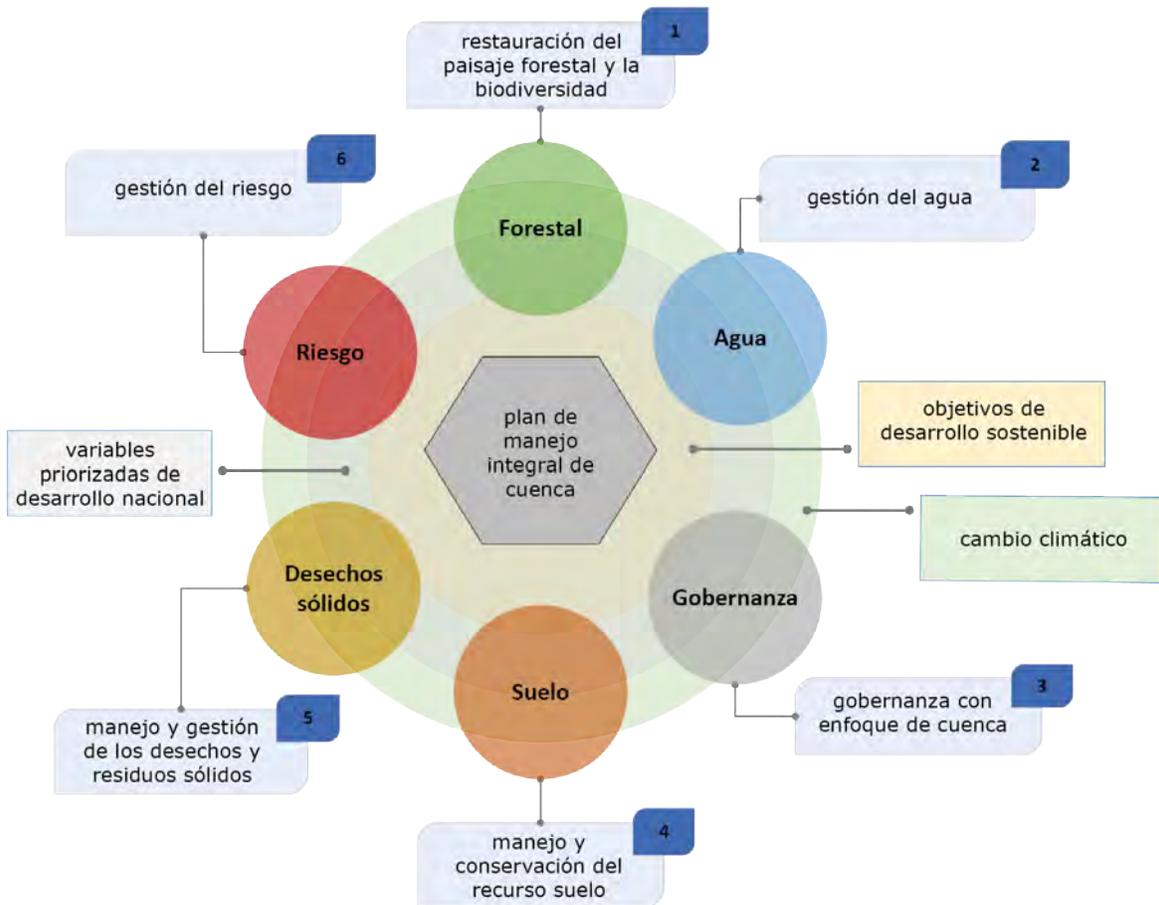


Figura 10. Esquema del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate con sus programas (numerados) y su vinculación a las prioridades de desarrollo nacional y los objetivos de desarrollo sostenibles
 Fuente: elaboración propia con base en información primaria y secundaria recopilada, sistematizada y analizada para el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate (2022).

4.9.1 Programa 1: Restauración del paisaje forestal y la biodiversidad

El Programa apoyará al logro del objetivo específico número 1 del Plan, que consiste en recuperar, restaurar y/o conservar el paisaje forestal y conservar la biodiversidad asociada al paisaje forestal y su conectividad. Así, atenderá la problemática de la pérdida de cobertura forestal en la cuenca.

Su objetivo es la restauración del paisaje forestal a través de acciones dirigidas a su recuperación, restauración y conservación, y de la biodiversidad asociada. Este Programa desarrollará actividades para el logro de su objetivo, entre las que están: (i) recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal, (ii) uso eficiente de la leña como fuente energética, (iii) restauración

de la zona de ribera, (iv) manejo de áreas protegidas, (v) desarrollo de turismo sostenible, (vi) manejo de incendios, (vii) conservación y restauración del ecosistema mangle, (viii) protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano (Tabla 15).

Tabla 15. Actividades del Programa de restauración del paisaje forestal y la biodiversidad

Actividades	Componente	Descripción
Actividad 1: Recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal	Duración	10 años
	Objetivo	Recuperar, restaurar y conservar zonas con aptitud forestal, y manejar estas áreas para asegurar la conservación del paisaje forestal.
	Actores	INAB, Conap, MARN, MAGA, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, municipalidades, empresas, Red de Restauración de la Costa Sur, entre otros.
	Ubicación	Zonas de producción y protección forestal, según la zonificación territorial de la cuenca (Figura 7).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de áreas potenciales para la restauración forestal, con énfasis en las zonas de recarga hídrica, bosque ribereño, áreas remanentes de bosque, y sistemas agroforestales, así como fuentes de agua para consumo humano. Implementación de al menos 400 ha para reforestar (restauración) (133.33 ha), sistemas agroforestales (133.33 ha) y plantaciones forestales (133.33 ha). Fortalecimiento de las capacidades sobre manejo forestal.
	Monto total	Q 7 398 992
Actividad 2: Uso eficiente de la leña como fuente energética	Duración	8 años
	Objetivo	Utilizar eficientemente la leña como fuente energética en los hogares a través de la adopción de tecnologías prácticas y de fácil implementación.
	Actores	MAGA, Sesán, MARN, INAB, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, sector privado, municipalidades, entre otros.
	Ubicación	Según la priorización de municipios por déficit de leña del INAB, inicialmente: Santa Apolonia,

Actividades	Componente	Descripción
		Tecpán, Patzún, Patzicía, Acatenango y San Andrés Itzapa.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilización y fortalecimiento de capacidades sobre el uso eficiente de la leña. Gestión para la entrega y uso de al menos 1637 estufas ahorradoras.
	Monto total	Q 1 315 338
Actividad 3: Restauración de la zona de ribera	Duración	10 años
	Objetivo	Restaurar la zona ribereña de 35 m a ambos lados del cauce de los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate.
	Actores	INAB, MARN, MAGA, Conap, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, sector privado, Red de Restauración de la Costa Sur, entre otros.
	Ubicación	Según la zonificación territorial de la cuenca acorde al potencial de restauración de las zonas de ribera (Figura 8).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Restauración de al menos 112 hectáreas de la zona de ribera de los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate. Implementación de talleres de validación participativa sobre las áreas a restaurar de la zona de ribera.
	Monto total	Q 2 806 289
Actividad 4: Manejo de áreas protegidas	Duración	8 años
	Objetivo	Manejar las áreas protegidas con base en su plan de manejo, plan maestro y/o la actualización de cualquiera de estos.
	Actores	Conap, ARNPG, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, municipalidades, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Según la zonificación territorial de la cuenca (Figura 7).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Apoyo en la actualización a lo sumo de tres planes de manejo de áreas protegidas de la categoría de parque regional municipal (PRM). Apoyo con el salario de un guardabosque en al menos tres parques regionales municipales.

Actividades	Componente	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de las capacidades del personal de las áreas protegidas. Sensibilización y educación ambiental dirigida a estudiantes. Realización de la línea base de tres áreas protegidas (PRM) para los siguientes taxa: plantas, mamíferos, aves, anfibios, reptiles e insectos; y su respectivo monitoreo de biodiversidad.
	Monto total	Q 4 171 950
Actividad 5: Desarrollo de turismo sostenible	Duración	8 años
	Objetivo	Impulsar estrategias de turismo sostenible enfocándose en las áreas protegidas, reservas naturales privadas y otras zonas de atractivo turístico.
	Actores	Conap, ARNPG, INAB, MARN, MAGA, mesas departamentales de turismo, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, entre otros.
	Ubicación	Áreas protegidas según la zonificación territorial de la cuenca (Figura 7) y otras áreas de atractivo turístico.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Formación de capacidades para los guías generales de turismo. Realización de una guía general de aviturismo y otras, tomando como referencia la línea base y el monitoreo de biodiversidad de las áreas protegidas (PRM). Apoyo en la divulgación del atractivo turístico de las áreas protegidas (PRM). Apoyo en la señalización de los senderos de las áreas protegidas (PRM).
	Monto total	Q 241 500
Actividad 6: Manejo de incendios	Duración	8 años
	Objetivo	Reducir la incidencia de incendios forestales y sus zonas afectadas, a causa de acciones de origen antrópico.
	Actores	INAB, municipalidades, poseedores, propietarios o gestores de tierras comunales, Conap, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, entre otros.

Actividades	Componente	Descripción
	Ubicación	Zonas de aptitud forestal aledañas a zonas heterogéneas de desarrollo agrícola, según la zonificación territorial de la cuenca (Figura 7).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo con tres guardabosques especializados en incendios forestales, incluyendo la entrega de al menos once equipos de brigada por guardabosque o área a cubrir. • Formación de capacidades en la temática de incendios forestales.
	Monto total	Q 1 670 400
Actividad 7: Conservación y restauración del ecosistema de mangle	Duración	8 años
	Objetivo	Conservar el ecosistema del bosque de manglar en la zona litoral de la cuenca.
	Actores	INAB, Conap, mesa técnica de la cuenca u otra de gestión con enfoque de cuenca, Red de Restauración de la Costa Sur, municipalidades y sector privado, entre otros.
	Ubicación	En humedales, según la zonificación territorial de la cuenca (Figura 7).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de priorización de las zonas de restauración de mangle. • Restauración de al menos 29 hectáreas de mangle. • Sensibilización, fortalecimiento y educación ambiental.
	Monto total	Q 1 178 432
Actividad 8: Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano	Duración	8 años
	Objetivo	Proteger con cobertura forestal las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano identificadas.
	Actores	Consejos de desarrollo, municipalidades, INAB, Conap, ARNPG, MARN, MAGA, organización de cuenca, MSPAS, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Según el inventario de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano (manantiales, pozos, otros).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Las principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano han sido identificadas de manera participativa.

Actividades	Componente	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> Capacidades del personal de las municipalidades fortalecidas para la protección de las fuentes de agua para consumo humano.
	Monto total	Q 60 800

Fuente: elaboración propia (2022).

4.9.2 Programa 2: Gestión del agua

Este programa está vinculado al objetivo específico 2 del Plan y busca atender la problemática de la escasez de agua y descarga de aguas residuales en la cuenca, a través del mejoramiento del estado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para consumo humano, uso productivo y agua para los ecosistemas. Las actividades que desarrollará son las siguientes: (i) evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, (ii) agua para consumo humano, (iii) agua para usos productivos, (iv) aguas residuales y (v) agua para los ecosistemas (Tabla 16).

Tabla 16. Actividades del Programa de gestión del agua

Actividades	Componente	Descripción
Actividad 1: Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (recarga, extracción, niveles, calidad, disponibilidad, consumo, caudales)	Duración	10 años
	Objetivo	Evaluar los recursos hídricos de la cuenca como base para su gestión integral, toma de decisiones consensuadas y monitoreo.
	Actores	Insivumeh, MARN, INAB, MAGA, sector privado, academia, instituciones de investigación y mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, entre otros.
	Ubicación	Toda la superficie de la cuenca, enfocándose en los principales ríos y acuíferos identificados.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Generación, análisis y gestión de información sobre la cantidad de agua superficial, priorizando los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate. Implementación de una estación meteorológica y una estación hidrométrica, además de su mantenimiento. Realización de dos estudios de balance hídrico a escala de cuenca, con la

Actividades	Componente	Descripción
		finalidad de cuantificar la disponibilidad de agua superficial y subterránea.
	Monto total	Q 10 070 000
Actividad 2: Agua para consumo humano	Duración	8 años
	Objetivo	Incrementar la calidad del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano, en cuanto a su cobertura y dotación.
	Actores	Consejos de desarrollo, MARN, municipalidades e Infom.
	Ubicación	Los municipios con superficie parcial o total en la cuenca, y con presencia de habitantes.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de al menos seis sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL). • Implementación de al menos tres sistemas de cosecha de agua de niebla en la cuenca alta. • Apoyo con la gestión y entrega de al menos 2500 unidades de Ecofiltro.
	Monto total	Q 2 080 653
Actividad 3: Agua para usos productivos	Duración	6 años
	Objetivo	Manejar eficientemente el agua para riego con base en tecnologías adaptadas a los sistemas productivos locales; y promover la cosecha de agua de lluvia, escorrentía y/o atmosférica.
	Actores	MARN, MAGA, MEM, empresas privadas, municipalidades, comunidades, entre otros.
	Ubicación	Toda la cuenca, enfocándose en sus sistemas productivos.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Dos estudios de factibilidad sobre estructuras de almacenamiento de agua (superficial y subterránea) a escala de cuenca.
	Monto total	Q 800 000
Actividad 4:	Duración	10 años

Actividades	Componente	Descripción
Aguas residuales	Objetivo	Asegurar el tratamiento eficiente de las aguas residuales domésticas del alcantarillado público y que se descargan a cuerpos receptores, así como las aguas residuales especiales.
	Actores	Consejos de desarrollo, municipalidades, MARN, Infom, MAGA, sector privado productivo, hospitales.
	Ubicación	Los municipios con superficie parcial o total en la cuenca, y con presencia de habitantes.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de evaluación de las plantas de tratamiento de agua existentes. • Plantas para el tratamiento de aguas residuales diseñadas y construidas para las principales áreas pobladas (zonas urbanas) de la cuenca, que se estima tienen 124 728 personas. • Estudio técnico sobre aguas residuales para aquellas municipalidades que no han cumplido, y/o su actualización por ley.
	Monto total	Q 37 608 400
Actividad 5: Agua para los ecosistemas	Duración	10 años
	Objetivo	Aprovisionar el agua necesaria para la producción de bienes y servicios por parte de los ecosistemas.
	Actores	MARN, Conap, MEM, INAB, MAGA, empresas privadas, municipalidades, entre otras.
	Ubicación	Toda la cuenca, con base en los principales ecosistemas que brindan bienes y servicios.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la calidad del agua superficial a través de macroinvertebrados bentónicos, en al menos dos puntos por río; para los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate. • Estudio para determinar el caudal ecológico, con énfasis en los ríos Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate.
	Monto total	Q 730 000

Fuente: elaboración propia (2022).

4.9.3 Programa 3: Gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica

El Programa 3 responde al objetivo específico número 3 del Plan, que tiene por objetivo fomentar y fortalecer la gobernanza del territorio con enfoque de cuenca hidrográfica. Este Programa contribuirá a la gobernanza territorial en la cuenca y a la toma de decisiones consensuadas entre sus actores. Las actividades que abordará este programa son: (i) conformación, integración y operativización de la organización de cuenca, (ii) transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente y (iii) diseño e implementación del mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales (Tabla 17).

Tabla 17. Actividades del Programa de gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica

Actividades	Componente	Descripción
<p>Actividad 1:</p> <p>Conformación, integración y operativización de la organización de la cuenca (mesa técnica, comité de cuenca u otra)</p>	Duración	10 años, conformación (dos años)
	Objetivo	Conformar, integrar y operativizar la organización de cuenca, a través de la integración inclusiva y participativa de sus actores.
	Actores	<ul style="list-style-type: none"> Entidades privadas: MARN, MAGA, MEM, INAB, Conap, Seprem y otras. Entidades privadas: ARNPG, Anacafé y otras. Universidades públicas y privadas. Usuarios identificados y representantes de la sociedad civil según el artículo 10 del Acuerdo Gubernativo 19-2021 o sus reglamentos. Otros.
	Ubicación	Toda la cuenca, con base en el mapeo de actores y otros estudios.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Organización de cuenca o mesa técnica de la cuenca del río Coyolate conformada. Mesa técnica operativizada a través de reuniones y seguimiento de las acciones. Mapeo de actores e iniciativas/proyectos a escala de cuenca actualizado constantemente. Capacidades fortalecidas. Plataforma virtual desarrollada para consultas y seguimiento de las acciones

Actividades	Componente	Descripción
		<p>a escala de cuenca en apoyo a la mesa técnica.</p> <ul style="list-style-type: none"> Acciones coordinadas entre los actores clave de la cuenca, a través de un profesional gestor de cuencas a nivel regional.
	Monto total	Q 2 814 700
<p>Actividad 2:</p> <p>Transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente</p>	Duración	10 años
	Objetivo	Promover el fortalecimiento de capacidades en cuanto al enfoque de cuenca hidrográfica en las instituciones gubernamentales que se desarrollan en la cuenca, y la gestión de fondos para la implementación de actividades del plan de manejo integral de la cuenca.
	Actores	Consejos de desarrollo, MAGA, INAB, Conap, ARNPG, municipalidades y mesa técnica de la cuenca u otra de gestión con enfoque de cuenca.
	Ubicación	Toda la cuenca.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Dos foros de intercambio de experiencias sobre gobernanza de cuencas desarrollados. Capacidades formadas en actores/líderes locales, unidades municipales relacionadas a la gestión ambiental, forestal, y/o agua y saneamiento; en la temática de cuencas hidrográficas. Estado de la cuenca socializado constantemente en diferentes espacios de gestión del territorio (Coredur, Codede, Comude, Cocode, entre otros).
	Monto total	Q 848 000
<p>Actividad 3:</p> <p>Diseño e implementación de un mecanismo financiero de</p>	Duración	10 años
	Objetivo	Diseñar e implementar un mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales.
	Actores	Actores de la cuenca que deseen integrarse como donantes (beneficiarios de

Actividades	Componente	Descripción
compensación por servicios ambientales		servicios ecosistémicos); además, aquellos relacionados con la provisión de servicios ecosistémicos.
	Ubicación	Según la zonificación territorial de la cuenca.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales diseñada. Mecanismo financiero implementado a través de acciones vinculadas con las actividades del Plan.
	Monto total	Q 165 000

Fuente: elaboración propia (2022).

4.9.4 Programa 4: Manejo y conservación del recurso suelo

Este programa responde al objetivo específico 4 del Plan, que se resume en “Manejar y conservar el ecosistema suelo para el aprovisionamiento de alimentos para las poblaciones y la producción de bienes y servicios ecosistémicos”. El objetivo de este programa es el manejo y conservación del suelo en respuesta a la problemática de erosión hídrica en la cuenca, y plantea el manejo y conservación de los suelos (Tabla 18).

Tabla 18. Actividades del Programa de manejo y conservación del recurso suelo

Actividades	Componente	Descripción
Actividad 1: Manejo y conservación de suelos	Duración	10 años
	Objetivo	Manejar adecuadamente el suelo con base en las características intrínsecas del paisaje, clima y tipo de producción, para su conservación biológica, química y física.
	Actores	MAGA, INAB, Sesán, MARN, municipalidades, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, sector productivo privado, entre otros.
	Ubicación	Según el mapeo del potencial de erosión hídrica identificado en la caracterización biofísica.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Prácticas de manejo y conservación del suelos implementadas en al menos 514 hectáreas, incluyendo cultivos a nivel, acequias

Actividades	Componente	Descripción
		de infiltración y pozos, acequias de desagüe, terrazas con barreras vivas y terrazas con barreras muertas. <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades formadas sobre buenas prácticas agrícolas y prácticas de manejo y conservación del suelo implementadas.
	Monto total	Q 1 881 929

Fuente: elaboración propia (2022).

4.9.5 Programa 5: Manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos

Este programa surge de la problemática del mal manejo de los desechos sólidos y se vincula al objetivo específico número 5 del Plan. El objetivo del programa está en esa misma línea, y las actividades por desarrollar serán las siguientes: (i) sensibilización, concientización y educación ambiental, (ii) gestión de los desechos sólidos, (iii) cierre y control de basureros clandestinos y (iv) fomento de la gestión mancomunada de los desechos sólidos (Tabla 19).

Tabla 19. Actividades del Programa de manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos

Actividades	Componente	Descripción
Actividad 1: Concientización, sensibilización y educación ambiental enfocada en los desechos sólidos	Duración	10 años
	Objetivo	Concientizar, informar y educar a la población sobre la situación del manejo y gestión de los desechos sólidos y sus impactos a la naturaleza y salud humana.
	Actores	MARN, MAGA, MEM, municipalidades, comunidades, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Los municipios con superficie parcial o total en la cuenca, y con presencia de habitantes.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades formadas sobre la clasificación de residuos sólidos en los 12 municipios con población presente en la cuenca. • Una estrategia de comunicación implementada sobre la clasificación de los desechos sólidos.

Actividades	Componente	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> Capacidades formadas sobre los efectos negativos de la proliferación de basureros clandestinos, en al menos 440 lugares poblados.
	Monto total	Q 1 080 000
Actividad 2: Implementar sistemas participativos de gestión de los desechos sólidos	Duración	10 años
	Objetivo	Implementar sistemas participativos de gestión de los desechos sólidos.
	Actores	Municipalidades, consejos de desarrollo, comunidades, MARN, MSPAS, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Los municipios con superficie parcial o total en la cuenca, y con presencia de habitantes.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Residuos y desechos sólidos caracterizados en los doce municipios con población presente en la cuenca. 220 composteras orgánicas a nivel comunitario implementadas. 220 centros de acopio de material reciclable implementados a nivel comunitario.
	Monto total	Q 5 320 000
Actividad 3: Cierre y control de basureros clandestinos	Duración	10 años
	Objetivo	Reducir la densidad de basureros sin instrumentos ambientales autorizados en la cuenca, que son focos de contaminación para los ecosistemas.
	Actores	Municipalidades, consejos de desarrollo, comunidades, MARN, MSPAS, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Toda la cuenca.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Identificación anual y plan de eliminación de basureros clandestinos a escala de cuenca. Jornadas de limpieza y sensibilización realizadas, acerca de los basureros clandestinos identificados. Estrategia de señalización y/o denuncia participativa implementada en sitios de

Actividades	Componente	Descripción
		potencial ocurrencia de basureros clandestinos.
	Monto total	Q 270 000
Actividad 4: Fomentar/promover la gestión mancomunada de los desechos sólidos	Duración	10 años
	Objetivo	Promover la gestión mancomunada de los desechos sólidos
	Actores	Municipalidades, consejos de desarrollo, comunidades, MARN, MSPAS, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Municipios con superficie parcial o total en la cuenca, y con presencia de habitantes.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Una planta regional de tratamiento de desechos y residuos sólidos gestionadas, diseñada e implementada.
	Monto total	Q 22 000 000

Fuente: elaboración propia (2022).

4.9.6 Programa 6: Gestión del riesgo

Este programa surge principalmente a partir de la problemática diagnosticada sobre las inundaciones que ocurren en la cuenca baja que, aunque no fue priorizada, responde al objetivo específico número 6 del Plan. También se incluyeron las zonas de riesgo por deslizamientos y las amenazas del volcán de Fuego. El Programa 6 busca mejorar la capacidad adaptativa y resiliencia ante las amenazas mencionadas (inundaciones, deslizamientos y volcánicas). Las actividades que desarrollará el Programa son las siguientes: (i) sistemas participativos de alerta temprana y plan de contingencia por inundaciones y amenazas volcánicas, (ii) diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones, (iii) coordinadoras locales para la reducción de desastres, y (iv) fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios (Tabla 20).

Tabla 20. Actividades del Programa de gestión del riesgo

Actividades	Componente	Descripción
Actividad 1: Sistemas participativos de alerta temprana y plan de	Duración	8 años
	Objetivo	Fortalecer la adaptación por amenazas volcánicas e inundaciones con enfoque participativo.

Actividades	Componente	Descripción
contingencia por inundaciones y amenazas volcánicas	Actores	Conred, SE-Conred, Insivumeh, Provia, Colred, Comured, mesa técnica de la cuenca u otra organización de cuenca, alianzas público-privadas, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Territorios localizados en las zonas de manejo especial (inundaciones y amenazas volcánicas) (Figura 9).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Línea base desarrollada para el sistema de alerta temprana a escala de cuenca (fase I). Sistema de alerta temprana desarrollado y socializado a escala de cuenca (fase II).
	Monto total	Q 1 198 900
Actividad 2: Diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones	Duración	10 años
	Objetivo	Diseñar e implementar una estructura para la contención de inundaciones.
	Actores	CIV, Conred, SE-Conred, Insivumeh, municipalidades, comunidades, alianzas público-privadas, sector privado, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, entre otros.
	Ubicación	Zonas de manejo especial (áreas susceptibles a inundaciones), según la zonificación (Figura 9).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> Estudio del diseño de un dique o borda de al menos 310 metros de longitud. Un dique o borda de 310 metros de longitud implementado y con mantenimiento.
	Monto total	Q 4 700 000
Actividad 3: Coordinadoras locales para la reducción de desastres	Duración	8 años
	Objetivo	Implementar coordinadoras locales para la reducción de desastres (Colred) en lugares poblados con riesgo por inundaciones, amenazas volcánicas y/o deslizamientos.
	Actores	Actores y líderes locales (privados, públicos, sociales), comunidades, SE-Conred,

Actividades	Componente	Descripción
		Conred, Provia, MARN, MAGA, INAB, sector privado, entre otros.
	Ubicación	Territorios localizados en las zonas de manejo especial (inundaciones, deslizamientos y amenazas volcánicas) (Figura 9).
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades formadas en técnicos municipales e institucionales. • Al menos cuatro cursos implementados para capacitadores, enfocados en la gestión del riesgo. • Al menos cinco procesos de acreditación de coordinadoras desarrollados.
	Monto total	Q 380 000
Actividad 4: Fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios	Duración	10 años
	Objetivo	Fortalecer capacidades en la temática de gestión del riesgo desde lo local (comunidades) hasta el nivel municipal; y actualizar estudios relacionados con el riesgo por inundaciones, amenazas volcánicas y deslizamientos.
	Actores	Conred, SE-Conred, MARN, comunidades, municipalidades, cooperación internacional, ICC, entre otros.
	Ubicación	Principalmente en las zonas de manejo especial (Figura 9), idealmente en toda la cuenca.
	Indicadores o metas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades fortalecidas para la gestión de riesgos a nivel comunitario. • Al menos cuatro diplomados desarrollados sobre adaptación al cambio climático. • Mapeo de percepción comunitaria sobre zonas de inundación, lahares, piroclastos y deslizamientos. • Estudio sobre el balance y monitoreo de sedimentos a escala de cuenca.
	Monto total	Q 1 229 200

Fuente: elaboración propia (2022).

4.10 Costos del Plan

El costo del Plan está integrado por la sumatoria de los valores de implementación de sus seis programas y sus respectivas actividades (que suman 25), que dan un monto total de **Q 112 020 482** (Tabla 21). Los costos principalmente son de tipo operativo y relativos a asesoría y seguimiento, y no incluyen el monitoreo y evaluación.

Tabla 21. Costos del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Coyolate

Programa	Actividades	Costo por actividad (Q)	Costo del Programa (Q)
Restauración del paisaje forestal y la biodiversidad	Recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal.	7 398 992	18 843 700
	Uso eficiente de la leña como fuente energética.	1 315 338	
	Restauración de la zona de ribera (Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate).	2 806 289	
	Manejo de áreas protegidas.	4 171 950	
	Desarrollo de turismo sostenible.	241 500	
	Manejo de incendios.	1 670 400	
	Conservación y restauración del ecosistema de mangle.	1 178 432	
	Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano.	60 800	
Gestión del agua	Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.	10 070 000	51 289 053
	Agua para consumo humano.	2 080 653	
Gestión del agua	Agua para usos productivos.	800 000	
	Aguas residuales.	37 608 400	

Programa	Actividades	Costo por actividad (Q)	Costo del Programa (Q)
	Agua para los ecosistemas.	730 000	
Gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica	Conformación, integración y operativización de la organización de cuenca (mesa técnica, comité de cuenca u otra).	2 814 700	3 827 700
	Transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente.	848 000	
	Diseño e implementación de un mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales.	165 000	
Manejo y conservación del recurso suelo	Manejo y conservación de los suelos.	1 881 929	1 881 929
Manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos	Concientización, sensibilización y educación ambiental enfocada en los desechos sólidos.	1 080 000	28 670 000
	Implementación de sistemas participativos de gestión de los desechos sólidos.	5 320 000	
	Cierre y control de basureros clandestinos.	270 000	
	Fomento/promoción de la gestión mancomunada de los desechos sólidos.	22 000 000	
Gestión del riesgo	Sistemas participativos de alerta temprana por inundaciones y amenazas volcánicas.	1 198 900	7 508 100
	Diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones.	4 700 000	

Programa	Actividades	Costo por actividad (Q)	Costo del Programa (Q)
Gestión del riesgo	Coordinadoras locales para la reducción de desastres.	380 000	
	Fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios.	1 229 200	
Costo del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate			112 020 482

Nota. Para más detalle revisar el Anexo 2. Costos de las actividades del Plan.

Fuente: elaboración propia.

4.11 Estrategia de ejecución y financiamiento

Se propone que la mesa técnica de cuenca sea la instancia ejecutora del Plan, conforme se establece en el Acuerdo Gubernativo 19-2021, específicamente en su capítulo IV. Entre otras funciones, en su artículo 12 se indica que la mesa debe "promover, coordinar y ejecutar planes, programas y proyectos orientados al beneficio de las cuencas hidrográficas y a la sostenibilidad de los recursos". Según el artículo 13, dentro de sus atribuciones también está la participación o contribución voluntaria a proteger, conservar y preservar los recursos naturales de las cuencas hidrográficas; así como cualquier otra facultad que defina la legislación nacional aplicable a la protección y conservación de cuencas (Presidencia de la República de Guatemala, 2021b).

Lo anterior se basa en la legislación vigente en materia de cuencas hidrográficas. No obstante, el rol de guiar la ejecución del Plan está abierto a la dinámica que surja en el territorio y en su mesa técnica. La implementación de este Plan se puede adaptar a la futura legislación en materia de cuencas, y queda abierta la posibilidad para dicho rol a otra organización de cuenca, siempre y cuando sus atribuciones no se extralimiten en materia de competencias.

También se propone que la estrategia de ejecución y financiamiento sea guiada por la mesa técnica u otra organización de cuenca conformada hasta ahora bajo el Acuerdo Gubernativo 19-2021. Para ello es necesario difundir masivamente el Plan a la población en general, así como socializarlo y comunicarlo en diferentes espacios donde participen actores públicos y privados, la cooperación internacional, los gobiernos locales, los pueblos indígenas, entre otros. Durante dicha socialización es clave considerar el sistema escalado de los consejos de desarrollo, las municipalidades, el sector privado y la

cooperación internacional para la gestión de fondos y guiar las inversiones que se han dado en el territorio, que ahora se realizarían con enfoque de cuenca.

En cuanto a la gestión del financiamiento, también se propone hacer vinculaciones para encontrar acciones en común entre el plan operativo anual (POA) de las instituciones públicas o privadas en la cuenca, y el Plan.

4.11.1 Sostenibilidad

La sostenibilidad del Plan se pretende alcanzar a través del fortalecimiento de su modelo de gobernanza territorial, donde la mesa técnica u organización de cuenca juega un rol clave. Con la socialización y comunicación del Plan se busca su adopción paulatina, hasta lograr que la dinámica de la mesa técnica permita la institucionalización de las acciones del Plan a través de su implementación en el territorio. Para ello se requiere de la participación y articulación de los actores de la cuenca, lo que permitirá la gestión compartida en este modelo de gobernanza mediante la toma de decisiones consensuadas para lograr la sostenibilidad del territorio.

REFERENCIAS

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (2002). *Análisis de la biodiversidad en Guatemala*.
- Akinrinde, E. A. (2004). *Soils: nature, fertility conservation and management*. AMS Publishing, Inc.
- Alonso Ramírez, A. M., García Ixmatá, A. P., Hernández, E. T., Meza Morán, G., Ortíz de León, S. V., Padilla Vassaux, D., Paredes Marín, A. E., Peláez Ponce, A. V., Pineda Cotzajay, P. A. y Santos Arroyo, L. (2021). Análisis transdisciplinar al Acuerdo Gubernativo 19-2021. En *Boletín Socioambiental* (pp. 17-20). Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad, Universidad Rafael Landívar.
- Blainski, É., Acosta Porras, E. A., Pospissil Garbossa, L. H. y Pinheiro, A. (2017). Simulation of land use scenarios in the Camboriú River Basin using the SWAT model. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 22(33), 1-12. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011716110>
- Brown, L. R. (1981). World population growth, soil erosion, and food security. *Science*, 214(4524), 995-1002.
- Calderón, L. (2017). Canoguitas se adapta al cambio climático. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*, 2(3).
- Castillo, M., and J. Allan. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters* (2nd edition).
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2015). *Estructura para la elaboración del plan de manejo y gestión de cuencas hidrográficas*.
- Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. (2015). *Plan de adaptación municipal hacia la seguridad hídrica*.
- Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe y Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. (2010). *Áreas con riesgo a deslizamientos República de Guatemala* [Mapa digital].
- Chevalier, J. M. (2006). *Conceptos y herramientas para la investigación colaborativa y la acción social*. Centro Internacional para Investigaciones para el Desarrollo.
- Chun, C. y González, D. (2021). *Cambios en el río Coyolate* [mapa].

- Concejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Tecpán, Guatemala. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal con enfoque al Ordenamiento Territorial, Municipio de Tecpán, Guatemala 2019-2032*.
- Concejo Municipal de Nueva Concepción. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Municipio de Nueva Concepción, Escuintla 2019-2032*.
- Congreso de la República de Guatemala. (1996). Decreto Número 101-96: Ley Forestal. *Diario de Centro América*.
- Congreso de la República de Guatemala. (2013). Decreto Número 7-2013: Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. *Diario de Centro América*.
- Congreso de la República de Guatemala. (2022). Iniciativa que dispone aprobar Ley de Fomento para el Manejo, Conservación y Restauración de Suelos.
https://www.congreso.gob.gt/detalle_pdf/iniciativas/1344#gsc.tab=0
- Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Patzún. (2018). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Municipio de Patzún 2018-2032*.
- Consejo Municipal de Santa Lucía Cotzumalguapa. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla 2019-2032*.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2008). *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2020). *Capa digital del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* [mapa digital].
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2015). *Amenaza por inundaciones TERRAHYDRO 4.2.2* [mapa digital].
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. (2020). *Sistema de Manejo de Información en Caso de Emergencia o Desastre 2008-2020*

[Conjunto de datos].

- Costantini, E. A. C., Castaldini, M., Paz Diago, M., Giffard, B., Lagomarsino, A., Schroers, H-J., Priori, S., Valboa, G., Agnelli, A. E., Akça, E., D'Avino, L., Fulchin, E., Gagnarli, E., Erdem Kiraz, M., Knapič, M., Pelengić, R., Pellegrini, S., Perria, R., Puccioni, S., Simoni, S., Tangolar, S., Tardaguila, J., Vignozzi, N. y Zombardo, A. (2018). Effects of soil erosion on agroecosystem services and soil functions: a multidisciplinary study in nineteen organically farmed European and Turkish vineyards. *Journal of Environmental Management*, 223, 614-624.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norte América. (2000). *Evaluación de recursos de agua de Guatemala*.
- De Vaus, D. (2002). *Surveys in social research* (5.^a ed.). Allen & Unwin.
- Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (2012). *El campo de la investigación cualitativa: manual de investigación cualitativa* (vol. 1). Editorial Gedisa.
- Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos. (2013). *Estudio semidetallado de suelos del departamento de Sacatepéquez, Guatemala* (vol. 1). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos. (2016). *Importancia del manejo de los ríos Xayá y Pixcayá para abastecer de agua potable a la ciudad de Guatemala* [Presentación PowerPoint]. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
- Escobar-Wolf, R. (2013). *Volcanic processes and human exposure as elements to build a risk model for volcán de Fuego, Guatemala*. Michigan Technological University.
- Escobar-Wolf, R. (2018). *Some ideas for discussion and inputs for the current lahar hazard assessment at Fuego volcano*. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología y Grupo Internacional de Expertos en Vulcanología.
- Expediente 5785-2017. (2017). *Inconstitucionalidad general total*. Corte de Constitucionalidad.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J. y Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258-267.

- Faustino, J. y Jiménez, F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Ferrés, D., & Escobar Wolf, R. (2018). *Informe técnico: Volcán de Fuego*. Acción Contra El Hambre y Cooperación Española.
- Gebrehiwot, K. (2022). Soil management for food security. En *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability* (pp. 61-71). Elsevier.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Global Water Partnership Centroamérica. (2015). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Guatemala*.
- Global Water Partnership, & International Network of Basin Organizations. (2009). *A handbook for integrated water resources management in basins*.
- Godone, D. y Stanchi, S. (eds.). (2011). *Soil erosion issues in agriculture*. InTech.
- González-Celada, G., Ríos, N., Benegas-Negri, L. y Argotty-Benavides, F. (2021). Impacto del cambio climático y cambio de uso/cobertura de la tierra en la respuesta hidrológica y erosión hídrica en la subcuenca del río Quiscab. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(6), 363-421. doi: 10.24850/j-tyca-2021-06-09
- González Figueroa, A. e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1988). *Diagnóstico preliminar de la cuenca hidrográfica binacional Motagua*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). *Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento informativo*.
- Grupo Promotor de Tierras Comunales. (2009). *Diagnóstico de la conservación y manejo de recursos naturales en tierras comunales*.
- Guerra, A., Liere, M. A., Yax, P., Alfaro, G., Gil, S. y Blacutt, L. (2017). Gestión de riesgo de inundaciones en el río Coyolate: ejemplo de adaptación al

cambio climático. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*, 2(3), 27-37.

Guzmán Sáenz, N. (2013). *Evaluación del consumo de agua potable en la ciudad de Guatemala en los años dos mil ocho al dos mil diez (2008-2010) y su relación con la escasez de agua y el cambio climático (Proyecto FODECYT No. 2011-30)*.

Hernández, J. E., Tirado, D. y Beltrán, I. (2014). Captura de carbono en los suelos. *Padi Boletín Científico del ICBI*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2003). *Generación y manejo de desechos sólidos en Guatemala (Informe técnico No. 4)*. Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2015). *Balance hidrológico de las subcuencas de la República de Guatemala: bases fundamentales para la gestión del agua con visión a largo plazo*. Universidad Rafael Landívar.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy. (2012). *Disponibilidad de agua en la región metropolitana de la Ciudad de Guatemala: bases fundamentales para la gestión hídrica con visión a largo plazo (Serie para la educación y el cuidado de la vida 3)*.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente y The Nature Conservancy. (2013). *Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala*.

Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2011). *Guía de normas para la disposición final de excretas y aguas residuales en zonas rurales de Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques. (2000). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques. (2010). *Plan de acción institucional para la prevención y reducción de la tala ilegal en Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques. (2015). *Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013-2024*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Rainforest Alliance, The Nature

Conservancy, Universidad del Valle de Guatemala, Defensores de la Naturaleza y Agexport.

Instituto Nacional de Bosques. (2017a). *Anuario de estadísticas forestales de Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques. (2017b). *Informe Nacional de Incendios Forestales 2016-2017*.

Instituto Nacional de Bosques. (2020). *Incentivos forestales 1998-2020*. Geoportal del INAB.

Instituto Nacional de Bosques. (2022). *Monitoreo de plagas y enfermedades forestales*. Geoportal del INAB. <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/3719b14733c548ad9cdc18a086b31163>

Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2012). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010 (informe)*.

Instituto Nacional de Bosques e Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2022). *Mapa de áreas de restauración del paisaje forestal en Guatemala*.

Instituto Nacional de Bosques; Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2019). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de cobertura forestal 2010-2016, Escala 1:50,000* [Mapa digital].

Instituto Nacional de Bosques, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Growing Forest Partnerships. (2012). *Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala/Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Growing Forest Partnerships.

Instituto Nacional de Estadística. (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*.

Instituto Nacional de Estadística. (2019). Desechos sólidos. En *Compendio Estadístico Ambiental 2019*.

<http://www.ine.gob.gt/ine/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018). *Mapa de amenaza por flujos piroclásticos, crisis del volcán de Fuego junio 2018*.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018a). *Mapa de amenaza por lahares del Volcán de Fuego junio 2018, escenario B*.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2018b). *Variabilidad y Cambio Climático en Guatemala*.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2022). *Boletín anual n.º 24 de calidad del agua*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2017). *Mapa de zonas de inundación en la vertiente del Pacífico de Guatemala, cuencas Ocosito a María Linda*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2019). *Caracterización hidrogeológica de la vertiente pacífica de Guatemala y del abanico aluvial del volcán de Fuego y Acatenango*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2020). *Modelación hidráulica bidimensional en las cuencas de los ríos Coyolate y Achiguate. Proyecto PREPIN, bajo el financiamiento de ECHO*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021a). *Erosión hídrica de la vertiente del Pacífico de Guatemala [mapa digital]*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2021b). *Profundidad promedio del nivel freático del abanico aluvial central para los meses de marzo y agosto del período 2017-2020 [mapa digital]*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2022). *Situación del río Pantaleón: enero 2022*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático e Instituto de Recursos Mundiales. (2021). *Identificación de uso de la tierra para el año 2020 en zonas ribereñas y costeras de la región del Pacífico de Guatemala*.
- Kundu, S., Deepak, K. y Mondal, A. (2017). Past, present and future land use changes and their impact on water balance. *Journal of Environmental Management*, 197, 582-596.

- Lal, R. (2020). Soil erosion and gaseous emissions. *Applied Sciences*, 10(8), 2784.
- Lane, L. J. (1983). Chapter 19: Transmission losses. En *National Engineering Handbook: Part 630 Hydrology* (Natural Resources Conservation Service, ed.). United States Department of Agriculture.
- Loening, L. J. y Markussen, M. (2003). *Pobreza, deforestación y pérdida de la biodiversidad en Guatemala (IAI Discussion Papers, No. 91)*. Ibero-America Institute for Economic Research.
- Medina Fernández, B. (2013). *Sistematización de experiencias de pago por servicios ambientales en Guatemala*.
- Medina Mazariegos, C. E. (2010). *Análisis y propuestas de intervención de la cuenca del río Coyolate*. Vicepresidencia de Guatemala y Banco Mundial.
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C. y Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80 % of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), 1-13. doi: 10.1126/sciadv.aaz5803
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo. (2015). *Mapa de amenaza por sequía, República de Guatemala*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Readiness preparation proposal Guatemala (R-PP)*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático en Guatemala*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2021a). *Información de vertederos de las delegaciones de Sacatepéquez, Chimaltenango, Escuintla, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y San Marcos* [Conjunto de datos].
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2021b). *Situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales a septiembre de 2021 de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Escuintla, Totonicapán, Retalhuleu, y Quetzaltenango* [conjunto de datos].
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2018). *Evaluación preliminar de factores*

del uso de la tierra, causas y agentes de deforestación y degradación de bosques en Guatemala. Grupo de Coordinación Interinstitucional.

- Mora, C. S. y Vahrson, W-G. (1994). Macrozonation methodology for landslide hazard determination. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 31(1), 49-58.
- Naismith, A. K., Watson, M., Escobar-Wolf, R., Chigna, G., Thomas, H., Coppola, D. y Chun, C. (2019). Eruption frequency patterns through time for the current (1999-2018) activity cycle at Volcán de Fuego derived from remote sensing data: evidence for an accelerating cycle of explosive paroxysms and potential implications of eruptive activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 371, 206-219.
- Newing, H. (2011). *Conducting research in conservation: social science methods and practice.* Routledge.
- Nieto-Torres, A., Freitas Guimarães, L., Bonadonna, C. y Frischknecht, C. (2021). A new inclusive volcanic risk ranking, part 1: methodology. *Frontiers in Earth Science*, 672.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.*
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Agua para consumo humano.* <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El agua contaminada puede transmitir,muertes por diarrea al año>
- Orrego León, E. O., González Batres, N. C. y Hernández Quevedo, M. P. (2022). La canícula y su comportamiento en Guatemala (en prensa). *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am.*
- Orrego León, E. O., Hernández Quevedo, M. P. y Gómez Jordán, R. C. (2021). Variabilidad del inicio, final y duración de la época lluviosa en Guatemala y su tendencia. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*, 5(1).
- Ortegón, E., Pacheco, J. F. y Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Pellecer Aguirre, F. G. (2015). *Caracterización de las bocabarras de la vertiente del Pacífico de Guatemala.* Universidad de San Carlos de

Guatemala.

Presidencia de la República de Guatemala. (2006). Acuerdo Gubernativo Número 236-2006: Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. *Diario de Centro América*.

Presidencia de la República de Guatemala. (2007). Acuerdo Gubernativo Número 63-2007: Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y de los Recursos Naturales. *Diario de Centro América*.

Presidencia de la República de Guatemala. (2010). Acuerdo Gubernativo Número 258-2010: Política Nacional de Producción más Limpia. *Diario de Centro América*.

Presidencia de la República de Guatemala. (2015). Acuerdo Gubernativo Número 281-2015: Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. *Diario de Centro América*.

Presidencia de la República de Guatemala. (2021a). Acuerdo Gubernativo Número 164-2021: Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes. *Diario de Centro América*.

Presidencia de la República de Guatemala. (2021b). Acuerdo Gubernativo Número 19-2021: Disposiciones para Promover la Protección y Conservación de Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala. *Diario de Centro América*.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2010). *El enverdecimiento del derecho de aguas: la gestión de los recursos hídricos para los seres humanos y el medioambiente*.

Public Health Institute y Environment Energy Consultants. (2015). *Scaling up demand for LPG in Guatemala: motivators, barriers and opportunities*. Public Health Institute y Environment Energy Consultants.

Qi, R., Jones, D. L., Li, Z., Liu, Q. y Yan, C. (2020). Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: a critical review. *Science of the Total Environment*, 703, 134722.

Ramírez Contreras, A. O. (2020). *Modelación hidrológica y de cambio climático para simular la producción de agua, los niveles de erosión y producción de sedimentos, con diferentes coberturas de suelo en la subcuenca Aguná, Escuintla, Guatemala*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

- Robles Rivera, J. A. (2018). Diseño de campo para reducir la erosión hídrica en suelos de la agroindustria azucarera guatemalteca. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 13(1), 94-99.
- Salguero Barahoa, M. R. (2002). *Estudio hidrogeológico con fines de riego, de la cuenca del río Acomé, Escuintla, Guatemala*. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Santos Pérez, A. L., Reyes García, L. E., Salguero Barahona, M. R. y Ramírez Pérez, J. H. (2014). Estimación de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera, microcuenca Los Sujuyes, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala. *Tikalía*, 32(1), 7-25.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2019). *Ranking de la Gestión Municipal 2018*.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2021). *Con asesoría técnica de SEGEPLAN, el MARN trabaja en la formulación de la Política de Degradación de Tierras, Desertificación y Sequía*. <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/sala-de-prensa/166-noticias-2019/2189-con-asesoria-tecnica-de-segeplan-el-marn-trabaja-en-la-formulacion-de-la-politica-de-degradacion-de-tierras-desertificacion-y-sequia>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia y Banco Interamericano de Desarrollo. (2006). *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala. Diagnóstico*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Fondo Holandés del Agua y Banco Interamericano de Desarrollo.
- Sharifzadeh, M., Zamani, G. H., Karami, E., Khalili, D. y Tatnall, A. (2014). Climate information use: an actor-network theory perspective. En *Technological advancements and the impact of actor-network theory* (pp. 35-60). IGI Global.
- Sistema de Información Gerencial de Salud. (2021). *Datos de salud*. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. <https://sigsa.mspas.gob.gt/datos-de-salud>
- Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria. (2016). *Guatemala: descripción de los medios de vida*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para Seguridad Alimentaria.

- Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture, & National Resources Conservation Service. (2010). *Keys to soil taxonomy* (11.^a ed.).
- Steinhoff-Knopp, B., Kuhn, T. K. y Burkhard, B. (2021). The impact of soil erosion on soil-related ecosystem services: development and testing a scenario-based assessment approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-18.
- Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2016). *Mapa de capacidad de uso de la tierra de la República de Guatemala, metodología INAB* [mapa digital]. Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>
- Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección e Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad. (2019). *Mapa de intensidad de uso de la tierra* [mapa digital]. Universidad Rafael Landívar. <https://sie.url.edu.gt/capas-geograficas/>
- Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencias por Desastres Naturales. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000. Memoria técnica*. Unidad de Políticas e Información Estratégica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Banco Interamericano de Desarrollo.
- United Nations Development Programme. (2006). *Human Development Report 2006-Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. United Nations Development Programme.
- United Nations Water. (2007). *Coping with water scarcity: challenge of the twenty-first century. Prepared for World Water Day*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Universidad Rafael Landívar. (2011). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006 (informe)*.
- Universidad Rafael Landívar e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. (2009). *La cadena de la tala no controlada en Guatemala: los casos de Tecpán Guatemala, Chimaltenango y San Juan Sacatepéquez, Guatemala*. Universidad Rafael Landívar.

- Velásquez Mazariegos, S. (2013). *Manual spatial analyst: zonificación para el ordenamiento territorial de la cuenca del río Turrialba*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Viceministerio del Agua. (2021). *Situación del tratamiento de aguas residuales en Guatemala* [presentación de PowerPoint]. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Watler, W. (2014). *Zonificación territorial para cuencas hidrográficas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- World Bank. (2018). *Concatenated volcanic hazards Fuego volcano crisis June 3rd 2018*. World Bank.
- Young, A. (2000). *Land resources: now and for the future*. Cambridge University Press.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de algunos talleres del diagnóstico participativo y recorridos de campo realizados



Taller de diagnóstico participativo para la cuenca del río Coyolate a través de la Comisión Departamental de la Mujer (Codemu) y la Red de Direcciones Municipales de la Mujer (DMM) del departamento de Escuintla (27 de abril de 2021)

Crédito fotográfico: Dora Salpec (2021).



Taller de diagnóstico participativo de la cuenca del río Coyolate: abordaje de la problemática o riesgo de la actividad del volcán de Fuego (6 de octubre de 2021)

Crédito fotográfico: Lourdes Castilla (2021).



Taller de diagnóstico participativo de la cuenca del río Coyolate: presentación de problemáticas identificadas por los actores presentes en el desarrollo del taller (12 de mayo de 2022).

Crédito fotográfico: Giovanni González-Celada (2022).



Presentación de la caracterización, diagnóstico y Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coyolate ante la Comisión de Ambiente y Recursos Naturales de Chimaltenango (18 de agosto de 2022)

Crédito fotográfico: Herbert Pérez (2022).



Socialización del proceso metodológico y resultados de las fases para la elaboración de los planes de manejo de cuenca con personal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN): delegados departamentales, directores regionales, Dirección de Cuenecas y Viceministerio del Agua (1 de septiembre de 2022).

Crédito fotográfico: Giovanni González-Celada (2022).



Socialización del proceso metodológico y resultados de las fases para la elaboración de los planes de manejo de cuenca con personal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN): delegados departamentales, directores regionales, Dirección de Cuenecas y Viceministerio del Agua (1 de septiembre de 2022).

Crédito fotográfico: Zulema Reyes (2022).



Recorrido de campo de la cuenca del río Coyolate: cauce del río Xayá en la Reserva Natural Privada de Molinos Helvetia (Casa Xara), Tecpán Guatemala, Guatemala (8 de abril de 2021).

Crédito fotográfico: González-Celada (2021).



Recorrido de campo de la cuenca del río Coyolate: Centro Recreativo El Nacimiento, San Pedro Yepocapa (8 de abril de 2021).

Crédito fotográfico: Oscar Morales (2021)



Recorrido de campo de la cuenca del río Coyolate: depósito de sedimentos por la dinámica eruptiva del volcán de Fuego sobre el cauce del río Pantaleón, puente don Genero, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla (23 de junio de 2021)

Crédito fotográfico: Toma de dron del ICC para el recorrido de campo de cuenca del río Coyolate (2021).



Recorrido de campo de la cuenca del río Coyolate: borda del río Coyolate en aldea Canoguitas, Nueva Concepción, Escuintla (23 de junio de 2021).

Crédito fotográfico: Giovanni González-Celada (2021).

Anexo 2. Costos de las actividades del Plan

Programa 1: Restauración del paisaje forestal y la biodiversidad

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal	Identificación de áreas potenciales para la restauración forestal con énfasis en la zona de recarga hídrica, los bosques de ribera, las áreas con remanentes de bosques y las parcelas de beneficiarios/comunidades interesadas en implementar sistemas agroforestales	250 000	Estudio	1	250 000
	Reforestación (modalidad de restauración): implementación + asesoría y seguimiento	Monto anual según la modalidad de restauración de tierras forestales de Probosque	Hectárea/año	133	3 000 000
	Implementación de prácticas agroforestales: implementación + asesoría y seguimiento	Monto anual según la modalidad de SAF de Probosque	Hectárea/año	133	586 667
	Plantaciones forestales: implementación + asesoría y seguimiento	Monto anual según la modalidad de plantaciones forestales de Probosque	Hectárea/año	133	2 440 000
	Labores de mantenimiento de viveros forestales	5000	Mantenimiento/año	8	40 000
	Elaboración de planes de manejo forestal para ingresar hectáreas a incentivos forestales	100 000	Plan de manejo (calculado con base en	10	1 000 000

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
			el salario de un técnico forestal)		
	Fortalecimiento de capacidades	3800		9	34 200
	Dron para monitoreo forestal	27 125	Dron	1	27 125
	Equipo forestal de campo	10 500	Kit (incluye GPS, cintas métricas y diamétricas, espray para marcar árboles evaluados, hipsómetro, libretas)	2	21 000
Costo total (Q)					7 398 992

Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total [Q]
Uso eficiente de la leña como fuente energética	Reuniones de socialización y sensibilización	3350	Taller	8	26 800
	Talleres de socialización de la "Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013-2024".	3800	Taller	8	30 400
	Estufas ahorradoras de leña	750	Estufa	1637	1 227 738
	Fortalecimiento de capacidades municipales con relación a la producción sostenible y uso eficiente de leña a nivel local	3800	Taller	8	30 400
Costo total (Q)					1 315 338

Actividad 3	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Restauración de la zona de ribera (Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate)	Restauración de zonas ribereñas (modalidad restauración): implementación, asesoría y seguimiento	Monto anual según la modalidad de restauración de tierras forestales de Probosque	ha	112	2 775 889
	Talleres participativos para la validación de áreas por restaurar en las riberas (dirigidos a propietarios de tierras y otros actores de la cuenca, por ejemplo)	3800	Taller	8	30 400
Costo total (Q)					2 806 289

Actividad 4	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Manejo de áreas protegidas	Guardabosques (el salario mensual indicado incluye prestaciones)	4000	Salario mensual por guardabosque	288	1 152 000
	Capacitación de personal de áreas protegidas (talleres de tres días, incluyendo hospedaje para facilitador y salario de tres días a Q500, asumiendo que será impartido por un experto, más Q100 por día de alimentación para los 20 participantes; por último, Q250 por día de alquiler de salón en caso de que sea necesario).	9000	Taller	3	27 000
	Radios para guardabosques para realizar monitoreo	1300	Kit con 2 radios	3	3900
	Talleres de sensibilización y educación ambiental dirigidos a estudiantes	3800	Taller	3	11 400
	Actualización de planes de manejo	240 000	Estudio	3	720 000

Actividad 4	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
	Línea base y estandarización de protocolos para los siguientes taxa: plantas, mamíferos, aves, anfibios, reptiles e insectos (salario, viáticos, combustible, equipo)	77 750	Línea base	3	233 250
	Monitoreo de biodiversidad (plantas, mamíferos, aves, anfibios, reptiles e insectos) (salario, viáticos, combustible)	33 500	Monitoreo	60	2 010 000
	Talleres de capacitación	4800	Taller	3	14 400
Costo total (Q)					4 171 950

Actividad 5	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Desarrollo de turismo sostenible	Curso de Guía General de Turistas (Enteca)	2615	Curso/persona	80	209 200
	Impresión/diagramación de guías de aviturismo y mariposas	75	Guía	4	300
	Publicidad en redes sociales	200	Anuncio	10	2000
	Rótulos y vallas para senderos	600	1 rótulo	50	30 000
Costo total (Q)					241 500

Actividad 6	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Manejo de incendios forestales	Guardabosques con experiencia en manejo de incendios forestales	4000	Salario mensual por guardabosque	288	1 152 000
	Equipo de brigadas para incendios forestales (azadón, pulaski, mcleod, pala, batefuego, bomba de mochila y equipo de protección).	15 000	Kit	32	480 000
	Talleres de capacitación para el control de incendios (30 participantes por taller)	4800	Taller	8	38 400
Costo total (Q)					1 670 400

Actividad 7	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Conservación y restauración del ecosistema de mangle	Restauración de mangle (mantenimiento + asesoría)	32 000	ha	29	934 707
	Priorización de áreas por restaurar	78 950	Estudio	1	78 950
	Diagramación e impresión de materiales educativos (folletos y trifoliar para estudiantes)	75	Trifoliar/documento	1	75
	Talleres de capacitación y educación ambiental dirigidos a maestros	3800	Taller	8	30 400
	Talleres de sensibilización y educación ambiental dirigidos a estudiantes	3800	Taller	8	30 400
	Lanchas para monitoreo de plantaciones	50 000	Lancha	2	100 000
	Radios para monitoreo de plantaciones	1300	Kit (2 radios)	3	3900
Costo total (Q)					1 178 432

Actividad 8	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano	Talleres participativos para la identificación de las principales fuentes de abastecimiento de agua	3800	Taller	8	30 400
	Fortalecimiento de capacidades a personal de las municipalidades	3800	Taller	8	30 400
Costo total (Q)					60 800

Programa 2: Gestión del agua

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (recarga, extracción, niveles, calidad, disponibilidad, consumo)	Generación de información sobre los caudales de puntos de interés de la cuenca (incluye depreciación de vehículo, equipo técnico, viáticos, depreciación de equipo) (2 equipos/año)	600 000	Año	10	6 000 000
	Análisis y gestión de información	15 000	Mes	120	1 800 000
	Instalación de estaciones meteorológicas en la parte alta de la cuenca para el registro de precipitación (asesoría e instalación)	180 000	Estación meteorológica	1	180 000
	Instalación y mantenimiento de estaciones hidrométricas en puntos estratégicos de los ríos de la cuenca (asesoría e instalación)	250 000	Estación hidrométrica	2	500 000
	Estudio de balance hídrico para conocer la disponibilidad del recurso hídrico: superficial (información meteorológica e hidrométrica, análisis espacial, modelos numéricos, medición de ceniza, visita de campo, trabajo de gabinete, laboratorio, equipo técnico, aforos, instrumentos, mapas); subterránea:	500 000	Estudio	2	1 000 000

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
	(puntos de monitoreo, muestras de isótopos, identificación de pozos comunitarios, visita de campo, trabajo de gabinete, reuniones, análisis de la información, mapas)				
	Talleres de consulta con usuarios del agua para validar estudios realizados sobre el recurso hídrico en la cuenca	3000	Taller	10	30 000
	Monitoreo de calidad del agua: físicos, químicos y microbiológicos/bioquímicos. No incluye metales pesados, ni agroquímicos	3500	Punto de monitoreo	160	560 000
Costo total (Q)					10 070 000

Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Agua para consumo humano	Cosecha de agua de niebla (cisterna de 1100 litros, neblinómetros y materiales de construcción)	143 551	Sistema	3	430 653
	Cosecha de agua de lluvia SCALL (cisterna de 22 000 litros, cisterna de 10 000 litros, materiales de construcción, herramientas)	150 000	Sistema	6	900 000
	Implementación de ecofiltros de agua en comunidades rurales (implementación y asesoría)	300	Ecofiltro	2500	750 000
Costo total (Q)					2 080 653

Actividad 3	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Agua para usos productivos	Estudio de factibilidad de retención de aguas a nivel de cuencas (superficial y subterránea)	400 000	Estudio	2	800 000
Costo total (Q)					800 000

Actividad 4	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Aguas residuales	Estudio de evaluación de las PTAR existentes	100 000	Estudio	1	100 000
	Diseño, construcción y tratamiento de AR	300	Tratamiento/persona	124 728	37 418 400
	Estudio técnico de AR o su actualización	15 000	Estudio	6	90 000
Costo total (Q)					37 608 400

Actividad 5	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Agua para los ecosistemas	Estudios de calidad de agua con macroinvertibrados	3000	3 muestreos/día	160	480 000
	Estudio para determinar el caudal ecológico de los cuatro ríos priorizados	250 000	Estudio	1	250 000
Costo total (Q)					730 000

Programa 3: Gobernanza territorial con enfoque de cuenca hidrográfica

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Conformación, integración y operativización de la organización de cuenca o mesa técnica	Identificación de usuarios del recurso en los principales ríos de la cuenca (equipo técnico, útiles, depreciación de vehículo)	30 000	Estudio	1	30 000
	Reuniones de la organización de cuenca (incluye uso de salón, refacción, mobiliario y equipo para 40 personas)	5000	Reunión	30	150 000
	Gestor de cuencas que coordine acciones con los actores clave según la legislación vigente para la protección y conservación de la cuenca en vinculación al Acuerdo Gubernativo 19-2021 (salario)	20 000	Profesional/mes	120	2 400 000
	Actualización constante del mapeo de actores de la cuenca y plan de integración de la organización de cuenca (comité, consejo o mesa técnica)	50 000	Estudio		0
	Desarrollo de plataforma virtual para consultas y apoyo a la mesa técnica	150 000	Plataforma	1	150 000
	Programa de capacitación a periodistas regionales y locales en manejo integrado de cuenca para formar conocimiento técnico sobre la conservación y protección de la cuenca, además de crear redes de comunicación para la divulgación de las acciones realizadas en la cuenca (2 sesiones presenciales, 1 gira de campo)	14 700	Capacitación	1	14 700

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
	Mapeo de proyectos e iniciativas que se realizan en la región en temas de medio ambiente y cambio climático	7000	Estudio	10	70 000
Costo total (Q)					2 814 700

Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente	Foro de intercambio de experiencias sobre gobernanza y gestión de cuencas con autoridades y actores locales y regionales de la cuenca (2 días, 1 noche para 40 personas, incluye alimentación y <i>coffee break</i>)	40 000	Foro	2	80 000
	Capacitación a líderes y/o actores locales sobre planificación, manejo y gestión territorial con enfoque de cuenca para favorecer los procesos de gobernanza conforme a la legislación vigente (5 sesiones virtuales, gira de campo, 30 personas)	25 000	Diplomado	20	500 000
	Fortalecer las capacidades de los tomadores de decisiones a nivel municipal y regional sobre la gestión del recurso hídrico y saneamiento (5 sesiones virtuales, gira de campo, 30 personas)	25 000	Diplomado	5	125 000
	Capacitar a los representantes de las Unidad de Gestión Ambiental u otras unidades (OMAS, Oficina Forestal, Dapma) de las municipalidades en temas de gestión integral de cuencas	25 000	Diplomado	5	125 000
	Socialización del estado de la cuenca en plataformas vigentes como los consejos	600	Actividad	30	18 000

Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
	de desarrollo (Codede, Comude, Cocode, Coredur)				
Costo total (Q)					848 000

Actividad 3	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Diseño e implementación del mecanismo financiero de compensación por servicios ambientales	Diseño del mecanismo financiero	135 000	Estudio	1	135 000
	Reuniones con grupo promotor y otros interesados	1500	Reunión	20	30 000
Costo total (Q)					165 000

Programa 4: Manejo y conservación del recurso suelo

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Manejo y conservación de suelos	Materiales y herramientas para la implementación de prácticas de conservación de suelos (incluye azadón, machete, pala, lima)	800	1 kit	5	4000
	Incentivo por cultivos a nivel y de cultivos en fajas	603	Hectárea	103	62 043
	Implementación de manual sobre acequias de infiltración y pozos	1700	Hectárea	103	174 913
	Implementación de manual sobre acequias de desagüe para la parte baja de la cuenca	1700	Hectárea	103	174 913
	Implementación de cortinas rompe vientos (considera una cortina de 167 metros, o bien, fracciones de cortina)	1853	Hectárea	26	47 664
	Taller de capacitación para la implementación de parcelas demostrativas por comunidad (incluye profesional, materiales y útiles, desayuno, refacción y almuerzo para 15 personas)	5440	Taller	8	43 520
	Jornal para el mantenimiento de parcelas demostrativas de conservación de suelos	543	Jornal	30	16 290
	Implementación de terrazas con barreras vivas (establecimiento de cuatro terrazas de muro vivo de 100 metros lineales, distribuidas en una hectárea, a cada 25 metros, usando semilla)	5126	Hectárea	103	527 413
	Realización e implementación de terrazas con barreras muertas (considerando 500 metros de barreras de piedra, distribuidas en una hectárea)	7466	Hectárea	103	768 175
	Taller sobre buenas prácticas agrícolas dirigido a agricultores locales (incluye capacitador, materiales, refacción y almuerzo para 25 personas por 3 días)	12 600	Taller	5	63 000
Costo total (Q)				1 881 929	

Programa 5: Manejo de los desechos y residuos sólidos

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Concientización, sensibilización y educación ambiental enfocada en los desechos sólidos	Programa de capacitación sobre la clasificación de desechos y residuos sólidos dirigido a público en general	4000	Capacitación	50	200 000
	Estrategia de comunicación sobre la clasificación de desechos y residuos sólidos (difusión en redes sociales y medios de comunicación)	50 000	Estrategia	2	100 000
	Programa de capacitación sobre la clasificación de desechos y residuos sólidos dirigido al personal de los mercados públicos	10 000	Programa	12	120 000
	Capacitación a comunidades sobre efectos de la contaminación provocados por los desechos sólidos depositados en basureros clandestinos	1500	Capacitación	440	660 000
Costo total (Q)					1 080 000

Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Implementación de sistemas participativos de gestión de desechos sólidos	Caracterización de residuos y desechos sólidos municipales	150 000	Estudio	12	1 800 000
	Implementación de composteras orgánicas comunales para los desechos orgánicos (los costos dependerán de la elección de la técnica de compostaje, cantidad y tipo de material orgánico que se usa para compostar, cantidad destinada para usar y venta)	8000	Compostera	220	1 760 000
	Centro de acopio comunitario de material para reciclaje	8000	Centro de acopio	220	1 760 000
Costo total (Q)					5 320 000

Actividad 3	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Cierre y control de basureros clandestinos	Identificación y plan de erradicación de basureros clandestinos	8000	Plan	20	160 000
	Jornadas de limpieza de basureros clandestinos comunales (mano de obra, depreciación de vehículo, instrumentos para la recolección de desechos)	3500	Jornada	20	70 000
	Estrategia de señalización y/o denuncia participativa en sitios con potencial de ocurrencia de basureros clandestinos	20 000	Estrategia	2	40 000
Costo total (Q)					270 000

Programa 6: Gestión del riesgo

Actividad 1	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Sistemas participativos de alerta temprana y plan de contingencia por inundaciones y amenazas volcánicas	Talleres dirigidos a agricultores y actores comunitarios	4800	Taller	10	48 000
	Talleres dirigidos a organizaciones (por ejemplo, Insivumeh o MAGA) para diseño/capacitación sobre sistemas de alerta temprana	5500	Taller	3	16 500
	Traducción de información a idiomas locales	67 200	Consultoría	2	134 400
	Parte I: Línea base de información (con base en talleres e información existente) y modelaciones con base en distintos escenarios	500 000	Estudio/consultoría (determinado con base en el salario del equipo multidisciplinario)	1	500 000
	Parte II: Desarrollo del sistema y socialización	500 000	Estudio/consultoría (determinado con base en el salario del equipo multidisciplinario)	1	500 000
Costo total (Q)					1 198 900
Actividad 2	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones	Estudio de diseño de dique o borda	50 000	Estudio	1	50 000
	Implementación y mantenimiento de dique o borda	3000	m ³	1550	4 650 000
Costo total (Q)					4 700 000

Actividad 3	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Coordinadoras locales para la reducción de desastres	Talleres de la mesa regional de gestión del riesgo	800	Taller	5	4000
	Proceso de capacitación a técnicos municipales e instituciones (sistemas de información geográfica y gestión de riesgo)	16 000	Capacitación	5	80 000
	Curso para capacitadores (CPC) enfocado en la gestión del riesgo	64 000	Curso	4	256 000
	Proceso de acreditación de coordinadoras	8000	Proceso	5	40 000
Costo total (Q)					380 000

Actividad 4	Rubro	Costo unitario (Q)	Unidad de medida	Unidades	Total (Q)
Fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios	Fortalecimiento de capacidades a nivel comunitario sobre los riesgos en la cuenca	1000	Talleres	50	50 000
	Diplomados sobre adaptación comunitaria al cambio climático (30 participantes) (6 sesiones)	22 800	Diplomado	4	91 200
	Monitoreo de la concentración de sedimentos	600	Monitoreo	480	288 000
	Mapeo sobre la percepción comunitaria a inundaciones, lahares, piroclastos y deslizamientos	100 000	Estudio	4	400 000
	Estudio sobre el balance de sedimentos en la cuenca	200 000	Estudio	2	400 000
Costo total (Q)					1 229 200

Fuente: elaboración propia (2022).

Anexo 3. Cronograma de actividades

Programa	Actividades	Años									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Restauración del paisaje forestal y la biodiversidad	Recuperación, restauración y conservación del paisaje forestal	█									
	Uso eficiente de leña como fuente energética	█									
	Restauración de la zona de ribera (Coyolate, Pantaleón, Cristóbal y Mascalate)	█									
	Manejo de áreas protegidas	█									
	Desarrollo de turismo sostenible	█									
	Manejo de incendios	█									
	Conservación y restauración del ecosistema mangle	█									
	Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano	█									
Gestión del agua	Evaluación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos	█									
	Agua para consumo humano	█									
	Agua para usos productivos	█									
	Aguas residuales	█									
	Agua para los ecosistemas	█									
Gobernanza territorial con enfoque de cuenca	Conformación, integración y operativización de la organización de cuenca o Mesa Técnica	█									
	Transversalización del enfoque de manejo de cuenca en la institucionalidad y legislación vigente	█									
	Diseño e implementación de mecanismos financiero de compensación por servicios ambientales	█									
Manejo y conservación del recurso suelo	Manejo y conservación de suelos	█									
Manejo y gestión de los desechos y residuos sólidos	Concientización, sensibilización y educación ambiental enfocada en los desechos sólidos	█									
	Implementar sistemas participativos de gestión de desechos sólidos	█									
	Cierre y control de basureros clandestinos	█									
	Fomentar/promover la gestión mancomunada de los desechos sólidos	█									
Gestión del riesgo	Sistemas participativos de alerta temprana por inundaciones y amenazas volcánicas	█									
	Diseño e implementación de estructura de contención de inundaciones.	█									
	Coordinadoras locales para la reducción de desastres	█									
	Fortalecimiento de capacidades y actualización de estudios	█									

Fuente: elaboración propia (2022).