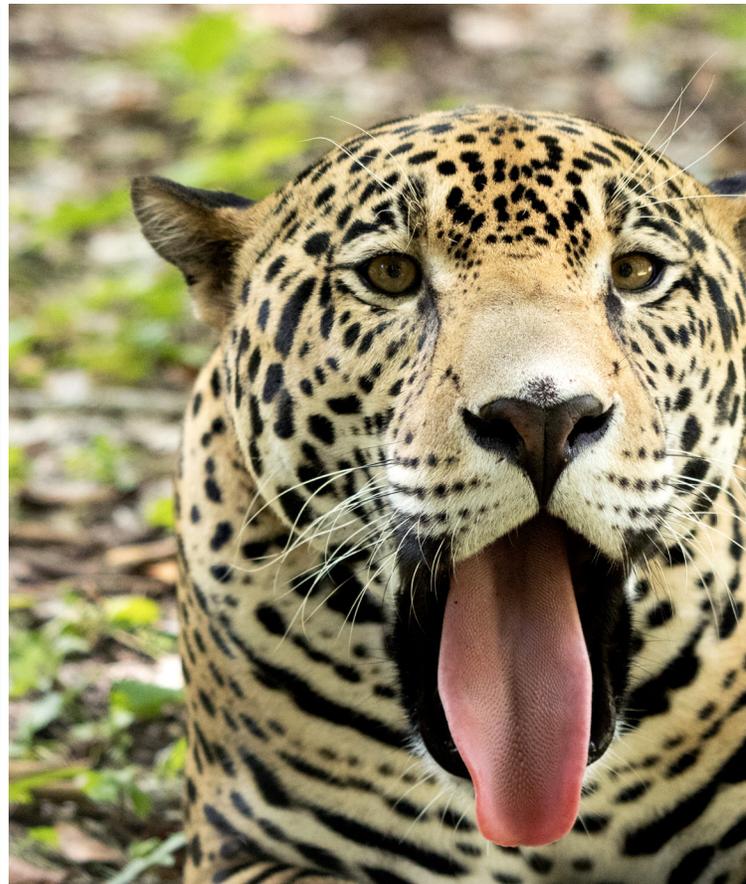




Informe Ambiental del Estado de Guatemala

CORRESPONDIENTE AL PERÍODO 2022



CON ÉNFASIS EN RECURSOS NATURALES



GOBIERNO *de*
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GIAMMATTEI

MINISTERIO
DE AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Gerson Elías Barrios Garrido
Ministro de Ambiente y Recursos Naturales

Miguel Esteban Piedrasanta Asensio
Viceministro de Ambiente

Marco Vinicio Ochoa Galindo
Viceministro de Recursos Naturales
y Cambio Climático

Ervín Giovanni Rosales Hernández
Viceministro Administrativo Financiero

Luis Rodolfo Castro García
Viceministro del Agua

Unidad de Planificación
Elaboración y coordinación

Unidad de Comunicación Social
Diseño y diagramación

CARTA DE PRESENTACIÓN	11
CAPÍTULO 1 Contexto Nacional Socioambiental en Guatemala	13
CONTEXTO NACIONAL SOCIOAMBIENTAL EN GUATEMALA	15
1.1. Localización y ubicación geográfica de la República de Guatemala.....	15
1.2. División político-administrativa del Estado de Guatemala	16
1.3. Datos estadísticos de población	17
1.4. Las Instituciones y el Marco Legal de la Gestión Ambiental	25
1.5. Situación Económica Social Con Implicaciones Ambientales	35
1.6. Estadísticas Ambientales.....	49
Conclusiones	68
Referencias Bibliográficas	69
CAPÍTULO 2 Sistema hídrico de Guatemala	71
SISTEMA HÍDRICO DE GUATEMALA	73
2.1 Estado del Recurso Hídrico en Guatemala: Visión General.....	73
2.2 Uso, Consumo y Demanda de Agua	82
2.3 Presión Sobre los Recursos Hídricos	90
2.4 Calidad del Agua.....	91
2.5 Aguas Subterráneas	96
2.6 Aguas Residuales Saneamiento	98
2.7 Marco Normativo	102
2.8 Recursos Hídricos y Biodiversidad.....	104
2.9 Impactos del Cambio Climático	108
2.10 Respuesta y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.....	111
Conclusiones	119
Referencias Bibliográficas	120
CAPÍTULO 3 Sistema biótico de Guatemala	123
SISTEMA BIÓTICO DE GUATEMALA	125
3.1 Estado del Sistema Biótico.....	125
3.2 Usos Permitidos	129
3.3 Presiones De Los Ecosistemas En Guatemala	133
3.4 Impactos en la Diversidad Biológica	135
3.5 Respuestas del Estado	144
Conclusiones	152
Referencias Bibliográficas	153

CAPÍTULO 4 Sistema lítico edáfico	155
SISTEMA LÍTICO-EDÁFICO	157
4.1 Presiones Sobre El Sistema Lítico Y Edáfico	157
4.2 Estado Del Sistema Lítico Y Edáfico	165
4.3 Impactos sobre el Sistema Lítico y Edáfico	176
4.4 Respuestas Del Estado Para El Sistema Lítico Y Edáfico	178
4.5 Gestión Sostenible del Recurso Lítico y Edáfico.....	180
Conclusiones	182
Referencias Bibliográficas	183
CAPÍTULO 5 Sistema atmosférico	185
SISTEMA ATMOSFÉRICO	187
5.1 Estado del Sistema Atmosférico 2022	187
5.2 Presión sobre el Sistema Atmosférico	188
5.3 Principales Causas de Contaminación Atmosférica En 2022	189
5.4 Impactos sobre el Sistema Atmosférico 2022	192
5.5 Respuestas y Gestión	218
Conclusiones	221
Referencias Bibliográficas	222
Anexos	224

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 1 Contexto Nacional Socioambiental en Guatemala	13
Cuadro 1.1 Proyección de población total en Guatemala al año 2022	17
Cuadro 1.2 Entidades del Sector Público en Guatemala.....	33
Cuadro 1.3 Tendencias del IDH de Guatemala.....	35
Cuadro 1.4 Estructura del producto interno bruto	37
Cuadro 1.5 Guatemala, PIB Real y variación anual	37
Cuadro 1.6 Clasificación Banco Mundial según nivel de ingresos.....	38
Cuadro 1.7 Guatemala, evolución del IDH.....	39
Cuadro 1.8 Esperanza de vida	39
Cuadro 1.9 Desigualdad de género en función del IDH	40
Cuadro 1.10 Recaudación tributaria 2018 – 2022	41
Cuadro 1.11 Situación financiera Gobierno Central 2019-2021.....	41
Cuadro 1.12 Riesgo climático.....	44
Cuadro 1.13 Indicadores históricos de pobreza en Guatemala.....	44
Cuadro 1.14 Guatemala, costo diario y mensual de la Canasta Básica Alimentaria	45
Cuadro 1.15 Guatemala: comparativo CBA y CA frente al salario mínimo	45
Cuadro 1.16 Indicadores básicos de salud 2022	46
Cuadro 1.17 Estudiantes escolarizados por sector y por nivel. Año 2022	47
Cuadro 1.18 Datos de escolarización, año 2022	47
Cuadro 1.19 Estimación de cumplimiento de Metas y Objetivos de los ODS.....	47
Cuadro 1.20 Indicadores educativos año 2022.....	48
Cuadro 1.21 Indicadores económicos y de desarrollo.....	49

Cuadro 1.22	Precipitación pluvial anual, período 2001-2018.....	52
Cuadro 1.23	Temperatura media anual, período 2001-2018.....	53
Cuadro 1.24	Zonas de vida de Guatemala.....	54
Cuadro 1.25	Humedad de provincias de acuerdo a la vertiente.....	55
Cuadro 1.26	Cobertura forestal por departamento.....	56
Cuadro 1.27	Cobertura forestal por departamento.....	57
Cuadro 1.28	Unidades Geológicas en Guatemala.....	58
Cuadro 1.29	Clasificación taxonómica de los suelos (orden y suborden).....	58
Cuadro 1.30	Volcanes de Guatemala y su distribución departamental.....	60
Cuadro 1.31	Capacidad del uso de la tierra.....	60
Cuadro 1.32	Categorías de intensidad de uso de la tierra en Guatemala.....	61
Cuadro 1.33	Usos antrópicos de la tierra en Guatemala.....	61
Cuadro 1.34	Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala.....	62
Cuadro 1.35	Vulnerabilidad a nivel nacional de acuerdo a su categoría.....	64
Cuadro 1.36	Árboles plantados por departamento en el año 2022.....	65
Cuadro 1.37	Instrumentos ambientales registrados al año 2022.....	67
Cuadro 1.38	Distribución de expedientes de instrumentos ambientales por categoría de impacto ambiental. Del año 2020 al 2022.....	67
Cuadro 1.39	Distribución de expedientes de instrumentos ambientales por categoría de impacto ambiental.....	68
CAPÍTULO 2 Sistema hídrico de Guatemala.....		71
Cuadro 2.1	Cuencas hidrográficas de Guatemala.....	75
Cuadro 2.2	Principales ríos de Guatemala.....	76
Cuadro 2.3	Comparativa entre estimaciones de la disponibilidad hídrica anual en Guatemala.....	79
Cuadro 2.4	Disponibilidad de agua de acuerdo a la vertiente.....	81
Cuadro 2.5	Datos de balance hídrico al 2022.....	82
Cuadro 2.6	Administración de sistemas de agua potable. Año 2022.....	86
Cuadro 2.7	Administración de sistemas de agua potable por departamento. Año 2023.....	87
Cuadro 2.8	Tipo de fuente de abastecimiento por departamento de Guatemala. Año 2022.....	88
Cuadro 2.9	Categorías para clasificar la calidad del agua según ISQA.....	95
Cuadro 2.10	Cambios en la cobertura forestal en Guatemala en los últimos años.....	107
Cuadro 2.11	Principales acciones y estrategias gubernamentales implementadas para la gestión del agua en Guatemala en los últimos 20 años.....	114
Cuadro 2.12	Principales acciones y estrategias no gubernamentales implementadas para la gestión del agua en Guatemala en los 20 últimos años.....	115
CAPÍTULO 3 Sistema biótico de Guatemala.....		123
Cuadro 3.1	Zonas de vida y proporción de la superficie nacional que representan (%).....	126
Cuadro 3.2	Categorías para identificar el grado de amenaza de las especies.....	128
Cuadro 3.3	Usos permitidos para las especies amenazadas de fauna.....	129
Cuadro 3.4	Lista de especies amenazadas de fauna silvestre.....	131
Cuadro 3.5	Usos antrópicos de la tierra en Guatemala.....	132
Cuadro 3.6	Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala.....	133
Cuadro 3.7	Superficie afectada por incendios en áreas protegidas, por departamento, según el tipo de vegetación afectada. Temporada anterior 2021-2022.....	139
Cuadro 3.8	Áreas protegidas y de protección especial.....	146
Cuadro 3.9	Número de Áreas Protegidas por categoría a nivel departamental. Año 2022.....	147
CAPÍTULO 4 Sistema lítico edáfico.....		155
Cuadro 4.1	Región fisiográfica: Llanura Costera del Pacífico.....	166
Cuadro 4.2	Región fisiográfica Pendiente Volcánica Reciente.....	167
Cuadro 4.3	Región fisiográfica Tierras Altas Volcánicas.....	169
Cuadro 4.4	Región fisiográfica: Llanura Costera del Pacífico.....	170
Cuadro 4.5	Clasificación taxonómica de los suelos.....	171
Cuadro 4.6	Unidades geológicas en Guatemala.....	172

Cuadro 4.7 Usos antrópicos de la tierra en Guatemala	173
Cuadro 4.8 Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala	173
Cuadro 4.9 Categorías de intensidad de uso de la tierra en Guatemala	174
CAPÍTULO 5 Sistema atmosférico.....	185
Cuadro 5.1 Capacidad instalada y efectiva conectada al SNI al 2021	190
Cuadro 5.2 Exposición a amenazas climáticas en Guatemala al 2022 según el Atlas de vulnerabilidad al cambio climático	199
Cuadro 5.3 Marco de visualización de la calidad del aire.....	209
Cuadro 5.4 Balance nacional de GEI por sector (kt CO ₂ -eq), 1990-2018.....	211
Cuadro 5.5 Ciclones tropicales de 1980-2022.....	213

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 Contexto Nacional Socioambiental en Guatemala.....	13
Figura 1.1. Localización de la República de Guatemala	15
Figura 1.2. División político-administrativo de la República de Guatemala	16
Figura 1.3 Población en Guatemala	18
Figura 1.4 Estimación y proyección de la estructura poblacional de Guatemala.....	18
Figura 1.5 Población de hombres en Guatemala.....	19
Figura 1.6 Población de mujeres en Guatemala.....	19
Figura 1.7 Población según sexo	20
Figura 1.8 Población de hombres por rango de edades.....	20
Figura 1.9 Población de hombres a partir de la tercera edad.....	21
Figura 1.10 Población de mujeres por rango de edades.....	21
Figura 1.11 Población de mujeres a partir de la tercera edad.....	22
Figura 1.12 Población total por departamento, año 2020	23
Figura 1.13 Población total por departamento, año 2021	23
Figura 1.14 Población total por departamento, año 2022	24
Figura 1.15 Población urbana y rural de Guatemala, año 2018.....	24
Figura 1.16 Principales entidades públicas nacionales para gestión del medio ambiente y los recursos naturales.....	34
Figura 1.17 Principales organizaciones internacionales relacionadas a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales.....	34
Figura 1.18 Coeficiente de Gini.....	40
Figura 1.19 Exportaciones por divisas. 2009 – 2021	42
Figura 1.20 Importaciones por divisas. 2013 - 2021	42
Figura 1.21 Ingreso de divisas por remesas familiares. 2002 – 2022.....	43
Figura 1.22 Inversión extranjera directa. 2011 -2020.....	43
Figura 1.23 Porcentaje de personas por debajo del nivel de pobreza (menos de 5 dólares diarios)	44
Figura 1.24 Número de trabajadores afiliados al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social IGSS	46
Figura 1.25 Gasto en educación como porcentaje del PIB. 2009 -2022.....	48
Figura 1.26 Componentes para las estadísticas ambientales.....	49
Figura 1.27 Regiones climáticas de Guatemala.....	51
Figura 1.28 Regiones climáticas de Guatemala.....	57
Figura 1.29 Mapa de usos antrópicos de la tierra en Guatemala.....	62
Figura 1.30 Instrumentos ambientales registrados. Del año 2020 al 2022.....	67

CAPÍTULO 2 Sistema hídrico de Guatemala	71
Figura 2.1 Vertientes de la República de Guatemala.....	75
Figura 2.2 Mapa de cuencas hidrográficas de la República de Guatemala	75
Figura 2.3 Divisiones de la cuenca según el método Pfafstetter.....	76
Figura 2.4 Mapa de las Reservas Estratégicas para Guatemala 2019	77
Figura 2.5 Mapa de potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala	80
Figura 2.6 Balance hídrico al 2022	81
Figura 2.7 Disponibilidad de agua.....	83
Figura 2.8 Consumo de agua por sector.....	84
Figura 2.9 Fuentes principales de agua para consumo	85
Figura 2.10 Dotaciones de agua en el área Metropolitana de Guatemala	85
Figura 2.11 Administración de sistemas de agua potable en Guatemala. Año 2022	86
Figura 2.12 Tipos de fuentes de abastecimiento de agua en Guatemala	88
Figura 2.13 Distribución de la población en áreas rurales y urbanas	92
Figura 2.14 Porcentaje nacional de viviendas conectadas a distribución de agua.....	92
Figura 2.15 Porcentaje de viviendas con acceso a agua potable.....	93
Figura 2.16 Amenazas e impactos ambientales en la cuenca del río Motagua en Guatemala.....	94
Figura 2.18 Comportamiento promedio de los niveles estático y dinámico	96
Figura 2.17 Producción de pozos activos.....	96
Figura 2.19 Temporalidad de niveles en la zona sur	97
Figura 2.20 Localización de pozos de aguas subterráneas, región Metropolitana.....	98
Figura 2.21 Saneamiento básico según la OPS.....	99
Figura 2.22 Proporción de la población que vive con acceso a servicios básicos	100
Figura 2.23 Proporción de la población que vive con acceso a saneamiento.....	100
Figura 2.24 Porcentaje nacional de viviendas conectadas a drenajes.....	101
Figura 2.25 Proporción nacional de viviendas con acceso a extracción de basura.....	102
Figura 2.26 Especies reportadas por el CECON	105
Figura 2.27 Relación simbiótica entre el agua, la flora y la fauna.....	106
Figura 2.28 Uso de la tierra en el 2012 en las áreas deforestadas en el período 2006-2010	107
Figura 2.29 Principales efectos del cambio climático en los recursos hídricos	109
Figura 2.30 Adaptación incluyente y sostenible.....	111
Figura 2.31 Comparativa de puntajes de implementación de las 4 dimensiones de la GIRH al 2020	112
Figura 2.32 Comparación de la implementación del ODS 6.5.1 en la región en 2017 y 2020.....	113
Figura 2.33 Niveles de participación según el Sistema de Consejos de Desarrollo	117
CAPÍTULO 3 Sistema biótico de Guatemala	123
Figura 3.1 Cobertura vegetal afectada por incendios en áreas protegidas durante la temporada 2021-2022 por tipo de vegetación afectada	138
Figura 3.2 Mapa histórico de recurrencia de incendios forestales desde 2001- 2022	140
Figura 3.3 Mapa de incendios forestales registrados en la República de Guatemala 2018-2022	141
Figura 3.4 Estimación de afectación a nivel municipal para la temporada de incendios forestales 2022-2023.....	142
Figura 3.5 Principales leyes para regulación de la diversidad biológica de Guatemala	144
Figura 3.6 Políticas y convenios sobre diversidad biológica en Guatemala	147
CAPÍTULO 4 Sistema lítico edáfico	155
Figura 4.1 Ciudades intermedias que crecieron en población entre 2002 y 2018	158
Figura 4.2 Índice de privaciones municipales.....	159
Figura 4.3 Modelo general de deforestación en Guatemala	161
Figura 4.4 Modelo dinámico de deforestación con énfasis en el mercado.....	163
Figura 4.5 Erosión potencial (t/ha/año) por departamento	164
Figura 4.6 Erosión potencial (t/año) por departamento.....	165
Figura 4.7 Usos de la tierra	174
Figura 4.8 Categorías de intensidad de uso de la tierra	175

Figura 4.9 Capacidad de uso de la tierra	175
Figura 4.10 Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022	176
Figura 4.11 Marco institucional en Guatemala para el sistema lítico y edáfico	179
Figura 4.12 Marco institucional en Guatemala para el sistema lítico y edáfico	180
CAPÍTULO 5 Sistema atmosférico	185
Figura 5.1 Composición atmosférica	188
Figura 5.2 Capacidad efectiva conectada al SNI al 2021	191
Figura 5.3 Regiones climáticas de Guatemala	193
Figura 5.4 Períodos cálidos	195
Figura 5.5 Valor máximo de temperatura en el mes.....	196
Figura 5.6 Períodos fríos.....	196
Figura 5.7 Intensidad diaria.....	197
Figura 5.8 Precipitación máxima.....	197
Figura 5.9 Precipitación anual.....	198
Figura 5.10 Tendencia climática de precipitación total anual.....	201
Figura 5.11 Tendencia de precipitación máxima día/añual.....	201
Figura 5.12 Tendencia de precipitación máxima día/mensual.....	202
Figura 5.13 Temperatura mínima promedio.....	202
Figura 5.14 Temperatura máxima promedio	203
Figura 5.15 Temperaturas máximas y mínimas promedio	203
Figura 5.16 Comparativo climático interaño.....	204
Figura 5.17 Precipitaciones diarias en Guatemala	205
Figura 5.18 Nivel mensual acumulado	205
Figura 5.19 Tendencia al aumento en los últimos años de precipitación	206
Figura 5.20 Promedio de temperatura del país y temporalidad diaria.....	206
Figura 5.21 Temperaturas mensuales	207
Figura 5.22 Temperaturas anuales	207
Figura 5.23 Ciclo anual de precipitación y temperatura	208
Figura 5.24 Media de PM2.5 (µg/m ³) 2022 para Latinoamérica.....	209
Figura 5.25 Contribución de Guatemala a las emisiones de GEI.....	210
Figura 5.26 Emisiones al 2018 por sector.....	211
Figura 5.27 Balance nacional de GEI por sector (kt CO ₂ -eq), 1990-2018.....	212
Figura 5.28 Balance nacional de GEI por sector (kt CO ₂ -eq), 1990-2018.....	212
Figura 5.29 Trayectoria de ciclones tropicales a una distancia de 120 millas náuticas desde el año 1980 hasta el 2022.....	214
Figura 5.30 Composición de los residuos en Guatemala.....	215
Figura 5.31 Proporción nacional de viviendas con acceso a extracción de basura.....	216
Figura 5.32 Parque vehicular al mes de agosto 2022 por departamento.....	217
Figura 5.33 Tipo de vehículos al mes de agosto 2022	217
Figura 5.34 Acumulado de lluvia anual 2010 a 2039 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	219
Figura 5.35 Temperatura media 2010 a 2039 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	219
Figura 5.36 Acumulado de lluvia anual 2040 a 2069 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	219
Figura 5.37 Temperatura media 2040 a 2069 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	220
Figura 5.38 Acumulado de lluvia anual 2070 a 2099 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	220
Figura 5.39 Temperatura media 2070 a 2099 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5	220

CARTA DE PRESENTACIÓN

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) tiene por misión regular la gestión ambiental y los recursos naturales con pertinencia cultural y de género, promoviendo de forma participativa el desarrollo sostenible en Guatemala. Como parte de la labor del ministerio, la realización y presentación del "Informe Ambiental del Estado de Guatemala", reúne datos de los avances y trabajo que se desarrolla por parte del MARN para garantizar la conservación, protección, mejoramiento del ambiente y fomento del desarrollo sostenible del país.

El informe incluye aspectos generales del contexto nacional y temas específicos de la situación ambiental, los cuales se desarrollan con información actualizada descriptiva y cuantitativa, lo que permite dar una visión íntegra al lector. En el informe se revelan elementos útiles para comprender el estado actual de Guatemala en materia ambiental y respaldar la toma de decisiones en cuestiones trascendentales desde todos los ámbitos aplicables.

La información y los datos analizados en el informe, permiten visualizar y medir el estado del medioambiente y el alcance de las consecuencias de la actividad humana en la naturaleza. Los números y análisis recopilados por las distintas instituciones y organizaciones involucradas, se constituyen en una valiosa herramienta para integrar, identificar, entender y proyectar la información ambiental, lo que facilita prever escenarios y aplicar acciones pertinentes a corto, mediano y largo plazo.

La cuestión ambiental, asunto que involucra actores de diversos sectores especialmente del social, demanda atención y estudio para que, ante la evolución y el crecimiento poblacional, juntos mantengamos el equilibrio ecológico, la protección de los ecosistemas y, por ende, todas las actividades productivas que dan sustento a la vida.

Este documento presenta información técnica con un lenguaje fácil de comprender, para que sea de fácil acceso a todo el que quiera conocer detalles de la situación ambiental del país. En el MARN continuaremos trabajando por el desarrollo sostenible de los guatemaltecos, para hacer de nuestro país, el mejor lugar para vivir.



***Contexto Nacional
Socioambiental en Guatemala***

1.

CONTEXTO NACIONAL SOCIOAMBIENTAL EN GUATEMALA

1.1. Localización y ubicación geográfica de la República de Guatemala

Según el (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2022) Guatemala se encuentra situada en América Central, se ubica entre los 14 y 18 de latitud norte y los 88 y 92 de longitud oeste. Su capital y ciudad más grande es Ciudad de Guatemala. Ocupa una extensión de 108,889 km², de los cuales 2,500 km² corresponden a ríos y lagos. Colinda con el Océano Pacífico al sur y el Mar Caribe al noreste. Limita al norte y Occidente con México, al este con Belice, sureste con Honduras y El Salvador.

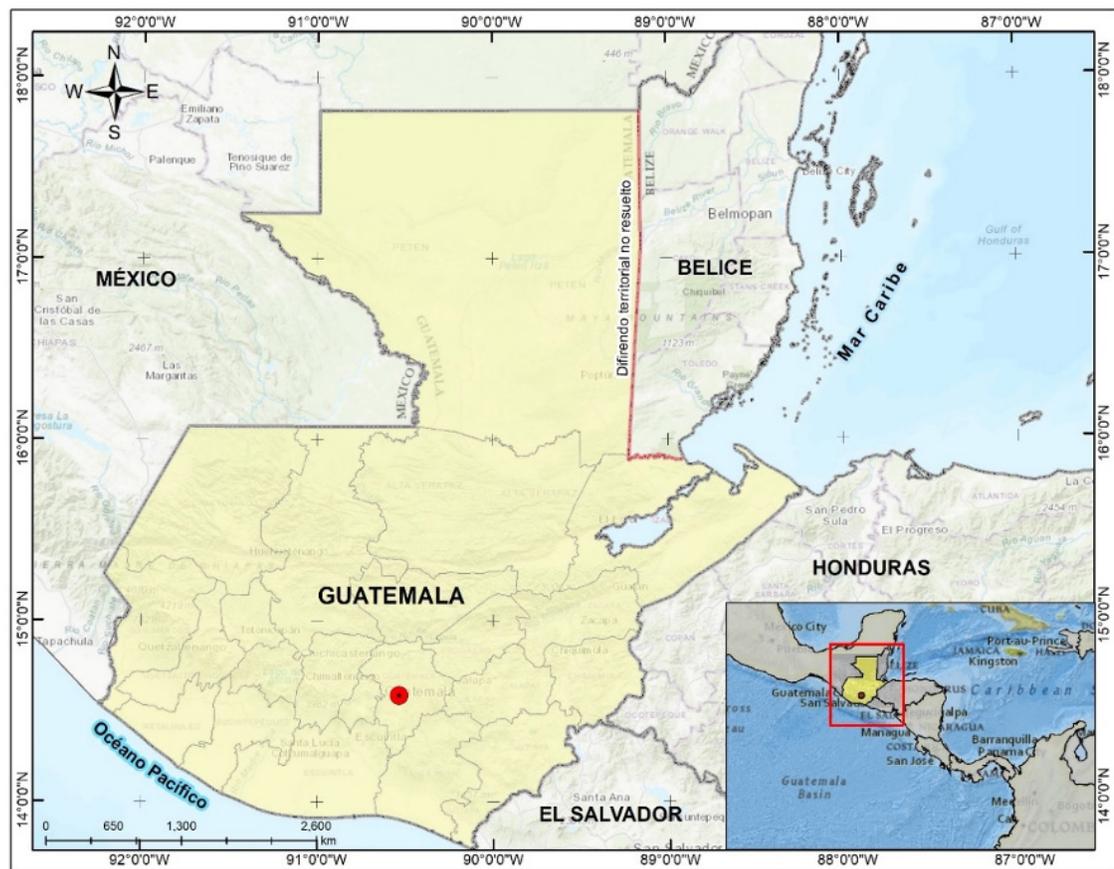


Figura 1.1. Localización de la República de Guatemala
Fuente: Elaboración propia

Guatemala es un país montañoso con una amplia variedad de paisajes. En el norte se encuentra la Sierra de los Cuchumatanes, la cadena montañosa más alta de América Central. Al este se extiende la región montañosa conocida como la Sierra de las Minas, y en el centro y oeste se encuentran las montañas volcánicas, incluyendo el Volcán Tajumulco, el punto más alto de Guatemala con 4,220 metros sobre el nivel del mar.

El país cuenta también con una gran cantidad de ríos y lagos, incluyendo el río Motagua, el río Usumacinta y el lago de Atitlán, uno de los lagos más hermosos del mundo.

1.2. División político-administrativa del Estado de Guatemala

La República de Guatemala, está organizado en regiones, departamentos, municipios y otras subdivisiones menores como lo son aldeas y caseríos. En relación con la organización del territorio, el artículo 224 de la Constitución Política de la República de Guatemala establece la división administrativa:

"El territorio de la República, se divide para su administración en departamentos y éstos en municipios. La administración será descentralizada y se establecerán regiones de desarrollo con criterios económicos, sociales y culturales que podrán estar constituidos por uno o más departamentos para dar un impulso racionalizado al desarrollo integral del país.

Sin embargo, cuando así convenga a los intereses de la Nación, el Congreso podrá modificar la división Administrativa del país, estableciendo un régimen de regiones, departamentos y municipios, o cualquier otro sistema, sin menoscabo de la autonomía municipal."

Está compuesta por 22 departamentos, que son las divisiones administrativas primarias del país y están subdivididos en municipios, que son las divisiones político-administrativas secundarias del país. En total, Guatemala cuenta con 340 municipios.

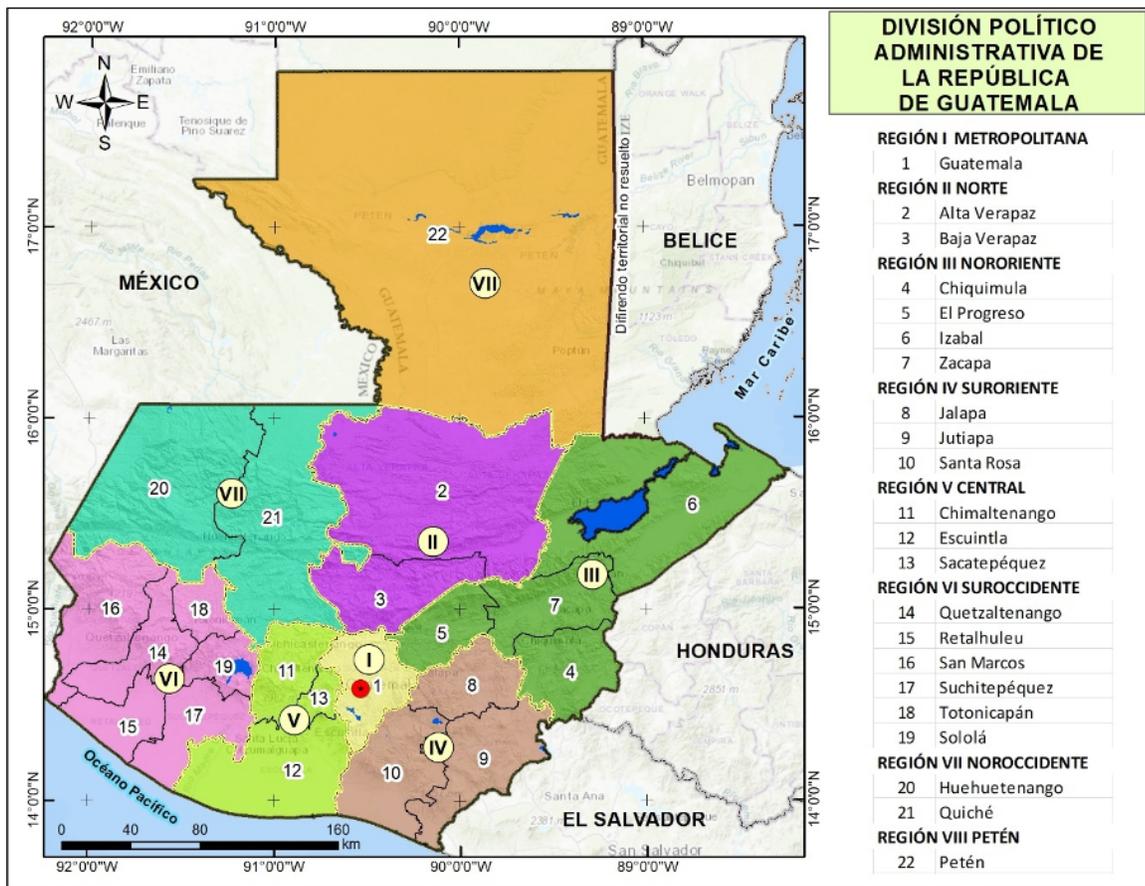


Figura 1.2. División político-administrativo de la República de Guatemala
Fuente: Elaboración propia

El día 9 de diciembre del año 1986 a través del Decreto número 70-86 del Congreso de la República se aprobó la Ley Preliminar de Regionalización, con el objetivo de promover el ordenamiento territorial y funcionamiento de los Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural. A partir de esta norma jurídica

se establecieron administrativamente ocho regiones en el país, destacándose la Región Metropolitana constituida por los 17 municipios del departamento de Guatemala. Las otras regiones fueron: Norte, Nororiente, Suroriente, Central, Suroccidente, Noroccidente y Petén.

1.3. Datos estadísticos de población

Según proyecciones del período 1950-2050 de (INE, 2023) se estima que la población en Guatemala hasta el año 2022 es de 17,357,886 habitantes, incluyendo hombres y mujeres. Este crecimiento exponencial es natural en el país, sin embargo, puede considerarse como resultado de políticas de planificación familiar por eficientes. A continuación, se muestran las gráficas de la población en Guatemala según estimaciones de los años 2020, 2021, 2022:

Guatemala es un país diverso y complejo. Por tener una mezcla de culturas y etnias, y por estar ubicado en el centro del continente americano, contiene una diversidad de especies, climas y suelos, producto de una fusión socio natural a lo largo de los siglos. Su población está compuesta principalmente por ladinos (personas de ascendencia maya y española) y pueblos originarios, además de Garífunas y Xincas, existiendo más de 20 grupos étnicos diferentes, cada uno con sus propios idiomas y tradiciones culturales.

Según el Decreto Número 19-2003¹, el idioma oficial de Guatemala es el español, sin embargo el Estado reconoce, promueve y respeta los idiomas de los pueblos Mayas, Garífuna y Xinka. La diversidad lingüística es un aspecto importante de la sociedad guatemalteca y refleja la riqueza cultural del país, en Guatemala el idioma oficial es el español, sin embargo se hablan.

De acuerdo con los datos del censo del 2018, la población total es de 14.9 millones de personas. La composición de la sociedad es la siguiente:

- 56% ladino
- 41.7% Maya
- 1.8 % Xinka
- 0.1% Garífuna
- 0.2% afrodescendiente
- 0.2% extranjeros

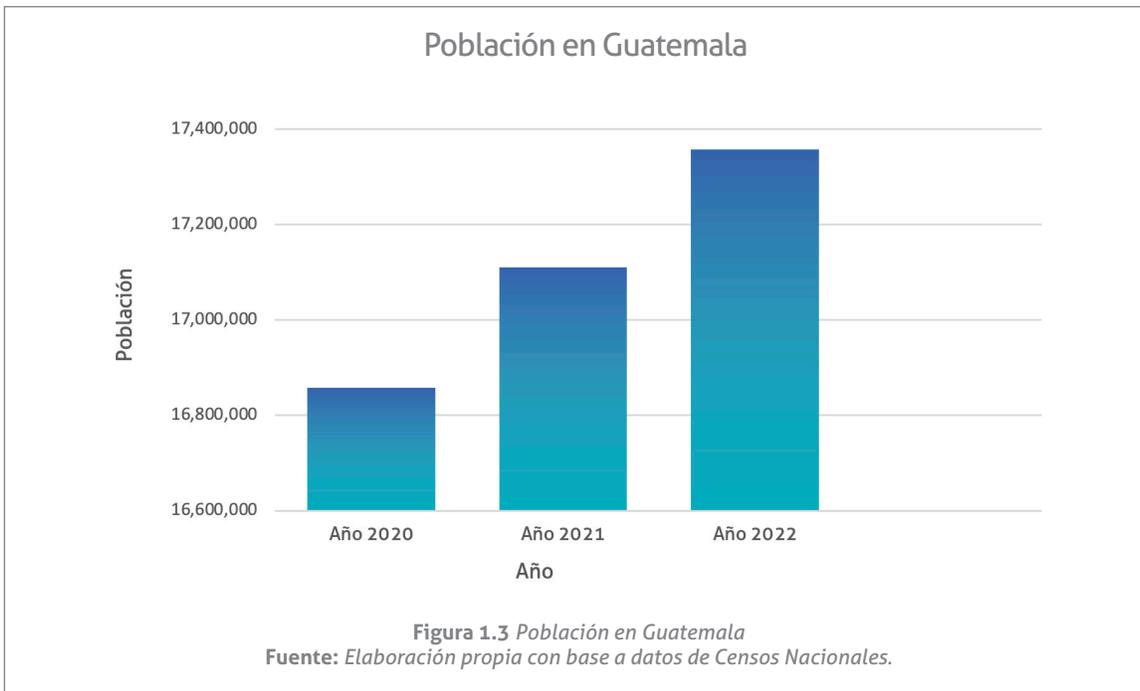
1.3.1 Población total en Guatemala, año 2020-2022

De acuerdo a las estimaciones de población del INE, Guatemala en tres años ascendió por 744,098 habitantes, siendo la población al año 2022 de 17,602,431² habitantes, incluyendo hombres y mujeres. La tasa de fertilidad desde el año 2020 según el (Grupo Banco Mundial, 2023) por cada mujer es de 2.5. La proyección que se presenta a continuación indica que somos un país con un potencial de crecimiento poblacional significativo:

Año	Proyección de población total (millones de habitantes)	Densidad (hab/km ²)
2022	17.35	157
2021	17.10	165
2020	16.85	162
2019	16.60	154

Cuadro 1.1 Proyección de población total en Guatemala al año 2022
Fuente: Proyecciones Nacionales 1950-2050, INE.

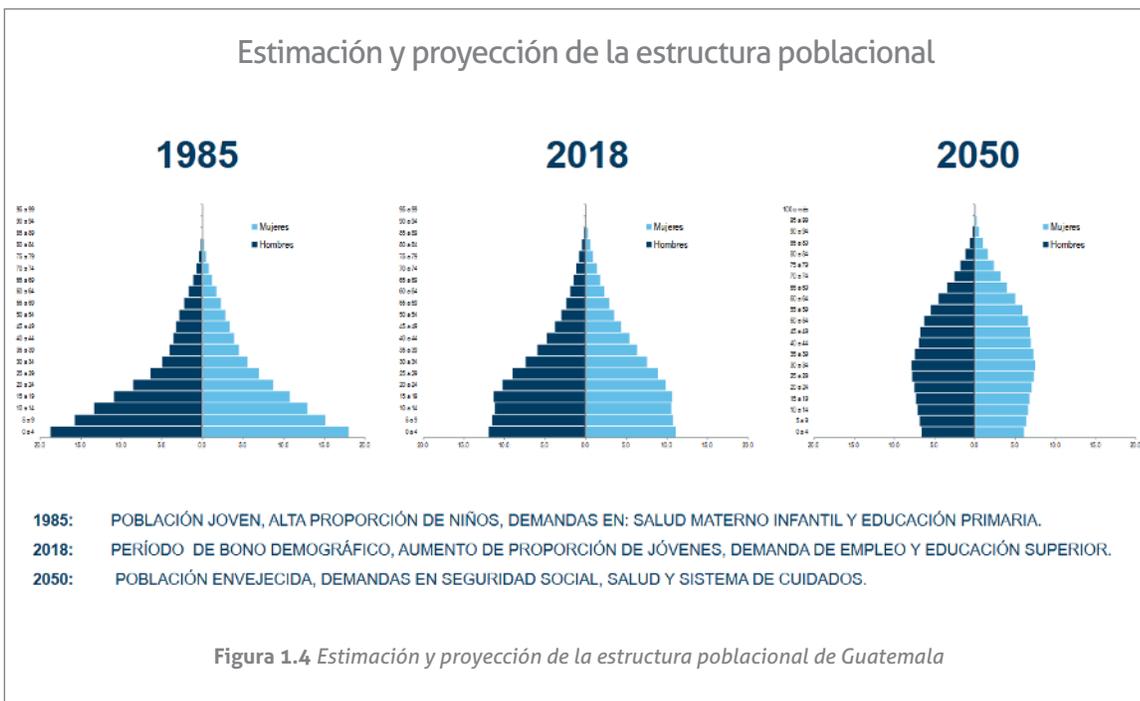
¹ Decreto Número 19-2003. Ley de idiomas nacionales.
² La estimación de población al año 2022, son datos de proyección de población del INE, que utiliza como base el Método los componentes demográficos propuesto por el CELADE, organismo de las Naciones Unidas, basada en las variaciones intercensales entre 1950 y 2018.



Indicadores demográficos:

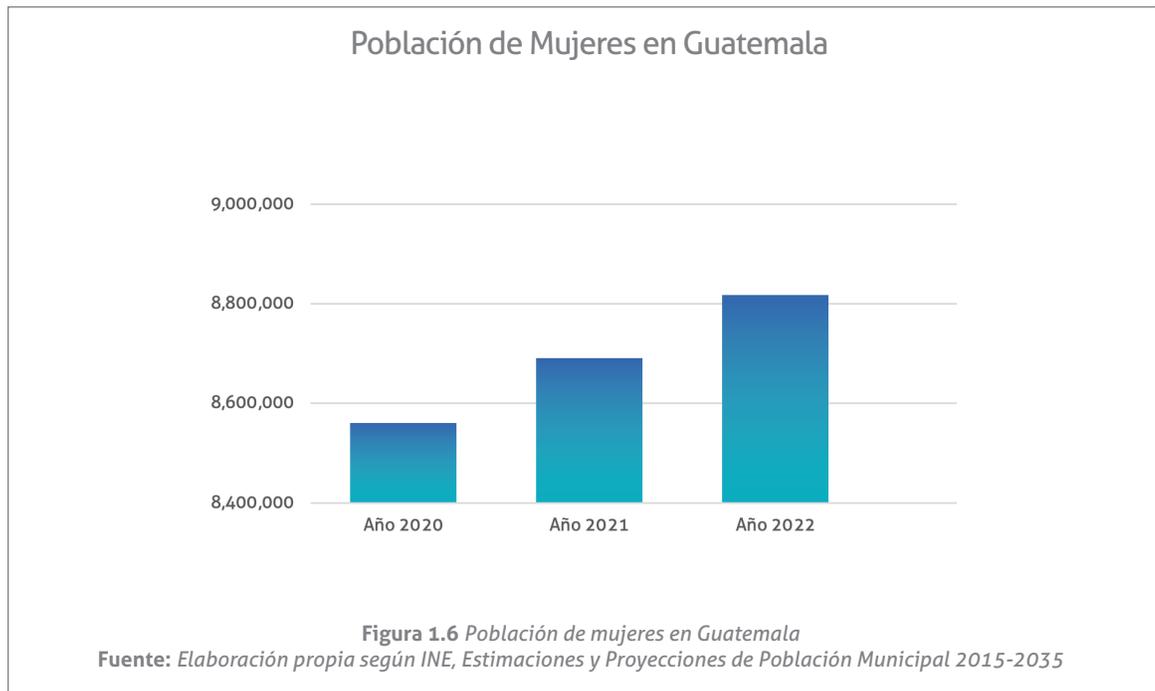
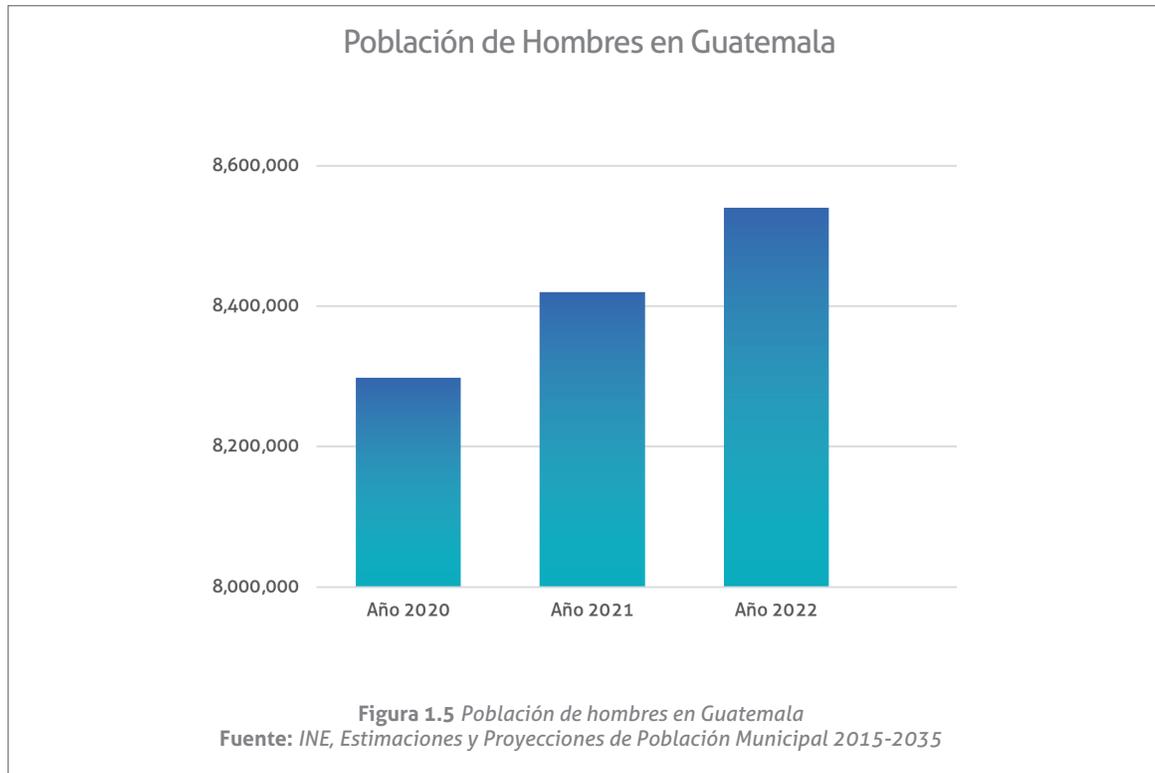
- Tasa de crecimiento anual 1.8%,
- Tasa bruta de natalidad 23,
- Tasa bruta de mortalidad 4.7,

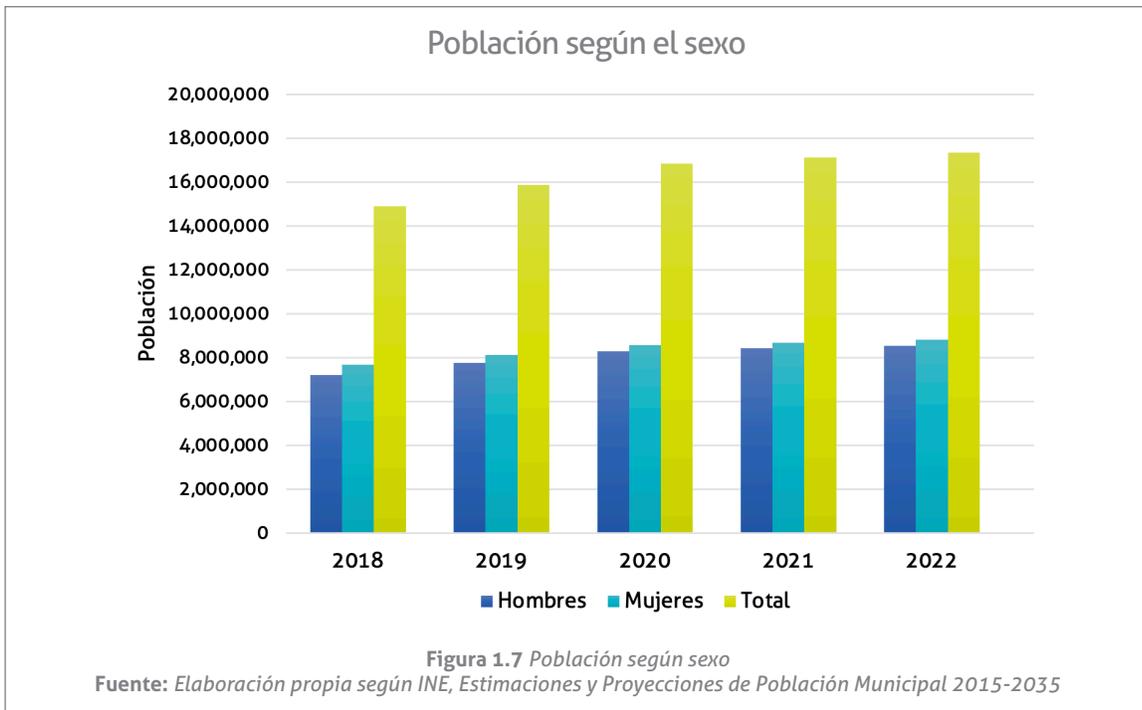
y la pirámide de población está compuesta de la siguiente manera: Normas ambientales del sector forestal



1.3.2 Población por sexo (hombres y mujeres)

Según el INE, el censo poblacional indica que la población de hombres en Guatemala en los últimos tres años se ha mantenido por debajo de los 8,800,000 habitantes. Mientras que la población de mujeres se encuentra arriba de los 8,900,000.

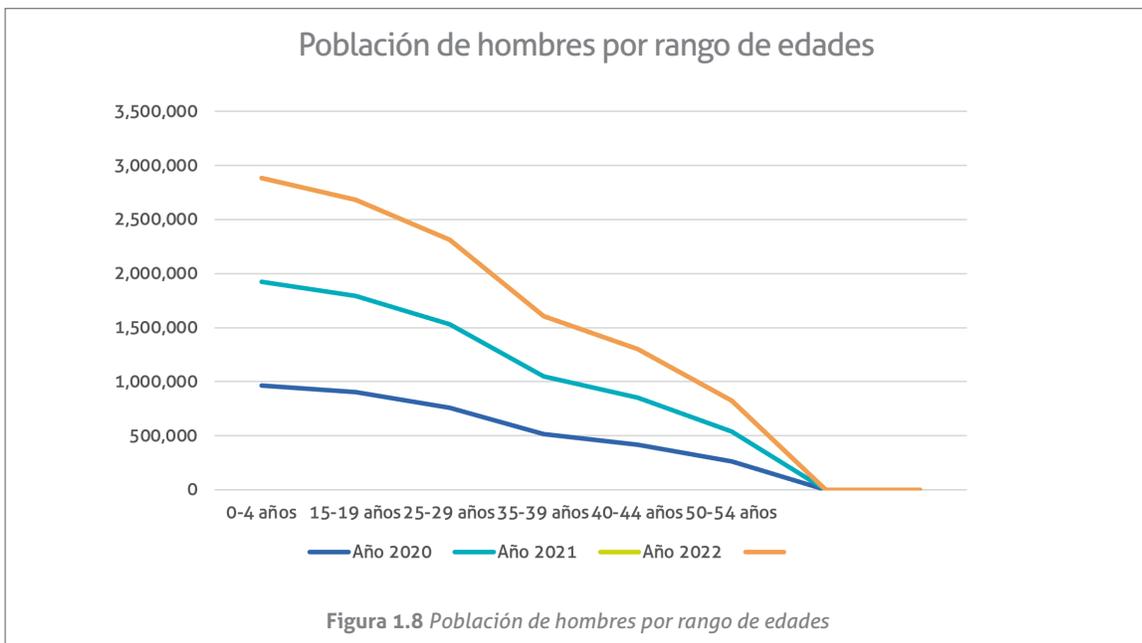




De acuerdo a estos datos estadísticos, en Guatemala entre el período de 2020 al año 2022, las principales características relacionadas a género, la población femenina es el 52.5% del total, ligeramente superior a la masculina. Esto demuestra que en el país cada vez hay más población, lo que indica una necesidad y por ende más uso de los recursos naturales. Significa que, a mayor población, mayor uso de los recursos naturales.

1.3.3 Población de hombres en Guatemala de acuerdo por rango edades, año 2020-2023

La población de Guatemala está constituida predominantemente por niños, niñas y jóvenes. Al año 2022 se estima cuatro de cada diez personas son menores de 15 años.



Población de hombres a partir de la tercera edad

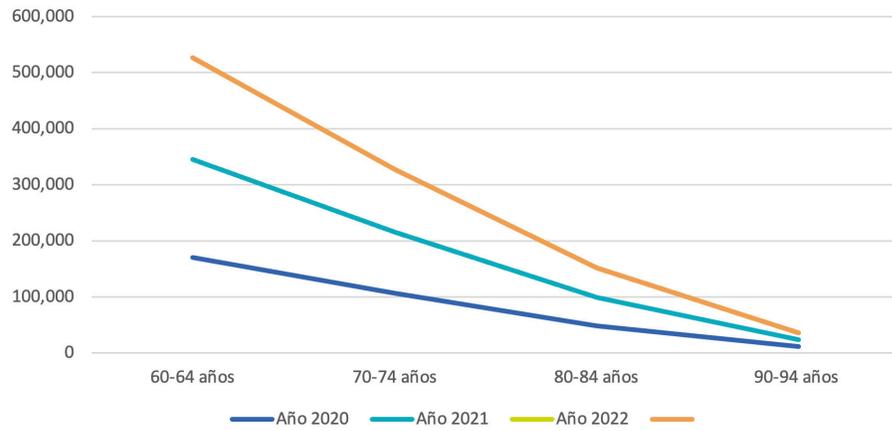


Figura 1.9 Población de hombres a partir de la tercera edad

1.3.4 Población de mujeres en Guatemala de acuerdo a edades, año 2020-2022

Población de mujeres por rango de edades

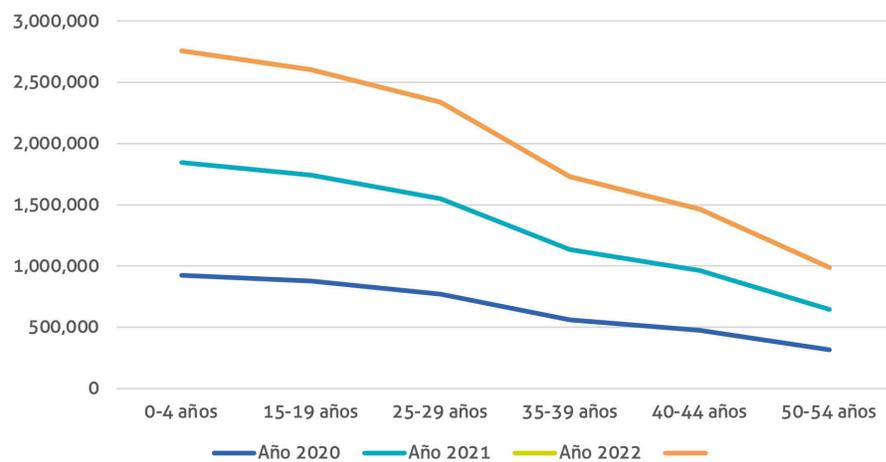
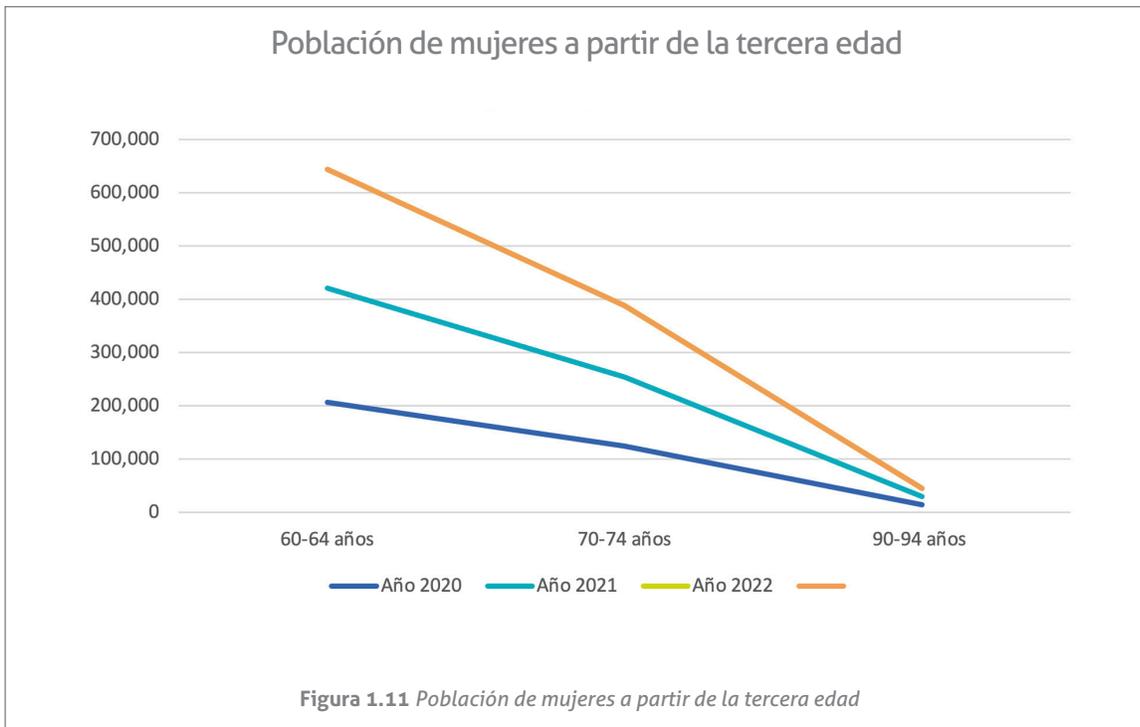


Figura 1.10 Población de mujeres por rango de edades

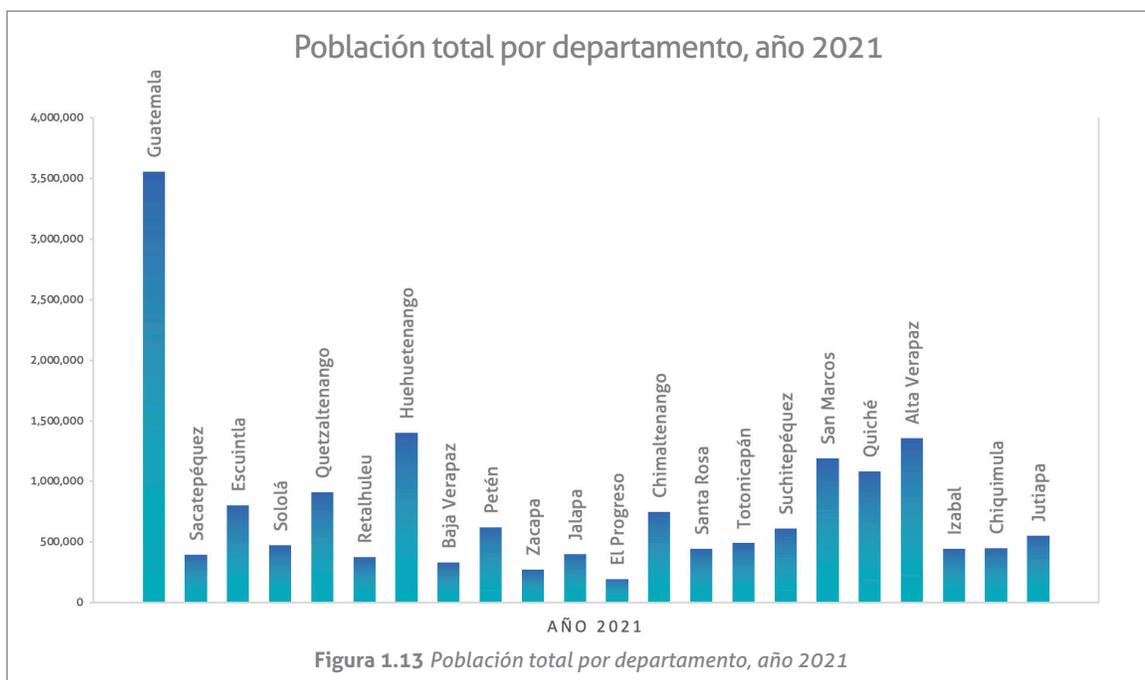
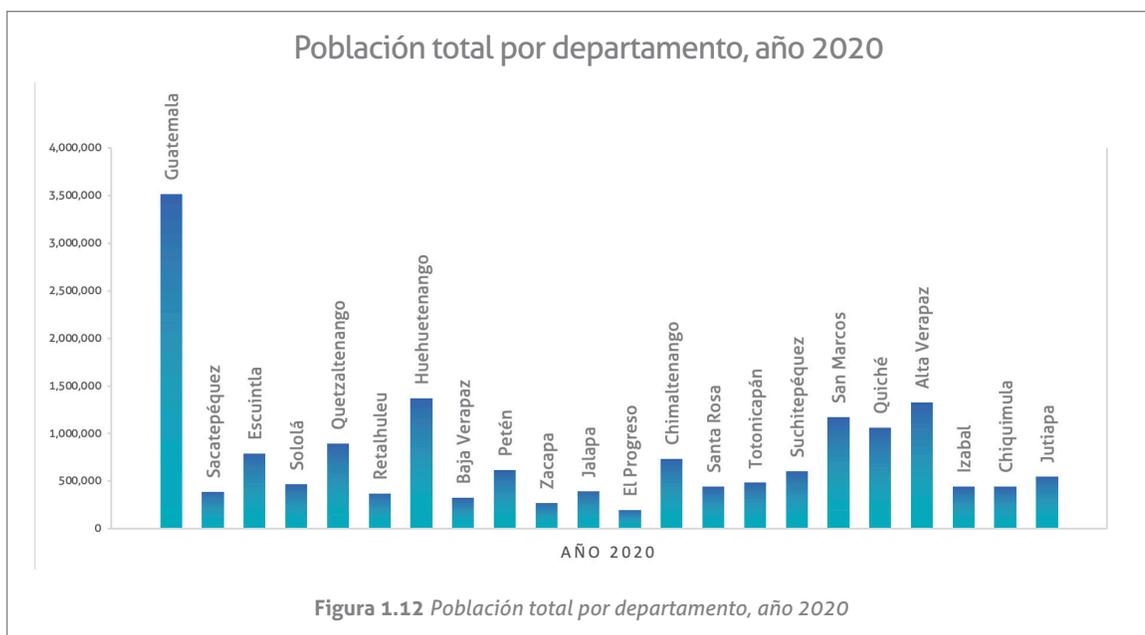


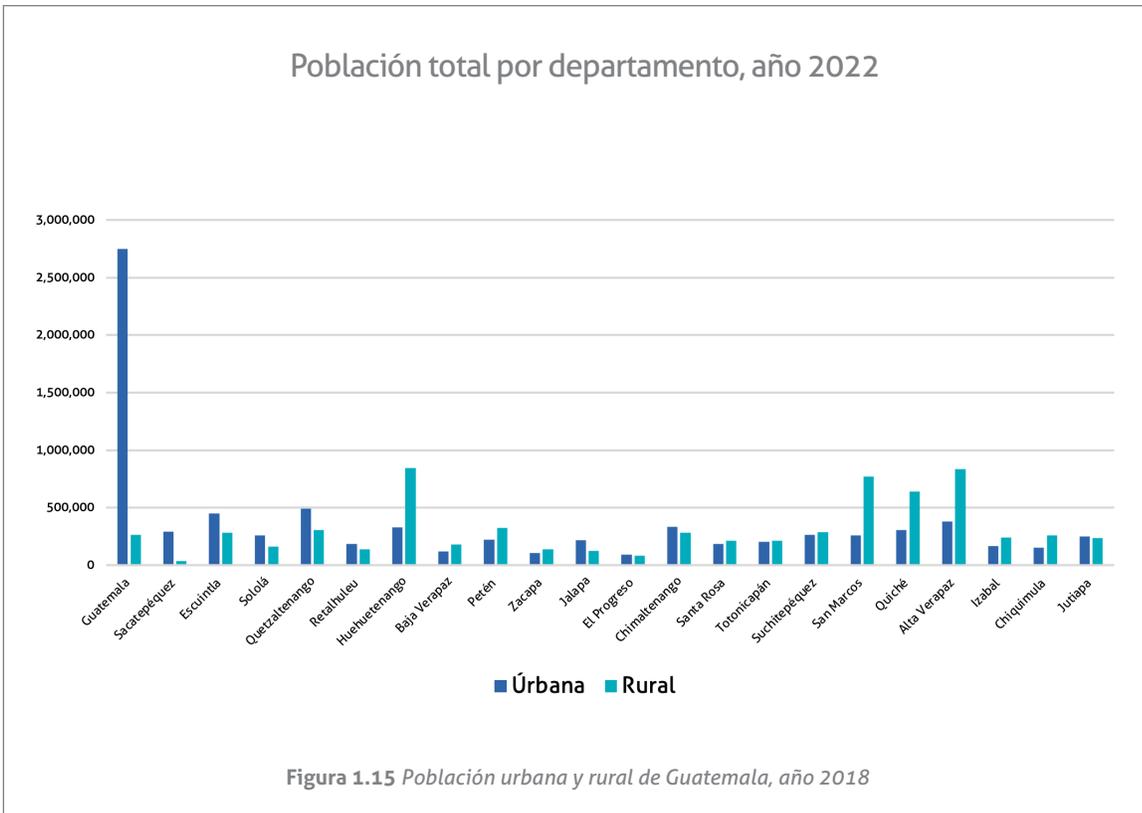
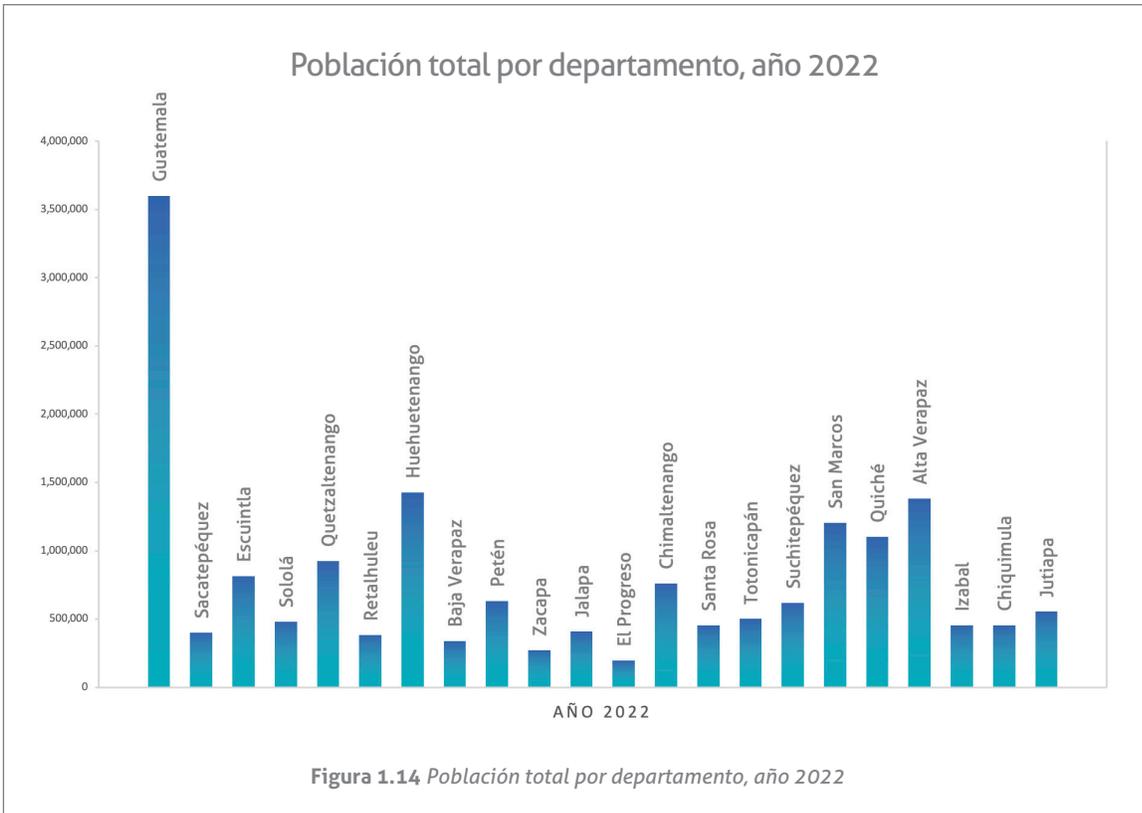
El bono demográfico de Guatemala se refiere al periodo en el que la estructura de edad de la población del país se encuentra en una fase en la que la proporción de la población en edad laboral (15-64 años) es mayor que la proporción de la población dependiente (menores de 15 años y mayores de 65 años). Esto puede ser una oportunidad para el país, para impulsar el crecimiento económico y el desarrollo, siempre y cuando se aproveche adecuadamente. En el caso de Guatemala, se espera que el bono demográfico se extienda hasta aproximadamente el año 2050. Esto puede ayudar a mejorar la productividad y la calidad de vida de la población, lo que a su vez puede impulsar el crecimiento económico del país.

1.3.5 Población total por departamento de Guatemala, año 2020-2022

	Departamento	2020	2021	2022
1	Guatemala	3,515,775	3,557,909	3,599,257
2	El Progreso	193,069	194,388	195,673
3	Sacatepéquez	389,911	396,167	402,357
4	Chimaltenango	733,338	746,366	759,217
5	Escuintla	791,639	802,479	813,169
6	Santa Rosa	441,032	446,436	451,731
7	Sololá	467,266	474,240	481,114
8	Totonicapán	486,687	493,864	500,941
9	Quetzaltenango	896,402	909,879	923,211
10	Suchitepéquez	605,299	612,438	619,475
11	Retalhuleu	371,072	376,398	381,635
12	San Marcos	1,172,210	1,189,274	1,206,198
13	Huehuetenango	1,371,676	1,399,367	1,426,830
14	Quiché	1,062,897	1,081,964	1,100,815

15	Baja Verapaz	327,886	333,537	339,138
16	Alta Verapaz	1,328,668	1,355,134	1,381,253
17	Petén	613,475	622,409	631,305
18	Izabal	440,495	446,461	452,338
19	Zacapa	267,718	270,473	273,207
20	Chiquimula	441,579	447,544	453,449
21	Jalapa	394,234	400,905	407,468
22	Jutiapa	546,005	552,114	558,105
Total Nacional		16,858,333	17,109,746	17,357,886





1.4 Las Instituciones y el Marco Legal de la Gestión Ambiental

La legislación ambiental es fundamental para regir los procesos y/o actividades relacionadas al medio ambiente y los recursos naturales. Con base al marco jurídico que a continuación se enmarca, se pueden establecer líneas de acción enfocadas a prevenir o mitigar diversas actividades en materia ambiental en el sector público y privado.

1.4.1 Constitución Política de la República de Guatemala

La Constitución Política de la República de Guatemala en sus siguientes artículos establece la importancia del Medio Ambiente y sus atribuciones.

Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico. 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 depredación.

Artículo 126. Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos, corresponderá exclusivamente a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección.

Artículo 127. Régimen de aguas. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.

Artículo 128. Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos. El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso.

1.4.2 Ley del Organismo Ejecutivo. Decreto Número 114-97

La ley del organismo ejecutivo en la sección segunda "Funciones Sustantivas de los Ministerios de Estado", principalmente en los siguientes artículos:

- *Artículo 29. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación*
- *Artículo 29 "bis". Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*

Establece las funciones y atribuciones de los dos ministerios a quienes les corresponde atender los asuntos concernientes a la producción agrícola, pecuaria e hidrobiológica; y a los asuntos relacionados a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país. (MARN, 2023)

1.4.3 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto Número 68-86

Artículo 1. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Artículo 6. El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio de desperdicios contaminantes del medio ambiente o radiactivos. Aquellos materiales y productos contaminantes que esté prohibida su utilización en su país de origen no podrán ser introducidos en el territorio nacional.

Artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q.5,000.00 a Q.100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

1.4.4 Ley Forestal. Decreto Legislativo Número 101-96

De acuerdo al (MARN, 2023) en el Artículo 1. Objeto de la Ley. La ley forestal, establece los lineamientos principales que deben regirse, siendo estos los siguientes:

“Con la presente ley se declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos”:

- a) Reducir la deforestación de tierras de vocación forestal y el avance de la frontera agrícola, a través del incremento del uso de la tierra de acuerdo con su vocación y sin omitir las propias características de suelo, topografía y el clima;
- b) Promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, para proveer al país de los productos forestales que requiera;
- c) Incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a manejo racional y sostenido de acuerdo a su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales.

1.4.5 Ley de Áreas Protegidas. Decreto Legislativo Número 4-89

De acuerdo al Artículo 2. (Modificado por el Decreto 110-96 del Congreso de la República). CREACIÓN DEL SISTEMA GUATEMALTECO DE ÁREAS PROTEGIDAS.

“Se crea el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), integrado por todas las áreas protegidas y entidades que la administran, cuya organización y características establece esta Ley, a fin de lograr los objetivos de la misma en pro de la conservación, rehabilitación, mejoramiento y protección de los recursos naturales del país, y la diversidad biológica”.

Y en su Artículo 7. ÁREAS PROTEGIDAS.

Manifiesta que: “Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible”.

1.4.6 Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Acuerdo Gubernativo Número 236-2006

En el Artículo 1. OBJETO. El reglamento establece:

"El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.*
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.*
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.*

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico".

Dentro del marco jurídico ambiental de Guatemala también se encuentran algunos reglamentos y guías que determinan de una manera específica las acciones a ejecutar para cumplir con lo que establecen las leyes.

1.4.7 Acuerdo Gubernativo Número 285-2022, reforma al Acuerdo Gubernativo Número 236-2006, de fecha 5 de mayo del año 2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.

Acuerda lo siguiente:

"Artículo 24 bis. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES. Las municipalidades y/o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de la forma siguiente:"

1.4.8 Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes. Acuerdo Gubernativo 164-2021

Este reglamento fue creado con el apoyo de (CCAC, ONU, CAB, NDC. , 2021) y tiene la finalidad de establecer los lineamientos enfocados a las normas sanitarias y ambientales que deben aplicarse para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.

"Artículo 1. Objeto. El presente Reglamento tiene por objeto establecer las normas sanitarias y ambientales que deben aplicarse para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, en función de asegurar la protección de la salud humana y evitar la contaminación del ambiente. El cual será aplicable a los entes sujetos al presente Reglamento".

"Artículo 2. Competencia. Velar por el cumplimiento del presente Reglamento compete, de manera conjunta y en coordinación con las municipalidades del país, al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- y al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS-, dentro del ámbito de sus competencias."

"Artículo 12. Clasificación. Todas aquellas personas, individuales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que, como resultado de sus actividades produzcan residuos o desechos sólidos comunes, deberán separarlos al momento de su generación, de acuerdo con la clasificación siguiente:

- a) Clasificación primaria: a.1) orgánico a.2) inorgánico*

- b) Clasificación secundaria:
b.1) papel y cartón
b.2) vidrio
b.3) plástico
b.4) metal
b.5) multicapa
b.6) otros"

De acuerdo a este reglamento se crearon las siguientes guías:

- *Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes Acuerdo Ministerial 498-2022*
- *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de residuos y desechos sólidos comunes Acuerdo Ministerial 500-2022*

Con el fin de establecer las metodologías adecuadas para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos comunes.

1.4.9 Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento. Acuerdo Gubernativo 178-2009

De acuerdo al Artículo 1. Objeto.

"El presente reglamento tiene como objeto establecer los criterios técnicos y administrativos aplicables al proceso de certificación de la calidad del agua para consumo en proyectos de abastecimiento".

1.4.10 Manual de Normas Sanitarias que establecen los Procesos y Métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano. Acuerdo Ministerial Número 1148-09

Según el Artículo 1. Objeto.

"El presente Acuerdo tiene como objeto, crear el manual que desarrollará los procesos y métodos de purificación de agua para consumo necesarios para que ésta sea suministrada, en sistemas de abastecimiento, en calidad de potable".

Asimismo, en el Artículo 2. Cumplimiento.

"Conforme lo establecido en el Artículo 87 del Código de Salud, Decreto Número 90-97 del Congreso de la República; son sujetos de cumplimiento de las disposiciones del presente acuerdo, las municipalidades y demás instituciones públicas o privadas encargadas del manejo y abastecimiento de agua para consumo humano".

1.4.11 Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Acuerdo Ministerial Número 523-2013.

De acuerdo al Artículo 1. Objeto.

"El presente Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en adelante Manual, tiene como objeto establecer las especificaciones técnicas que se deben aplicar, para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano en la República de Guatemala".

Y establece en el Artículo 3. Norma de Referencia.

"Para efectos de la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, se establece como norma de referencia la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 "Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones". La interpretación de la norma se debe realizar conforme a lo dispuesto en este Manual".

1.4.12 Acuerdo Ministerial Número SP-M-278-2004

Establece lo siguiente:

El Ministro de Salud Pública y Asistencia Social acuerda:

Artículo 1. Creación. "Se crea el Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de Agua para Consumo Humano, en adelante denominado PROVIAGUA, y cuyo ámbito de aplicación es nacional".

**Reformado por el Artículo 1, del Acuerdo Ministerial Número 2-2012 el 12-01-2012.*

Artículo 2. Objetivo General. "El objetivo general de PROVIAGUA es establecer y ejecutar los mecanismos técnicos más apropiados para desarrollar la vigilancia sanitaria de la calidad del agua abastecida a la población, por medio de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, ya sean públicos y privados; de manera que ésta provea la información necesaria para garantizar que el agua sea abastecida en calidad de potable de forma continua".

Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano. Acuerdo Gubernativo Número 113-2009

Establece en el *Artículo 1. Objeto.* "El presente reglamento tiene como objeto el abastecimiento de las normas sanitarias para los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano, relativas a su administración, construcción, operación y mantenimiento".

Además, en el *Artículo 2. Competencia.* "Compete hacer cumplir el presente reglamento al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social".

Y el *Artículo 3. Sujetos de cumplimiento.* "Están en la obligación de cumplir con lo establecido en el presente reglamento los Prestadores del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano existentes en el territorio nacional".

1.4.13 Reglamento para la Autorización y el Uso de Megáfonos o Equipos de Sonido Expuestos al Público en el Municipio de San Miguel Petapa, Guatemala. Acuerdo COM-2-2012

Establece lo siguiente:

Artículo 1. Objeto del Reglamento. "El presente Reglamento tiene por objeto regular los requisitos que deben cumplir todas aquellas personas individuales o jurídicas que soliciten licencia municipal para el uso de megáfonos, equipo de sonido expuesto al público y vehículos de promociones con aparatos reproductores de sonido, que amplifiquen sonido dentro de la jurisdicción del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala".

La Dirección de Gestión Ambiental y Forestal es la autoridad administrativa competente de velar por el efectivo cumplimiento del presente Reglamento, pudiendo para el efecto exigir la implementación de las medidas de mitigación o medidas correctivas que considere pertinentes, así como realizarlas inspecciones que sean necesarias

Artículo 6. Niveles Máximos Permisibles. "Para el Municipio de San Miguel Petapa, Guatemala y con el fin de prevenir y controlar la contaminación auditiva, originada por emisiones sonoras provenientes de megáfonos o equipo de sonido expuestos al público, vehículos de promociones con aparatos

reproductores de sonido, se fijan los siguientes horarios y parámetros de niveles máximos permisibles, medidos en decibeles, identificados en la tabla siguiente, considerando todo sonido que sobrepase los niveles máximos señalados en las colindancias o en la vía pública del inmueble objeto de la licencia, como contaminante”.

El dBA es la unidad de nivel sonoro medido con el filtro previo que quita parte de las bajas y las muy altas frecuencias. De esta manera, después de la medición se filtra el sonido para conservar solamente las

Horario	Decibeles dBA máximos permisibles
Diurnos 06:01 - 22:00 hrs.	75
Nocturno 22:01 – 06:00 hrs.	50
Vehículos de promociones	85

frecuencias más dañinas para el oído, razón por la cual la exposición medida en dBA es un buen indicador del riesgo auditivo.

1.4.14 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 Decreto Número 7-2013

De acuerdo al Artículo 1. Objeto.

“El objeto de la presente ley establecer las regulaciones necesarias para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en el país.”

Así también en su Artículo 7. Investigación.

“Todas las entidades del sector público dedicadas al estudio, investigación y aplicación científica y tecnológica, diseñarán e implementarán planes, programas, proyectos, acciones y actividades para: mejorar la gestión de riesgo, reducir la vulnerabilidad, mejorar la adaptación y contribuirá la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las universidades del país y los centros de investigación privados, en su espíritu de contribuir a la solución de los problemas nacionales, promoverán la investigación en materia de cambio climático y podrán ser apoyados por el Estado.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Educación y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT- desarrollarán líneas de investigación específicas en temas de cambio climático.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales fortalecerá sus capacidades interinstitucionales para la investigación, la medición y monitoreo de las emisiones de gases de efecto de invernadero -GEI- y otros aspectos asociados al cambio climático, además deberá responder por el inventario nacional de GEI y el desarrollo de escenarios de cambio climático.”

1.4.15 Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable. Decreto Número 52-2003

Su objetivo es orientar la economía nacional para lograr la utilización de los recursos energéticos renovables mediante la promoción del desarrollo de proyectos de energía renovable, estableciendo así los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto. Esta ley, otorga incentivos fiscales a las entidades individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables, siendo éstos: exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado -IVA-, exención del pago del Impuesto Sobre la Renta -ISR-, exención del Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias -IEMA-.

1.4.16 Principales políticas ambientales nacionales

- *Política Nacional de Educación Ambiental de Guatemala. Acuerdo Gubernativo Número 189-2017*
- *Política Marco de Gestión Ambiental. Acuerdo Ministerial Número 202-2015*
- *Política Nacional de Cambio Climático Acuerdo Gubernativo 329-2009*
- *Política Energética 2019-2050*
- *Política Nacional de Producción Más Limpia . Acuerdo Gubernativo No. 258-2010*
- *Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. Acuerdo Gubernativo 281-2015.*
- *Política Marco para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Guatemala*
- *Política Nacional de Diversidad Biológica. Acuerdo Gubernativo 220 -2011.*

1.4.17 Acuerdos principales multilaterales sobre medio ambiente

Dentro de los principales Acuerdos Multilaterales sobre Medio Ambiente (AMUMAS) de los cuales Guatemala es signataria son:

• 1.4.17.1 Declaraciones internacionales de protección ambiental

- *Declaración de Estocolmo, 1972*
- *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992*
- *Declaración del Milenio, 2000*
- *Declaración sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 2002*

• 1.4.17.2 Protección Internacional de Ecosistemas Críticos, Vida Silvestre y Diversidad Biológica

- *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convenio de Ramsar), 1971*
- *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), 1973*
- *Convenio sobre Diversidad Biológica, 1992*
- *Protocolo de Cartagena Sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*
- *Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, 1996*
- *Recursos Fitogenéticos*
- *Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*

• 1.4.17.3 Cambio Climático

- *Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, 1985*
- *Protocolo de Montreal, 1999*
- *Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 1994*
- *Protocolo de Kyoto, 1997*
- *Convención de las Naciones Unidas de la Lucha Contra la Desertificación y la Sequía, 1994*

• 1.4.17.4 Desechos Peligrosos y Contaminantes Persistentes

- *Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, 1989*
- *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), 2001*
- *Convenios Regionales Centroamericanos de Protección Ambiental*
- *Convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 1991*
- *Convenio Centroamericano de Biodiversidad, 1992*
- *Convenio Centroamericano de Bosques, 1993*
- *Convenio Regional sobre Cambios Climáticos, 1993*
- *Convenio para el Establecimiento de la Zona de Turismo Sustentable del Caribe, 1994*
- *Convenio de Cooperación para la Protección y el Desarrollo Sustentable de las Zonas Marinas y Costeras del Pacífico Nordeste en Centroamérica, 2002*

• 1.4.17.5 Acuerdos Comerciales

- *Acuerdo comercial entre Centroamérica y Estados Unidos de América sobre Cooperación Ambiental, 2005, Capítulo 17 Ambiente DR-CAFTA*
- *Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea*

1.4.18 Instituciones de Gobierno

Según (MINFIN, 2022) Guatemala se encuentra conformada por las siguientes entidades del Sector Público:

Entidades del Sector Público en Guatemala	
Subgrupo	Entidad
Organismo Legislativo	Congreso de la República de Guatemala
Organismo Judicial	Organismo Judicial
Presidencia, Ministerios de Estado, Secretarías y otras dependencias del Ejecutivo	Presidencia de la República
	Ministerio de Relaciones Exteriores
	Ministerio de Gobernación
	Ministerio de la Defensa Nacional
	Ministerio de Finanzas Públicas
	Ministerio de Educación
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
	Ministerio de Trabajo y Previsión Social
	Ministerio de Economía
	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)
	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
	Ministerio de Energía y Minas (MEM)
	Ministerio de Cultura y Deportes
	Secretarías y otras dependencias del Ejecutivo
	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
	Ministerio de Desarrollo Social
	Órganos de Control Jurídico-Administrativo
Registro de Información Catastral de Guatemala (RIC)	
Comisión Nacional de Energía Eléctrica	
Entidades Descentralizadas no Empresariales	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA)
	Instituto de Fomento Municipal (INFOM)
	Instituto Nacional de Bosques (INAB)
	Fondo de Tierras (FONTIERRAS)
	Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)
Entidades Autónomas no Empresariales	Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

Cuadro 1.2 Entidades del Sector Público en Guatemala
Fuente: Elaboración propia según datos del MINFIN.

• **1.4.18.1 Principales entidades del sector público nacional relacionadas a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales**

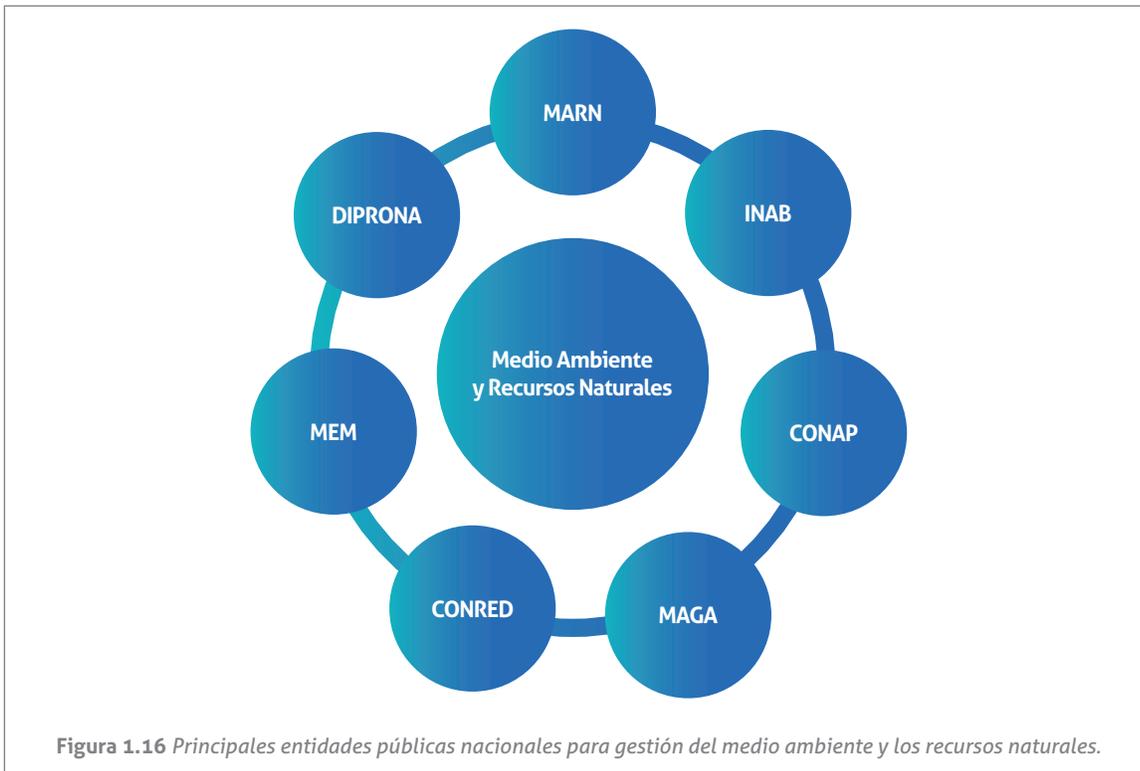


Figura 1.16 Principales entidades públicas nacionales para gestión del medio ambiente y los recursos naturales.

• **1.4.18.2 Principales organizaciones internacionales relacionadas a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales**

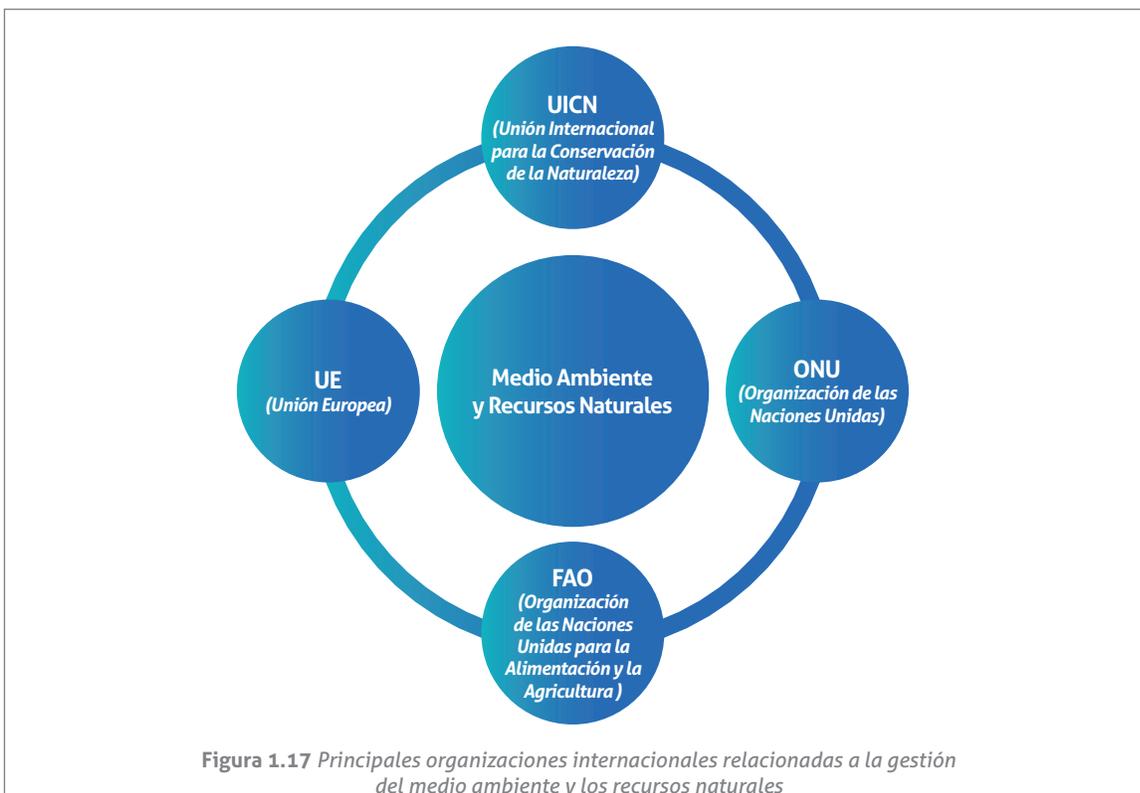


Figura 1.17 Principales organizaciones internacionales relacionadas a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales

1.5 Situación Económica Social Con Implicaciones Ambientales

Los indicadores sociales en Guatemala según (PNUD, 2020) se presentan a continuación:

- Densidad de población (2022): 159 habitantes por km²
- Renta per cápita nominal (2021): 5.025\$
- Coeficiente de GINI (2018): 48,3 (sobre 100)
- Esperanza de vida (2022): 73,6 años
- Crecimiento de la población (2022): 1,5%
- Tasa de analfabetismo (2020); 18,50%
- Tasa de natalidad (2022) 21,5 nacimientos anuales por cada 1.000 habitantes
- Tasa de fertilidad (2022): 2,4 infantes por mujer
- IDH: 0.663 (2019).

1.5.1 Índice de Desarrollo Humano -IDH-

El IDH es una medida sintética utilizada para evaluar el progreso a largo plazo en tres dimensiones básicas del desarrollo humano: una vida larga y saludable, el acceso al conocimiento y un nivel de vida digno.

El indicador utilizado para medir una vida larga y saludable es la esperanza de vida.

El nivel de conocimiento se mide a través de la media de los años de escolaridad entre la población adulta, es decir, el promedio de años de escolarización recibida a lo largo de la vida por las personas de 25 años o más; y el acceso al aprendizaje y el conocimiento, mediante los años esperados de escolaridad de los niños en edad de comenzar la escuela, que es el número total de años de escolaridad que puede esperar recibir un niño de esa edad si los patrones vigentes de las tasas de matriculación por edad se mantienen a lo largo de la vida del niño.

Según (PNUD, 2020) el IDH de Guatemala del año 2016 al año 2019 se clasifica de la siguiente manera:

Año	Esperanza de vida al nacer	Años esperados de escolaridad	Años promedio de escolaridad	INB per cápita (PPA en \$ de 2017)	Valor del IDH
2016	73.5	10.7	6.4	8,029	0.653
2017	73.8	10.6	6.5	8,143	0.655
2018	74.1	10.6	6.5	8,274	0.657
2019	74.3	10.6	6.6	8,494	0.663

Cuadro 1.3 Tendencias del IDH de Guatemala
Fuente: Elaboración propia según datos de PNUD.

El índice de desarrollo humano (IDH) en Guatemala en 2021 fue 0,627 puntos, lo que supone que ha empeorado respecto a 2020, en el que se situó en 0,635.

La economía, la sociedad y la naturaleza son tres elementos interconectados que juegan un papel fundamental en la actualidad para comprender el desarrollo de los países, el bienestar de las personas y sus sociedades y el desarrollo sostenible del planeta. Es el modelo económico que adoptan los países lo que provoca las desigualdades sociales y ambientales existentes que ponen en peligro la propia existencia de la sociedad.

Por ello, es importante y vital la construcción de un enfoque económico que tome en cuenta la urgencia de satisfacer las necesidades humanas, conservando y protegiendo los recursos naturales, especialmente aquellos ecosistemas que están conectados a la propia vida de todas las especies.

A continuación, se presenta una serie de datos, estadísticas y evidencia que intentan entender esa interrelación existente entre la economía, la sociedad y la naturaleza, tres elementos que se entrelazan para promover la sostenibilidad como prioridad para construir un futuro equitativo, justo y de bienestar para todos y todas.

1.5.2 Producto Interno Bruto PIB

El Producto Interno Bruto (PIB) es un indicador económico que mide el valor de todos los bienes y servicios finales producidos en un país durante un periodo determinado (generalmente un año). El crecimiento del PIB indica el aumento del valor de la producción total de un país en comparación con el periodo anterior. El crecimiento del PIB es importante para un país porque se considera como una medida del progreso económico. Un aumento en el PIB generalmente significa que una economía está generando más riqueza y produciendo más bienes y servicios, lo que a su vez puede traducirse en empleo y mejores condiciones de vida para los ciudadanos siempre y cuando la distribución de dicha riqueza vaya acompañada de políticas redistributivas que permitan el aprovechamiento de dicha riqueza con justicia social.

- *La economía guatemalteca se puede considerar como una economía en constante crecimiento, en desarrollo.*
- *Es la economía más grande (por volumen de PIB) de Centro América.*
- *Para el año 2022 registro un PIB de Q 569,127.1 (millones de Q) US\$ 73,15 (millones de dólares de US), según el Banco de Guatemala.*

De acuerdo con el PIB per cápita, el país se encuentra entre los llamados países de Renta Media Alta, según la clasificación que hace el Banco Mundial de la economía global, con esa clasificación, una economía con renta media alta tiene ingresos per cápita en el rango de US \$ 4,046 a US \$ 12,535 dólares US\$ por año. En el 2019 el PIB per cápita del país fue de US \$ 4,619.00 per cápita (Q36 mil), lo que se ubicó dentro del rango de renta media alta RMA. A partir de ahí, el país se ha mantenido en ese rango.

Guatemala ha sido la economía menos afectada de la región por la crisis sanitaria, con una caída del PIB de apenas el 1,5% en 2020 (frente al 8% de caída media del conjunto de Iberoamérica y el Caribe) y un crecimiento del 7,58% en 2021, el nivel más alto de los últimos 40 años.

Guatemala ha sido, por tanto, una de las economías ganadoras de la pandemia, y así lo demuestra el crecimiento esperado en 2022, del 4,5%, superior al crecimiento promedio experimentado por el país desde principios de siglo. A ello ha contribuido la solidez macroeconómica del país, que le ha otorgado un amplio margen de actuación; el reducido peso del turismo y la gran importancia del sector primario (que representa más del 10% del PIB); e incluso la gran incidencia de la economía informal. Además, el consumo privado se ha visto favorecido por el buen comportamiento de las remesas, que han seguido creciendo y suponen ya más del 18% del PIB (un peso superior al de las exportaciones).

De acuerdo a (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2022) y el Banco de Guatemala, en el siguiente cuadro se describe la estructura del producto interno bruto del año 2018 al año 2022:

Estructura del Producto Interno Bruto					
Distribución por sectores de actividad (%)	Año				
	2018	2019	2020	2021	2022
Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	9.4	9.4	9.9	9.4	9.3
Explotación de minas y canteras	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
Industrias manufactureras	14.0	13.8	14.1	14.0	14.2
Suministro de electricidad, agua y saneamiento	2.2	2.4	2.4	2.3	2.8
Construcción	4.7	5.2	5.1	5.4	4.7
Comercio y reparación de vehículos	19.2	19.2	19.7	20.2	18.3
Transporte y almacenamiento	3.1	3.0	2.8	3.0	2.5
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	3.1	3.1	2.4	2.5	2.9
Información y comunicaciones	4.0	3.9	3.8	3.7	4.7
Actividades financieras y de seguros	3.7	3.9	3.9	3.8	4.3
Actividades inmobiliarias	8.5	8.3	8.5	8.1	9.1
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2.5	2.4	2.3	2.3	2.5
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	3.3	3.2	3.1	3.2	3.7
Administración pública y defensa	4.4	4.2	4.4	4.1	3.8
Enseñanza	4.6	4.7	4.7	4.5	3.6
Salud	2.5	2.6	2.7	3.0	2.6
Otras actividades de servicios	4.1	4.1	3.7	3.7	3.6
Impuestos netos	6.1	6.1	5.7	6.2	6.2
TOTAL	100	100	100	100	100

Cuadro 1.4 Estructura del producto interno bruto
Fuente: Banco de Guatemala.

2019	515,350.3	4.0	1/ Millones de quetzales en medidas encadenadas de volumen con año de referencia 2013 2/ Millones de quetzales de cada año p/ Cifras preliminares
2020 p/	506,115.9	(1.8)	
2021 p/	546,617.4	8.0	
2022 p/	569,127.1	4.1	

Cuadro 1.5 Guatemala, PIB Real y variación anual
Fuente: Banco de Guatemala

Año	2019	2020	2021	2022
Guatemala	RMA	RMA	RMA	RMA

Cuadro 1.6 Clasificación Banco Mundial según nivel de ingresos
Fuente: Datos Banco Mundial

RMB = Economías de Renta Media Baja

RMA = Economías de Renta Media Alta

El año 2021, el PIB per cápita de Guatemala fue de 31,946 dólares a precios constantes y 5,025 dólares en precios reales de 2017. Para el año 2020, el PIB per cápita fue de 60,026 dólares a precios constantes y 4,604.6 dólares en precios reales de 2017.

Según el Banco de Guatemala para el 2022 se incrementó un 4.5%, mientras que la actividad económica para el 2021 registró un crecimiento del 8.0%. Se tuvo una mayor demanda del consumo de hogares y consumo del gobierno en general, así como mayor dinamismo en las importaciones y en la demanda externa.

El IMAE es el índice mensual de la actividad económica es una medida de la evolución de la actividad real de la economía en el corto plazo y lo utiliza el Banco de Guatemala para una medida del desarrollo de la economía. La actividad económica, medida por la estimación del IMAE registró una tasa de variación de 4.4% respecto de febrero 2022 (4.7%), lo que significa que decreció en un porcentaje mínimo a la misma fecha del año anterior, pero se incrementó respecto al último trimestre del año 2022, tomando en cuenta que el promedio del año fue de 3.5%.

Para el año 2022, el origen de la producción se explica así: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con 9.4%, Minas y canteras, 0.6%, Industria 14%, Construcción 5.4%, Comercio 20.3%, transporte 3.0%, turismo 2.5%, actividades financieras 3.8%, Inmobiliarias 8.1%, educación 4.5%, sector público 4.1%, salud 3.0%.

El índice de inflación para diciembre del año 2020 fue de 4.82%, para esa misma fecha para el año 2021 fue de 3.07% y para diciembre del 2022 fue del 9.24%, lo que significa un proceso inflacionario que se está manifestando en el 2023. Para el primer trimestre del 2023 la inflación es del 9.94%. La expectativa es que para el año 2023 se alcance un máximo de inflación de 6.5% anual y esta baje a 5.10% para el 2024. El ritmo inflacionario para abril 2023 se sitúa en 8.71%, dos puntos porcentuales más bajo que enero del mismo año. Entre los factores que explican la inflación, según el Banco de Guatemala, están: inflación externa, precio de la energía, desempeño de la política monetaria, precio de las materias primas, política fiscal, estacionalidad de la producción agrícola y las condiciones climáticas.

Los índices de precios al consumidor al año 2022 se ha perdido 0.41 de poder adquisitivo, frente a mayo del 2011 que inició el primer cambio de parte del Instituto Nacional de Estadística. De acuerdo a la variación histórica interanuales desagregado por las doce divisiones de gasto, el rubro que más a crecido y que explica el incremento inflacionario es el de alimentos y bebidas con un 15.38%, seguido de restaurantes y hoteles con 9.98%.

El tipo de cambio de referencia para diciembre de 2022 es de Q7.79. El ingreso de remesas familiares se ha incrementado llegando a récord histórico en el 2021, con 34.95 de incremento. Esperando que para el 2023 se logre un ingreso por remesas del 20.4% del PIB, lo que equivaldría a 19 mil millones de dólares, lo que significa un crecimiento del 2.3% respecto al año 2022.

Las exportaciones por su parte han disminuido el último año, pasando del 22.7% del 2021 al 15.1% del 2022 y se espera que para el 2023 puedan llegar solamente al 7.5% con un monto de US 16,610 miles de dólares. Mientras que las importaciones también muestran una tendencia a la baja, pero siguen siendo más altas que las exportaciones por lo que hay una balanza de pagos negativa para el país. Las importaciones se ubican en 34,693 miles de dólares como estimado para el 2023, frente a los 32,123 miles de dólares que se tuvo en el 2022. Lo que implica un déficit de la balanza de pagos del 1.1% estimado para el 2023.

- *Deuda pública. En el año 2021, el 58.1% es deuda interna y el 41.9% es deuda externa. El costo de dicha deuda es del 17.4% del PIB para pago de intereses.*
- *Respecto a la clasificación de riesgo país, S&P Global Ratings mejoró la clasificación de riesgo crediticio de Guatemala de BB- (con perspectiva positiva) a BB (con perspectiva estable), basando dicha decisión, principalmente, en la resiliencia y en la estabilidad macroeconómica.*
- *Para el año 2021, fue para protección del ambiente 45.1%, atención a desastres 33.1 %, cumplimiento de los ODS 46.2% y para aspectos sociales el principal destino de la deuda público fue al sector salud 21.4%, seguido del gasto social con 11.8%.*
- *Salario mínimo para el 2023*
- *Agrícola Q 3,073.60*
- *No agrícola Q 3,166.38*
- *Maquila Q 2,893.54*

1.5.3 Índice de competitividad

Guatemala ha obtenido 53,52 puntos en el Índice de Competitividad de 2019, publicado por el Foro Económico Mundial, que mide cómo utiliza un país sus recursos y capacidad para proveer a sus habitantes de un alto nivel de prosperidad. Ha mejorado su puntuación respecto al informe del año anterior en el que obtuvo 53,36 puntos.

Ese valor sitúa Guatemala en el puesto número 98, es decir que tiene un nivel de competitividad mundial bastante deficiente si lo comparamos con el resto de los 141 países del ranking. Ha empeorado su situación, ya que en 2018 estaba en el puesto 96.

- *Indicadores relacionados con el índice de competitividad:*
- *Extorciones por 100.000 hab. 231.9 (Datos PNC, 2021)*
- *Homicidios por 100,000 hab. 42.82 (Datos PNC, 2021)*
- *Déficit habitacional (% hogares) 32.30 (INE 2018)*

La relación entre el PIB y el Índice de Desarrollo Humano, que mide las distintas dimensiones del desarrollo y el bienestar frente el nivel de riqueza generado por la sociedad.

Año	IDH	Variación	Incremento
2022	0.622		
2021	0.621	+	0.014
2020	0.635	-	0.013
2019	0.663	+	0.012

Cuadro 1.7 Guatemala, evolución del IDH
Fuente: Elaboración propia según datos de HDR, UNDP 2022.

Se puede decir que el país ha incrementado su IDH a lo largo del tiempo, pero eso no ha significado una mejoría y ese crecimiento no ha sido constante, ni tampoco sostenida, más bien se ha mantenido estancada y en algunos casos hay retroceso.

Años	Esperanza de vida	EV mujeres	EV hombres
2021	72.87	73.62	70.13
2020	71.90	75.55	68.26
2019	73.13	75.81	70.44
2018	72.09	73.96	70.23

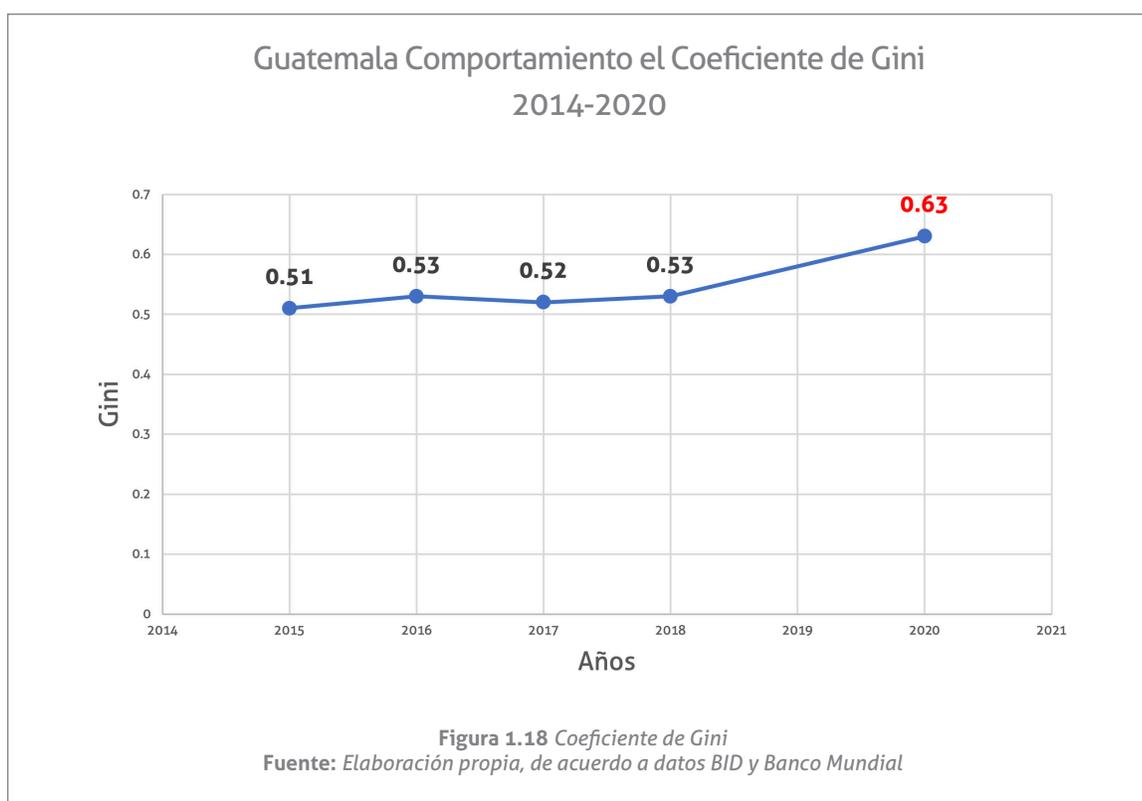
Cuadro 1.8 Esperanza de vida

Para Guatemala el IDH para el 2019 es de 0.663, pero al descontar la desigualdad los datos de los indicadores que componen el índice, estos cambian y reflejan las pérdidas (retrocesos) que el país ha tenido a lo largo del tiempo en materia de desarrollo humano.

	Valor IDH-D	Pérdida total %	Coefficiente Desigualdad humana	Desigualdad Esperanza de vida	Desigualdad en educación	Desigualdad de ingresos
Guatemala	0.481	27.5	26.9	14.6	30.8	35.4

	Valor índice desigualdad de género	Clasificación IDG	Mujeres con cargos en el parlamento	Tasa de participación en fuerza de trabajo %	
			Porcentaje	Mujeres	Hombres
Guatemala	0.479	119	19.4	39.9	86.3

Cuadro 1.9 Desigualdad de género en función del IDH
Fuente: Elaboración propia según datos de PNUD.



1.5.4 Recaudación tributaria

La carga tributaria del 2022 fue de 12.1% y del 2020 del 11.7%. En los últimos 10 años (2012-2021) los impuestos directos solo contribuyen en la recaudación en un 35.0%, mientras que el 65% corresponde a los impuestos indirectos (SAT, 2022).

Guatemala tiene la presión fiscal más baja de la región centroamericana, con una carga de solamente el 10.9% del PIB para el año 2019, y del 11.7% para el 2020, en donde el impuesto sobre la renta solamente contribuye en un 3.5%, en comparación del 6.2% de impuestos al consumo. Con respecto al impuesto al patrimonio y al impuesto sobre la renta dicha cifra se calcula en torno a Q8,700 millones. Para el 2021 la SAT calcula una evasión fiscal del 18% respecto al IVA, lo que significa un aproximado de Q4,062 millones en concepto de pérdidas tributarias.

Recaudación y Carga Tributaria Neta

Expresado en miles de millones Q

Año	PIB	Recaudación Neta	Carga Tributaria
2018	551.3	58.8	10.7%
2019	393.9	62.5	10.5%
2020	599.4	60.2	10.1%
2021	665.0	78.0	11.7%
2022	733.85	88.57	12.1%

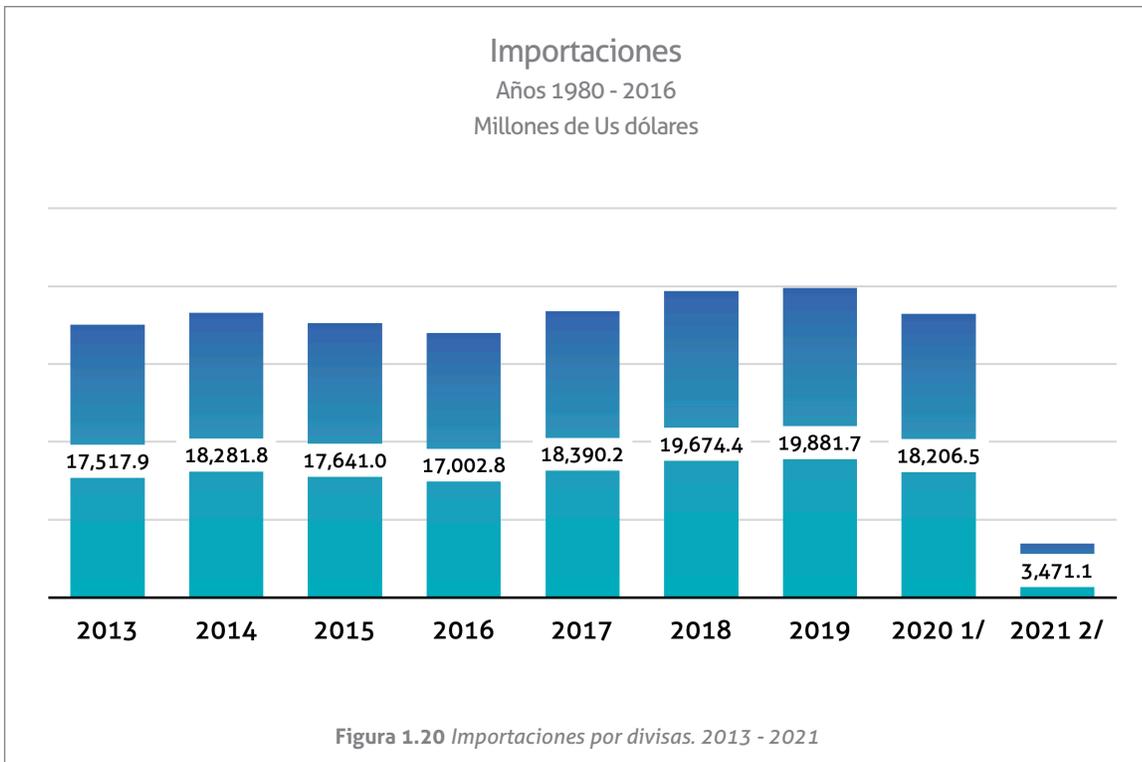
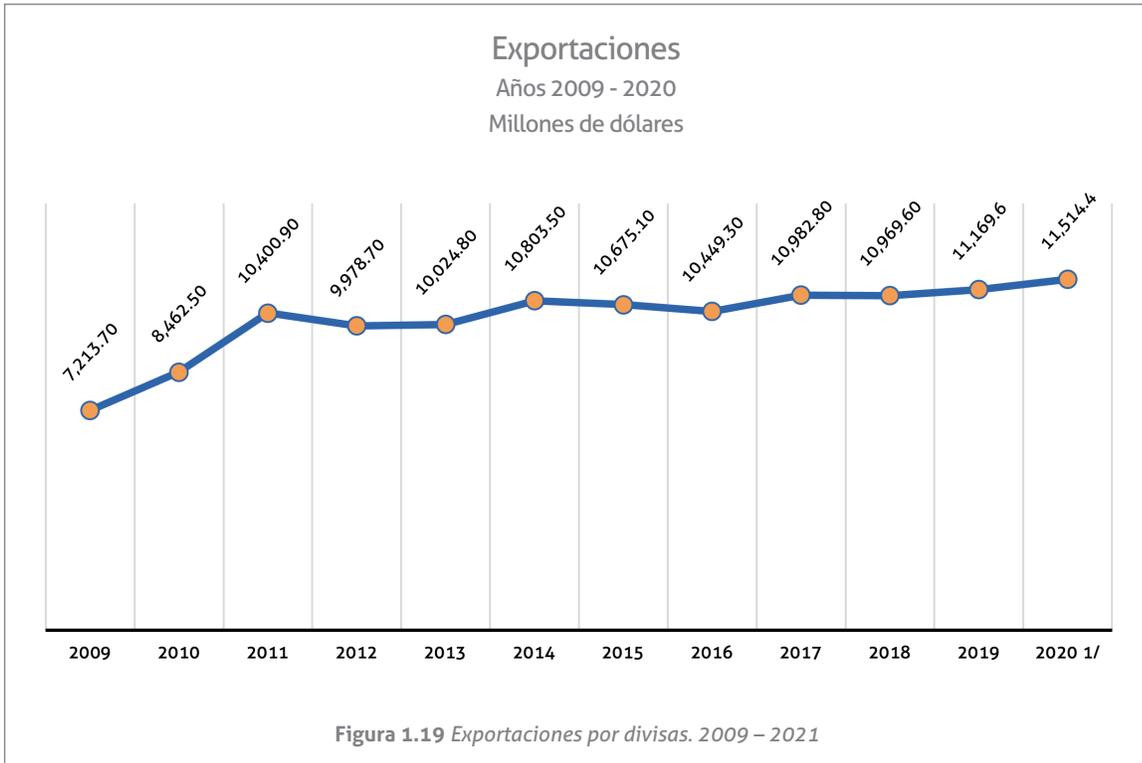
Cuadro 1.10 *Recaudación tributaria 2018 – 2022*
Fuente: Ministerio de Finanzas Públicas.

Situación Financiera Gobierno Central

Millones de Quetzales

Concepto	2019	2020	2021
Ingresos	66,468.1	63,998.9	82,170.9
- Corrientes	66,464.5	63,966.6	81,988.2
Tributarios	62,593.6	60,279.4	78,019.1
No tributarios	3,870.9	3,717.2	3,969.1
- De Capital	3.6	2.3	182.7
Donaciones	86.7	66.7	124.1
Gastos	79,836.3	93,529.0	90,065.8
- De funcionamiento	63,550.6	75,569.0	74,258.4
- De capital	16,285.7	17,960.0	15,807.4
Déficit Presupuestal	-13,281.5	-29,463.4	-7,770.8
Relación Déficit /PIB	2.2	4.9	1.2
Carga Tributaria	10.5	10.1	11.7

Cuadro 1.11 *Situación financiera Gobierno Central 2019-2021*
Fuente: Ministerio de Finanzas Públicas.



Guatemala: Ingreso de Divisas por Remesas Familiares en millones de US dólares

Años: 2002 - 2022

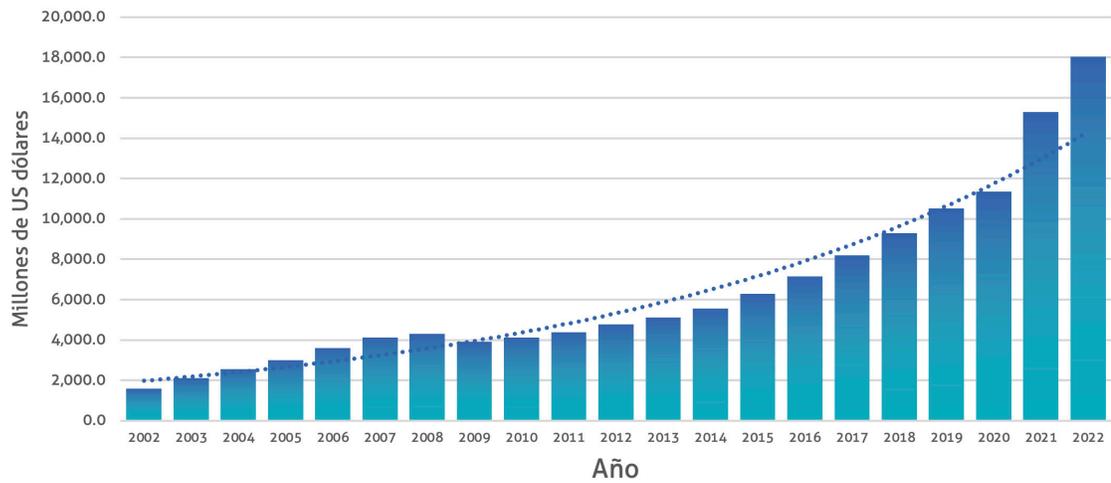


Figura 1.21 Ingreso de divisas por remesas familiares. 2002 – 2022

Inversión Extranjera Directa

Años 2006 - 2020

Millones USD y Variación Porcentual



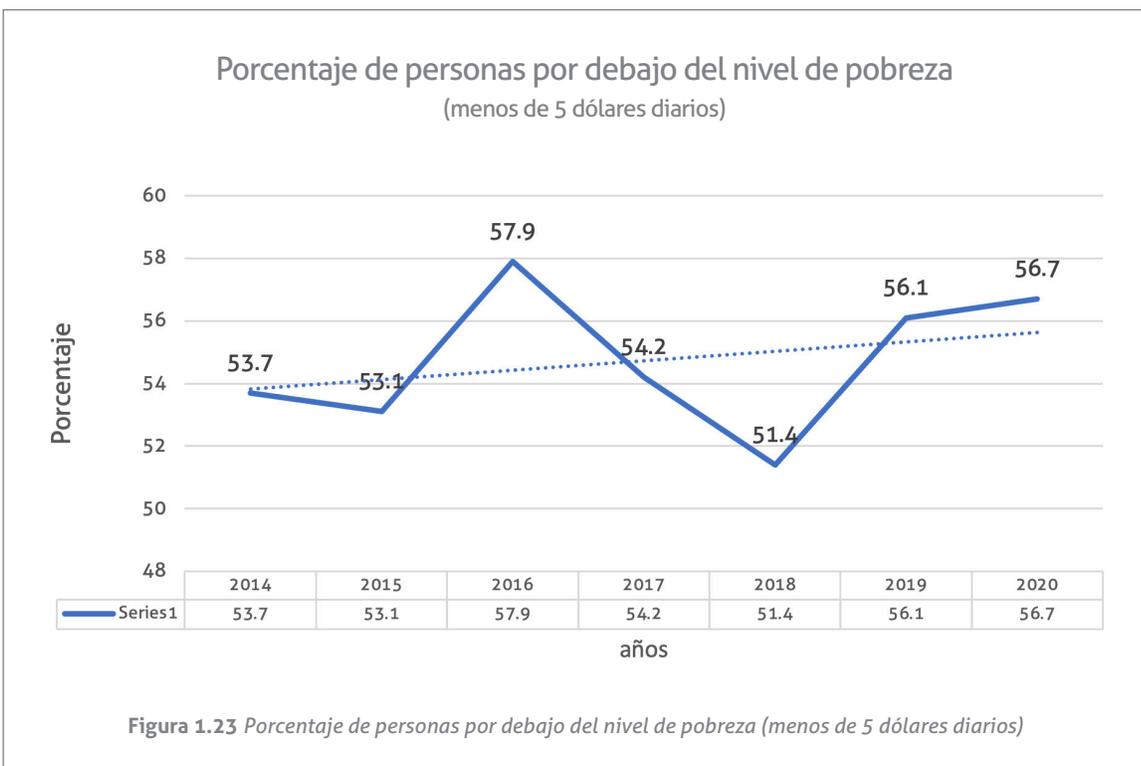
Figura 1.22 Inversión extranjera directa. 2011 -2020

1.5.5 Riesgo climático

Indicador	Año 2017	Año 2020
Valor Índice de Riesgo Climático	33.8	38.33
Muertes Promedio (año)	97.3	31
Muertes por cada 100 mil habitantes	0.8	-
Pérdidas en millones de dólares US	401.5	-
Número de eventos promedio anual	76	-

Cuadro 1.12 Riesgo climático
Fuente: Global Climate Risk Index

1.5.6 Pobreza



Para el Banco Mundial, la línea de pobreza se ubicaba en 56% para el año 2020, con una tendencia en crecimiento.

Año	1982	2000	2006	2014	2018	2020
Indicador	65.4%	56.0%	51.0%	59.29%	51.4%	56.7%

Cuadro 1.13 Indicadores históricos de pobreza en Guatemala
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, Encovi y CEPAL.

Los departamentos con los niveles de pobreza más altos, son habitados en su gran mayoría por indígenas: Alta Verapaz (83.1%) Sololá (80.9%) Quiché (74.7%).

1.5.7 Canasta básica de alimentos

Mes	Año 2018		Año 2019		Año 2020	
	Costo Diario	Costo Mensual	Costo Diario	Costo Mensual	Costo Diario	Costo Mensual
Ene	118.14	3,552.32	119.08	3,572.38	118.72	3,561.52
Feb	117.81	3,534.36	118.17	3,545.22	118.10	3,543.13
Mar	117.91	3,537.28	118.81	3,564.44	119.01	3,570.29
Abr	117.34	3,520.15	118.95	3,568.62	120.50	3,615.00
May	116.74	3,502.18	118.08	3,542.30	120.82	3,624.61
Jun	117.45	3,523.49	119.51	3,585.33	122.30	3,668.90
Jul	118.06	3,541.88	119.90	3,597.03	122.51	3,675.16
Ago	120.32	3,609.56	119.55	3,586.58	120.99	3,629.62
Sep	118.36	3,550.65	119.07	3,571.96	120.42	3,612.49
Oct	118.93	3,567.78	119.73	3,592.02	119.65	3,589.51
Nov	119.92	3,597.45	119.55	3,586.58	119.98	3,599.54
Dic	118.66	3,559.84	119.50	3,584.91	99.65	2,989.38

Cuadro 1.14 Guatemala, costo diario y mensual de la Canasta Básica Alimentaria
Fuente: Elaboración propia según datos del INE.

Durante el año 2021, la canasta básica de alimentos fue de Q2,984.73, al mes de enero. Mientras que las Canasta Ampliada para el mismo mes y año, fue de Q 6,891.55. Al año 2022, la canasta básica de alimentos fue de Q3,454.98, al mes de enero. Mientras que las Canasta Ampliada para el mismo mes y año, fue de Q 7,977.33. La CBA contiene 34 productos y cuantifica los gramos sugeridos para un hogar de 4.77 miembros, lo cual cubriría el requerimiento energético de 2,262 calorías.

Salario mínimo para el 2022

- Agrícola Q 3,073.60
- No agrícola Q 3,166.38
- Maquila Q 2,893.54

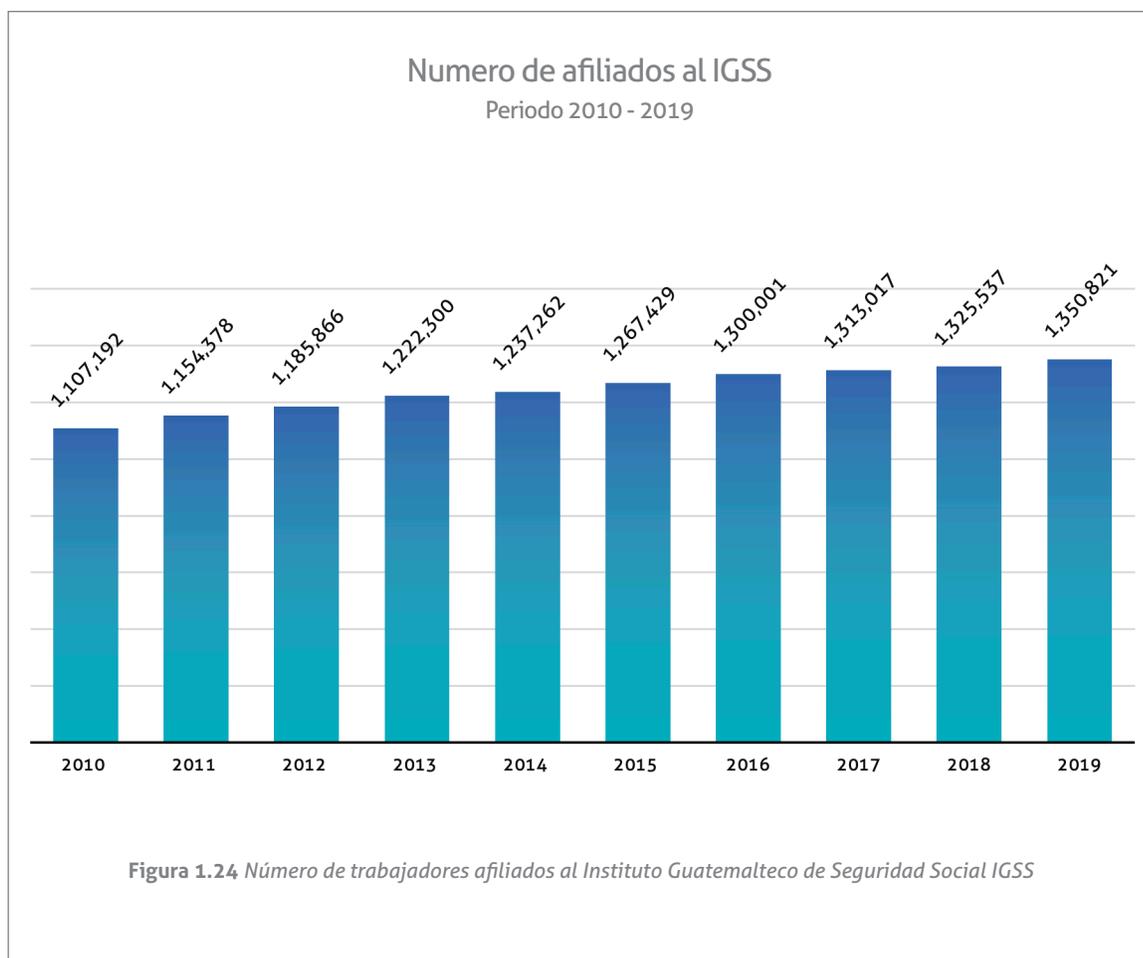
Año	Canasta Básica Alimenticia	Canasta Ampliada	Salario mínimo agrícola	Salario mínimo no agrícola	Salario mínimo maquila
2014	3,054.43	5,573.77	2,530.34	2,530.34	2,346.06
2015	3,400.73	6,205.70	2,644.40	2,644.40	2,450.95
2016	3,793.34	6,994.71	2,747.40	2,747.40	2,534.15
2017	4,211.37	7,224.09	2,893.21	2,893.21	2,667.52
2018	3,559.84	8,219.44	2,992.37	2,992.37	2,758.16
2019	3,584.91	8,277.33	2,992.37	2,992.37	2,758.16
2020	2,989.38	6,902.29	2,992.37	3,075.10	2,831.77
2021	2,978.10	6,876.24	2,992.37	3,075.10	2,831.77

Cuadro 1.15 Guatemala: comparativo CBA y CA frente al salario mínimo
Fuente: Elaboración propia con datos del INE y Ministerio de Trabajo.

1.5.8 Salud

Indicador	
Tasa mortalidad infantil	20.0
Razón de mortalidad materna	95
Tasa de fecundidad	67.0
Población por debajo del mínimo de consumo de energía alimentaria	16.8
Incidencia TB	24.0
Gasto público y privado en salud	6.2

Cuadro 1.16 Indicadores básicos de salud 2022
Fuente: Elaboración propia con datos de Cepal- Banco Mundial.



1.5.9 Educación

Estructura del Sistema Educativo Nacional está integrada en cuatro niveles: Primer nivel: educación inicial hasta los 4 años de edad; segundo nivel: educación pre- primaria, párvulos 1, 2 y 3; tercer nivel: Educación primaria, 6 años, de primero a sexto grado. Adultos, educación acelerada en 4 etapas; y cuarto nivel: educación media, compuesta por educación básica, 3 años, de primero a tercero básico, y educación diversificada, de 2 a 3 años dependiendo de la carrera seleccionada.

Nivel /sector	Oficial	%	Privado	%	Cooperativa	%
Pre primaria	570,706	18.4%	60,124	7.1%		
Primaria	2,115,405	68.3%	278,361	32.9%		
Básico	318,653	10.3%	243,948	28.9%	142,538	85.7%
Diversificado	90,942	2.9%	262,984	31.1%	23,665	14.3%
Total	3,095,706	100%	845,417	100%	166,203	100%

Cuadro 1.17 Estudiantes escolarizados por sector y por nivel. Año 2022
Fuente: Elaboración propia según las Estadísticas Ministerio de Educación Guatemala.

Renglón	Cantidades
Población Total	16,858,333
Total, de estudiantes inscritos	4,133,074
Estudiantes inscritos en edad	3,320,069
Población en edad escolar	5,046,390
Total, de estudiantes fuera del sistema escolar	913,316
Tasa de cobertura escolar bruta	65%
Tasa de cobertura escolar neta	82%

Cuadro 1.18 Datos de escolarización, año 2022
Fuente: Elaboración propia según datos de Mineduc-INE.

Indicadores estratégicos de desarrollo	Valor y Año Base	Meta 2019	Meta 2024	Meta 2032
Tasa neta de cobertura educación primaria	2015 80.4	77.7	80.0	85.0
Tasa de finalización de la educación primera	2015 50.1	Sin datos	Sin Datos	Sin Datos
Tasa de promoción en el nivel primario	2015 87.4	88.0	90.0	92.0
Tasa de fracaso escolar nivel primario	2015 15.6	13.0	10.0	7.0
Tasa de analfabetismo	2015 13.1	8.8	3.0	3.0

Cuadro 1.19 Estimación de cumplimiento de Metas y Objetivos de los ODS
Fuente: Elaboración propia según datos de Segeplan ODS.

Guatemala, gasto en educación como porcentaje del PIB

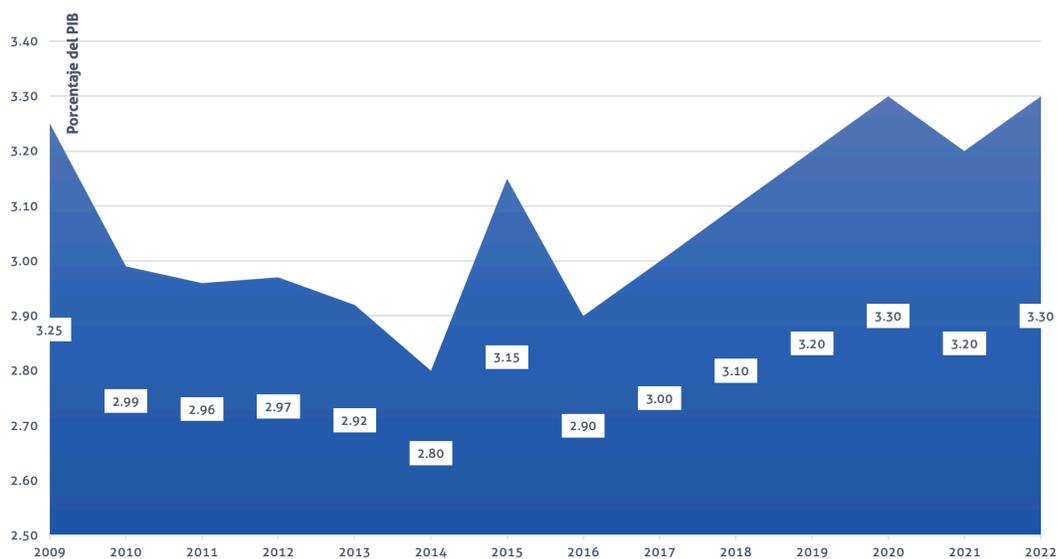


Figura 1.25 Gasto en educación como porcentaje del PIB. 2009 -2022
Fuente: Banco Mundial

Indicador	2022
Alfabetizaciones jóvenes (15-24 años)	95.8
Hombres	96.2
Mujeres	95.4
Tasa neta de matrícula (primaria)	90.6
Hombres	90.0
Mujeres	91.2
Tasa neta de matrícula (secundaria)	33.9
Hombres	34.3
Mujeres	33.5
Tasa de finalización de la enseñanza secundaria	54.6
Hombres	54.9
Mujeres	54.2
Gasto Público en Educación	3.1

Cuadro 1.20 Indicadores educativos año 2022
Fuente: Elaboración propia según datos de Cepal – Mineduc.

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Guatemala	RMB	RMB	RMB	RMA	RMA	RMA	RMA
Población	15,567	15,827	16,727	16,347	16,604	16,858	17,109
PIB Per cápita	30,578	31,716	32,727	33,729	35,771	35,555	38,869
Variación PIB/pc	5.7	4.5	6.7	0.8	3.6	-0.9	9.1
IDH	0.645	0.649	0.650	0.651	0.663	0.663	0.664
Tasa neta matrícula							
- Primaria	82.3%	80.4%	78.7%	87.1%	90.2%	92.2%	93.7%
- Básico	44.1%	45.8%	46.3%	44.3%	48.3%	49.7%	49.2
- Diversificado	24.3%	23.9%	224.5%	24.9%	25.3%	26.0%	26.2%
Años de escolaridad	5.1	5.4	5.8	6.0	6.6	6.0	5.8
Gasto Educativo %PIB	3.15	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30	3.20

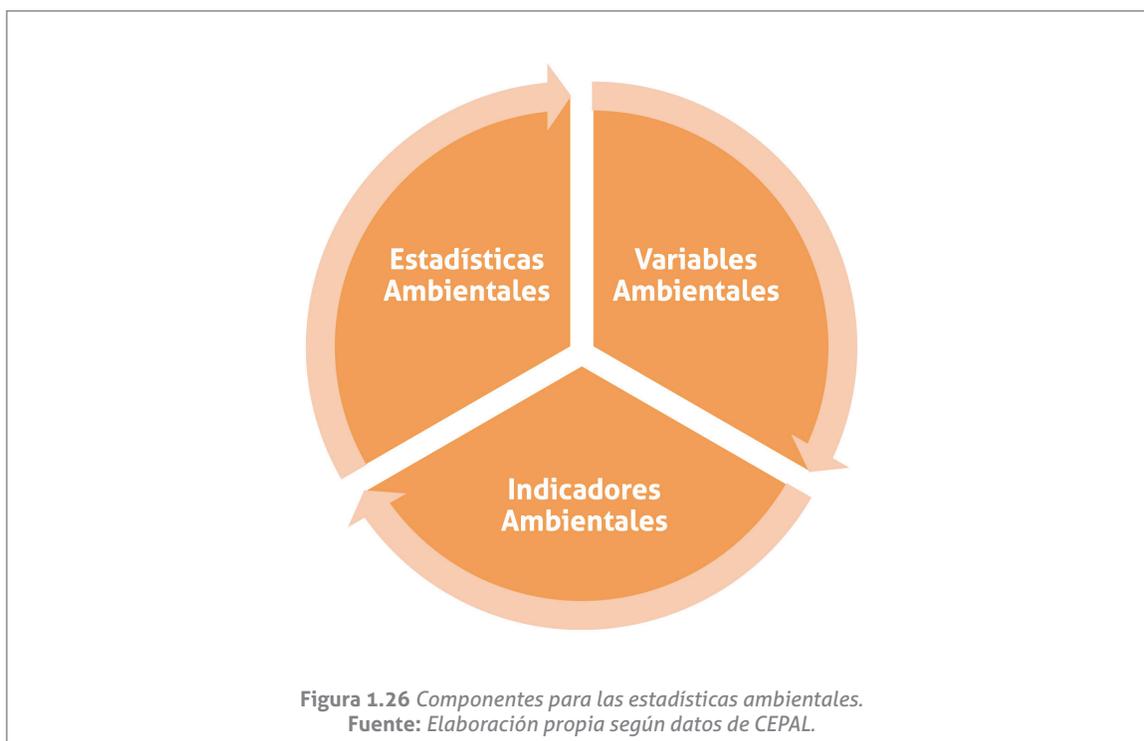
Cuadro 1.21 Indicadores económicos y de desarrollo
Fuente: Elaboración propia según datos de Bando mundial, Informe PNUD, XII Censo Nacional, Cuentas Nacionales Banco de Guatemala y MINEDUC.

1.6 Estadísticas Ambientales

Las estadísticas ambientales no son nada más que datos estadísticos que se generan a partir de variables ambientales.

Las variables ambientales que se consideran son: agua, aire, clima, biodiversidad, suelos, bosques, ecosistemas marinos, residuos y desechos sólidos, entre otras variables que determinan su estado en el territorio y en el tiempo. Para ello son necesarios los indicadores ambientales, los cuales son los encargados de describir y mostrar el estado de las variables anteriormente mencionadas.

En la siguiente figura se encuentran los actores principales para generar estadísticas ambientales:



1.6.1 Lineamientos para la Elaboración del Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala

El Instituto Nacional de Estadística -INE- a través del Sistema Estadístico Nacional -SEN-, es quien promueve y da a conocer los datos estadísticos ambientales en el país de Guatemala, por medio de una herramienta que permite la investigación y compilación de la información que se requiera.

Esta herramienta es denominada "Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala". Tiene como propósito recopilar todos los datos ambientales necesarios en el país y darlos a conocer finalmente por el Sistema Estadístico Nacional -SEN-. (Lineamientos para la Elaboración del Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala, 2020). Para elaborar el compendio se necesitan principalmente de los siguientes aspectos:

1. El contexto ambiental en general

2. Los parámetros de calidad que debe considerar toda actividad estadística Estos lineamientos permiten reflejar los datos estadísticos sobre las principales dinámicas ambientales en el territorio y en el tiempo:

- *Agua*
- *Aire*
- *Clima*
- *Biodiversidad*
- *Suelo*
- *Uso del suelo*
- *Bosques*
- *Borde costero*
- *Ecosistemas marinos*
- *Residuos y desechos sólidos*
- *Contaminación*
- *Acceso al agua y saneamiento*

3. La legislación ambiental

1.6.2 Clima y zonas de vida

El clima en Guatemala es muy cálido, con una media anual de 32°C. La época lluviosa es de mayo a octubre y la época seca de noviembre a abril.

Cabe mencionar que las condiciones del clima en cada región tienen sus propias características, dependiendo de la topografía regional, vegetación, geología y tipos de suelo. (FUNCAGUA, 2020)

De acuerdo a estas características en Guatemala se definen seis regiones que son:

- *Región Caribe*
- *Región de los Valles de Oriente*
- *Región de Occidente*
- *Región Boca Costa*
- *Región Pacífico*
- *Región del Altiplano Central*
- *Región Franja Transversal del Norte*
- *Región Norte*

En el siguiente mapa se muestran las regiones climáticas de Guatemala:

Regiones Climáticas
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-

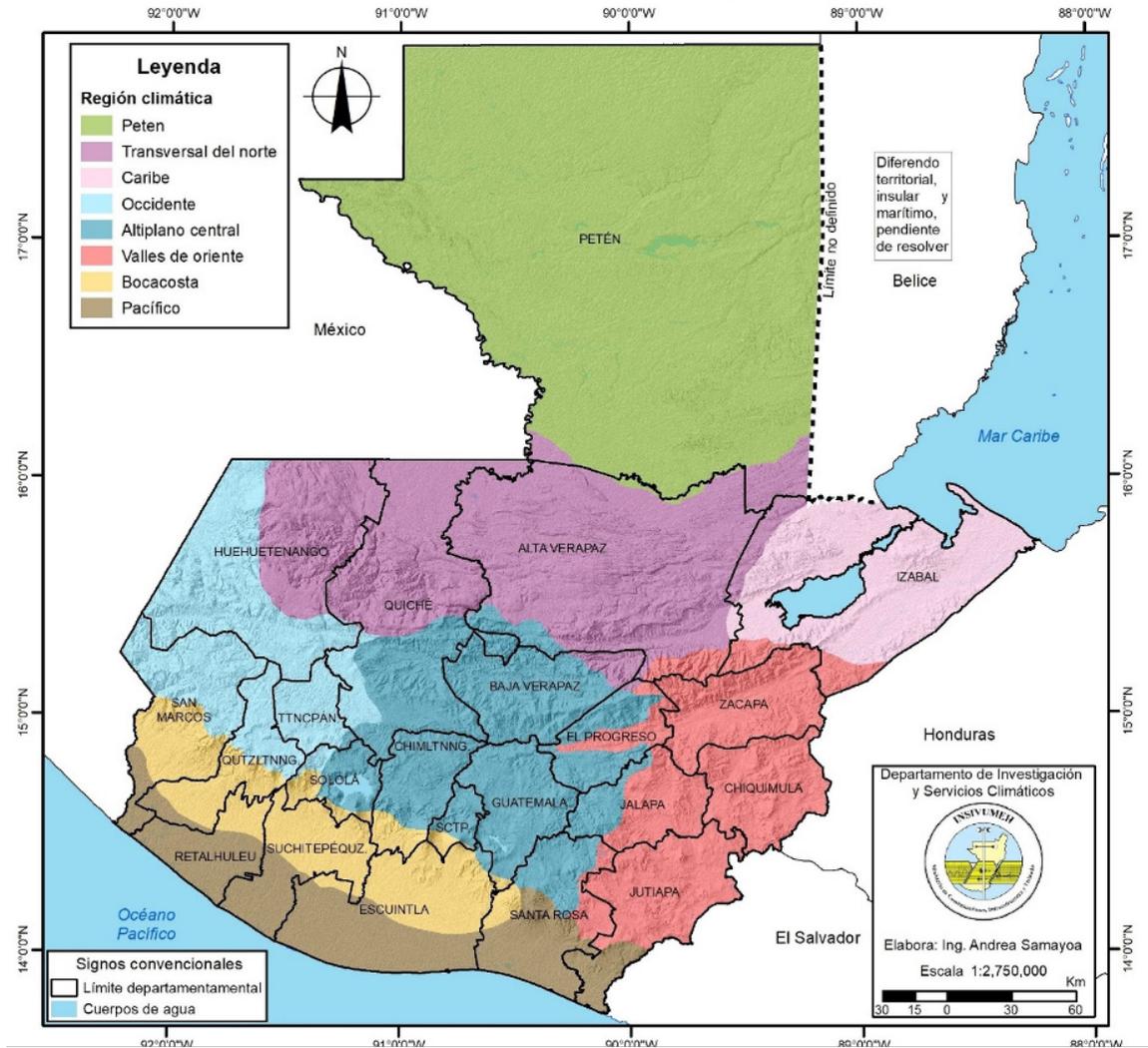


Figura 1.27 Regiones climáticas de Guatemala
 Fuente: INSIVUMEH, 2020.

• 1.6.2.1 Precipitación pluvial media anual

Según datos del Perfil Ambiental de Guatemala (Gerónimo Pérez I., 2022) la precipitación pluvial anual por cuenca y vertiente hidrográfica durante el período 2001-2018 fue la siguiente:

Precipitación Pluvial Anual por Cuenca y Vertiente Hidrográfica				
Vertiente	Cuenca	Precipitación mínima (mm)	Precipitación media (mm)	Precipitación máxima (mm)
Caribe	Bahía de Amatique	2,307.31	3,041.29	3,316.85
	Cahabón-Polochic-Lago de Izabal	1,755.28	2,859.32	4,358.67
	Hondo	1,107.02	1,327.75	1,607.49
	Mohó	3,039.01	3,312.69	3,403.06
	Mopán	1,243.56	1,945.01	2,983.38
	Motagua	634.57	1,578.50	2,923.35
	Sarstún	3,033.95	3,346.03	4,234.11
	Valores de la vertiente	634.57	2,155.47	4,358.67
	Candelaria	1,063.98	1,239.34	1,564.87
	Chixoy	1,132.15	2,844.08	5,119.30
Golfo de México	Cuilco	1,094.97	1,440.71	2,681.66
	Ixcán	1,467.06	3,134.77	6,255.11
	La Pasión	1,404.22	2,810.97	4,707.80
	Nentón	1,349.59	1,963.32	3,382.72
	Pojom	1,546.21	2,977.75	5,940.79
	San Pedro	1,093.78	1,603.60	2,669.14
	Selegua	1,136.80	1,628.27	2,925.38
	Usumacinta	2,011.56	2,610.11	3,082.61
	Xaclbal	1,538.64	3,248.92	5,527.15
	Valores de la vertiente	1,063.98	2,620.08	6,255.11
	Achiguate	1,046.02	1,884.37	3,454.00
	Atitlán-Madre Vieja	1,106.03	2,070.82	3,462.02
	Coatán	1,300.46	1,458.70	2,350.27
	Coyolate-Acomé	1,066.84	1,895.63	3,410.64
	Los Esclavos	1,118.56	1,517.34	2,137.32
Pacífico	María Linda	1,080.07	1,789.67	2,959.16
	Nahualate	1,113.61	2,326.16	4,006.96
	Ocosito-Naranjo	1,047.52	2,177.84	3,791.51
	Ostúa-Guija	1,004.27	1,288.38	1,730.46
	Paso Hondo	1,460.19	1,898.30	2,379.50
	Paz	1,052.33	1,351.56	1,756.84
	Samalá	911.78	1,556.46	3,939.60
	Sis-Icán	1,115.95	1,935.60	3,959.48
	Suchiate	1,171.69	2,376.56	3,597.75
	Valores para la vertiente	911.78	1,879.64	4,006.96

Cuadro 1.22 Precipitación pluvial anual, período 2001-2018
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022

• 1.6.2.2 Temperatura media anual

Según datos del Perfil Ambiental de Guatemala (Gerónimo Pérez I., 2022) la temperatura media anual en °C por cuenca y vertiente hidrográfica durante el período 2001-2018 es la siguiente:

Temperatura Media Anual por Cuenca y Vertiente Hidrográfica				
Vertiente	Cuenca	Temperatura media anual mínima (°C)	Temperatura media anual media (°C)	Temperatura media anual máxima (°C)
Caribe	Bahía de Amatique	21.58	26.7	27.43
	Cahabón-Polochic-Lago de Izabal	11.55	23.65	28.07
	Hondo	24.27	25.35	26.17
	Mohó	22.78	25.23	27.37
	Mopán	21.64	25.44	26.52
	Motagua	9.5	21.46	28.33
	Sarstún	19.69	26.15	27.75
	Valores de la vertiente	9.5	23.31	28.33
	Candelaria	24.72	25.62	26.5
	Chixoy	6.96	20.86	26.73
Golfo de México	Cuilco	7.65	16.06	24.28
	Ixcán	8.12	19.68	26.84
	La Pasión	17.59	25.91	27.14
	Nentón	6.9	18.79	25.3
	Pojom	10.52	18.82	25.9
	San Pedro	22.63	26.11	26.9
	Selegua	6.98	17.88	25.03
	Usumacinta	22.66	25.78	26.65
	Xaclbal	9.48	21.08	26.75
	Valores de la vertiente	6.9	22.62	27.14
Pacífico	Achiguate	6.28	23.02	28.13
	Atitlán-Madre Vieja	8.34	20.2	28.26
	Coatán	5.62	13.69	19.99
	Coyolate-Acomé	6.14	25.55	28.23
	Los Esclavos	13.63	23.39	28.92
	María Linda	7.66	24.06	28.39
	Nahualate	8.49	23.67	28.33
	Ocosito-Naranja	8.16	25.15	28.72
	Ostúa-Guija	13.93	23.21	27.55
	Paso Hondo	17.87	27.29	28.55
Paz	17.17	24.82	29.2	
Samalá	7.8	20.11	28.71	
Sis-Icán	13.95	27.15	28.49	
Suchiate	4.51	20.49	28.46	
Valores para la vertiente	4.51	23.08	29.2	

Cuadro 1.23 Temperatura media anual, período 2001-2018
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022

• **1.6.2.3 Zonas de vida:**

Guatemala presenta diversas zonas de vida de acuerdo a la clasificación del sistema de Holdridge:

- *Basal*
- *Premontano*
- *Montano bajo*
- *Montano*
- *Subandino*

El siguiente cuadro presenta las zonas de vida de acuerdo al piso altitudinal:

Piso altitudinal	Zona de vida	Extensión (ha)	Representación territorial (%)
Basal (0 - 1,139 msnm)	bms-T	81,887	0.76
	bs-T	2,079,181	19.21
	bh-T	3,432,450	31.71
	bmh-T	614,147	5.67
Premontano (63 - 2,209 msnm)	bs-PMT	479,743	4.43
	bh-PMT	1,593,266	14.72
	bmh-PMT	821,973	7.59
	bp-PMT	30,329	0.28
Montano bajo (1,045 - 3,962 msnm)	bh-MBT	1,207,002	11.15
	bmh-MBT	250,698	2.32
Montano (1,943 - 3,962 msnm)	bmh-MT	228,426	2.11
	bp-MT	2,609	0.02
Subandino (3,213 - 4,201 msnm)	bp-SAT	3,179	0.03

Cuadro 1.24 Zonas de vida de Guatemala

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

Además, según Holdridge, clasifica las provincias de humedad por vertiente, dada en hectáreas:

Provincias de Humedad por vertiente (hectáreas)					
Vertiente	Pluvial	Muy Húmeda	Húmeda	Seca	Muy Seca
Caribe	0	820,119	1,717,864	762,482	31,389
Golfo de México	34,828	1,829,812	2,336,227	869,944	0
Pacífico	41	368,965	1,204,855	833,091	0
Total	34,869	3,018,896	5,255,946	2,465,517	31,389

Cuadro 1.25 Humedad de provincias de acuerdo a la vertiente
Fuente: *Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.*

1.6.3 Biodiversidad y cobertura forestal

En Guatemala el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, es el encargado de gestionar y coordinar las actividades administrativas y productivas de las tierras forestales y bosques fuera de áreas protegidas. Sin embargo, para una adecuada administración de los recursos forestales se necesita del apoyo de otras instancias tales como: Municipalidades, Consejos de Desarrollo y Organizaciones Comunales, Organización No Gubernamentales (ONGs).

Según el (Plan Operativo Anual INAB, 2021) la cobertura forestal en el país, de acuerdo al estudio realizado en el 2019 por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (INAB, CONAP, MAGA MARN, UVG y URL, 2019), para el año 2016 contaba con una superficie de 3,574,244 hectáreas cubiertas de bosques, que equivalen a un 33% del territorio nacional. Del total de bosques existentes en el país, el 47.3% se ubica fuera de Áreas Protegidas, es donde tiene competencia directa el INAB.

En cuanto a la pérdida y recuperación de los bosques en el país, los análisis de la dinámica de la cobertura forestal del país para el período 2010-2016 mostraron:

- *Pérdida bruta de bosques de 680,566 hectáreas.*
- *Ganancia bruta de cobertura de bosque de 579,025 hectáreas, lo cual refleja un cambio neto de -101,542 hectáreas durante el período de análisis.*

Esto muestra que en el país se ha logrado disminuir la tasa de pérdida neta de la cobertura forestal, de -1.5% que se tenía en el período 2001-2006 a -0.5% para el 2010-2016; ese logro es producto en gran medida es gracias a las acciones que se han impulsado con los programas de incentivos forestales desde sus inicios ya que de 1998 al 2020, con esos programas se ha logrado la protección de los bosques naturales bajo manejo sostenible en más de 454,893 hectáreas y la recuperación de 170,973 hectáreas a través de plantaciones forestales y sistemas agroforestales.

• 1.6.3.1 Cobertura forestal por departamento

El siguiente cuadro establece la cobertura forestal por departamento, tomando en cuenta el área forestal en hectáreas, su proporción (área por departamento y país), y la proporción de acuerdo al área total de bosque. Estos son datos al año 2020.

No.	Departamento	Cobertura forestal 2016 (ha)	Cobertura forestal 2020 (ha)	Cambio neto (ha)	Cambio anual (ha/año)	Tasa de cambio anual (%)
1	Guatemala	55,915	54,362	-1,552.8	-388.2	-0.69%
2	El Progreso	38,741	37,633	-1,108.1	-277.0	-0.72%
3	Sacatepéquez	21,183	20,775	-408.6	-102.1	-0.48%
4	Chimaltenango	68,170	65,125	-3,045.0	-761.2	-1.12%
5	Escuintla	51,801	48,110	-3,690.9	-922.7	-1.78%
6	Santa Rosa	35,387	35,374	-13.3	-3.3	-0.01%
7	Sololá	37,233	37,112	-121.4	-30.4	-0.08%
8	Totonicapán	39,151	38,701	-450.8	-112.7	-0.29%
9	Quetzaltenango	67,566	68,149	583.1	145.8	0.22%
10	Suchitepéquez	49,519	57,136	7,616.4	1,904.1	3.85%
11	Retalhuleu	24,654	27,577	2,922.9	730.7	2.96%
12	San Marcos	100,877	103,502	2,625.0	656.3	0.65%
13	Huehuetenango	253,912	250,734	-3,178.4	-794.6	-0.31%
14	Quiché	276,018	272,797	-3,220.8	-805.2	-0.29%
15	Baja Verapaz	106,279	102,793	-3,485.6	-871.4	-0.82%
16	Alta Verapaz	384,354	366,596	-17,757.9	-4,439.5	-1.16%
17	Petén	1,654,310	1,639,237	-15,072.5	-3,768.1	-0.23%
18	Izabal	264,942	254,372	-10,570.0	-2,642.5	-1.00%
19	Zacapa	63,768	63,858	90.5	22.6	0.04%
20	Chiquimula	27,237	25,334	-1,903.1	-475.8	-1.75%
21	Jalapa	20,938	19,987	-950.1	-237.5	-1.13%
22	Jutiapa	12,347	12,302	-44.9	-11.2	-0.09%
	Total	3,654,303	3,601,567	-52,736	-13,184	-0.36%

Cuadro 1.26 Cobertura forestal por departamento
Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

• **1.6.3.2 Tipos de bosques**

A continuación, se describen los tipos bosques en Guatemala de acuerdo a su extensión (dada en hectáreas), siendo estos datos al año 2020.

Tipo de bosque	Extensión (ha)	%
Bosque de coníferas	297,952	2.76
Bosque latifoliado	2,752,789	25.49
Bosque mixto	522,056	4.83
Bosque de mangle	23,016	0.213
Bosque seco	410,221	3.80
Plantaciones forestales	67,639	0.63
Cultivo de hule	54,494	0.50
Humedal con bosque	7,341	0.07
Subtotal	4,135,507	38.29

Cuadro 1.27 Cobertura forestal por departamento

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

A continuación, se muestra el mapa de la cobertura forestal de Guatemala según datos de (Gerónimo Pérez I., 2022):

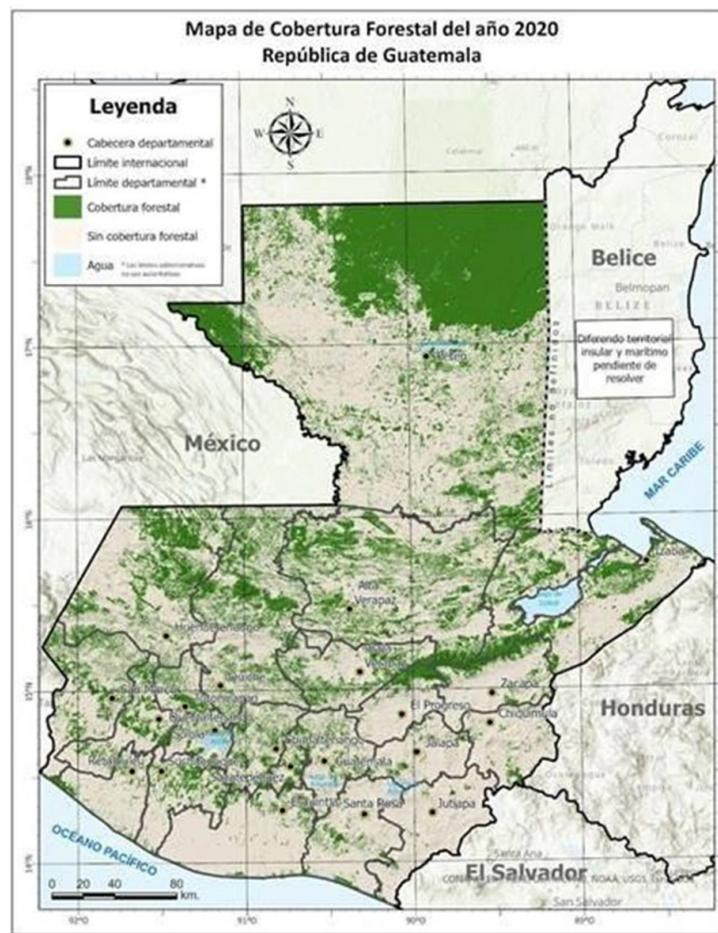


Figura 1.28 Regiones climáticas de Guatemala

Fuente: INSIVUMEH, 2020.

• 1.6.3.3 Geomorfología y Geología

Unidades Geológicas en Guatemala			
No.	Período Geológico	Área (ha)	Área (%)
1	Aluviones cuaternarios	1,917,129	17.71
2	Carbonífero-Pérmico	294,524	2.72
3	Cretácico	2,650,513	24.49
4	Cretácico-Eoceno	68,701	0.63
5	Cretácico-Terciario	567,624	5.24
6	Cuaternario	883,473	8.16
7	Eoceno	628,285	5.8
8	Jurásico-Cretácico	121,718	1.12
9	Pérmico	146,514	1.35
10	Paleoceno-Eoceno	771,113	7.12
11	Paleozoico	818,493	7.56
12	Terciario	1,751,354	16.18
13	Terciario superior-oligoceno	205,025	1.89

Cuadro 1.28 Unidades Geológicas en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala, URL,2022.

Clasificación Taxonómica de los Suelos	
Orden	Suborden
Alfisols	Aqualfs
	Udalfs
	Ustalfs
Entisols	Aquents
	Fluvents
	Orthents
	Psamments
	Aquolls
Mollisols	Rendolls
	Udolls
	Ustolls
	Aquerts
Vertisols	Uderts
	Usterts
	Aquands
Andisols	Udands
	Ustands
	Vitrands
Inceptisols	Aquepts
	Udepts
	Usteps
Ultisols	Aquult
	Humult
	Udult
	Ustult

Cuadro 1.29 Clasificación taxonómica de los suelos (orden y suborden)
Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL,2022

Guatemala se encuentra conformada por las siguientes regiones fisiográficas:

- *Llanura costera del pacífico*
- *Pendiente volcánica reciente*
- *Tierras altas volcánicas*
- *Tierras altas cristalinas*
- *Depresión del Motagua*
- *Tierras altas sedimentarias*
- *Depresión de Izabal*
- *Tierras bajas interiores de Petén*
- *Cinturón plegado del Lacandón*
- *Montañas mayas*
- *Plataforma sedimentaria de Yucatán*

En cuanto a su Orografía cuenta con 35 volcanes, siendo estos los siguientes:

Volcanes de Guatemala			
No.	Nombre	Altitud (m s.n.m.)	Departamento
1	Tajumulco	4,219	San Marcos
2	Tacaná	4,092	San Marcos
3	Acatenango	3,976	Chimaltenango y Sacatepéquez
4	Fuego	3,829	Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla
5	Agua	3,765	Sacatepéquez y Escuintla
6	Santa María	3,753	Quetzaltenango
7	Pico de Zunil	3,549	Quetzaltenango y Sololá
8	Atitlán	3,532	Sololá
9	Pico Santo Tomás (Pecul)	3,530	Quetzaltenango, Sololá y Suchitepéquez
10	Siete Orejas	3,187	Quetzaltenango
11	Cerro Quemado	3,186	Quetzaltenango
12	Tolimán	3,154	Sololá
13	San Pedro	3,034	Sololá
14	Cuxliquel	3,031	Tonicapán
15	Chicabal	2,898	Quetzaltenango
16	Lacandón	2,759	Quetzaltenango
17	Pacaya	2,591	Guatemala y Escuintla
18	Santiaguito	2,527	Quetzaltenango
19	Jumay	2,182	Jalapa
20	Alzatate	2,062	Jalapa
21	Cerro del Tobón	2,042	Jalapa
22	Suchitán	2,023	Jutiapa
23	Quetzaltepeque	1,914	Chiquimula
24	Jumaytepeque	1,814	Santa Rosa
25	Tahual	1,722	Jutiapa
26	Chingo	1,691	Jutiapa
27	Moyuta	1,674	Jutiapa

Volcanes de Guatemala			
28	Cruz Quemada	1,672	Santa Rosa
29	Tecuamburro	1,663	Santa Rosa
30	Ipala	1,653	Chiquimula y Jutiapa
31	Amayo	1,588	Jutiapa
32	Ixtepeque	1,292	Jutiapa
33	Cerro Redondo	1,251	Santa Rosa
34	Culma	1,029	Jutiapa
35	Las Vívoras	1,017	Jutiapa

Cuadro 1.30 Volcanes de Guatemala y su distribución departamental
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

• 1.6.3.4 Capacidad del uso de la tierra

La capacidad del uso de la tierra es la determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo.

De acuerdo a Gerónimo Perez I. (2022), es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas y comienza por la distinción de las unidades de mapeo. Permite hacer algunas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo.

Capacidad de uso de la tierra				
Grupo	Símbolo	Categoría	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	A	Agricultura sin limitaciones	1,479,662.38	13.7
	Am	Agricultura con mejoras	2,509,219.19	23.24
	Subtotal		398,888,156	36.94
Agroforestería	Aa	Agroforestería con cultivos anuales	961,242.19	8.9
	Ap	Agroforestería con cultivos permanentes	656,863.06	6.08
	Ss	Sistemas silvopastoriles	1,045,993.38	9.69
	Subtotal		2,664,098.63	24.67
Forestal	F	Tierras forestales para producción	2,379,110.50	22.03
	Fp	Tierras forestales de protección	1,675,216.88	15.51
	Subtotal		4,054,327.38	37.55

Cuadro 1.31 Capacidad del uso de la tierra
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

• 1.6.3.5 Intensidad del uso de la tierra

En Guatemala según (Gerónimo Pérez I., 2022) se establecen las siguientes categorías de intensidad de uso de la tierra de acuerdo a la superficie (hectáreas) y proporción (%):

Categorías de intensidad de uso de la tierra en Guatemala		
Categoría	Hectáreas	Proporción (%)
Uso adecuado	4,333,166.46	40.09
Sobreuso	4,193,329.20	38.79
Subuso	1,837,158.29	17.00
Otros	445,868.54	4.12

Cuadro 1.32 Categorías de intensidad de uso de la tierra en Guatemala
Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL,2022.

También es importante resaltar que a nivel nacional existe una erosión potencial de 64.03 toneladas por hectáreas por año, lo que significa que la capa del suelo ha perdido 0.64 centímetros por hectárea cada año.

• 1.6.3.6 Usos antrópicos de la tierra

El ser humano en su vida cotidiana constantemente necesita de recursos, no solamente económicos y sociales sino también de los recursos naturales, los cuales son indispensables para la subsistencia del ser humano. De este modo que el impacto o la acción que produce el ser humano hacia un bien o recurso es de origen antrópico.

El siguiente cuadro según (Gerónimo Pérez I., 2022) muestra el tipo de uso antrópico de la tierra en el país de Guatemala.

Usos antrópicos de la tierra		
Tipo de usos	Extensión (ha)	Extensión (%)
Agricultura anual	1,205,856.88	11.7
Banano-plátanos	49,704.19	0.46
Café	457,516.31	4.24
Caña de azúcar	350,467.44	3.25
Hule	82,464.44	0.76
Palma africana	111,560.38	1.03
Cultivos permanentes	184,449.13	1.71
Herbáceos	51,967.13	0.48
Plantas o tallos	97,743.75	0.91
Arbustivos	3,607.00	0.03
Árbóreos	31,131.25	0.29
Pastizales	1,653,707.56	15.31
Sin información	51,061.69	0.47
Urbano	138,938.50	1.29
Zona heterogénea	54,283.31	0.50
Subtotal	4,339,909.81	40.19

Cuadro 1.33 Usos antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL,2022.

• 1.6.3.7 Usos no antrópicos de la tierra

Usos no antrópicos de la tierra		
Tipo de usos	Extensión (ha)	Extensión (%)
Bosque	3,682,993.50	34.10
Arbustal	2,450,594.38	22.69
Cuerpos de agua	91,271.44	0.85
Humedales	106,801.13	0.99
Sabanas	23,587.63	0.22
Espacios abiertos, poca o nula vegetación	35,681.38	0.33
Árboles dispersos	68,285.81	0.63
Subtotal	6,459,215.25	59.81

Cuadro 1.34 Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

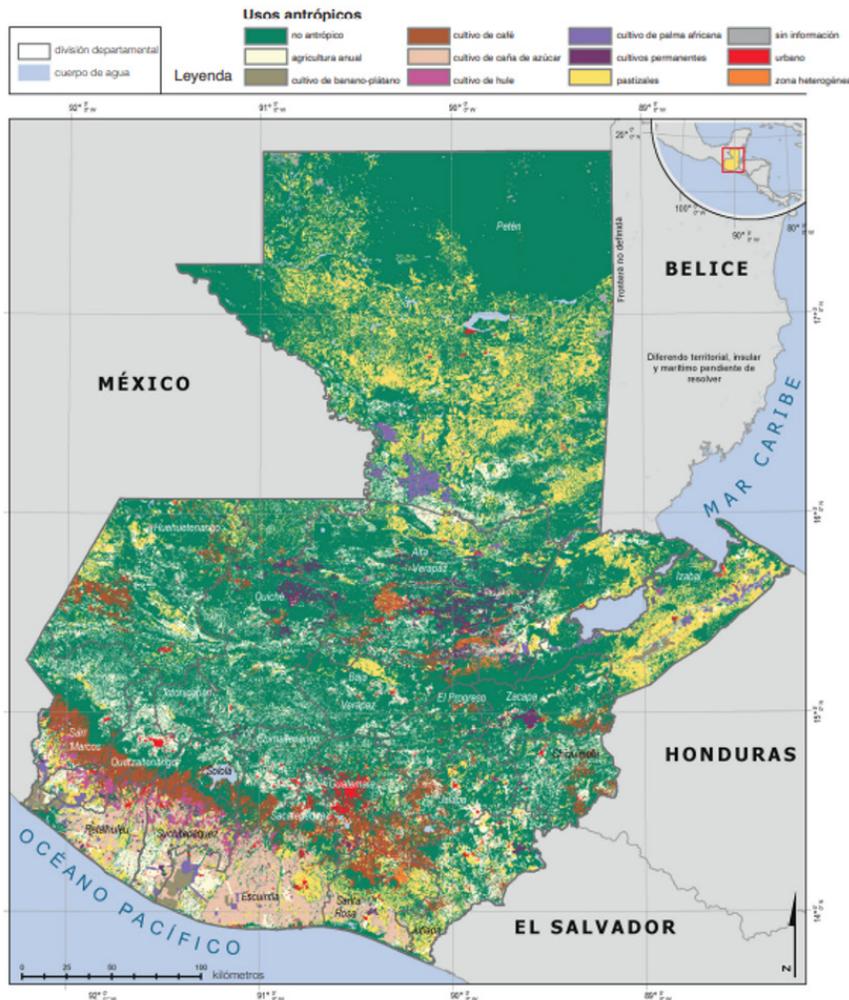


Figura 1.29 Mapa de usos antrópicos de la tierra en Guatemala.
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

1.6.4 Hidrografía

La hidrografía se define como el estudio de todas las masas de agua de la tierra, es la recopilación y representación de los datos relativos al fondo del océano, las costas, mareas, corrientes de agua, etc.

Guatemala cuenta con 38 cuencas hidrográficas y 3 vertientes que son:

1. Vertiente Caribe

- *Bahía de Amatique*
- *Cahabón-Polochic-Lago de Izabal*
- *Hondo*
- *Mohó*
- *Mopán*
- *Motagua*
- *Sarstún*

2. Vertiente Golfo de México

- *Candelaria*
- *Chixoy*
- *Cuilco*
- *Ixcán*
- *La Pasión*
- *Nentón*
- *Pojom*
- *San Pedro*
- *Selegua*
- *Usumacinta*
- *Xaclbal*

3. Vertiente Pacífico

- *Achiguate*
- *Atitlán-Madre Vieja*
- *Coatán*
- *Coyolate-Acomé*
- *Los Esclavos*
- *María Linda*
- *Nahualate*
- *Ocosito-Naranjo*
- *Ostúa-Guija*
- *Paso Hondo*
- *Paz*
- *Samalá*
- *Sis-Icán*
- *Suchiate*

1.6.5 Riesgos y Vulnerabilidad

Guatemala se encuentra expuesta a diferentes riesgos, siendo uno de ellos las tres placas tectónicas que se encuentran dentro de Cinturón de Fuego del Pacífico, las cuales provocan actividad sísmica y volcánica intensa. Además de ello las temporadas de lluvia y temporadas secas, las cuales causan inundaciones, deslizamientos y sequías que se convierten en fenómenos regulares y que por lo tanto provocan alto riesgo de desastres, vulnerabilidad de los ecosistemas, amenaza de huracanes y depresiones tropicales.

Estas acciones también provocan vulnerabilidad en la economía, la agricultura, que traen consigo implicaciones del cambio climático.

El siguiente cuadro establece la vulnerabilidad en Guatemala, de acuerdo a su categoría:

Categorías de Vulnerabilidad a nivel Nacional		
Categoría	Hectárea	(%)
Muy baja	47,278	0.44
Baja	1,596,401	14.8
Media	4,710,240	43.67
Alta	3,828,839	35.5
Muy alta	603,160	5.59

Cuadro 1.35 Vulnerabilidad a nivel nacional de acuerdo a su categoría
Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022.

1.6.6 Programas y planes realizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-

De acuerdo al (MARN, 2022) en el informe de Rendición de Cuentas, Tercer Cuatrimestre del año 2022, se establecen los siguientes programas y planes ejecutados.

Programas sustantivos realizados en el año 2022 se describen a continuación.

• 1.6.6.1 Programa 011 Gestión ambiental con énfasis en el cambio climático.

El programa está orientado a reducir la vulnerabilidad de la población, introduciendo variables de adaptación y mitigación al cambio climático, enmarcados en la Ley de Cambio Climático y la política, esto con la finalidad de emplear estrategias que permitan a los guatemaltecos elaborar escenarios climáticos que se utilizan para prevenir y tomar decisiones en función de la variabilidad climática. Asimismo, como implementar los mecanismos que funcionen para cumplir con la legislación ambiental relacionada con la aplicación de los instrumentos ambientales y la gestión ambiental efectiva y eficiente.

El objetivo de este programa es, desarrollar y coordinar las actividades nacionales relacionadas con la elaboración de escenarios socioeconómicos y ambientales, que permita identificar vulnerabilidades potenciales en el ámbito urbano-marginal, elaboración de guías para realizar planes locales y nacionales de adaptación al cambio climático. Este programa tiene vinculación con los resultados institucionales.

• 1.6.6.2 Programa 12 Conservación y protección de los recursos naturales y ambiente

El programa de Conservación y protección de los recursos naturales y ambiente, tiene como finalidad velar porque se cumpla el régimen concerniente a la protección, sostenibilidad y mejoramiento de los ecosistemas, previniendo la contaminación, el uso de los desechos sólidos, líquidos, desechos especiales y emisiones de gases, así como incentivar la generación de servicios ambientales, la restauración de la flora y fauna del país.

Le compete velar por la conservación y el adecuado aprovechamiento de la biodiversidad y la riqueza de los recursos naturales que posee el país, el cual le compete proteger las zonas costeras. El programa tiene vinculación con los resultados institucionales.

• 1.6.6.3 Programa 13 Sensibilización socio ambiental y participación ciudadana

El programa de Sensibilización Ambiental y Participación Ciudadana, está destinado a atender las necesidades educativas de la población y la participación ciudadana con un énfasis socio ambiental de las áreas urbana y rural del país. Asimismo, generar, promover y coordinar los programas educativos de concientización de la gestión ambiental y recursos naturales, y el desarrollo de una cultura del patrimonio natural y de la calidad ambiental.

• 1.6.6.4 Sistema de Retención de Desechos Sólidos Flotantes:

El Sistema de retención de desechos sólidos flotantes, ubicado en la Aldea El Quetzalito del municipio de Puerto Barrios, Izabal, el cual, durante las tormentas ETA e IOTA sufrió daños en los pilotes de anclaje, por lo que se ha venido trabajando con una biobarda artesanal de aproximadamente 100 metros, y el día 25 de abril del año 2020, se logró instalar ocho tubos de la barda industrial ya que uno de los pilotes permitió el anclaje y actualmente en la comunidad está funcionando con un brazo de la barda industrial y dos biobardas artesanales.

Es importante mencionar que el material que se recolectó durante los años 2020, 2021 y 2022 es aproximadamente 2,360 toneladas, que fueron evacuadas hacia la Planta San Miguel, de Cementos Progreso y de esta forma se ha liberado espacio por cualquier emergencia que se presente en los próximos días.

• 1.6.6.5 Plan de Reforestación Anual

Los bosques actúan como amortiguador entre el suelo y los elementos que contribuyen a la erosión de este recurso. Es por ello que es importante la reforestación para recuperar áreas que necesiten de abundante recarga hídrica.

Para el año 2022, en coordinación con las delegaciones departamentales, municipalidades y personas individuales que trabajan el tema de reforestación, se tiene un avance de 799,345 plantas forestales sembradas en el lugar establecido en las municipalidades que soliciten este apoyo a nivel nacional, equivalentes a 719.48 hectáreas a nivel nacional, estas desagregas de la siguiente manera.

En el siguiente cuadro se presenta el total de árboles sembrados por departamento:

Árboles plantados		
No.	Departamento	Año 2022
1	Alta Verapaz	154,500
2	Quetzaltenango	184,000
3	Sololá	15,000
4	Chimaltenango	39,000
5	Jutiapa	24,000
6	Escuintla	20,225
7	Petén	17,170
8	Sacatepéquez	15,400
9	San Marcos	42,250
10	Suchitepéquez	19,500
11	Totonicapán	42,000
12	Baja Verapaz	29,000
13	Retalhuleu	22,500
14	Huehuetenango	38,965
15	Chiquimula	19,950
16	Zacapa	10,000
17	El Progreso	32,655
18	Izabal	8,400
19	Jalapa	13,000
20	Quiché	29,530
21	Santa Rosa	22,300
	TOTAL	799,345

Cuadro 1.36 Árboles plantados por departamento en el año 2022
Fuente: MARN, 2022.

Estos árboles fueron sembrados a solicitud de las municipalidades a nivel nacional.

• **1.6.6.6 Proyecto Gestión Ambiental Integral de la Cuenca del Río Motagua MARN/PNUD/GEF**

El objetivo es mejorar la gestión integrada de la Cuenca del río Motagua y reducir las fuentes de contaminación terrestres, así como las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes producidos no intencionalmente (COPs no intencionales) para mitigar los impactos en los ecosistemas marinos costeros y los medios de subsistencia de la población local.

• **1.6.6.7 Proyecto GEF CReW+: Implementando Soluciones para la Gestión Integrada del Agua y de las Aguas Residuales para un Caribe Limpio y Saludable**

Proyecto de asociación financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) implementado conjuntamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 18 países de la Región del Gran Caribe (RGC). Su objetivo es apoyar a Guatemala en el desarrollo institucional y sus capacidades de gestión frente a los retos del sector de agua y saneamiento, a través de instrumentos que promuevan buenas prácticas en el manejo integral de recursos hídricos y saneamiento singular o plural.

El área geográfica que abarca este proyecto son las microcuencas: río Frío departamento de Guatemala, ríos Sanarate, Hato, Morazán y Guastatoya del departamento de El Progreso y ríos y Tambor del departamento de Zacapa.

• **1.6.6.8 Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC)**

Plan elaborado por el Consejo Nacional de Cambio Climático y la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-. Su objetivo es definir de forma clara y ordenada las principales acciones y lineamientos que las instituciones de gobierno y demás sectores del Estado deberán seguir a efectos de contribuir de manera efectiva a la reducción de la vulnerabilidad en que se encuentra la mayoría de la población nacional, a ampliar la capacidad de adaptación del país y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ante la amenaza de los efectos del fenómeno del cambio climático y la variabilidad del clima.

• **1.6.6.9 Plan Nacional de Energía**

Este plan fue elaborado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN- y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, con base a lo que establece la 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, Decreto 07-2013.

Sus objetivos están orientados a prevenir, planificar y responder de forma urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en el país y a través del Gobierno central, entidades descentralizadas, autónomas, municipalidades, sociedad civil organizada y la población en general, adoptando medidas que propicien condiciones para reducir la vulnerabilidad, mejoren las capacidades de adaptación y permitan desarrollar propuestas de mitigación de los efectos del cambio climático, generado por las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.6.7 Gestión ambiental y los instrumentos ambientales

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales por medio de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, adscrita al Viceministerio de Ambiente, ha desarrollado en todo el proceso inicial hasta la aprobación de Instrumentos Ambientales, los cuales todos en su conjunto, integran a todos los sectores industriales, comerciales y agrícolas del país, los que por medio de los documentos técnicos que cumplen con la normativa ambiental del Acuerdo Gubernativo No. 137-2016 Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, tienen como objetivo reducir y minimizar los impactos negativos al ambiente, de forma directa e indirecta a los sistemas ambientales, atmosféricos, edáficos y edáficos, hídricos, bióticos y lo relacionado a los recursos naturales del país.

FECHA	Número de Instrumentos Ambientales Sistema General	Número de Instrumentos Ambientales Sistema Digital vía Web	TOTAL
Año 2020	16,346	20,647	36,993

Cuadro 1.37 Instrumentos ambientales registrados al año 2022

Categoría	2020	2021	2022
A	26	12	11
B1	179	205	277
B2	872	818	1279
C	2018	1053	2543
CR	2013	1889	2412
CRC	102	44	317
CRP	462	169	553
PE	13		8
Total	5685	4190	7400

Cuadro 1.38 Distribución de expedientes de instrumentos ambientales por categoría de impacto ambiental. Del año 2020 al 2022

En tal sentido es importante tomar en cuenta que cada uno de los instrumentos ambientales a través de la Resolución Aprobatoria genera compromisos, para la reducción, mitigación, conservación y restauración de los recursos naturales, lo que contribuye con ello y garantiza la sostenibilidad ambiental en Guatemala.

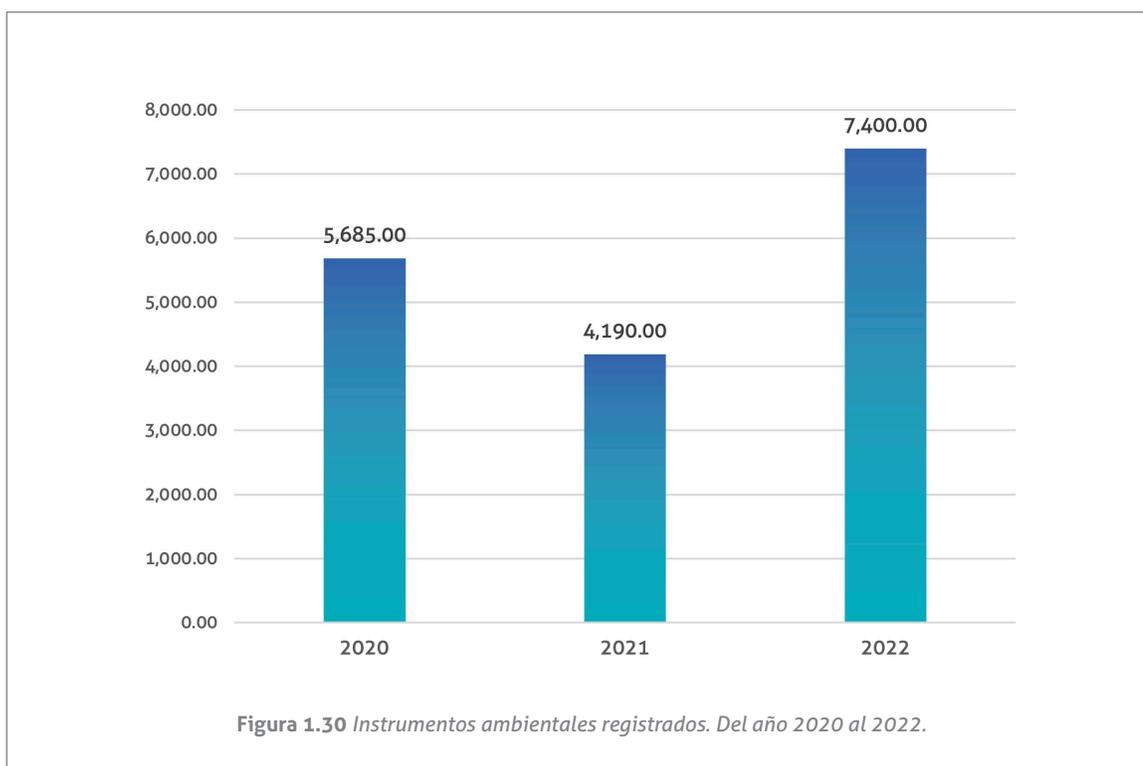


Figura 1.30 Instrumentos ambientales registrados. Del año 2020 al 2022.

1.6.8 Gestión ambiental dentro del SIGAP

De acuerdo a la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89, específicamente el Artículo 20, se establece que las empresas públicas o privadas que desarrollen instalaciones o actividades dentro del perímetro de las áreas protegidas, celebrarán con mutuo acuerdo con el CONAP, un contrato en el que se establecerán las condiciones y normas de operación, determinadas por un estudio de impacto ambiental; en ese contexto, se presentan la información relacionada con dichos instrumentos para el periodo de enero a diciembre de 2022.

Durante el año 2022, el CONAP recibió un total de 1,009 expedientes de instrumentos ambientales, cifras que han ido aumentando año tras año, lo que indica la importancia que tienen las áreas protegidas que conforman el SIGAP para el desarrollo social del país tanto a nivel de iniciativa pública como privada; a su vez esto implica un mayor compromiso por parte del CONAP para una atención objetiva y efectiva a la s

A continuación, se muestra la dinámica de las categorías de impacto ambiental de los diferentes proyectos, obras, industrias o actividades ingresados al CONAP para emisión de opinión institucional en el año 2022.

Categoría	Cantidad de expedientes	Porcentaje (%)
A	4	0.40
B1	16	1.6
B2	186	18
C	562	56
CR	241	24
Total	1,009	100

Cuadro 1.39 Distribución de expedientes de instrumentos ambientales por categoría de impacto ambiental.
Fuente: Dirección de Gestión Ambiental, Memoria de Labores CONAP, 2022.

Del total de expedientes recibidos durante el año 2022, el 54.5% son proyectos de carácter predictivo, estos corresponden a evaluaciones ambientales iniciales con un total de 539 expedientes (categoría C) y estudios de evaluación de impacto ambiental (categoría AyB1) con un total de 15 expedientes.

El 45.5% de los proyectos ingresados durante el año 2022, son de carácter correctivo, estos corresponden a diagnósticos ambientales y formularios de registros; los mismos ascienden a un total de 455 expedientes recibidos.

Conclusiones

La economía guatemalteca se puede considerar como una economía en constante crecimiento, en desarrollo, ya que es la economía más grande (por volumen de PIB) de Centro América.

Para el año 2022 registro un PIB de Q 569,127.1 (millones de Q) US\$ 73,15 (millones de dólares de US), según el Banco de Guatemala.

De acuerdo con el PIB per cápita, el país se encuentra entre los llamados países de Renta Media Alta, según la clasificación que hace el Banco Mundial de la economía global, por lo tanto, es una economía con renta media alta y tiene ingresos per cápita en el rango de US \$ 4,046 a US \$ 12,535 dólares US\$ por año. En el 2019 el PIB per cápita del país fue de US \$ 4,619.00 per cápita (Q36 mil), lo que se ubicó dentro del rango de renta media alta.

La biodiversidad de Guatemala es importante por varias razones. En primer lugar, muchas de las especies que se encuentran en Guatemala tienen un alto valor económico y también la biodiversidad genética incluye especies nativas de maíz, frijol, chile, chilacayote, algodón, aguacate y güisquil. De maíz se ha encontrado 13 razas y 9 subrazas (IARNA, 2022). La biodiversidad es esencial para mantener los ecosistemas saludables y funcionales, lo que a su vez beneficia a las comunidades locales que dependen de estos ecosistemas para su subsistencia.

Referencias Bibliográficas

CCAC, ONU, CAB, NDC. . (2021). MARN. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : <https://www.marn.gob.gt>

FUNCAGUA. (2020). Obtenido de <https://funcagua.org.gt/clima-en-guatemala/>

Gerónimo Pérez I., J. J. (Marzo de 2022). Atributos Territoriales y Dinámicas Socioambientales de Guatemala: Síntesis gráfico-descriptiva. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: CARA PARENS. Obtenido de https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiclg/IARNA/serie_ambi/978-9929-54-410-9.pdf

Grupo Banco Mundial. (2023). Obtenido de Grupo Banco Mundial : <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.TFRT.IN?locations=GT>

INAB. (2021). Obtenido de INAB: <https://www.inab.gob.gt/images/informacionpublica/2021/enero/5.2%20Plan%20Operativo%20Anual%202021.pdf>

INE. (2023). Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística de Guatemala : <https://www.ine.gob.gt/proyecciones/>

INE-SEN. (Marzo de 2020). Obtenido de INE-SEN: <https://www.ine.gob.gt/sistemauploads/2020/05/14/20200514161603lbgVgHc5enyxiXopUTuxcrUzC5WPlkzCr.pdf>

MARN. (2022). Obtenido de MARN: <https://www.marn.gob.gt/wp-content/uploads/2023/02/Informe-de-Rendicion-de-Cuentas-Tercer-Cuatrimestre-2022.pdf>

MEM. (2023). Obtenido de https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/12._Ley_del_Organismo_Ejecutivo_Decreto_114_97.pdf

MEM. (2023). Obtenido de MEM: https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/15._Ley_Forestal_Decreto_101_96.pdf

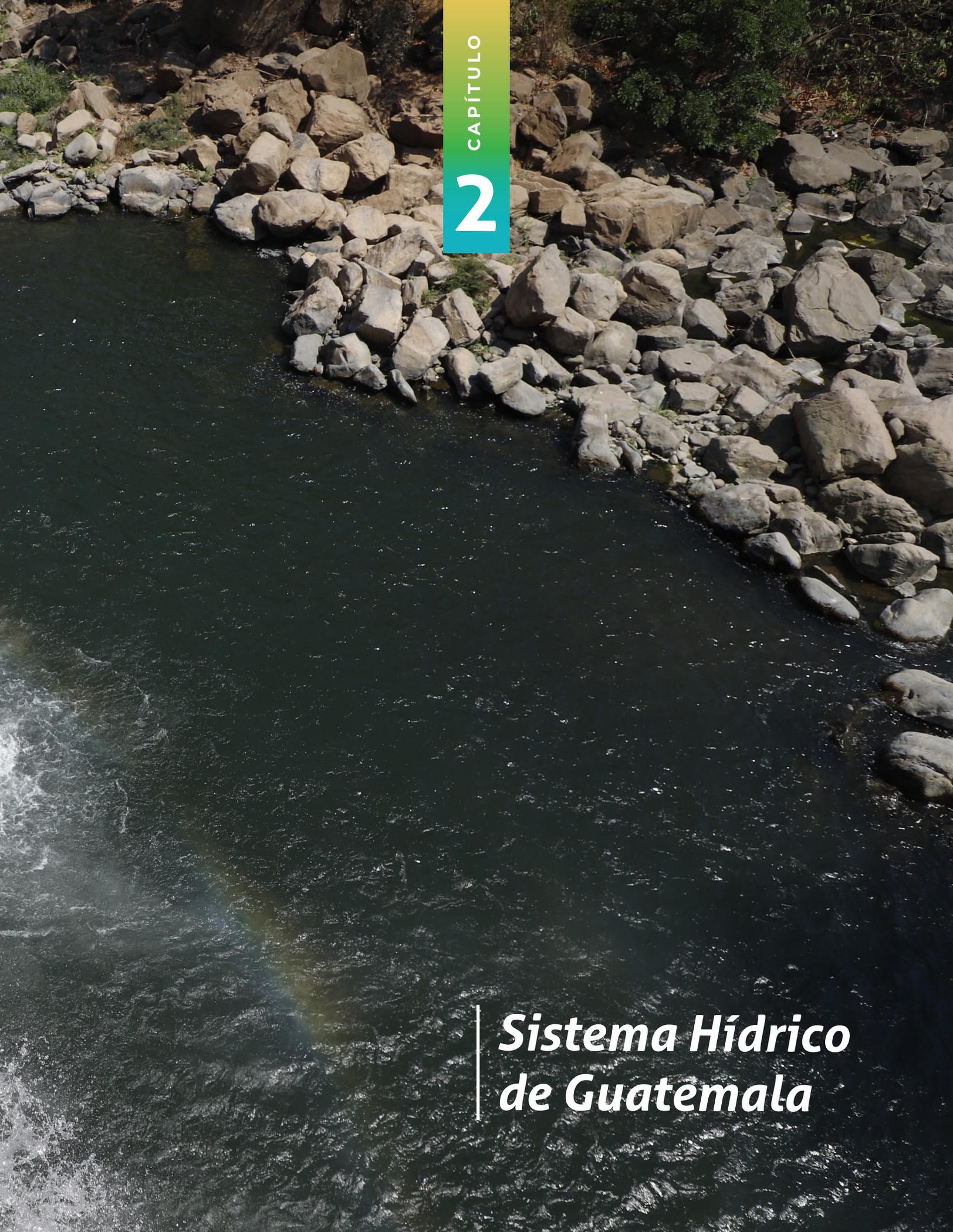
MINFIN. (2022). Obtenido de https://www.minfin.gob.gt/images/daf/cuenta_consolidada/images/Listado%20de%20Entidades%20del%20SPNF.PDF

MINFIN. (2023). Obtenido de https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp_marcolegal/bases_legales/Constitucion_politica_de_la_republica_de_guatemala.pdf

Ministerio de Asuntos Exteriores, U. E. (Noviembre de 2022). Ministerio de Asuntos Exteriores, UNION EUROPEA Y COOPERACIÓN. Obtenido de https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/GUATEMALA_FICHA%20PAIS.pdf

PNUD. (2020). Nota informativa para los países acerca del Informe sobre Desarrollo Humano . Obtenido de <https://hdr.undp.org/sites/default/files/Country-Profiles/es/GTM.pdf>



An aerial photograph of a river with dark, turbulent water flowing through a rocky terrain. The river is bordered by numerous large, light-colored boulders. The background shows a steep, vegetated hillside.

CAPÍTULO

2

***Sistema Hídrico
de Guatemala***

2. SISTEMA HÍDRICO DE GUATEMALA

Introducción

Guatemala, ubicada en el extremo noroccidental de América Central, es un país caracterizado por su abundante riqueza natural y biodiversidad. Con una geografía diversa que incluye montañas, selvas tropicales, volcanes y numerosas cuencas hidrográficas, el país alberga numerosos ríos, lagos, lagunas y acuíferos que desempeñan un papel vital en el abastecimiento de agua para sus habitantes, la agricultura, la industria, la generación de energía y la conservación de la biodiversidad. Aunque Guatemala dispone de una oferta hídrica muy generosa, el país enfrenta desafíos de gestión y acceso al agua: la contaminación del agua es un problema en muchas partes del país; la deforestación ha alterado la dinámica del ciclo hidrológico, el crecimiento urbano ha generado problemas ambientales, los centros urbanos tienen dificultades para satisfacer la demanda de agua, y el cambio climático ha alterado los patrones de precipitación.

En términos de marco normativo y políticas, Guatemala cuenta con leyes y regulaciones para la gestión de los recursos hídricos, pero la implementación efectiva de estas medidas enfrenta desafíos debido a limitaciones institucionales y de recursos. La falta de coordinación entre las entidades encargadas de la gestión del agua también dificulta la aplicación de políticas eficaces para abordar los desafíos en el contexto de los recursos hídricos. Además, se debe seguir fortaleciendo la transparencia en la administración de los recursos hídricos para que contribuya a la gestión sostenible de estos, y para la implementación efectiva de las leyes y regulaciones existentes. Esto ayudará sin duda alguna, a fortalecer una gestión eficiente de los recursos hídricos en el país.

Las circunstancias anteriores suscitan la necesidad de realizar una evaluación actualizada de la situación de los recursos hídricos en Guatemala. El presente informe tiene como objetivo proporcionar un análisis detallado y actualizado de la situación de los recursos hídricos en el país hasta el año 2022. Para ello se examinan diversos aspectos cruciales, como el estado actual de los recursos hídricos, la oferta y la demanda, el uso y el consumo, las presiones ejercidas sobre estos recursos, la calidad del agua, el saneamiento y tratamiento de aguas residuales, el marco normativo y las políticas vigentes, la interrelación entre los recursos hídricos y la biodiversidad, los impactos, la respuesta y la gestión integral en el contexto de estos desafíos. Sin duda alguna, el informe marca la pauta para proponer medidas con el fin de garantizar una gestión sostenible de los recursos hídricos en el país.

2.1 Estado del Recurso Hídrico en Guatemala: Visión General

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo sostenible de cualquier ecosistema. En el caso de Guatemala, un país de abundantes recursos naturales y biodiversidad, la gestión y conservación de los recursos hídricos revisten una importancia fundamental para garantizar el bienestar de su población y el equilibrio de los ecosistemas. Además de ser un recurso vital para la supervivencia humana, el agua desempeña un papel crucial en diversos sectores de la economía guatemalteca como la agricultura, la industria y el turismo, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (2023) la escasez y contaminación de agua son un problema grave en América Latina y el Caribe, agravado por el cambio climático. Informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) publicados en 2021 y 2022 confirman esta situación. En el caso de Guatemala, el estado de los recursos hídricos ha enfrentado desafíos significativos debido a una combinación de factores, que incluyen el crecimiento demográfico, la deforestación, la contaminación y los efectos del cambio climático.

En la primera sección de este informe, "Estado de los recursos hídricos en Guatemala: Visión general", se brinda una descripción general de la situación de los recursos hídricos en el país, mediante el análisis de indicadores de estado, que describen la cantidad y calidad de los recursos naturales, de las condiciones ambientales y de los ecosistemas. Para comprender mejor esta situación, se abordarán dos aspectos fundamentales: las vertientes hidrográficas y la oferta hídrica superficial y subterránea. Más adelante, en la sección "Calidad del agua", serán considerados aspectos del estado de los recursos hídricos en términos de calidad en el país.

2.1.1 Vertientes hidrográficas en el país

El territorio guatemalteco cuenta con una amplia variedad de recursos hídricos distribuidos en tres vertientes hidrográficas, que desempeñan un papel crucial en el suministro de agua del país. Cada una de estas vertientes hidrográficas tiene su propia red de ríos y cuencas hidrográficas (38 cuencas en total). Estas redes fluviales y cuencas hidrográficas forman un entramado complejo y diverso que abarca todo el territorio guatemalteco. Una vertiente es un área en la que los ríos y arroyos de un lugar específico fluyen hacia otro lugar. Entre las vertientes hidrográficas más importantes se encuentran (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], s.f.):

- *Vertiente del Caribe:* Esta vertiente se extiende en la parte norte y este de Guatemala, abarcando una gran parte de la región conocida como la Franja Transversal del Norte. Los principales ríos que la conforman son el río Motagua, el río Polochic y el río Sarstún, entre otros. Esta vertiente es conocida por su importancia en la generación de energía hidroeléctrica y su potencial para la navegación y el riego. La longitud de los ríos es mucho mayor e incluye el río más largo del País, el Río Motagua con 486.55 km. Las pendientes son más suaves y su desarrollo es menos brusco, ya que en la parte montañosa los ríos hacen su recorrido en grandes barrancas o cañones.
- *Vertiente del Pacífico:* Situada en la parte sur y oeste del país, la vertiente del Pacífico está conformada por ríos como el río Madre Vieja, el río Michatoya y el río Coyolate. Esta vertiente también es relevante para la generación de energía hidroeléctrica y el suministro de agua para uso doméstico, agrícola e industrial en las regiones cercanas. Los ríos que corresponden a la Vertiente del Pacífico, tienen longitudes cortas (110 km promedio) y se originan a una altura media de 3000 m. snm. Las pendientes son fuertes en las partes altas de las cuencas, entre el 10% y el 20% cambiando bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, creando grandes zonas susceptibles a inundación en esta área
- *Vertiente del Golfo de México:* Ubicada en la parte noreste de Guatemala, esta vertiente se caracteriza por los ríos Usumacinta y Salinas. Estos ríos, junto con sus afluentes, son esenciales para el abastecimiento de agua y la navegación en la región. Además, la vertiente del Golfo de México tiene un significativo potencial para la generación de energía hidroeléctrica. Las crecidas son de larga duración, los cauces son relativamente estables y los recorridos más sinuosos. Las pendientes son relativamente suaves. La precipitación media es de 2500 mm/anuales.

Estas vertientes hidrográficas, junto con sus respectivas redes fluviales y cuencas hidrográficas, son fundamentales para el suministro de agua potable, la generación de energía hidroeléctrica, la agricultura y la conservación de la biodiversidad en Guatemala. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) a través del departamento de Investigación y Servicios Hídricos, es el encargado de investigar y darle el control permanente a los diferentes cuerpos de agua en el territorio nacional.

2.1.2 Cuencas y subcuencas hidrográficas

Guatemala se encuentra conformada por 38 cuencas hidrográficas y 3 vertientes que son: Vertiente del Caribe, vertiente Golfo de México y vertiente Pacífico. El siguiente cuadro establece las 38 cuencas hidrográficas que se encuentran en el territorio nacional:

La generación por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2009) del Mapa de cuencas hidrográficas a escala 1:50,000 de la República de Guatemala según el método Pfafstetter es el último generado de este tipo, y constituye un insumo para los procesos de conocimiento, planificación y gestión de los recursos hídricos en Guatemala.

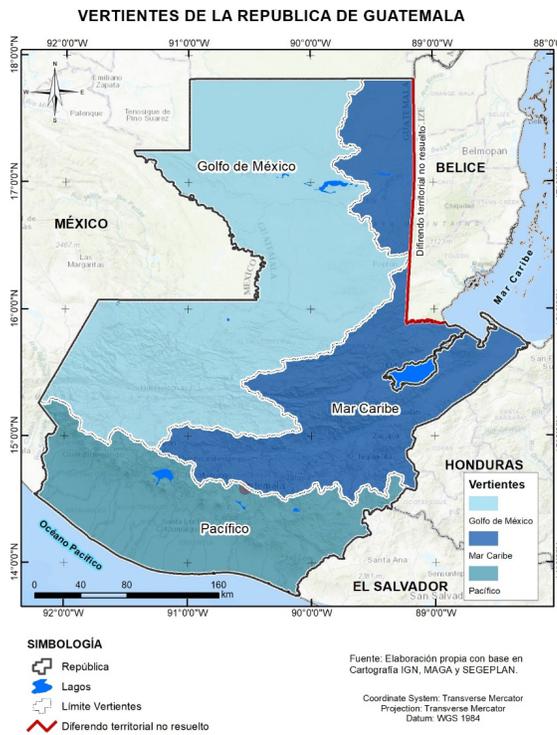


Figura 2.1 Vertientes de la República de Guatemala
Fuente: Elaboración propia, con base a mapa de cuencas hidrográficas a 1:50 000 República de Guatemala método de Pfafstetter (primera aproximación), MAGA, 2009

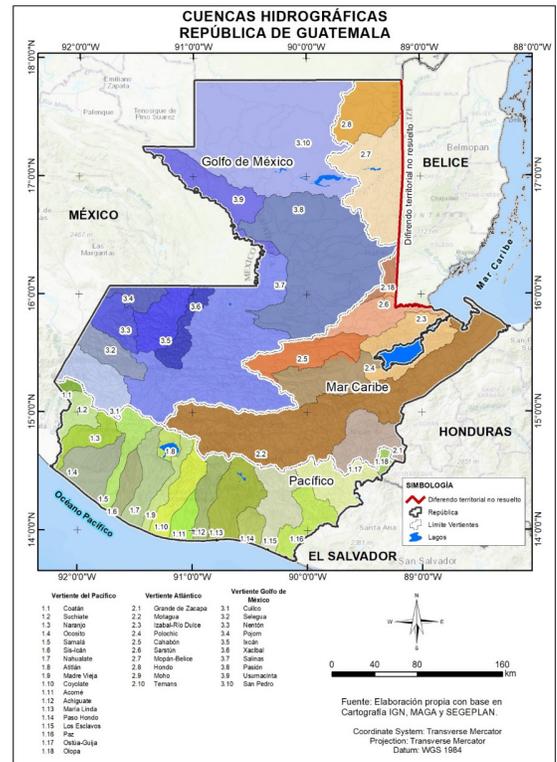
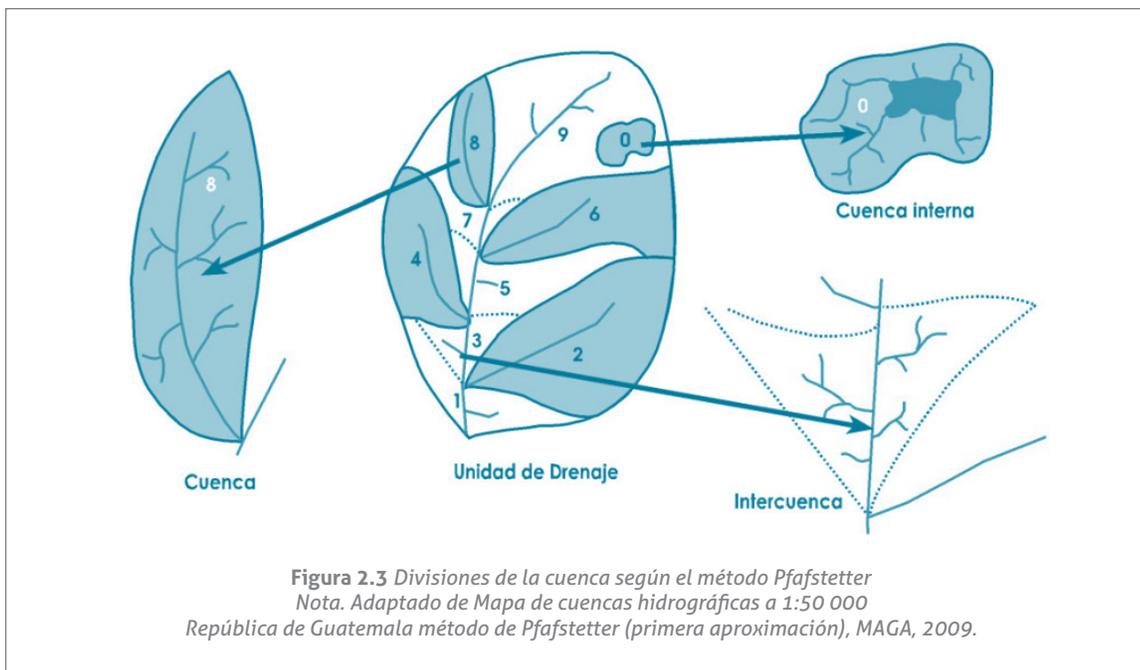


Figura 2.2 Mapa de cuencas hidrográficas de la República de Guatemala
Fuente: Elaboración propia, con base a mapa de cuencas hidrográficas a 1:50 000 República de Guatemala método de Pfafstetter (primera aproximación), MAGA, 2009 de Pfafstetter (primera aproximación), MAGA, 2009

Vertiente del Pacífico		Vertiente Atlántico		Vertiente Golfo de México	
1.1	Coatlán	2.1	Grande de Zacapa	3.1	Cuilco
1.2	Suchiate	2.2	Motagua	3.2	Selegua
1.3	Naranjo	2.3	Izabal-Río Dulce	3.3	Nentón
1.4	Ocosito	2.4	Polochic	3.4	Pojom
1.5	Samalá	2.5	Cahabón	3.5	Ixcán
1.6	Sis-Icán	2.6	Sarstún	3.6	Xaclbal
1.7	Nahualate	2.7	Mopán-Belice	3.7	Salinas
1.8	Atitlán	2.8	Hondo	3.8	Pasión
1.9	Madre Vieja	2.9	Moho	3.9	Usumacinta
1.10	Coyolate	2.10	Temans	3.10	San Pedro
1.11	Acomé				
1.12	Achiguate				
1.13	María Linda				
1.14	Paso Hondo				
1.15	Los Esclavos				
1.16	Paz				
1.17	Ostúa-Guija				
1.18	Olopa				

Cuadro 2.1 Cuencas hidrográficas de Guatemala



2.1.3 Principales ríos de Guatemala

A continuación, se establecen los ríos principales de Guatemala, con sus características más importantes según la (División Hidrológica de Guatemala, 2023):

Cuenca	Nombre del río	Longitud (km)	Punto de control	Caudal medio en punto de control (m ³ /s)
1.2	Cabuz	60.80	Malacatán	21.3
1.3	Naranjo	104.55	Coatepeque	20.7
1.4	Ocosito	106.80	Caballo Blanco	30.2
1.5	Samalá	145.00	Candelaria	8.7
1.6	Icán	52.80	Bracitos	34.0
1.7	Nahualate	130.30	San Mauricio	60.8
1.9	Madre Vieja	125.50	Palmira	8.0
1.10	Coyolate	154.95	Puente Coyolate	15.6
1.13	María Linda	70.10	Guacamayas	13.1
1.15	Los Esclavos	144.80	La Sonrisa	15.8
1.16	Paz	133.80	El Jobo	23.2
2.1	Grande de Zacapa	86.55	Camotán	28.5
2.2	Motagua	486.55	Morales	208.7
2.4	Polochic	193.65	Telemán	69.3
2.5	Cahabón	195.95	Cahaboncito	164.2
3.2	Selegua	101.75	Chojil	38.0
3.7	Salinas	112.70	San Agustín Chixoy	551.0
3.8	La Pasión	353.90	El Porvenir	322.8
3.10	San Pedro	186.25	San Pedro Mactún	52.9

Cuadro 2.2 Principales ríos de Guatemala
 Fuente: INSIVUMEH, 2023

El río más largo del territorio nacional es el Río Motagua (208.7 m³/s caudal promedio) y el río más caudaloso es el Usumacinta, fronterizo con México (1,500 m³/s caudal promedio anual).

2.1.4 Reservas de agua: caudal ecológico, formación, capacitación, estudios

Guatemala, debido a su diversidad geográfica y climática, posee numerosos recursos hídricos que varían desde grandes cuerpos de agua como el lago de Atitlán y el lago Izabal, hasta los numerosos ríos que fluyen a través del país, como el río Usumacinta, el río Motagua y el río Sarstún. Además, Guatemala también tiene importantes acuíferos subterráneos que proporcionan agua potable a muchas de sus departamentos y municipios. Sin embargo, gestionar de manera efectiva estas reservas de agua para garantizar su disponibilidad sostenible es un desafío que implica cuantificar los recursos hídricos, comprender el caudal ecológico, realizar estudios en profundidad para evaluar y prever necesidades futuras e invertir en formación y capacitación.

En este sentido, el Gobierno de Guatemala que reconoce la importancia de la conservación de reservas de agua y entre otros acuerdos, ha adquirido el compromiso de proteger y conservar las cuencas, principalmente las ubicadas en las reservas de agua, que son estratégicas para la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático en el país; un compromiso que surge del estudio científico Identificación y Priorización de Reservas de Aguas Estratégicas para Guatemala desarrollado por el Fondo Mundial para la Naturaleza Mesoamérica [WWF Mesoamérica] (WWF Mesoamérica, 2020). Dicho estudio aporta una sólida base de ciencia que permite apoyar y sustentar la elaboración de instrumentos estratégicos para gestionar la seguridad hídrica y orientar el manejo integrado del recurso hídrico, considerando la asignación de agua para el ambiente (WWF Mesoamérica, 2020).

El mapa de reservas estratégicas para Guatemala 2019 se muestra a continuación:

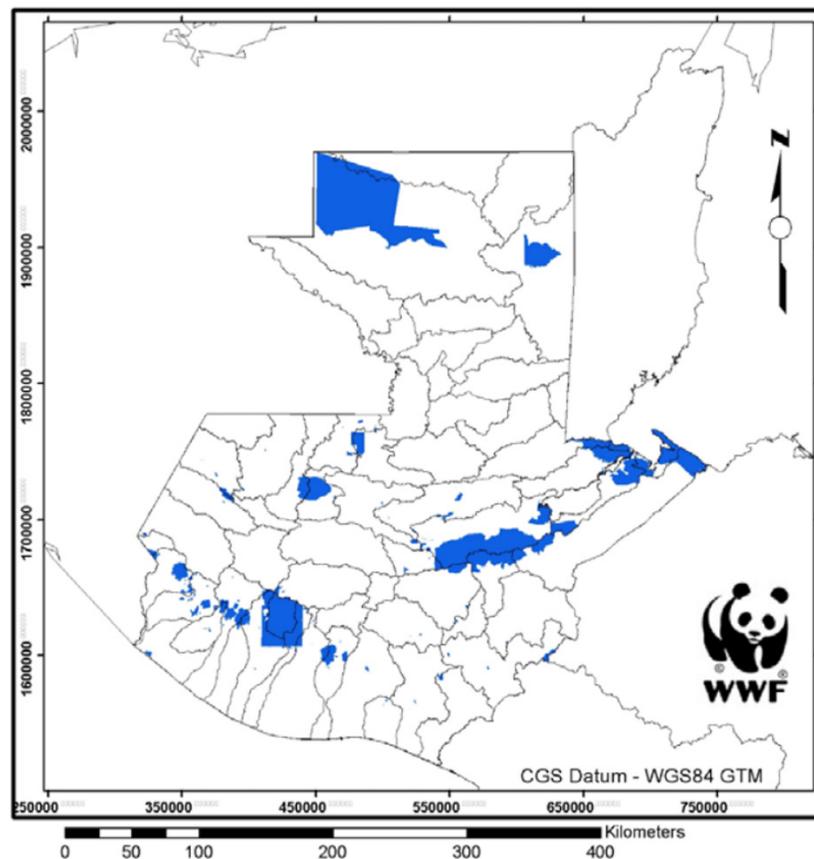


Figura 2.4 Mapa de las Reservas Estratégicas para Guatemala 2019

Fuente: de Preliminary map of the strategic water reserves for Guatemala and the methodology to identify and prioritize them 2019 [Mapa preliminar de las reservas estratégicas de agua para Guatemala y la metodología para identificarlas y priorizarlas 2019], WWF, 2019.

De acuerdo con el reporte técnico Preliminary map of the strategic water reserves for Guatemala and the methodology to identify and prioritize them 2019 [Mapa preliminar de las reservas estratégicas de agua para Guatemala y la metodología para identificarlas y priorizarlas 2019], elaborado en el marco del estudio científico anteriormente mencionado, se identificaron 958 microcuencas que son las más importantes para el país, y que Constituyen el 28% del territorio nacional. Estas unidades hidrológicas hacen contribuciones significativas según sus características biofísicas, como el clima, los suelos, la topografía, la erosión, entre otros y favorecen la disponibilidad de recursos hídricos, por lo que se consideran potenciales reservas de agua para Guatemala (WWF, 2020).

Basado en lo anterior, se realizó un análisis integral para priorizar las reservas estratégicas de agua para Guatemala. Según WWF (2020) los objetos de conservación, que incluyen la biodiversidad y la conectividad del ecosistema, fueron incorporados al análisis, basado en las funciones hidrológicas (captación, regulación y recarga de agua). Así, las reservas estratégicas de agua para Guatemala mostradas en el siguiente mapa son el resultado de análisis que superponen mapas de captación de agua, regulación, atributos de recarga, áreas protegidas (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas [SIGAP] y sitios Ramsar (WWF, 2020). Estos análisis priorizaron 358 microcuencas con un área de 959,856 hectáreas, lo que representa aproximadamente el 8.8% del país, y lo que significa un suministro anual estimado de 7,215 millones de metros cúbicos por año (agua subterránea y superficial) (WWF, 2020).

2.1.5 Oferta hídrica superficial y subterránea

Para comprender adecuadamente la disponibilidad de los recursos hídricos en Guatemala, es fundamental evaluar tanto la oferta hídrica superficial como subterránea. La estimación de la oferta hídrica superficial se refiere a la cantidad de agua presente en ríos, lagos y otros cuerpos de agua superficiales, mientras que la oferta hídrica subterránea hace referencia a los acuíferos y fuentes de agua subterránea. Estas fuentes de agua desempeñan un papel vital en la satisfacción de las necesidades de la población y el desarrollo del país.

• 2.1.5.1 Oferta hídrica superficial

La oferta hídrica superficial de agua en Guatemala es significativa debido a la presencia de numerosos ríos, lagos y embalses en todo el país. Estas fuentes de agua desempeñan un papel crucial en el suministro de agua para diversos usos, como el abastecimiento de agua potable, la irrigación agrícola, la generación de energía hidroeléctrica y la recreación. Según la Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA, 2022), Guatemala cuenta con 38 cuencas hidrográficas, de las cuales 18 drenan al Pacífico, 10 al Golfo de México y 10 al Atlántico.

Los ríos más importantes de Guatemala, como el Río Motagua, el río Usumacinta, el río Polochic y el río Dulce, son fuentes vitales de agua que atraviesan extensas áreas del país. Estos proporcionan una fuente de abastecimiento para las comunidades locales y también son utilizados para la generación de energía hidroeléctrica. Además, Guatemala cuenta con lagos notables como el lago de Atitlán, el lago Petén Itzá y el lago Izabal, mismos que no solo son importantes desde el punto de vista hídrico, sino que también tienen un valor turístico y ecológico significativo. El país también ha construido embalses para la generación de energía hidroeléctrica y el abastecimiento de agua potable.

Existen diferentes publicaciones sobre estimaciones de la oferta hídrica anual en Guatemala. De acuerdo con Basterrechea y Guerra (2019) estas evidencian que no se cuenta con datos oficiales, precisos y actualizados por falta de un sistema de mediciones meteorológicas e hidrológicas adecuado en el país. De acuerdo con el último balance hídrico nacional (INSIVUMEH, 2003), la disponibilidad total del agua es de 93,338.00 millones de m³; la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN, 2006), por otro lado, reportó 97,120.00 millones de m³ en el 2006 (Basterrechea y Guerra, 2019).

En años posteriores la Red Interamericana de Academia de Ciencias (IANAS, 2012) también evaluó la disponibilidad hídrica superficial en Guatemala, obteniendo como resultado una cifra menor en comparación a los resultados de evaluaciones de este tipo realizadas previa y posteriormente, siendo la cifra 63,421.00 millones de m³ (Basterrechea y Guerra, 2019). Mientras tanto, en ese mismo año, el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA, 2012) reportó una disponibilidad total de agua de 93,338.00 millones de m³. La evaluación más reciente es la realizada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y otras instituciones (CEPAL et al., 2018), que reporta una disponibilidad total de agua renovable de 154,900.00 millones de m³.

Institución evaluadora	Año de evaluación	Disponibilidad total de agua (millones de m ³)
INSIVUMEH	2003	93,338.00
SEGEPLAN	2006	97,120.00
IANAS	2012	63,421.00
IARNA	2012	93,338.00
CEPAL	2018	154,900.00

Cuadro 2.3 Comparativa entre estimaciones de la disponibilidad hídrica anual en Guatemala
Fuente: Elaboración propia.

• 2.1.5.2 Oferta hídrica subterránea

En Guatemala las investigaciones realizadas en hidrogeología son aisladas y las más completas han sido orientadas al estudio de la Ciudad de Guatemala (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], 1978, como citado por Herrera et al., 2016). Además de las investigaciones llevadas a cabo por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, en años recientes se han realizado otras investigaciones de carácter más limitado en áreas específicas del país, que constituyen herramientas valiosas para aumentar el conocimiento sobre los recursos hidrogeológicos en Guatemala. Estas investigaciones han sido impulsadas a través de proyectos de investigación, tesis y otros estudios académicos. Algunas de las investigaciones realizadas por instituciones especializadas son las siguientes:

- El estudio de aguas subterráneas en el Valle de la Ciudad de Guatemala iniciado en 1974 y publicado en 1978 por el Gobierno de Guatemala en colaboración con la Organización de Naciones Unidas y a través de organismos especializados.
- La evaluación de recursos de agua en Guatemala (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, 2000).
- La investigación de Acuíferos volcánicos de América Central de Losilla et al. (2001).
- El informe *La situación del recurso hídrico en Guatemala* (Carrera et al., 2005).
- La publicación *Acuíferos transfronterizos de Centroamérica* (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2007).
- *El mapa de potencial de aguas subterráneas a escala de reconocimiento (1:250,000)* (MAGA, 2012).
- El Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala (Herrera et al., 2016)
- El informe del Estado del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA, 2022).

El Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala constituye una de las investigaciones más completas y recientes en torno al tema en Guatemala. En este fueron evaluados los recursos hídricos subterráneos y las reservas, permitiendo el conocimiento de la situación actual y las condiciones de estos.

Según Herrera et al. (2016) "actualmente en Guatemala, no existen mapas hidrogeológicos que identifiquen y localicen los acuíferos importantes del país, así como, sus características hidrogeológicas para el aprovechamiento de las aguas subterráneas", por lo que fue necesario realizar una investigación científica sobre la hidrogeología de la región volcánica a nivel nacional.

Potencial de Aguas Subterráneas a escala de reconocimiento (1:250,000)
República de Guatemala

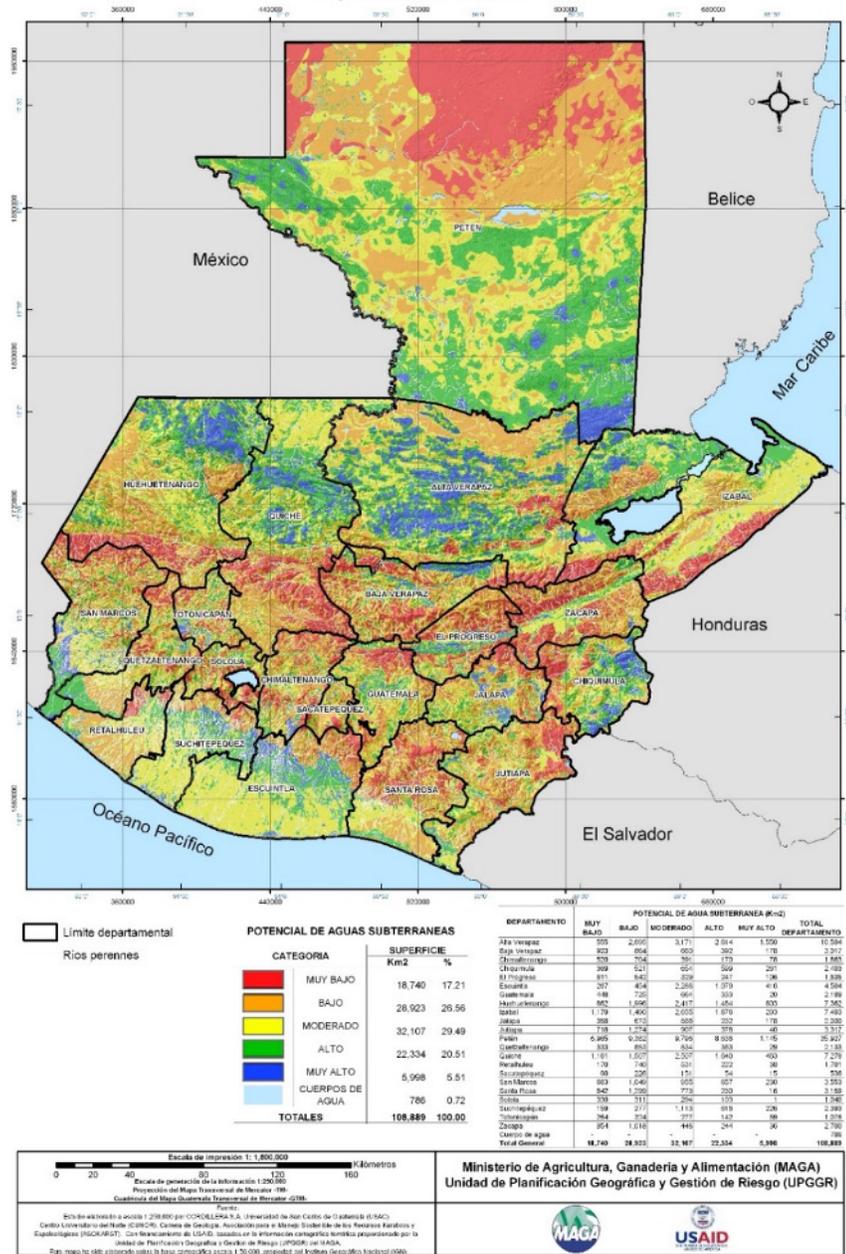


Figura 2.5 Mapa de potencial de aguas subterráneas de la República de Guatemala
 Fuente: Informe del mapa de potencial de aguas subterráneas a escala de reconocimiento (1:250,000) de la República de Guatemala (MAGA, 2012).

En la figura 2.5 se muestra el mapa de potencial de aguas subterráneas a escala de reconocimiento (1:250,000), se basa en un modelo hidrogeológico que evalúa y zonifica el potencial de aguas subterráneas a nivel nacional. Este mapa se puede utilizar como un instrumento para la planificación y diseño de un plan de desarrollo de aguas subterráneas en la agricultura y ganadería.

De acuerdo con Carlos Muñoz Palacios, como citado por IANAS, 2012 y Basterrechea y Noriega (2019), el país se divide en cuatro regiones hidrogeológicas: a) las llanuras aluviales cuaternarias de la costa sur, consideradas las de mayor potencial; b) el altiplano volcánico de rocas terciarias y cuaternarias, en depresiones tectónicas rellenas con depósitos piroclásticos y potencial de ocurrencia a profundidades

relativamente grandes; c) la cadena montañosa de las tierras altas cristalinas, de rocas ígneas graníticas y metamórficas, formación con menor recurrencia en el país; y d) la región sedimentaria del norte de rocas calizas del Cretácico karstificadas, donde el agua subterránea ocurre en conductos y cuya dinámica, a pesar de su importancia, ha sido poco estudiada.

La disponibilidad anual de agua renovable en Guatemala se estima en 33,699.00 millones de m³, los cuales se incluyen dentro de la disponibilidad total de 97,120.00 millones de m³ (Basterrechea y Noriega, 2019). Cabe resaltar que de los 97,120.00 millones de m³ de agua producidos anualmente en Guatemala, se estima que se aprovecha un 10% a nivel nacional. Esta información es esencial para comprender la cantidad de agua que se renueva naturalmente en el país y es fundamental para la planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos.

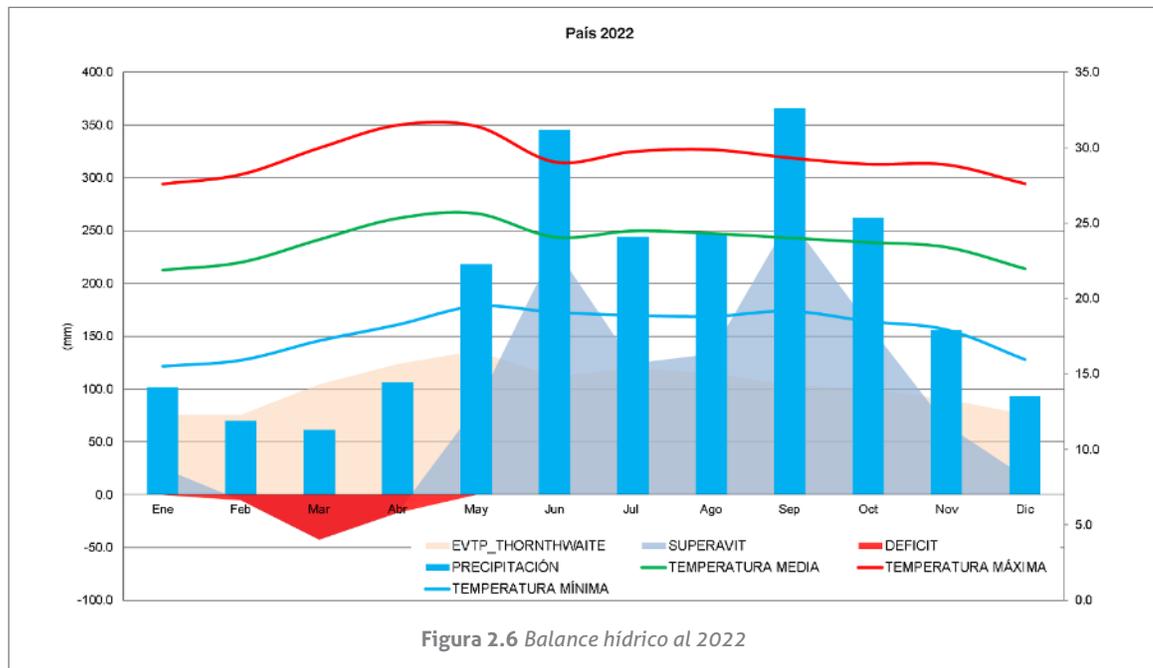
• 2.1.5.3 Disponibilidad hídrica

El siguiente cuadro, según datos del Perfil Ambiental de Guatemala de la Universidad Rafael Landívar (Gerónimo Pérez I., 2022) muestra la disponibilidad de agua que posee cada vertiente, según el área.

Vertiente	Área (ha)	Disponibilidad hídrica (millones de m ³)	Disponibilidad hídrica (m ³ /ha)
Atlántico	3,342,545.70	30,612.73	6,303,189
Golfo de México	5,077,339.06	48,724.21	10,015,667.00
Pacífico	2,407,686.91	31,174.11	11,533,775.00

Cuadro 2.4 Disponibilidad de agua de acuerdo a la vertiente
Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022

2.1.6 Balance hídrico al 2022



En el caso del año 2022, se mantiene la estacional de la época lluviosa de mayo a octubre y época seca de noviembre a abril.

Pero se puede notar un leve déficit durante el mes de marzo y abril.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETP THORNTHWAITE	75.9	75.4	104.3	123.6	136.1	111.1	120.0	115.0	103.9	100.2	90.3	76.2
PRECIPITACIÓN	101.4	70.2	61.7	106.3	218.3	345.4	244.0	248.4	365.8	262.0	156.1	93.2
SUPERAVIT	25.5	-5.2	-42.7	-17.3	82.2	234.2	124.0	133.4	261.9	161.8	65.8	17.0
TEMPERATURA MEDIA	21.9	22.4	23.9	25.3	25.7	24.1	24.5	24.3	24.0	23.7	23.4	22.0
TEMPERATURA MÁXIMA	27.6	28.2	30.0	31.5	31.4	29.0	29.7	29.9	29.3	28.9	28.9	27.6
TEMPERATURA MÍNIMA	15.5	15.9	17.2	18.3	19.5	19.1	18.9	18.8	19.2	18.5	17.9	16.0
DEFICIT	0.0	-5.2	-42.7	-17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cuadro 2.5 Datos de balance hídrico al 2022

2.2 Uso, Consumo y Demanda de Agua

El uso y consumo del agua en Guatemala es un tema de gran relevancia y preocupación debido a la importancia vital que tiene este recurso natural para la vida y el desarrollo humano en el país. Aunque Guatemala cuenta con una amplia disponibilidad de agua dulce gracias a su geografía y diversidad de ríos, lagos y acuíferos, existen desafíos significativos en cuanto a su gestión, distribución equitativa y acceso adecuado para todos los habitantes, entre los que destacan las escasez de agua en la Región Metropolitana de Guatemala y el uso inadecuado y contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas (Castellanos, 2021), además la demanda creciente de agua debido al incremento poblacional y una falta de ley que controla el uso de las vías de suministro de agua.

Según el último XII Censo de Población y VII de Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2019) la población total de Guatemala era de 14,901,286 personas para el 2018. Este dato demográfico es relevante al analizar el uso y consumo del agua en el país, ya que refleja la magnitud de la demanda de agua potable y servicios relacionados. A medida que la población continúa aumentando, la presión sobre los recursos hídricos se intensificará, lo que puede exacerbar los desafíos existentes en términos de gestión y disponibilidad del agua en Guatemala.

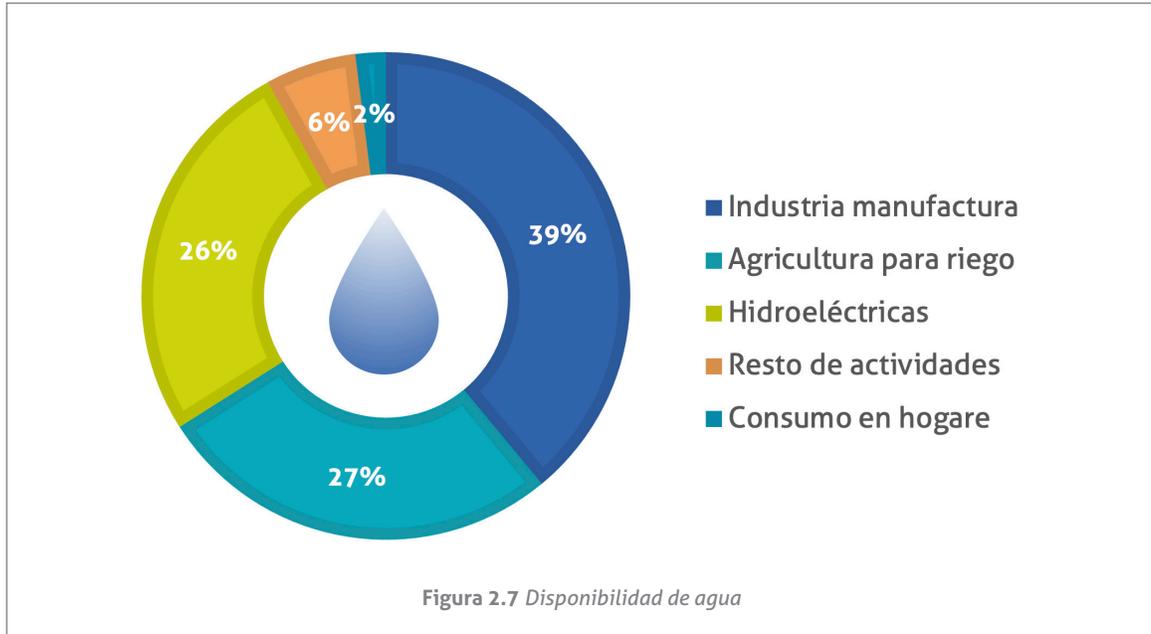
La CEPAL indica que en la población urbana el 98% cuenta con el servicio de agua mejorada y el 95% tiene servicio de agua entubada. En la población rural, el servicio de agua mejorada alcanza al 90% de la población, mientras que el de agua entubada al 68%. Si se considera a toda la población, el servicio de agua mejorada llega al 94% y el servicio de agua entubada al 81%. Sin embargo, estas altas cifras de cobertura no reflejan el problema de calidad de agua. (Basterrechea, 2019)

2.2.1 Uso

En Guatemala, el uso y consumo del agua varía en diferentes sectores de la economía. Además, el agua es utilizada en otros sectores como lo son el de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, la pesca, la acuicultura, la ganadería, la caza, la silvicultura, la construcción y el sector del ambiente natural, que engloba la conservación y protección de los recursos naturales en el país. El uso del agua en los sectores más relevantes del país. El agua es contemplada para los siguientes usos:

- Consumo humano
- Riego agrícola
- Acuicultura
- Recreativo
- Industrial

Según un estudio realizado en 2006-2010 y publicado por (Arreola, 2018), en Guatemala de la disponibilidad de agua (97 millones de m3 anuales) el agua es utilizada para las siguientes actividades:



Con respecto al acceso al agua indica que:

- El 77.2% de los hogares tiene acceso al abastecimiento de agua entubada.
- El 89% de la población, en el área urbana tiene agua en el hogar.
- El 64.4% de la población, en el área rural, tiene agua en su vivienda.

E identifica a los cuatro grandes usuarios de agua en el país que son:

- 31.4% Beneficios de café
- 25% Hidroeléctricas
- 10.4% Caña de azúcar
- 7.5% Palma africana
- 25.7% consumo humano

2.2.2 Consumo

En Guatemala, el uso y consumo del agua varía en diferentes sectores de la economía. El agua desempeña un papel fundamental en sectores clave como la agricultura (77%), el abastecimiento municipal (16%) y la industria (7%). Además, el agua es utilizada en otros sectores como lo son el de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, la pesca, la acuicultura, la ganadería, la caza, la silvicultura, la construcción y el sector del ambiente natural, que engloba la conservación y protección de los recursos naturales en el país. El uso del agua en los sectores más relevantes del país el siguiente:

• 2.2.2.1 Agricultura

La agricultura es el principal consumidor de agua del país. En este sector, el agua se utiliza principalmente para el riego de cultivos, tanto para la producción de alimentos de subsistencia como para los cultivos comerciales. Guatemala es conocida por ser un importante productor de cultivos como café, banano, caña de azúcar, vegetales y frutas. Estos cultivos requieren sistemas de riego eficientes y un suministro constante de agua para lograr un rendimiento óptimo. Sin embargo, el sector agrícola también enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad de agua en algunas regiones y la necesidad de implementar prácticas de riego sostenibles para evitar la sobreexplotación de los recursos hídricos.

•

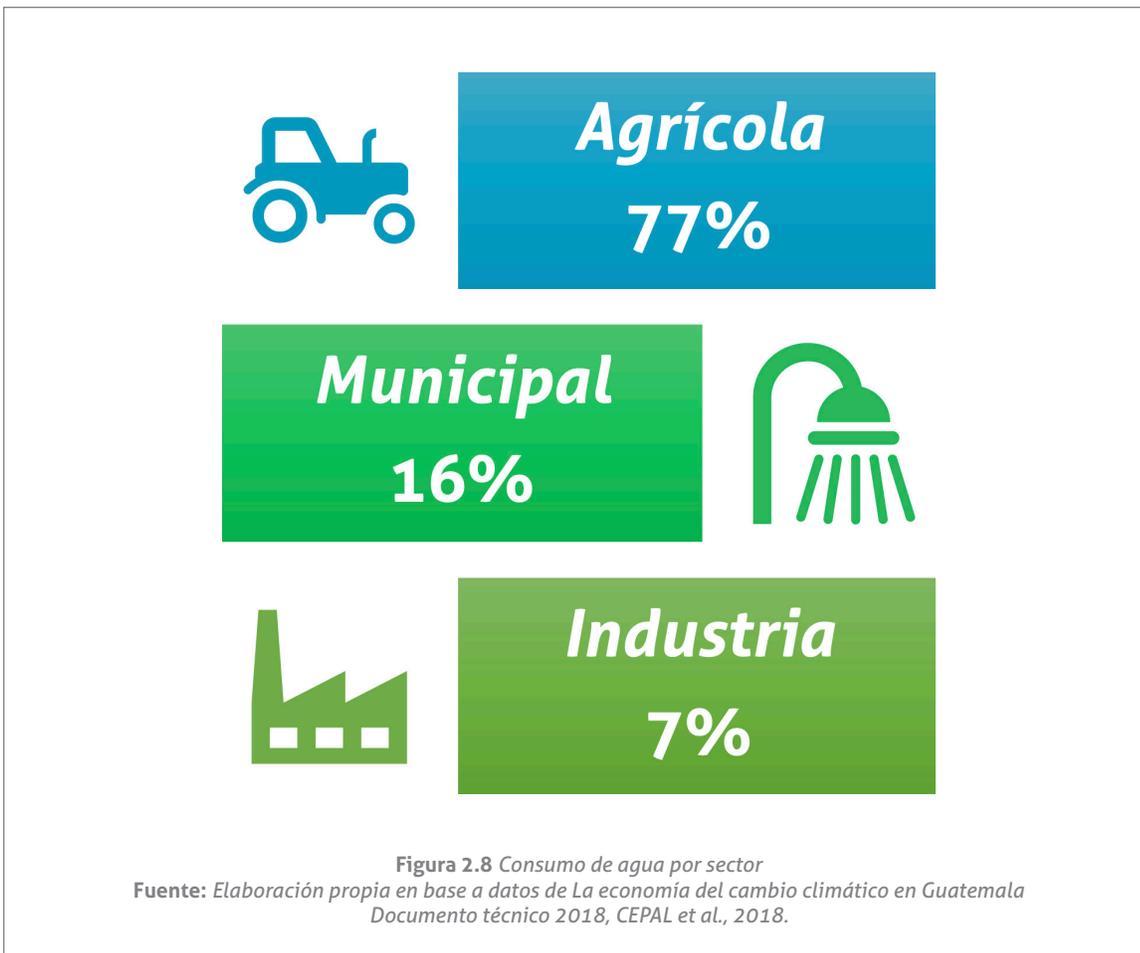
• 2.2.2.2 Municipal

La institucionalidad de abastecimiento municipal es responsable de proporcionar agua potable a las áreas urbanas y rurales en Guatemala. La empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) abastece la mayor parte del agua en la Ciudad de Guatemala mientras que el restante es abastecido por otras fuentes. En áreas rurales, son las municipalidades las responsables del abastecimiento de agua potable. El consumo de agua en este sector incluye el suministro de agua para uso doméstico, como el consumo humano, higiene personal, limpieza y otras actividades diarias.

Cabe destacar que, según el XII Censo de Población y VII de Vivienda, en un total de 3, 275,931 hogares, el 59% de la población utiliza agua para consumo proveniente de tubería dentro de la vivienda, un 15% de tubería fuera de la vivienda, pero en el terreno, un 12% de pozo perforado, un 3% de chorro público y un 11% de otras fuentes como agua de lluvia, ríos o lagos, manantiales o nacimientos y camiones o toneles.

• 2.2.2.3 Industria

La industria guatemalteca también juega un papel relevante en el consumo de agua. En este sector, el agua se utiliza en diversas actividades de producción y procesamiento. La cantidad de agua requerida varía según el tipo de industria y los procesos específicos involucrados. Por ejemplo, en la industria alimentaria, el agua se utiliza para el lavado de materias primas, la limpieza de equipos, la refrigeración y la elaboración de productos. En el sector textil, se utiliza agua en los procesos de teñido y lavado de telas. La industria química también requiere agua para la fabricación y el enfriamiento de productos. La eficiencia en el uso del agua y la implementación de tecnologías más sostenibles en la industria son aspectos clave para reducir el impacto ambiental y promover prácticas responsables en el sector industrial.



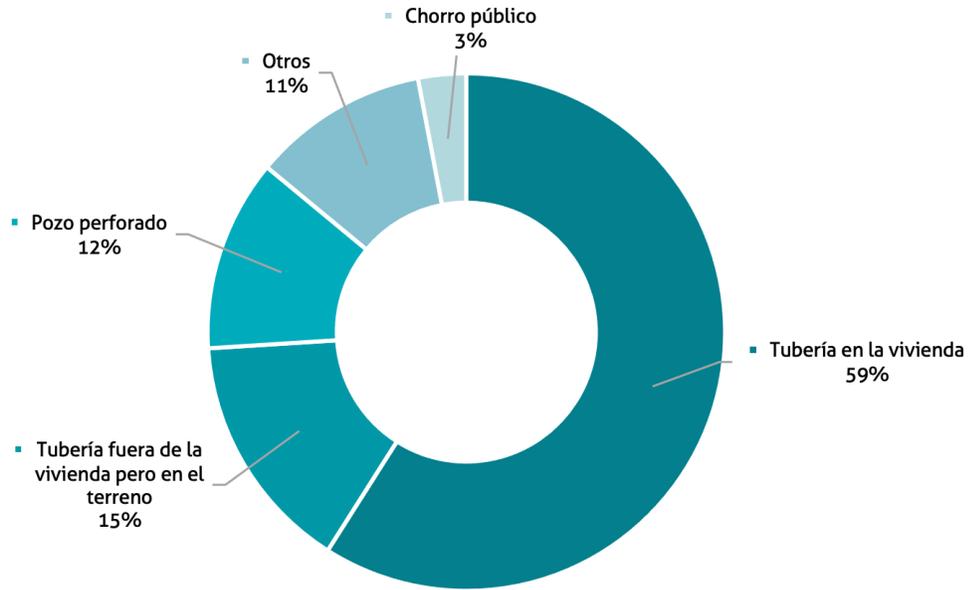


Figura 2.9 Fuentes principales de agua para consumo
Fuente: Elaboración propia en base a datos del XII Censo de Población y VII de Vivienda, INE, 2018.

• 2.2.2.4 Áreas urbanas

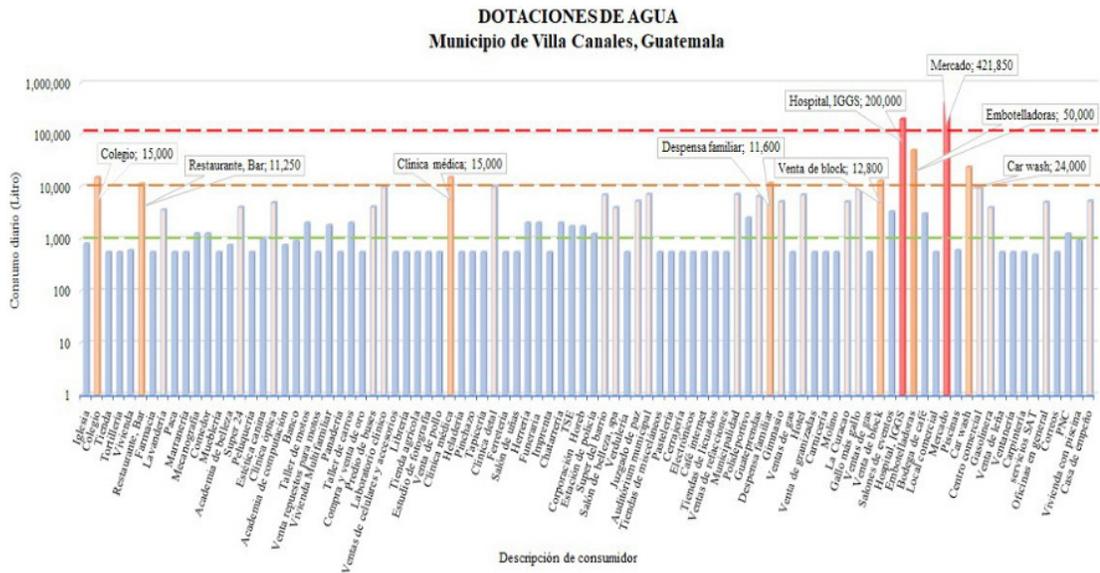


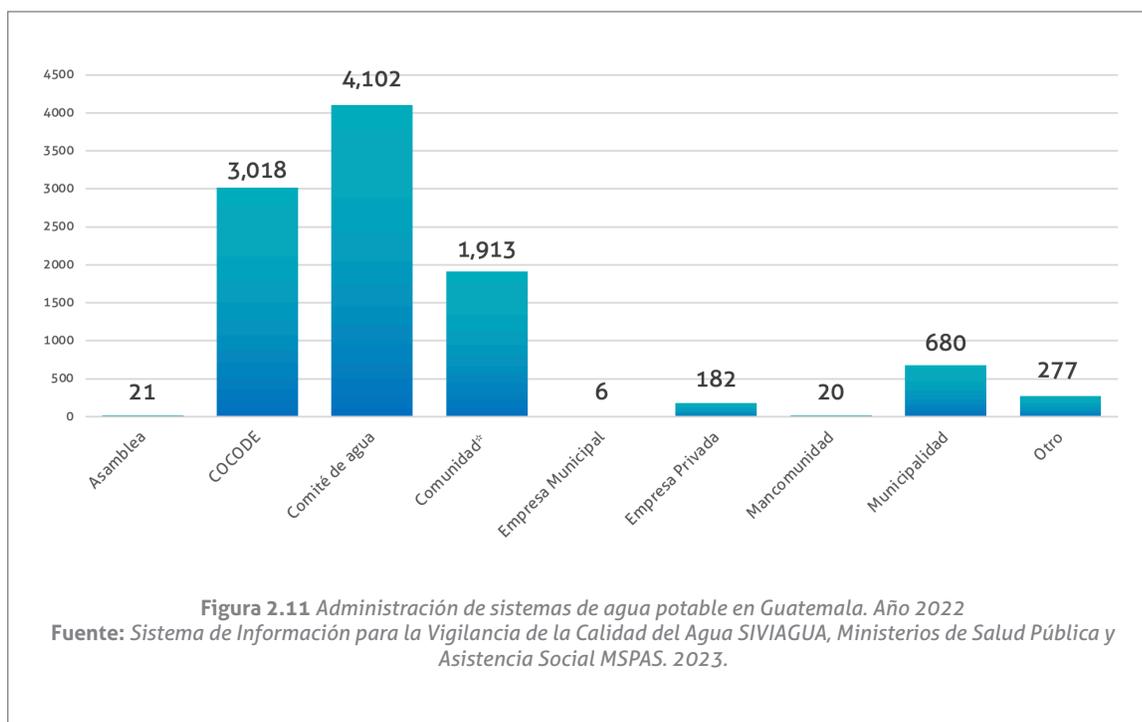
Figura 2.10 Dotaciones de agua en el área Metropolitana de Guatemala
Fuente: Elaboración propia con base en Ramos Torres, E. R. (2023). Georreferenciación de pozos y áreas de cobertura, análisis de capacidad de dotación y análisis de sostenibilidad financiera del servicio de agua potable en el casco urbano del Municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala.

2.2.3 Administración de sistemas de agua potable

La administración de sistemas de agua potable es el proceso de gestionar y supervisar los recursos y servicios relacionados con el suministro de agua potable a una comunidad o área determinada. Esto implica asegurar que el agua sea tratada y distribuida de manera segura, eficiente y sostenible. De acuerdo al Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua SIVIAGUA, Guatemala cuenta con 10,219 unidades de administración de sistemas de agua potable.

Tipo de Administración de sistemas de agua	Total	Porcentaje
Asamblea	21	0.2
COCODE	3018	29.5
Comité de agua	4102	40.1
Comunidad*	1913	18.7
Empresa Municipal	6	0.1
Empresa Privada	182	1.8
Mancomunidad	20	0.2
Municipalidad	680	6.7
Otro	277	2.7
TOTAL	10219	100.0

Cuadro 2.6 Administración de sistemas de agua potable. Año 2022



*(COCODE, Comité de Agua)

El 40.1% de la administración de los sistemas de agua potable en el país al año 2022, es a través de los comités de agua, el 29.5% por los COCODES, 18.7% por la comunidad que es una administración mixta entre COCODES y comités de agua, las municipalidades representan el 9.9% y tan solo 1.8% por empresas privadas, este último principalmente es a nivel urbano. El cuadro 2.7 muestra la administración de sistemas de agua por departamento.

Departamento	Asamblea	COCODE	Comité de agua	Comunidad (COCODE, Comité de Agua)	Empresa Municipal	Empresa Privada	Man-comunidad	Municipalidad	Otro	Total
Alta Verapaz	4	125	304	229		2		20	8	692
Baja Verapaz	2	148	194	85		1			1	431
Chimaltenango	1	234	194	45		53	3	16	62	608
Chiquimula		331	243	39		3	1	15	6	638
El Peten	1	115	88	37		1	2	112	2	358
El Progreso		130	28	3		2		18	1	182
Escuintla		44	7	21		12	1	102	1	188
Guatemala		36	62	29	2	25		120	16	290
Huehuetenango	1	281	993	287		2	3	6	17	1590
Izabal	2	249	59	8		25		5	15	363
Jalapa	1	40	44	125		1	1	9		221
Jutiapa		165	82	58		3	1	42	16	367
Quetzaltenango		26	193	186	4	8		37	42	496
Quiché	1	411	512	335			3		20	1282
Retalhuleu		69	18	3		24	1	27		142
Sacatepéquez				1		1		44	2	48
San Marcos	5	251	349	157		12	1	11	6	792
Santa Rosa		23	166	21		2	1	30	3	246
Sololá	2	129	399	100			1	14	17	662
Suchitepéquez	1	102	37	9		3	1	28	36	217
Totonicapán			91	107					2	200
Zacapa		109	39	28		2		24	4	206
TOTAL	21	3018	4102	1913	6	182	20	680	277	10219

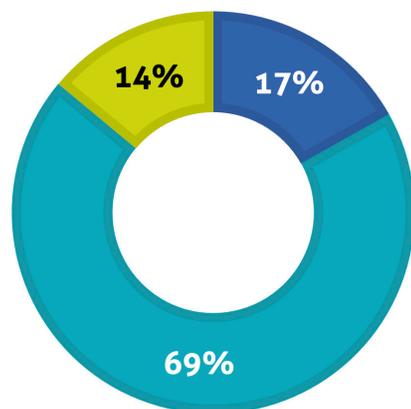
Cuadro 2.7 Administración de sistemas de agua potable por departamento. Año 2023

2.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua

Una fuente de abastecimiento de agua es cualquier recurso o sistema que suministra agua para el consumo humano, industrial o agrícola. Estas fuentes pueden ser naturales, como ríos, lagos, manantiales y acuíferos, o pueden ser construidas por el ser humano, como embalses, pozos y sistemas de captación de agua de lluvia. A nivel nacional existe 3 tipos de fuentes de abastecimiento de agua, por bombeo, gravedad y mixto. El abastecimiento por bombeo se relaciona a las fuentes subterráneas, gravedad a las fuentes superficiales como manantiales, ríos, lagos, embalses, etc., y mixto es la combinación de sistemas de bombeo y gravedad.

La distribución porcentual de principales tipos de fuentes de abastecimiento en Guatemala es: el 69% por gravedad, 17% por sistemas de bombeo y el 14% es por sistema mixto (bombeo + gravedad). Los 3 registros de departamentos con mayor dependencia de agua por bombeo como se muestra en el cuadro siguiente son: Sacatepéquez (59%), Escuintla (56%) y Retalhuleu (51%); por gravedad, Huehuetenango (96%), Baja Verapaz (93%), Quiché y San Marcos (91%); uso mixto es decir una combinación de sistemas de gravedad y bombeo, El Petén (71%), Guatemala (61%) y Escuintla (19%).

Tipo de fuentes de abastecimiento de Guatemala



■ Bombeo ■ Gravedad ■ Mixto

Figura 2.12 Tipos de fuentes de abastecimiento de agua en Guatemala
Fuente: Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua SIVIAGUA, Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS. 2023.

Departamento	Tipo de Fuente (Cantidad)			Total	Tipo de Fuente en Porcentaje (%)		
	Bombeo	Gravedad	Mixto		Bombeo	Gravedad	Mixto
Alta Verapaz	57	657	58	772	7%	85%	8%
Baja Verapaz	17	427	14	458	4%	93%	3%
Chimaltenango	237	464	48	749	32%	62%	6%
Chiquimula	58	611	48	717	8%	85%	7%
El Peten	86	46	329	461	19%	10%	71%
El Progreso	37	145	16	198	19%	73%	8%
Escuintla	162	74	55	291	56%	25%	19%
Guatemala	408	84	779	1271	32%	7%	61%
Huehuetenango	50	1634	16	1700	3%	96%	1%
Izabal	61	321	36	418	15%	77%	9%
Jalapa	82	176	6	264	31%	67%	2%
Jutiapa	133	207	72	412	32%	50%	17%
Quetzaltenango	179	371	54	604	30%	61%	9%
Quiché	69	1272	56	1397	5%	91%	4%
Retalhuleu	95	84	7	186	51%	45%	4%
Sacatepéquez	89	43	19	151	59%	28%	13%
San Marcos	43	794	39	876	5%	91%	4%
Santa Rosa	47	214	30	291	16%	74%	10%
Sololá	87	605	40	732	12%	83%	5%
Suchitepéquez	63	210	23	296	21%	71%	8%
Totonicapán	39	171	22	232	17%	74%	9%
Zacapa	45	180	7	232	19%	78%	3%
Total general	2144	8790	1774	12708	17%	69%	14%

Cuadro 2.8 Tipo de fuente de abastecimiento por departamento de Guatemala. Año 2022
Fuente: Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua SIVIAGUA, Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS. 2023.

2.2.5 Demanda de agua a nivel nacional

En Guatemala la demanda de agua, al igual que en muchos otros países, varía según la región y la disponibilidad de recursos hídricos. Algunos departamentos y municipios pueden enfrentar mayores desafíos en términos de suministro de agua debido a diversos factores, como la densidad de población, la urbanización, la agricultura y la industrialización. De manera general, la agricultura es la principal fuente de demanda de agua en Guatemala, y la extracción de agua para satisfacer las demandas es similar al resto del mundo, siendo la agricultura el mayor usuario. En centros urbanos, la demanda de agua es alta debido a la densidad poblacional y a las actividades económicas que se concentran.

En el centro urbano más grande de Guatemala, el Municipio de Guatemala, por ejemplo, el crecimiento poblacional y su inevitable expansión urbana ha sido acelerado en relación con los demás municipios: según los datos censales en el año 1973 apenas tenía 279,501 habitantes y para el año 2002 contaba ya con 754,243 habitantes, elevando la demanda de agua potable en más de un 300% (González, 2018). Cabe resaltar que, en este municipio, la demanda se satisface por medio de fuentes de agua superficiales y subterráneas: El agua superficial se obtiene básicamente de los ríos Xayá, Pixcayá, Pansalík y Teocinte, provenientes de cuencas que se encuentran fuera del límite municipal; y las fuentes subterráneas se obtienen de los acuíferos ubicados en el Valle de La Ermita (González, 2018). En la Ciudad de Guatemala EMPAGUA abastece el 70% del agua, mientras que el 30% restante es abastecido por otras fuentes.

La demanda de agua en las áreas rurales está influenciada por varios factores, como el tamaño de la población, las actividades agrícolas y ganaderas, así como las necesidades domésticas y comunitarias. La agricultura, en particular, puede ser una actividad de alto consumo de agua en estas regiones, donde se requiere agua para el riego de cultivos y la cría de ganado. Es importante tener en cuenta que la demanda de agua varía dentro de las áreas rurales. Por lo general, las cabeceras municipales, que son los centros urbanos principales de los municipios rurales, tienden a tener la mayor concentración de demanda de agua. Esto se debe a que son los principales puntos de acceso a servicios básicos y suelen contar con infraestructuras para el suministro de agua potable, a diferencia de otras áreas rurales.

La demanda de agua a nivel nacional, según Basterrechea y Guerra (2019), al igual que lo indicado para la oferta, ha sido estimada en tres estudios diferentes y con resultados distintos, reportando el primero una demanda de agua de 9,596 millones de m^3 (SEGEPLAN, 2006), el segundo una demanda de agua de 20,373.88 millones de m^3 (Banco de Guatemala y el IARNA, 2009) y el tercero una demanda de agua de 5,140 millones de m^3 (CEPAL, 2018). Cabe mencionar que según SEGEPLAN (2011) se considera que la demanda anual llegará a duplicarse en el año 2025; siendo alrededor de 5 millones de habitantes quienes no tendrán acceso a servicios de agua, afectando con mayor intensidad a las mujeres, dada la asignación histórica y social de sus responsabilidades domésticas y cuidado familiar. Algunos detalles de las estimaciones de demanda de agua a nivel nacional realizadas en años anteriores son:

- a. Según el estudio realizado por Segeplan (2006, como citado por Basterrechea y Guerra, 2019): La demanda de agua fue de 9,596 millones de m^3 , de los cuales el 53.6 % fue para usos consuntivos y el restante 46.4 % para no consuntivos. Del total del agua para usos consuntivos que se utilizaba en el 2006, un 16.2 % fue para consumo humano, el 6.7 % para la industria, el 76.9 % para riego y el restante 0.2 % para otros usos. Del agua total ofertada para esa fecha, solo el 9.9 % era demandada. La demanda con respecto a la oferta en la vertiente del Pacífico era el 23.3 %, el 4.4 % en la del golfo de México y el 7.4 % en la del mar Caribe (p. 96).
- b. Un segundo estudio de la demanda, basado en el estudio de cuentas ambientales del Banco de Guatemala y el IARNA (2009), como citado por Basterrechea y Guerra (2019), indicó lo siguiente: La utilización anual de agua en 2010 representó el 22 % de la oferta hídrica disponible anualmente para Guatemala. De los 20,373.88 millones de m^3 , el 37.5 % (7,643.17 millones de m^3), fueron empleados por la industria, incluida la agroindustria. Por otro lado, las actividades agropecuarias y silviculturales usaron el 31.9 % (6,496.56 millones de m^3) de los recursos hídricos del país. El otro usuario importante, aunque su uso no es consuntivo, es la generación hidroeléctrica, que utiliza un estimado de 24.8 % (5000 millones de m^3). Por su parte, el consumo doméstico fue apenas un 2.3 % (alrededor de 461 millones de m^3). El resto de las actividades consume un 3.5 % del total (p.96).
- c. Finalmente, el informe de la CEPAL (2018), como citado por Basterrechea y Guerra (2019), reportó que “la extracción anual es de 5,140 millones de m^3 . El uso agrícola demanda el 77 %, el municipal (abastecimiento humano) el 16 % y el industrial el 7 % restante”.

2.3 Presión Sobre los Recursos Hídricos

La presión sobre los recursos hídricos se refiere al impacto ejercido sobre los diferentes componentes del sistema hídrico, como ríos, lagos, acuíferos y otros cuerpos de agua. Esta presión es resultado de una serie de desafíos y tensiones que afectan la disponibilidad y calidad del agua, así como la salud de los ecosistemas acuáticos y la sostenibilidad de las comunidades que dependen de estos recursos. El informe Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2023 (CEPAL, 2023) menciona la necesidad de reducir la presión sobre los recursos hídricos mediante la implementación de políticas circulares.

Algunos de los principales factores que incrementan la presión son el uso intensivo, la sobreexplotación, la deforestación y la contaminación. Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023; Alianzas y cooperación por el agua la migración forzada añade más presión sobre los recursos hídricos (Naciones Unidas, 2023). El cambio climático también aumentará la presión sobre los recursos hídricos, ya que estos serán menos predecibles debido a los cambios en los patrones de lluvia y la mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías e inundaciones.

2.3.1 Identificación de las principales presiones y amenazas

En Guatemala, la presión sobre los recursos hídricos se agrava debido a diversos factores y desafíos específicos del país. La combinación de la deforestación desmedida, la pérdida de cobertura vegetal, la contaminación industrial y doméstica, el uso intensivo de agroquímicos, la extracción excesiva de aguas superficiales y subterráneas y el impacto del cambio climático amenazan la disponibilidad y calidad del agua en el país. Se provee que la presión sobre los recursos hídricos contribuya al estrés hídrico en Guatemala, que se refiere a la escasez de agua en términos de disponibilidad y suficiencia para satisfacer las necesidades de los seres vivos y los ecosistemas. Algunas de las principales presiones identificadas son:

- *Deforestación:* La pérdida de cobertura forestal en Guatemala contribuye a la degradación de los ecosistemas acuáticos al aumentar la erosión del suelo y la sedimentación de los cuerpos de agua. Esto afecta negativamente la calidad del agua y reduce la disponibilidad de recursos hídricos.
- *Agricultura intensiva:* La agricultura es una actividad económica importante en Guatemala, pero el uso intensivo de agua en la producción agrícola contribuye a la presión sobre los recursos hídricos. La falta de prácticas sostenibles de riego y el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas pueden provocar la contaminación de los cuerpos de agua.
- *Contaminación industrial y doméstica:* La descarga de desechos industriales y domésticos sin un adecuado tratamiento contamina los cuerpos de agua en Guatemala. La falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento de aguas residuales agrava este problema, lo que afecta tanto la calidad del agua como la salud de los ecosistemas acuáticos.
- *Sobreexplotación de acuíferos:* La extracción excesiva de agua subterránea de los acuíferos en Guatemala con fines agrícolas, industriales y domésticos ha llevado a una disminución de los niveles de agua y a la intrusión de agua salina en algunas áreas costeras. Esto compromete la disponibilidad futura de agua potable y afecta los ecosistemas dependientes de los acuíferos.
- *Cambio climático:* Guatemala es vulnerable a los efectos del cambio climático, como sequías más intensas y prolongadas e inundaciones. Estos eventos climáticos extremos aumentan la presión sobre los recursos hídricos al reducir la disponibilidad de agua y afectar negativamente la agricultura y los ecosistemas acuáticos.

2.3.2 Impacto humano en los recursos hídricos

El impacto humano en los recursos hídricos es profundo y multifacético, y tiene consecuencias de gran alcance en nuestra sociedad y el medio ambiente. A medida que la población mundial continúa creciendo y las demandas de agua aumentan, es fundamental comprender y abordar estos impactos para garantizar la disponibilidad y calidad del agua a largo plazo. De acuerdo con GreenFacts (s.f.), entre las principales amenazas de los humanos a las que se enfrentan los recursos hídricos destacan: la deforestación, la contaminación, el

cambio climático, previamente mencionados, así como otras amenazas como la sedimentación, los cambios en el paisaje y el crecimiento urbano:

- *Sedimentación:* La intervención humana puede acelerar de manera notable el proceso de sedimentación, convirtiéndolo en un impacto perjudicial para los recursos hídricos. Esto se debe principalmente a actividades como la deforestación, la agricultura intensiva, la construcción de represas, la minería y la urbanización sin una gestión adecuada del suelo y el agua. Estas acciones promueven la erosión del suelo, lo que implica un aumento en la cantidad de sedimentos que son arrastrados desde la tierra hacia los cuerpos de agua.
- *Cambios en el paisaje:* Los cambios en el paisaje, como la canalización de ríos, la alteración de los humedales y la modificación de la topografía natural, tienen un impacto en los recursos hídricos. Estas modificaciones pueden afectar el flujo natural del agua, aumentar la velocidad de escorrentía y alterar los patrones hidrológicos. Como resultado, se pueden producir inundaciones repentinas, pérdida de hábitats acuáticos y cambios en la calidad y cantidad de agua disponible.
- *El crecimiento urbano sin una planificación adecuada también afecta los recursos hídricos.* La urbanización implica la impermeabilización del suelo debido a la construcción de infraestructuras como calles, edificios y estacionamientos. Esto conduce a un aumento en la escorrentía superficial y la reducción de la infiltración de agua en el suelo, lo que disminuye la recarga de los acuíferos y puede provocar problemas de escasez de agua. Además, las áreas urbanas generan mayores volúmenes de aguas residuales y contaminantes, que deben tratarse adecuadamente para evitar la contaminación de los cuerpos de agua circundantes.

2.4 Calidad del Agua

La calidad del agua se refiere a la condición física, química y biológica del agua. Es un aspecto crucial para evaluar si el agua es segura y adecuada para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura, la industria y el medio ambiente en general. La calidad del agua puede variar dependiendo de su fuente, así como de las actividades humanas que ocurren en su entorno. La contaminación industrial, agrícola y doméstica puede afectar negativamente la calidad del agua y hacerla insegura para el consumo. Además, es importante destacar que la calidad del agua no solo se refiere a su aptitud para el consumo humano, sino también a su impacto en los ecosistemas acuáticos y en la biodiversidad. La presencia de contaminantes puede tener efectos adversos en la flora y fauna, afectando el equilibrio de los ecosistemas y comprometiendo la sustentabilidad a largo plazo.

En general, los datos sobre la calidad del agua siguen siendo escasos a nivel global, y esto aplica al caso de Guatemala y otros países de la región. La calidad de agua de algunos ríos y lagos es medida por varias instituciones como la Autoridad de Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán (AMSA), el INSIVUMEH y el Ministerio de Salud, así como algunas instituciones no gubernamentales y universidades. Sin embargo, es importante destacar que el monitoreo se limita a áreas geográficas específicas, lo que implica que existe una falta de información integral y actualizada sobre la calidad del agua en todo el país. Esta limitación dificulta la identificación de problemas y la implementación de medidas efectivas para proteger y mejorar la calidad del agua a nivel nacional.

2.4.1 Acceso al agua potable y su calidad en Guatemala

Según el Observatorio para América Latina y el Caribe de Agua y Saneamiento (OLAS, 2021) aproximadamente el 55% de los guatemaltecos viven en áreas rurales, lo cual convierte al país en uno de los más rurales de la región. Esta distribución poblacional tan marcada tiene implicaciones significativas en términos de acceso y disponibilidad de agua potable para los habitantes de estas zonas. Las comunidades rurales a menudo enfrentan desafíos considerables en el suministro y saneamiento del agua debido a la falta de infraestructuras adecuadas y recursos limitados. En estas áreas rurales dispersas, la obtención de agua potable puede ser una tarea ardua y complicada. Los residentes a menudo dependen de fuentes naturales, como ríos, arroyos o pozos, para satisfacer sus necesidades diarias de agua.

Distribución de la población en áreas rurales y urbanas

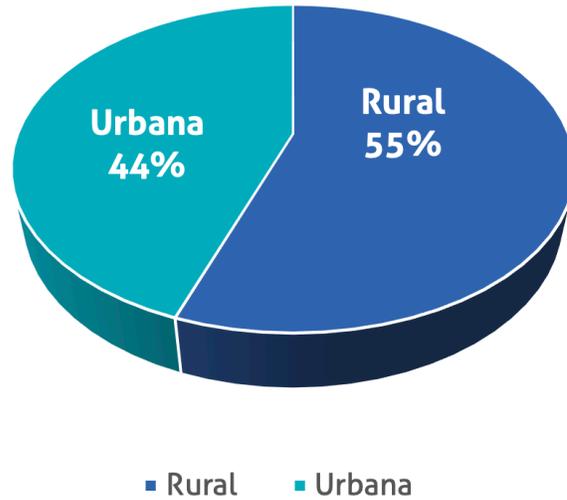


Figura 2.13 Distribución de la población en áreas rurales y urbanas
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta de hogares: Guatemala, OLAS, 2021.

En cuanto a la conexión a distribución de agua, según datos de los Principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022 (INE, 2022) se reporta que el 78% de las viviendas están conectadas a este sistema. Esto indica que la mayoría de los hogares guatemaltecos tienen acceso a una fuente de agua proporcionada por las autoridades o empresas encargadas de la distribución. No obstante, es importante tener en cuenta que el acceso a la distribución de agua puede variar considerablemente según la ubicación geográfica y el nivel socioeconómico.

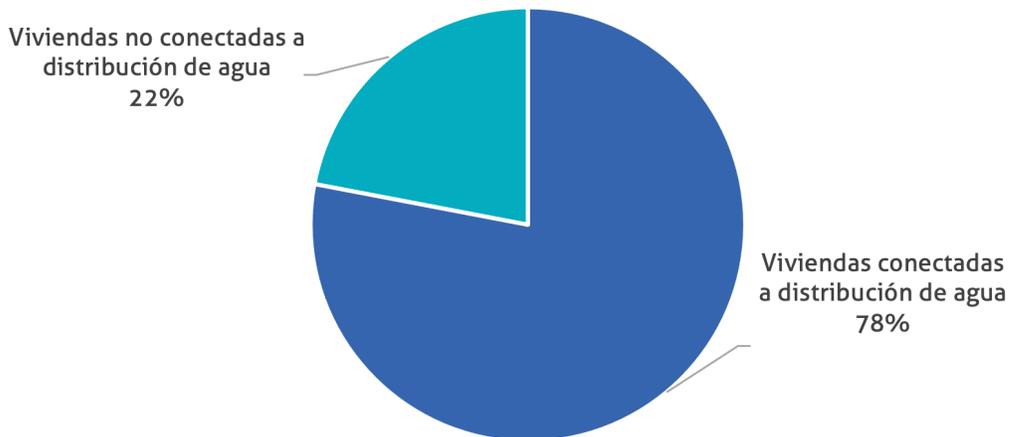
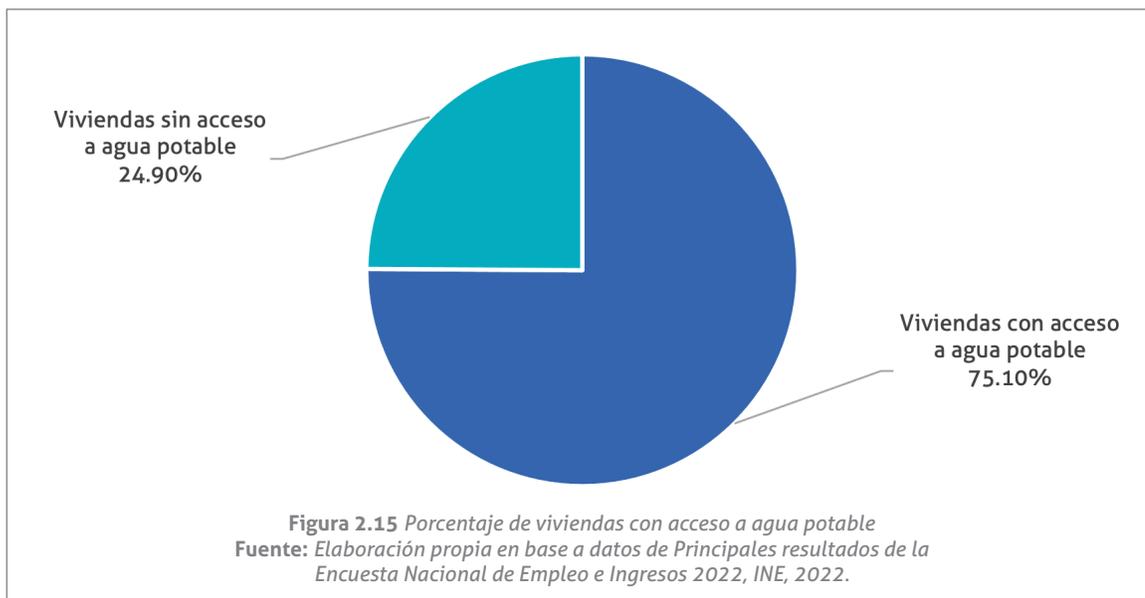


Figura 2.14 Porcentaje nacional de viviendas conectadas a distribución de agua
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022, INE, 2022.

En cuanto al acceso a agua potable, el INE (2022) reporta en su informe Principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022 que solo el 75.10% de las viviendas cuenta con este servicio esencial, mientras que un 24.90% no posee acceso a agua potable. Estos datos se basan en el subindicador 1 de la meta 1.4.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que establece que una vivienda se considera que tiene acceso a agua potable si cuenta con tubería dentro de la vivienda o fuera de la misma pero dentro del terreno. Cabe mencionar que la falta de acceso a agua potable tiene graves implicaciones para la salud y el bienestar de la población guatemalteca, que sin un suministro de agua de calidad, se ve obligada a recurrir a fuentes de agua no tratada, como ríos, arroyos o pozos no protegidos, que comúnmente están contaminados. Impactos ecosistémicos



2.4.2 Problemáticas relacionadas con la contaminación del agua

En Guatemala, la problemática de la contaminación del agua representa un desafío apremiante que afecta tanto el medio ambiente como la salud y el bienestar de la población. El país cuenta con una rica diversidad de ríos, lagos y acuíferos, lamentablemente, muchos de estos recursos hídricos se encuentran amenazados por diversas fuentes de contaminación. Esta situación se agrava debido a factores como la falta de infraestructura adecuada, la debilidad en la aplicación de regulaciones ambientales y la limitada conciencia y educación sobre la importancia de la protección del agua.

Esta problemática de la contaminación del agua tiene un impacto significativo en múltiples aspectos de la vida en Guatemala. El medio ambiente sufre las consecuencias de la degradación de los ecosistemas acuáticos, lo que afecta negativamente la biodiversidad y los ciclos naturales del agua. La contaminación del agua también impacta la calidad de vida de las comunidades, especialmente aquellas que dependen de fuentes hídricas locales para el abastecimiento de agua potable, la agricultura y la pesca.

En cuanto al consumo de agua contaminada, la salud de la población guatemalteca se ve amenazada por este, ya que puede ocasionar enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, el cólera, la hepatitis y otras infecciones. Estas enfermedades afectan especialmente a los niños, las mujeres embarazadas y las personas con sistemas inmunológicos debilitados. Además, el uso de agua contaminada para el riego de cultivos y la producción de alimentos puede generar riesgos para la seguridad alimentaria y la salud de quienes los consumen.

• 2.4.2.1 El caso del lago de Amatitlán

El lago Amatitlán, ubicado en el departamento de Guatemala, es uno de los cuerpos de agua más importantes del país. A pesar de ello, el lago de Amatitlán ha enfrentado problemas significativos de contaminación durante varios años, entre los que destacan eutrofización, sedimentación, presencia de microplásticos,

entre otros. La contaminación se ha atribuido principalmente a la descarga de aguas residuales sin tratar provenientes de áreas urbanas y municipales cercanas, así como a la actividad industrial en la zona. En la cuenca del lago de Amatitlán, se localizan alrededor de once municipios, de los cuales siete tienen influencia directa con el lago; incluyendo a cuatro zonas de la ciudad capital (Autoridad para el manejo sustentable del Lago de Amatitlán [AMSA], 2015, como citado por Romero et al., 2019).

Las aguas residuales que ingresan al lago contienen una variedad de contaminantes, incluyendo productos químicos tóxicos, nutrientes en exceso y materia orgánica descompuesta. Estos promueven el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, lo que resulta en la eutrofización del lago. La eutrofización provoca una disminución en los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que afecta negativamente la vida acuática.

Según los resultados de la investigación Paleoecotoxicología, una herramienta para la reconstrucción del pasado reciente en el lago de Amatitlán, Guatemala (Romero et al., 2019), los dos lagos (Este y Oeste) presentan una eutrofización cultural, debido a procesos hidrológicos y de usos: El lado Este responde a un manejo de uso de suelo basado en actividades de agricultura con menor intercambio de agua, mientras que el lado Oeste evidencio mayor impacto de tipo industrial y doméstico.

• 2.4.2.2 El caso de río Motagua

De acuerdo al informe "Gestión ambiental integral de la cuenca del río Motagua" del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2022); entre las grandes problemáticas relacionadas con la contaminación del agua en el país destaca el caso del río Motagua, uno de los ríos más contaminados en Guatemala. El Río Motagua comienza en Quiché hasta desembocar en Puerto Barrios, Izabal, atravesando 14 departamentos y 95 municipios de Guatemala (Ministerio de Ambiente y Recursos Renovables).

Dicho informe también mencionar que la calidad de agua de la cuenca del río Motagua es afectada por muchos tributarios superficiales que contienen residuos y desechos sólidos, aguas residuales sin tratamiento, restos de fertilizantes agrícolas y sobrecarga de materia orgánica que alimentan el río. Dentro del marco de la contaminación, algunas de las amenazas e impactos ambientales a los que se enfrenta la cuenca del río Motagua, mismos que pueden generalizarse a otras cuencas en el país, destacan los siguientes:

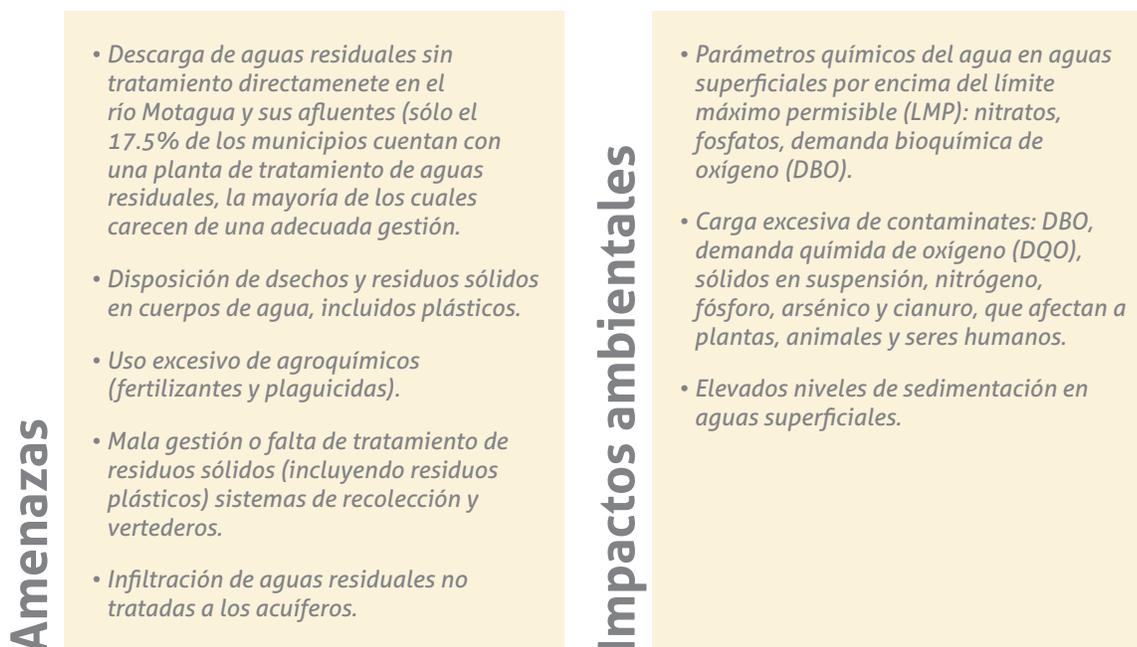


Figura 2.16 Amenazas e impactos ambientales en la cuenca del río Motagua en Guatemala
Fuente: Elaboración propia en base a Gestión ambiental integral de la cuenca del río Motagua, MARN, 2022.

La calidad del agua en Guatemala es medida a través de diferentes instituciones gubernamentales, entidades internacionales y universidades que contribuyen en la investigación del recurso hídrico:

- a. *COGUANOR NTG 29001*: Además, en Guatemala existe y se utiliza una normativa denominada: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 “Agua para Consumo Humano (agua potable)”, la cual tiene como objeto establecer los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano.

Las características que se analizan son las físicas y organolépticas, químicas y microbiológicas del agua. La norma se aplica a toda agua para consumo humano, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc.

- b. *Valoración de la calidad del agua*: Según el (INSIVUMEH, 2021) a partir del año 2021 la valoración de la calidad del agua se realizará a través de una aplicación de un “Índice Simplificado de Calidad de Agua” (ISQA, por sus siglas en inglés), el cual se encuentra basado en la metodología del Water Quality Index (WQI) establecida por Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), ya que estos consideran la exposición constante de los cuerpos de agua a distintas variaciones de calidad.

El siguiente cuadro muestra las categorías en que se puede clasificar la calidad del agua según los resultados de valoración del ISQA:

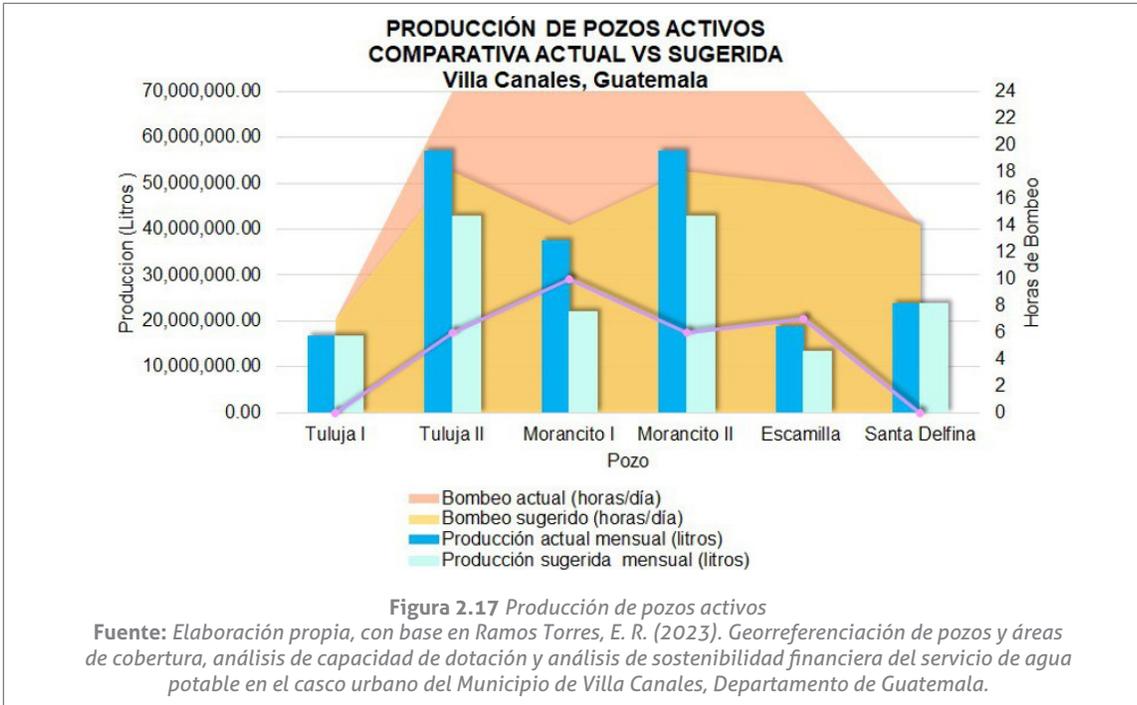
ISQA	Categoría	Descripción	Posibles usos
90-100	Excelente	La calidad del agua está protegida, se da por sentado una ausencia total de amenazas; las condiciones son cercanas a los niveles naturales.	Todos los usos, contemplando tratamientos para el consumo humano para que los parámetros se encuentren dentro de la norma COGUANOR NTG29001.
80-90	Buena	La calidad del agua está protegida contra un menor grado de amenazas; las condiciones raramente se apartan de los niveles naturales o deseados.	Consumo humano con tratamientos convencionales para que los parámetros se encuentren dentro de la norma COGUANOR NTG29001, riego agrícola, acuicultura, recreativo.
70-80	Intermedia	La calidad del agua es ocasionalmente afectada; las condiciones a veces no cumplen con los niveles deseados.	Consumo humano con tratamientos especiales para que los parámetros se encuentren dentro de la norma COGUANOR NTG29001, riego agrícola, acuicultura, recreativo, industrial.
60-70	Admisible	La calidad del agua es frecuentemente afectada; las condiciones a menudo no cumplen con los niveles deseados.	Recreación, industrial y riego agrícola.
0-60	Inadmisible	La calidad del agua es continuamente afectada; las condiciones no cumplen con los niveles deseados por lo que las condiciones no son cercanas a los niveles naturales.	Los parámetros del recurso no facilitan su uso para una actividad específica. Por lo que para ser aprovechado el recurso, este debe ser tratado para cumplir con los parámetros necesarios según el uso que se le quiera dar.

Cuadro 2.9 Categorías para clasificar la calidad del agua según ISQA
Fuente: INSIVUMEH, 2021

2.5 Aguas Subterráneas

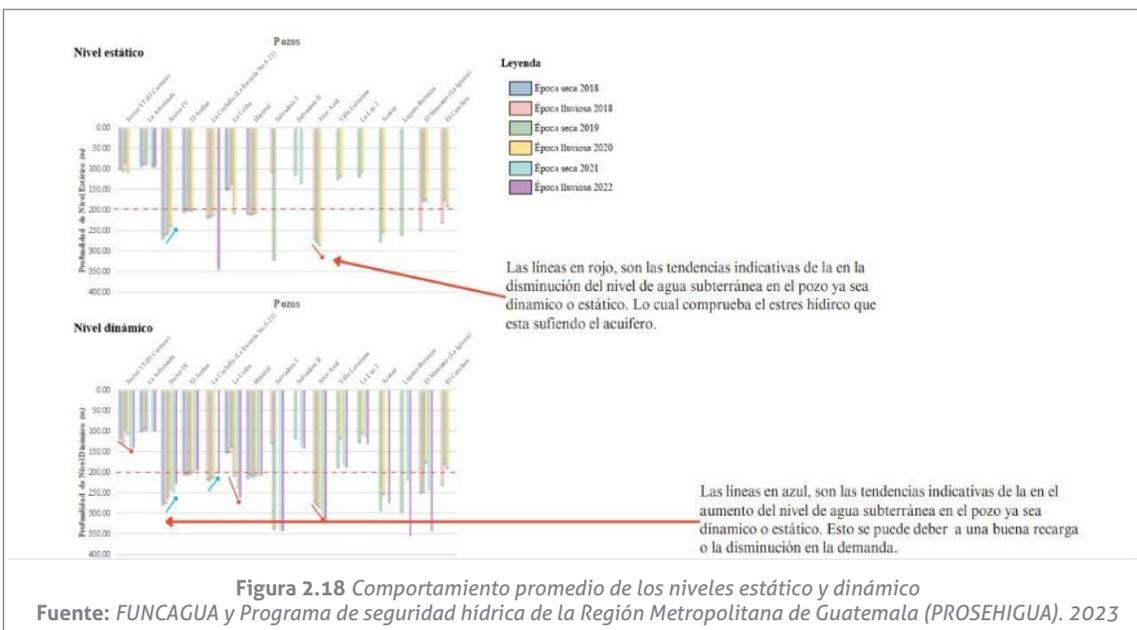
2.5.1 Producción de pozos activos en la zona Metropolitana de Guatemala

La siguiente figura muestra la producción de pozos activos en el municipio de Villa Canales, Guatemala.



2.5.2 Comportamiento promedio por temporada de los niveles estático y dinámico del agua subterránea de la zona Metropolitana de Guatemala

A continuación, la siguiente figura muestra el comportamiento del nivel estático y el nivel dinámico del agua subterránea en la zona Metropolitana de Guatemala.



Basado en el análisis de los datos disponibles, se puede concluir que los niveles piezométricos de los pozos de monitoreo no abarcan todo el acuífero y existe una falta significativa de datos. Esto dificulta la generación de modelos y predicciones confiables sobre el estrés hídrico que se está experimentando, aunque existen indicios de su presencia.

Tanto los niveles estáticos como los dinámicos del acuífero muestran una tendencia al aumento de su profundidad, sin mostrar un incremento significativo en

los niveles debido a la recarga natural. Esta situación refleja el agotamiento del acuífero, el cual se agrava debido a las condiciones de cambio climático y al crecimiento de la mancha urbana.

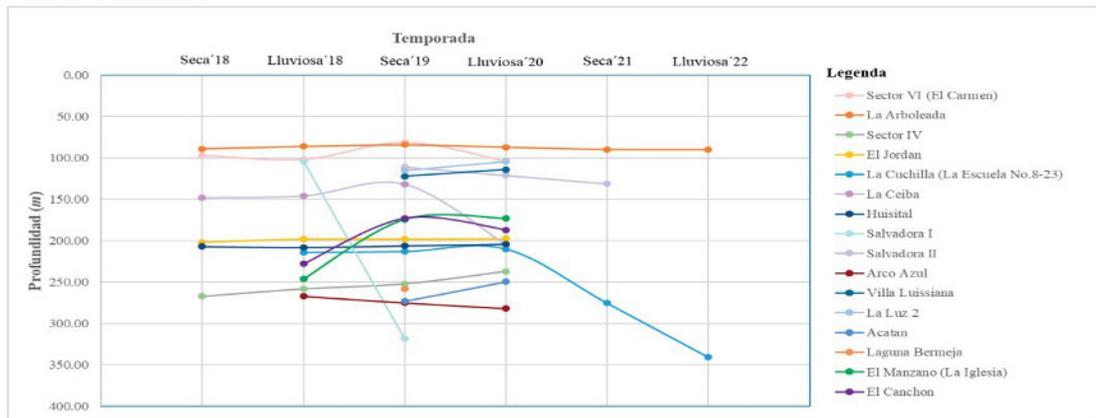
Si se tuviera acceso a datos históricos de consumo poblacional, sería posible realizar un análisis más detallado y obtener conclusiones sobre si las necesidades de la población superan la capacidad natural de recuperación del acuífero. Sin embargo, con base en el incremento en la profundidad de los niveles, se puede inferir una tendencia afirmativa en este sentido.

En conclusión, la situación actual evidencia la existencia de estrés hídrico en la zona metropolitana de Guatemala, donde la demanda de agua supera la capacidad de recuperación natural del acuífero.

2.5.3 Temporalidad de niveles en la zona sur

La siguiente gráfica muestra la temporalidad de niveles en la zona sur:

Nivel estático



Nivel dinámico

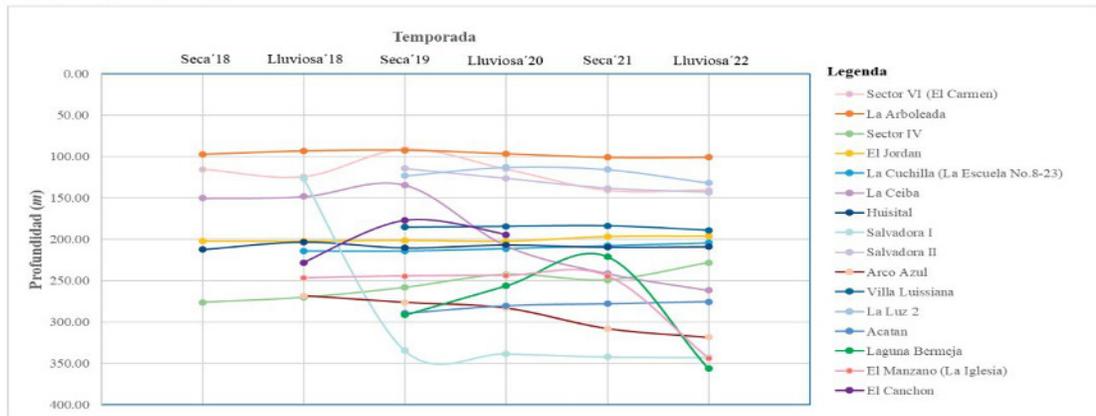


Figura 2.19 Temporalidad de niveles en la zona sur

Fuente: FUNCAGUA y Programa de seguridad hídrica de la Región Metropolitana de Guatemala (PROSEHIGUA). 2023

Solo se cuenta con seis medidas temporales (2018-2022) para la temporada seca y lluviosa. Por lo que demostrar un decremento importante en los niveles de los acuíferos es complejo.

Sin embargo, se puede inferir que la mayoría de los pozos presenta una tendencia en el decremento de los niveles estáticos y dinámicos y a pesar de que estos están siendo analizados para la temporada lluviosa, no se puede ver un aumento significativo en la recarga del acuífero.

Esto nos hace inferir que el acuífero está bajo un déficit hídrico y bajo presión antropogénica.

2.5.4 Localización de pozos de monitoreo de aguas subterráneas 2.6

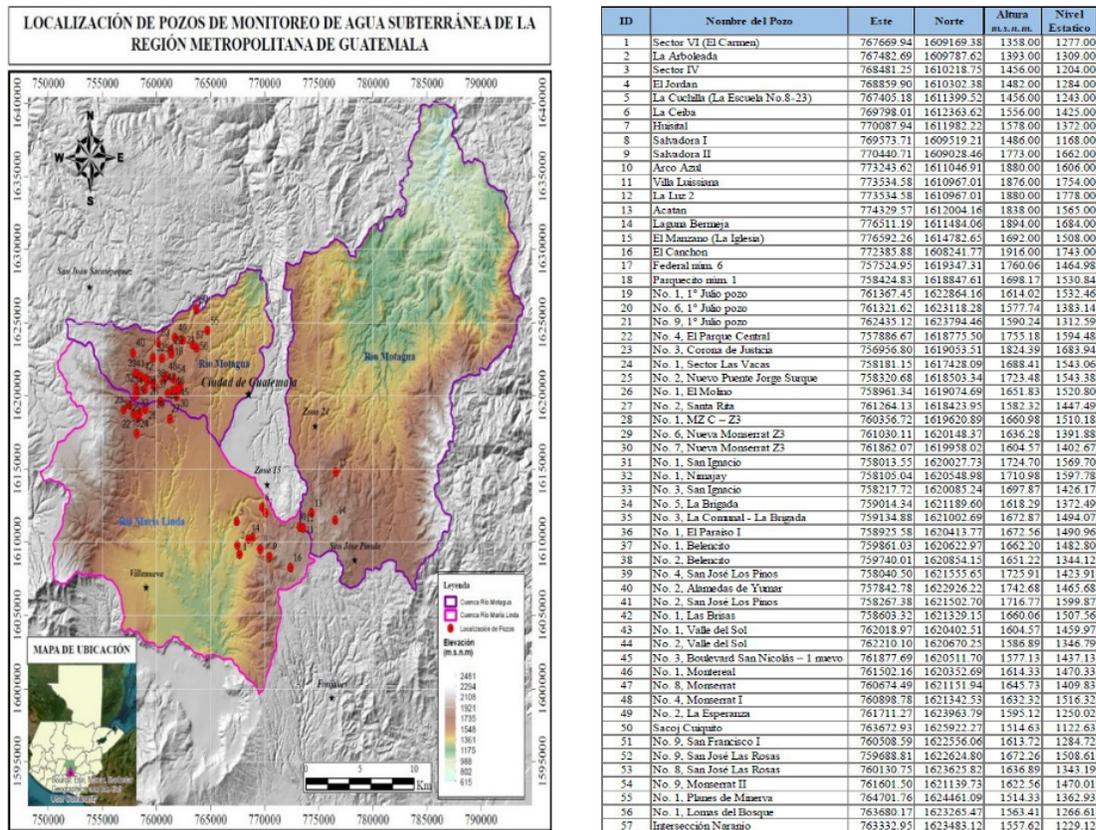


Figura 2.20 Localización de pozos de aguas subterráneas, región Metropolitana
Fuente: Elaboración propia con base en FUNCAGUA y Programa de seguridad hídrica de la Región Metropolitana de Guatemala (PROSEHIGUA). 2023. Portal EarthExplorer USGS. 2023

2.6 Aguas Residuales Saneamiento

2.6.1 Saneamiento

El saneamiento desempeña un papel fundamental en la promoción de la salud pública, la conservación del medio ambiente y el impulso de la economía. Para abordar este tema, el Banco Mundial ha destacado la importancia de invertir de manera eficiente en infraestructuras de saneamiento (Banco Mundial, 2020). Según la Organización Mundial el saneamiento básico es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas, aguas residuales y desechos sólidos, y tener un medioambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades (Organización Mundial de la Salud [OMS], s.f., como citado por la Organización Panamericana de la Salud, [OPS], 2022).



Agua segura

- Fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.



Diposición sanitaria de excretas

- Disposición sanitaria de excrementos y orina, ya sea en letrinas o baños.



Manejo sanitario de basura

- Manejo sanitario de los residuos sólidos, conocidos comúnmente como basura domiciliaria.

Figura 2.21 Saneamiento básico según la OPS

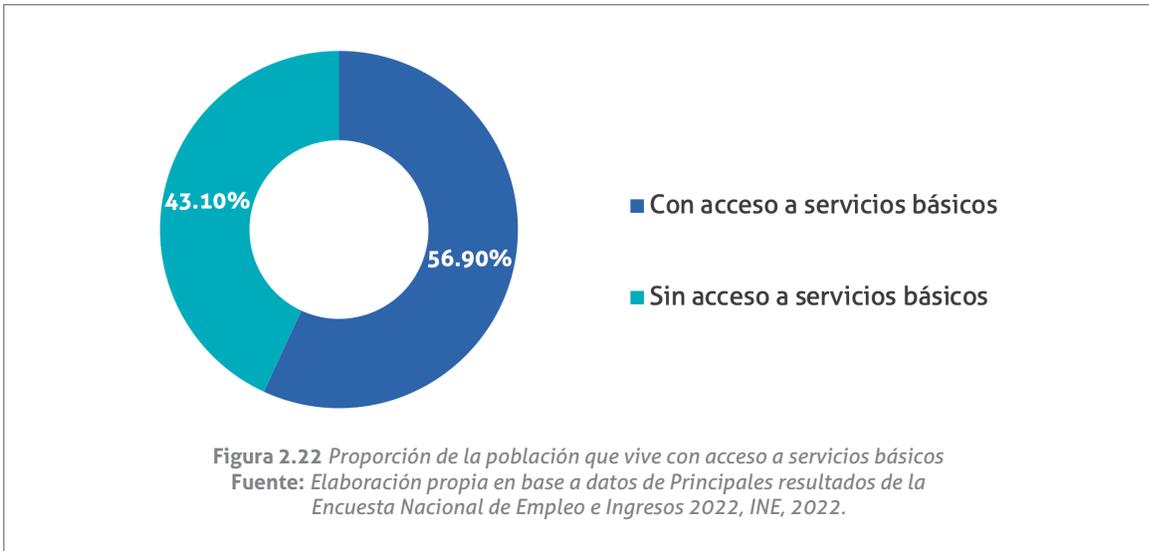
Fuente: Elaboración propia en base a Saneamiento básico: agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura: cuadernillo para capacitaciones con enfoque intercultural en áreas rurales, OPS, 2022.

La disponibilidad de servicios insuficientes de agua, saneamiento e higiene tiene implicaciones significativas en términos de la salud población. De acuerdo con la OPS (s.f) aproximadamente 7,600 niños menores de 5 años mueren anualmente por enfermedades diarreicas en la región, siendo los países con mayores porcentajes de mortalidad por diarrea en niños menores de 5 años: Haití (23%), Guatemala (10%), y Bolivia (7%). Es crucial entender que el impacto del saneamiento va más allá de la salud pública.

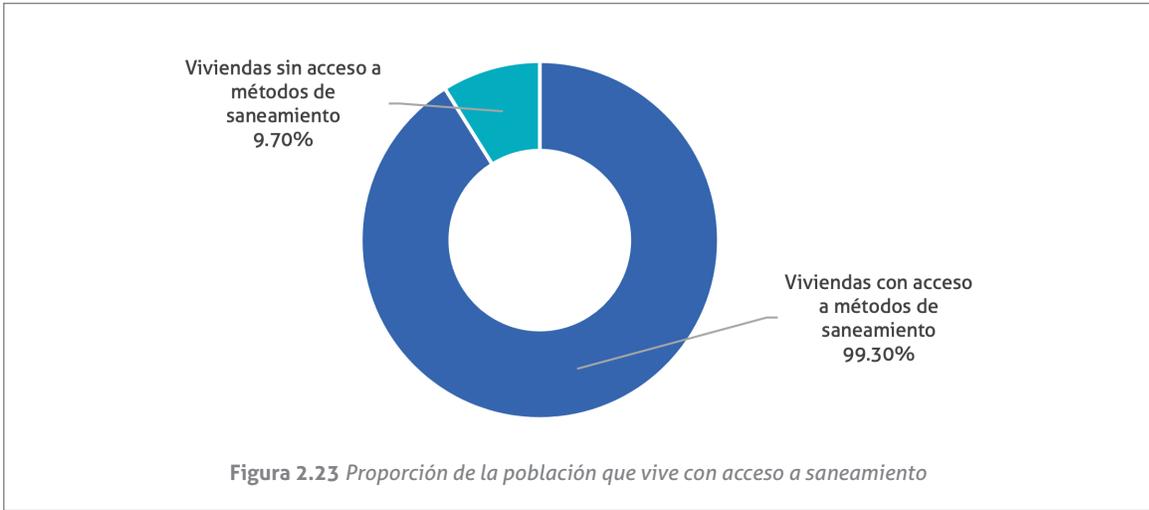
En términos económicos, la inversión en infraestructuras sanitarias genera beneficios para la sociedad. La falta de acceso a servicios de saneamiento puede resultar en altos costos de atención médica, pérdida de productividad laboral y disminución del desarrollo socioeconómico.

Además, el saneamiento desempeña un papel crucial en la preservación del medio ambiente. La eliminación inadecuada de aguas residuales puede contaminar fuentes de agua, suelos y aire, lo que representa un riesgo para la salud humana y la biodiversidad. Además, los desechos sólidos mal gestionados pueden acumularse en vertederos y generar emisiones de gases de efecto invernadero, así como filtrarse a los suelos y contaminar los ecosistemas naturales y mantos acuíferos. Al garantizar un sistema de saneamiento eficiente y adecuado, es posible reducir la contaminación y proteger los recursos naturales, asegurando un entorno sostenible para las generaciones futuras.

En Guatemala, la situación respecto al acceso a servicios básicos es un desafío que requiere atención urgente. A nivel nacional, únicamente el 43.1% de los hogares cuenta con acceso a estos servicios esenciales, lo que significa que un considerable 56.9% de las viviendas carecen de al menos uno de ellos. Estos datos están en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con la meta 1.4, que busca asegurar que todas las personas tengan acceso a servicios básicos. Es importante mencionar que los ODS definen los servicios básicos como el acceso al agua potable, saneamiento, electricidad y servicio de extracción de basura (CEPAL, 2023). Una vivienda se considera que no tiene acceso a servicios básicos si carece de al menos uno de estos servicios fundamentales.



De manera específica, en cuanto al saneamiento, los datos del INE (2022) revelan que el 99.3% de las viviendas en Guatemala cuentan con acceso a métodos de saneamiento, mientras que el 0.7% de viviendas que carecen de acceso a estos métodos. Cabe resaltar que para obtener este dato, la INE, de acuerdo con el subindicador 2 de la meta 1.4.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, consideró que una vivienda tiene acceso a métodos de saneamiento si cuenta con inodoros conectados a la red de drenajes o fosas sépticas, o un excusado lavable, o una letrina o pozo ciego.



2.6.2 Aguas residuales y su gestión

En Guatemala, la gestión de aguas residuales ha sido un desafío importante debido a la falta de infraestructura adecuada y recursos financieros limitados. El Acuerdo 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, establece las normas técnicas y la obligatoria construcción y funcionamiento de plantas de tratamiento por parte de las municipalidades y entes generadores. A pesar de que este reglamento tiene 17 años de estar vigente, la gran mayoría de las aguas residuales generadas en el país todavía no reciben tratamiento adecuado antes de ser descargadas al medio ambiente, y aunque no hay datos recientes, en el 2012 solo el 5% de las aguas residuales del país son tratadas (Basterrechea, 2012) y se estima que actualmente el porcentaje sea similar (Castellanos, 2021) y que déficit en saneamiento es del 34% en el país (SEGEPLAN, 2014, como citado por Global Water Partnership Central America, 2017).

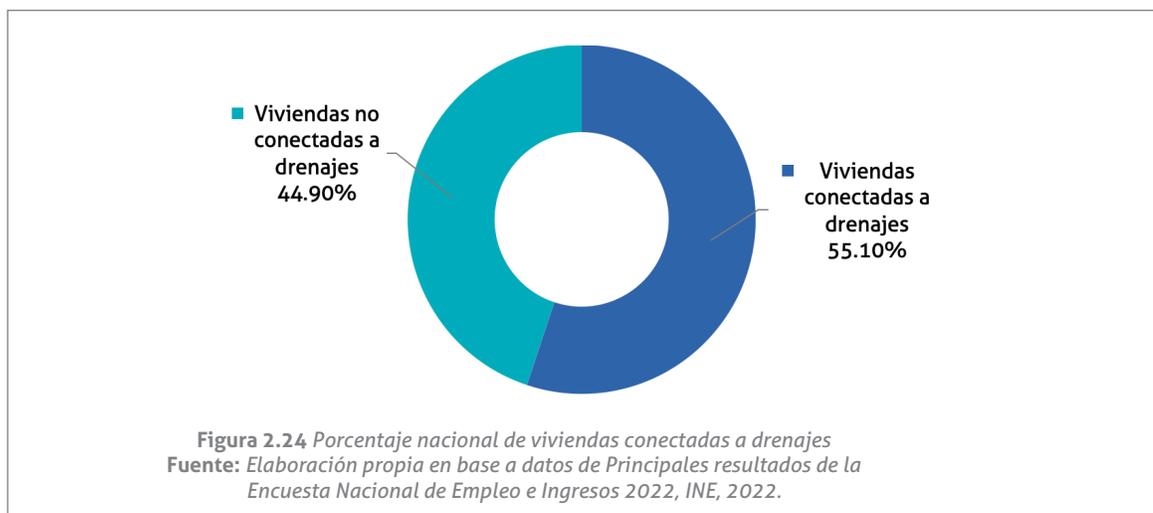
La mayor parte de las aguas residuales en Guatemala provienen de áreas urbanas, especialmente de la Ciudad de Guatemala y otras ciudades importantes. Estas aguas residuales contienen una variedad de

contaminantes, como materia orgánica, nutrientes, metales pesados y patógenos, que representan riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Del 2015 se tiene un registro de 547 entes generadores de aguas residuales, de los cuales 151 cumplen con los parámetros del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, 286 no cumplen, 15 son de municipalidades con algún grado de cumplimiento y 95 no se han monitoreado por diferentes razones (Global Water Partnership Central America, 2017).

De toda el agua empleada en el país, se generan 1,540 millones de m³ de aguas residuales, siendo alrededor del 95% de estas vertidas sin tratamiento a corrientes de agua superficial o cuerpos de agua, reporta Basterrechea (2012).

La situación del acceso limitado a los sistemas de drenaje en Guatemala plantea un desafío significativo en el tratamiento de aguas residuales. Según las últimas estadísticas disponibles (INE, 2022), solo el 55.10% de las viviendas están conectadas a los drenajes, lo que significa que un considerable 44.90% carece de esta infraestructura básica. Esta disparidad en el acceso a drenajes es un factor crítico que afecta la gestión adecuada de las aguas residuales. El saneamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas y la falta de sistemas de tratamiento contribuyen a la contaminación del medio ambiente y representan un riesgo para la salud pública en Guatemala.

Las viviendas que no están conectadas a sistemas de drenaje adecuados a menudo dependen de alternativas menos eficientes, como fosas sépticas o incluso descargas directas en cuerpos de agua cercanos. Estas prácticas no solo contribuyen a la contaminación del agua potable, sino que también aumentan el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, como diarreas, cólera y hepatitis. Según el informe Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022) en Guatemala, un 10% de las muertes se debe a enfermedades de transmisión hídrica.



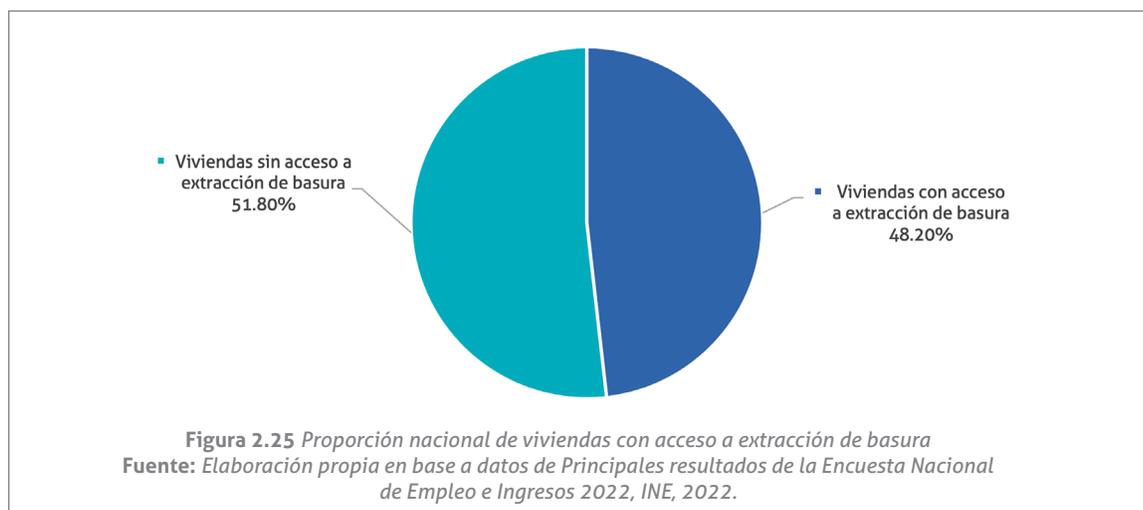
2.6.3 Residuos sólidos en el contexto de los recursos hídricos

Los residuos sólidos en el contexto de los recursos hídricos se refieren a los desechos sólidos generados por actividades humanas que pueden afectar la calidad y disponibilidad del agua. Estos residuos sólidos pueden ser de naturaleza diversa, como plásticos, vidrios, metales, papel, cartón, materia orgánica, entre otros. Cuando los residuos sólidos no se gestionan adecuadamente, pueden ser arrastrados por el agua hacia cuerpos de agua, como ríos, lagos, embalses y océanos, a través de la escorrentía superficial o a través de sistemas de drenaje. Esto puede tener varios impactos negativos en los recursos hídricos, siendo los principales:

- **Contaminación de aguas superficiales:** Los residuos sólidos pueden liberar sustancias tóxicas y contaminantes al agua, lo que afecta su calidad y la salud de los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, algunos plásticos y productos químicos pueden descomponerse en partículas más pequeñas conocidas como microplásticos, que pueden ser ingeridos por la vida acuática y afectar su supervivencia y reproducción.

- *Contaminación de aguas subterráneas:* El líquido percolado producto de la descomposición de los residuos sólidos puede contaminar las aguas subterráneas (Unidad de Planificación Minero-Energética [UPME], s.f).
- *Bloqueo de los sistemas de drenaje:* Los residuos sólidos mal gestionados, como bolsas de plástico y otros desechos voluminosos, obstruyen los sistemas de drenaje de agua. Esto constantemente provoca inundaciones y aumentan el riesgo de contaminación del agua, especialmente en áreas urbanas donde los sistemas de drenaje están interconectados con los cuerpos de agua.
- *Reducción de la disponibilidad de agua:* Los residuos sólidos pueden obstruir los cauces de los ríos y disminuir la capacidad de almacenamiento de embalses y lagos, lo que reduce la disponibilidad de agua para diferentes usos.

El acceso a la extracción de basura adecuada es un factor crucial en la gestión de residuos sólidos que, como ya se ha mencionado, tiene un impacto en los recursos hídricos. A nivel nacional en Guatemala, el 51.8% de las viviendas carecen de acceso al servicio de extracción de basura (INE, 2022). Esto significa que más de la mitad de las viviendas en el país enfrentan desafíos en la gestión adecuada de los residuos sólidos. Por otro lado, el 48.2% de las viviendas tienen acceso a este servicio fundamental que, según el subindicador 4 de la meta 1.4.1 de los ODS, tiene lugar cuando una vivienda tiene acceso a extracción de basura mediante servicio municipal o privado.



2.7 Marco Normativo

Los instrumentos relacionados con agua y saneamiento parten de lo establecido en la Constitución Política de la República de Guatemala en su Capítulo II Sección Séptima (Salud, seguridad y asistencia social): a) Artículo 93, Derecho a la salud, que establece que “El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna”, y b) Artículo 97, Medio ambiente y equilibrio ecológico, según el cual “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 depredación”. Otros artículos relevantes son el Artículo 127, Régimen de Aguas, y el Artículo 128, Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.

De la Constitución Política de la República de Guatemala derivan el Código de Salud que se fundamenta en el Artículo 93 y la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, que se fundamenta en el Artículo 97. La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-1986, contiene en su Artículo 1, 5, 6, 10 y 15 el fundamento para reglamentos relacionados con el manejo del agua: el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006; el Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán, Acuerdo Gubernativo 12-2011; y el Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001.

El Código de Salud, a través de su Artículo 1 (Del derecho a la salud) resalta la obligatoriedad del Estado de garantizar el derecho a la salud de su población. Por otro lado, a través de su Artículo 7 (Ley de observancia general) el Código de Salud resalta la preeminencia del interés social cuando existan dudas sobre la aplicación de las leyes sanitarias, las de seguridad social u otras de igual jerarquía, debiendo prevalecer el criterio de aplicación de la norma que más beneficie la salud de la población en general. Finalmente, en su Sección II (Agua potable) el Código de Salud dispone lo relacionado con el agua potable, en donde resaltan el Artículo 78 (Acceso y cobertura universal), Artículo 79 (Obligatoriedad de las municipalidades), Artículo 80 (Protección de las fuentes de agua), Artículo 87 (Purificación de agua), y el Artículo 90 (Agua contaminada).

2.7.1 Análisis del Acuerdo Gubernativo 18-2021

El Acuerdo Gubernativo 18-2021 se centra en la creación de una plaza adicional de Viceministro de Agua en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. Para ello se fundamenta legalmente en el Artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, que establece la obligación del Estado, las municipalidades y los habitantes de propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

También se hace referencia al Artículo 29 bis del Decreto Número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, Ley del Organismo Ejecutivo, que establece las responsabilidades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en relación con la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

El acuerdo menciona que el Gobierno debe velar por el mantenimiento de la cantidad de agua para el uso humano y otras actividades indispensables. En este contexto, la creación de la plaza de viceministro de Agua se presenta como una medida para fortalecer la gestión y la atención específica a los temas relacionados con el agua en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. La eficacia del nuevo viceministro dependerá en gran medida de la capacidad del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para gestionar y coordinar adecuadamente sus funciones. Es importante que existan los recursos necesarios, tanto financieros como humanos, para respaldar el trabajo del viceministro de Agua y garantizar la implementación efectiva de políticas y medidas relacionadas con el agua.

Guatemala enfrenta desafíos significativos en relación con la gestión del agua y la protección de sus recursos naturales. La creación de un cargo específico como el viceministro de Agua puede indicar un reconocimiento de la importancia de abordar estos problemas de manera más enfocada y priorizada. Además, es importante resaltar que la gestión del agua en Guatemala implica la colaboración y coordinación entre diferentes entidades gubernamentales, así como la participación de actores locales, comunidades y organizaciones civiles. En este sentido, la creación del viceministro de Agua podría facilitar una mejor coordinación entre las instituciones involucradas y promover una visión integral y sostenible de la gestión del agua en el país.

2.7.2 Análisis del Acuerdo Gubernativo 19-2021

El Acuerdo Gubernativo 19-2021 está centrado en la promoción de la protección y conservación de cuencas hidrográficas en Guatemala. Se basa en el Artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, que establece la obligación del Estado, las municipalidades y los habitantes de propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. También se hace referencia a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, que establece la competencia del Organismo Ejecutivo, a través del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, para aplicar esta ley y formular políticas de conservación y protección del ambiente; así como a la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto Número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, que establece que es función del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo.

El acuerdo establece la emisión de disposiciones para promover la protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala. Reconoce la importancia de propiciar el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Para ello se estructura en varios capítulos que abordan aspectos específicos relacionados con la protección y conservación de cuencas hidrográficas. Estos capítulos incluyen disposiciones generales, el diagnóstico de cuencas, el plan de protección y conservación de cuencas, mesas técnicas, inventario de usuarios para la conservación de las cuencas hidrográficas, el comité técnico asesor y disposiciones finales.

Las cuencas hidrográficas desempeñan un papel crucial en el suministro de agua y el mantenimiento del equilibrio ecológico. Dado que el agua es un recurso vital en Guatemala, es fundamental proteger y conservar las cuencas para garantizar la disponibilidad de agua para uso humano y otras actividades. En este sentido, el enfoque en la protección y conservación de cuencas hidrográficas es relevante y necesario. El éxito del acuerdo dependerá de la capacidad de coordinación y cooperación entre entidades y actores para implementar las disposiciones establecidas. Asimismo, será importante garantizar que se destinen suficientes recursos para llevar a cabo el diagnóstico, planificación y acciones necesarias para proteger y conservar las cuencas hidrográficas. Para evaluar la efectividad del acuerdo, se deberá contar con mecanismos de monitoreo y seguimiento que permitan evaluar los avances, identificar desafíos y realizar ajustes si es necesario.

2.7.3 Acuerdo Gubernativo Número 285-2022, reforma al Acuerdo Gubernativo Número 236-2006, de fecha 5 de mayo del año 2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.

Acuerda lo siguiente:

“Artículo 24 bis. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES. Las municipalidades y/o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de la forma siguiente:”

Este acuerdo amplió el plazo para que todas las municipalidades realicen su Estudio Técnico de Aguas Residuales, en donde tendrán hasta el 30 de mayo del 2024 para elaborar el mismo. Asimismo, el plazo de vencimiento para que cumplan con tener en operación sistemas de tratamiento de completos para al menos dos descargas principales que reporten en su inventario será el 02 de mayo del 2025.

Y para el 03 de mayo de 2027 deberán tener en operación el 60% de las descargas consignadas; y para el 02 de mayo del 2031 deberán tener en operación el 40% de los sistemas de tratamiento restantes que se reporten en el inventario.

2.8 Recursos Hídricos y Biodiversidad

De acuerdo con la ONU (s.f.), la biodiversidad juega un papel fundamental y a menudo subestimado en el ciclo del agua, siendo crítica para preservar la calidad y cantidad de los suministros de agua, algo que cambia el paradigma agua-biodiversidad y exige que se comprenda como una influye a la otra. La sostenibilidad de los ecosistemas de la Tierra requiere la conservación conjunta del agua y de la biodiversidad (Vadana, s.f.), ya que la pérdida de biodiversidad puede tener impactos negativos en la disponibilidad y calidad del agua, a su vez, el deterioro o la escasez del agua puede afectar negativamente a la biodiversidad de un ecosistema.

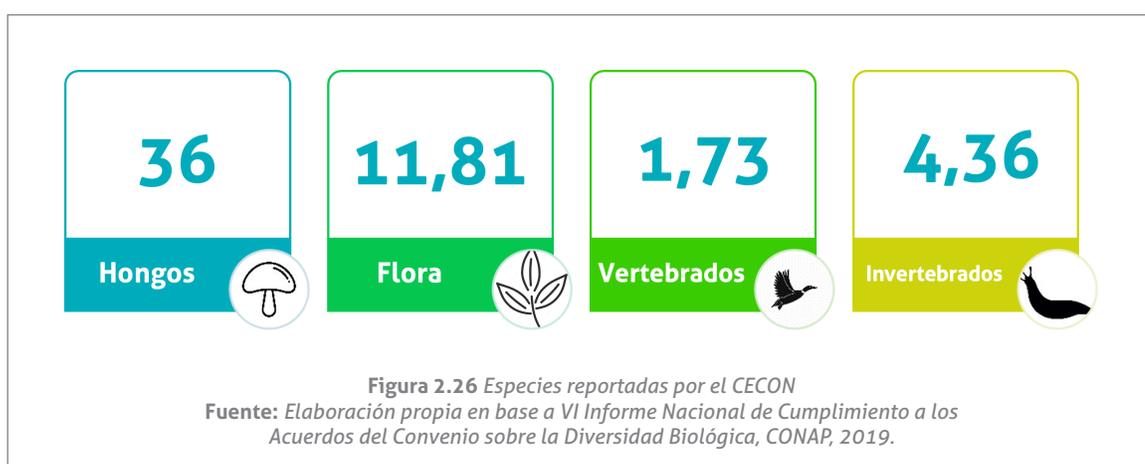
Los ecosistemas saludables y diversos, como los bosques, humedales y arrecifes de coral, entre otros, actúan como reguladores naturales del ciclo del agua, ayudando a mantener la calidad y la disponibilidad de los suministros de agua dulce. Además, la vegetación y los suelos saludables en estos ecosistemas contribuyen a la infiltración y recarga de acuíferos, evitando la escorrentía superficial y la erosión del suelo. La conservación y protección de este nexo agua-biodiversidad es crucial para asegurar un suministro sostenible de agua dulce y proteger la salud de los ecosistemas en general, y esto adquiere una importancia aún mayor en países megadiversos.

Guatemala es considerado un país megadiverso debido a su diversidad biológica y cultural; como parte de Mesoamérica, ocupa el segundo lugar de las regiones con mayor diversidad de especies y endemismo, albergando alrededor del 7 al 10% de las formas de vida conocidas en el planeta (CONAP, 2009, como citado por CONAP, 2021). A pesar de su gran diversidad, Guatemala enfrenta desafíos significativos en términos de conservación. La deforestación, la pérdida de hábitats, la contaminación y el cambio climático son amenazas que afectan a la biodiversidad del país. Existen esfuerzos de conservación a nivel nacional e internacional, así como la participación de las comunidades locales, que buscan proteger y preservar la biodiversidad del país.

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP, 2021) a través de su Política Nacional de Diversidad Biológica busca “promover una gestión transversal y efectiva de la diversidad biológica guatemalteca, enfatizando su conservación y uso sostenible; valorando a la misma como factor crucial en el desarrollo humano integral transgeneracional” Para ello se basa en 5 ejes: Eje 1: Conocimiento y valoración de la diversidad biológica; Eje 2: Conservación y restauración de la diversidad biológica; Eje 3: Utilización sostenible de la diversidad biológica y sus servicios ecosistémicos; Eje 4: Diversidad biológica en la mitigación y adaptación al cambio climático; y Eje 5: Instrumentalización.

2.8.1 Interacción entre el agua, flora y fauna

Guatemala, como país megadiverso, destaca por la estrecha relación entre el agua, la flora y la fauna, la cual es fundamental para mantener esta mega diversidad. De acuerdo con el VI Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CONAP, 2019), el total de especies reportadas en la base de datos del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) en el 2017 fue de 18,285. Estas especies se distribuyen en diferentes grupos taxonómicos: hongos (367), flora (11,819), vertebrados (1,738) e invertebrados (4,361). El número de especies reportados reflejan la riqueza biológica y la diversidad de Guatemala.



• 2.8.1.1 Flora y fauna acuática

Los cuerpos de agua en Guatemala, como ríos, lagos y lagunas, albergan una gran diversidad de especies acuáticas, como peces, anfibios y reptiles acuáticos. Estos organismos dependen del agua para su supervivencia, reproducción y como fuente de alimento. Además, la presencia de agua también influye en la distribución y diversidad de la flora acuática.

Los ecosistemas ribereños y los humedales desempeñan un papel vital al proporcionar hábitats importantes para muchas especies de plantas, que se adaptan a las condiciones específicas de humedad y suelo de estas áreas.

Por otro lado, fauna y flora acuática juegan un rol fundamental en el beneficio del agua en Guatemala. Estos organismos contribuyen a mantener la calidad y salud de los cuerpos de agua de diversas maneras: filtran y purifican el agua al alimentarse de materia orgánica en suspensión y eliminar contaminantes; controlan el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, evitando la formación de algas tóxicas y mejorando la calidad del agua; participan en el ciclo de nutrientes al excretar nutrientes que son utilizados por las plantas acuáticas; y estabilizan sedimentos en el fondo de los cuerpos de agua, reduciendo la turbidez y beneficiando la claridad del agua.

• 2.8.1.2 Flora y fauna terrestre

Es importante destacar que la interacción entre el agua, la flora y la fauna no se limita únicamente a los ambientes acuáticos. En los ecosistemas terrestres de Guatemala, la fauna, incluyendo aves, mamíferos e insectos, depende de fuentes de agua disponibles para beber y mantener su salud y bienestar. Estos animales desempeñan roles fundamentales en la polinización de las plantas, la dispersión de semillas y la regulación de poblaciones de otros organismos, lo que a su vez afecta la composición y estructura de la flora.

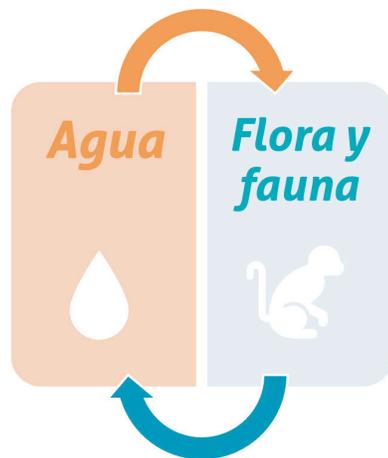


Figura 2.27 Relación simbiótica entre el agua, la flora y la fauna
Fuente: Elaboración propia

La flora y la fauna terrestres también benefician al agua de diversas formas: la vegetación actúa como un filtro natural, purificando el agua y evitando la erosión del suelo, mientras que las raíces ayudan a retener sustancias nocivas; la vegetación mantiene los niveles de agua al absorber la lluvia y recargar los acuíferos; los ecosistemas terrestres proporcionan hábitats esenciales para organismos acuáticos, ofreciendo sombra y protección, además de contribuir al ciclo de nutrientes, absorbiendo y liberando nutrientes que luego son utilizados por la vida acuática.

2.8.2 Agua, bosques y uso de la tierra

El agua, los bosques y el uso sostenible de la tierra son componentes fundamentales para el equilibrio ecológico y la sostenibilidad de nuestro planeta. El agua, como recurso vital, es imprescindible para la vida en todas sus formas. Además de ser esencial para el consumo humano, también desempeña un papel crucial en los ecosistemas naturales, la agricultura y la industria. Los bosques, por su parte, son ecosistemas valiosos y diversos que albergan una gran cantidad de especies animales y vegetales. Además de su importancia en términos de biodiversidad, los bosques también desempeñan un papel crucial en la mitigación del cambio climático: actúan como sumideros de carbono, absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y liberando oxígeno; también contribuyen a la mitigación de inundaciones al amortiguar el flujo de avenidas y a la mitigación de sequías, al absorber el agua de lluvia, desacelerando el escurrimiento y ayudando a la recarga.

En cuanto al uso sostenible de la tierra, este se refiere a la forma de gestionar y utilizar los recursos terrestres de manera equilibrada, garantizando la conservación de los ecosistemas naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales que proporcionan. Una de las principales preocupaciones del uso sostenible de la tierra es evitar la deforestación y la degradación del suelo. La deforestación, que implica la eliminación masiva de bosques para dar paso a actividades como la agricultura o la explotación de recursos naturales, tiene consecuencias devastadoras para los ecosistemas y la biodiversidad. Además, la degradación del suelo, causada por prácticas agrícolas insostenibles, la erosión y la sobreexplotación, puede llevar a la pérdida de fertilidad y la desertificación.

Guatemala se encuentra frente a una situación desafiante donde los riesgos y oportunidades relacionados con la degradación ambiental están en aumento. Uno de los principales desafíos es el acelerado proceso de deforestación, el cual tiene un impacto significativo en las zonas encargadas de captar y regular el agua. Según el VI Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CONAP, 2019) la deforestación bruta pasó de 100,000 ha anuales entre el 2001 y el 2006, a más de 132,000 ha en el período del 2006 al 2010, lo que revela que un dato preocupante: la tasa de deforestación anual de Guatemala es una de las más altas de Latinoamérica, con un 3.4%. Aunque no se tienen datos recientes, según proyecciones realizadas por Castellanos et al. (2014), para el periodo del 2010 al 2020 se esperaba una deforestación de 162,210 ha anuales.

Cambios en cobertura forestal	1991-2001 (ha por año)	2001-2006 (ha por año)	2006-2010 (ha por año)	2010-2020 (Proyección) (ha por año)
Deforestación	93,127	101,869	132,137	162,210
Reforestación y generación	19,979	53,821	93,540	160,168
Pérdida neta en cobertura forestal	73,148	48,084	38,597	2,063

Cuadro 2.10 Cambios en la cobertura forestal en Guatemala en los últimos años
Fuente: De Análisis de cambios de uso de la tierra, causas de la deforestación y emociones de carbono en Guatemala, Castellanos et al., 2014.

Sáenz (2021) reporta que en los últimos 20 años Guatemala perdió un 22,3 % de sus bosques, lo que representa una disminución del 55% en su cobertura forestal en comparación con el año 1986. Actualmente, del total de la cobertura forestal a nivel nacional, el 52% se encuentran en áreas protegidas para la conservación, protección y mejoramiento del Patrimonio Natural de la Nación, mientras que el resto de la cobertura forestal se encuentra distribuida principalmente en bosques municipales y bosques comunales (Asociación Pop No'j, 2022). La disminución de la cobertura forestal en Guatemala ha tenido un impacto significativo en los recursos hídricos del país: de manera general, se ha observado un aumento en la erosión del suelo y la sedimentación de los cuerpos de agua.

De acuerdo con Pineda (2021) las causas de la deforestación y degradación de los bosques en Guatemala son muy variadas, y se reflejan en la pérdida anual aproximada de 132,137 ha de bosque en el territorio nacional. Entre las causas directas destacan: la ganadería, la producción de granos básicos como el maíz, frijol y arroz, la producción de café, cultivos como la palma africana, el cardamomo y el hule y los cambios en el uso de la tierra relacionados directamente al crecimiento de las zonas urbanas. Lo anterior se refleja en los resultados del Análisis de cambios de uso de la tierra, causas de la deforestación y emociones de carbono en Guatemala (Castellanos et al., 2014), según el cual el uso de la tierra en el 2012 en las áreas deforestadas en el periodo entre el 2006 y el 2010 era el siguiente:

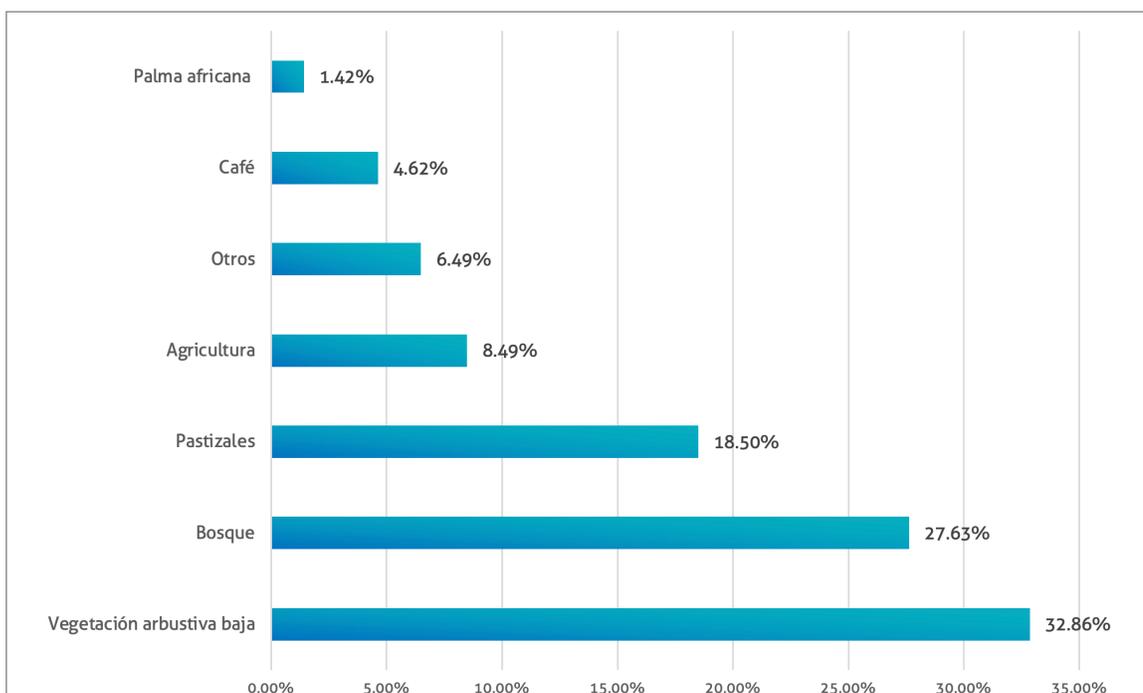


Figura 2.28 Uso de la tierra en el 2012 en las áreas deforestadas en el periodo 2006-2010
Fuente: Adaptado de Análisis de cambios de uso de la tierra, causas de la deforestación y emociones de carbono en Guatemala, Castellanos et al., 2014.

2.9 Impactos del Cambio Climático

Se le conoce al cambio climático a la variación global del clima de la Tierra debido a causas naturales, pero principalmente a la acción humana, que se traduce en quema de combustibles fósiles, pérdida de bosques y otras actividades producidas en el ámbito industrial, agrícola y transporte, entre otros, como consecuencia de una retención del calor del Sol en la atmósfera (CEPAL, s.f.). Los impactos del cambio climático se refieren a los efectos que se producen como resultado de los cambios en los patrones climáticos de la Tierra.

Estos impactos pueden manifestarse en diferentes aspectos de la vida en nuestro planeta, incluyendo el medio ambiente, la sociedad y la economía. Los escenarios climáticos proporcionan la base para evaluar los posibles impactos del cambio climático en diferentes sectores y regiones.

Los escenarios del cambio climático son representaciones hipotéticas utilizadas para explorar posibles futuros climáticos basados en diferentes trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros factores socioeconómicos. Estos escenarios se construyen mediante modelos climáticos y consideran diversas variables, como el crecimiento demográfico, la tecnología, las políticas energéticas y las emisiones de GEI. Los escenarios del cambio climático permiten examinar y comparar los posibles impactos en términos de temperatura media global, cambios en los patrones climáticos, niveles del mar, disponibilidad de agua, eventos extremos y otros impactos relacionados.

Se han generado múltiples escenarios de cambio climático para Guatemala. Según Rivera, Bardales y Ochoa, (2019) los escenarios de cambio climático a futuro indican que en Guatemala la temperatura podría incrementarse entre 0.5° C hasta 3.5° C para 2050 y hasta 6° C para fines de siglo; además, se estiman disminuciones en la precipitación: para finales del siglo la disminución podría llegar a un 30%. Estos cambios en la temperatura y precipitación podrían tener impactos significativos en el clima y el medio ambiente de Guatemala: aumento del riesgo de eventos climáticos extremos, vulnerabilidad de los ecosistemas, elevación del nivel del mar, impacto en los recursos hídricos, en la seguridad alimentaria, en la economía y en el desarrollo, entre otros.

2.9.1 Efectos del cambio climático en los recursos hídricos

El cambio climático influye de significativamente en los recursos hídricos a nivel global. Esta influencia se manifiesta de diferentes formas y afecta la disponibilidad, calidad y distribución del agua. De acuerdo con el Informe de Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas 2022: Agua subterránea: Haciendo lo invisible visible (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2022) el aumento de aproximadamente 1°C en los últimos 50 años ha impactado directamente en los recursos hídricos a través de la amplificación de los extremos de precipitación, con inundaciones y sequías más frecuentes e intensas, el incremento de las tasas de evapotranspiración, el aumento del nivel del mar y los cambios en los regímenes de precipitación y deshielo.



• 2.9.1.1 Recursos hídricos superficiales en el contexto del cambio climático

De acuerdo con CEPAL et al. (2018) los impactos del cambio climático en los recursos hídricos superficiales se asocian a diversos factores climatológicos, sociales y estructurales: menor disponibilidad de agua, incremento de la evaporación, problemas de suministro y saneamiento, entre otros. La economía del cambio climático en Guatemala – Documento técnico 2018 (CEPAL et al., 2018), reporta que el cambio climático podría traer impactos negativos directos, indirectos y crecientes para Guatemala: las proyecciones arrojan una disminución significativa de los rendimientos de los cultivos de granos básicos, mientras la presión sobre los recursos hídricos crecería, así como las pérdidas de biodiversidad y otros costos asociados a eventos extremos, algunos de los cuales ya han impactado al país en los últimos años, dejando pérdidas humanas y económicas significativas.

Bastarrechea y Guerra (2019) también resaltan, como impactos potenciales del cambio climático en los recursos hídricos superficiales en Guatemala, las crecidas considerables resultantes de eventos de precipitación extrema en lagos, lagunas y ríos (p. ej. el lago de Atitlán, el lago Petén Itzá, el río Usumacinta, entre otros), así como la destrucción de infraestructura para provisión de agua por deslizamiento y desborde de ríos y otros cuerpos de agua superficiales. Además, la presión adicional sobre los recursos hídricos superficiales debido al cambio climático podría agravar los problemas existentes de acceso al agua potable y saneamiento básico, lo que a su vez podría generar problemas de salud, aumentar la vulnerabilidad de la población y generar conflictos sociales y económicos.

• 2.9.1.2 Recursos hídricos subterráneos en el contexto del cambio climático

El cambio climático influye directamente en los sistemas de agua subterránea a través de cambios en el balance hídrico en la superficie terrestre, e indirectamente a través de modificaciones en las extracciones de agua subterránea a medida que las sociedades responden a los cambios en la disponibilidad de agua dulce (Taylor et al., 2013a; Lall et al., 2020, como citado por UNESCO, 2022). Estos cambios en el balance hídrico en la superficie y en las extracciones de agua subterránea pueden tener consecuencias significativas para los sistemas de agua subterránea. La sobreexplotación de los acuíferos puede llevar a la disminución de los niveles de agua subterránea, la intrusión de agua salina en los acuíferos costeros y la degradación de la calidad del agua subterránea.

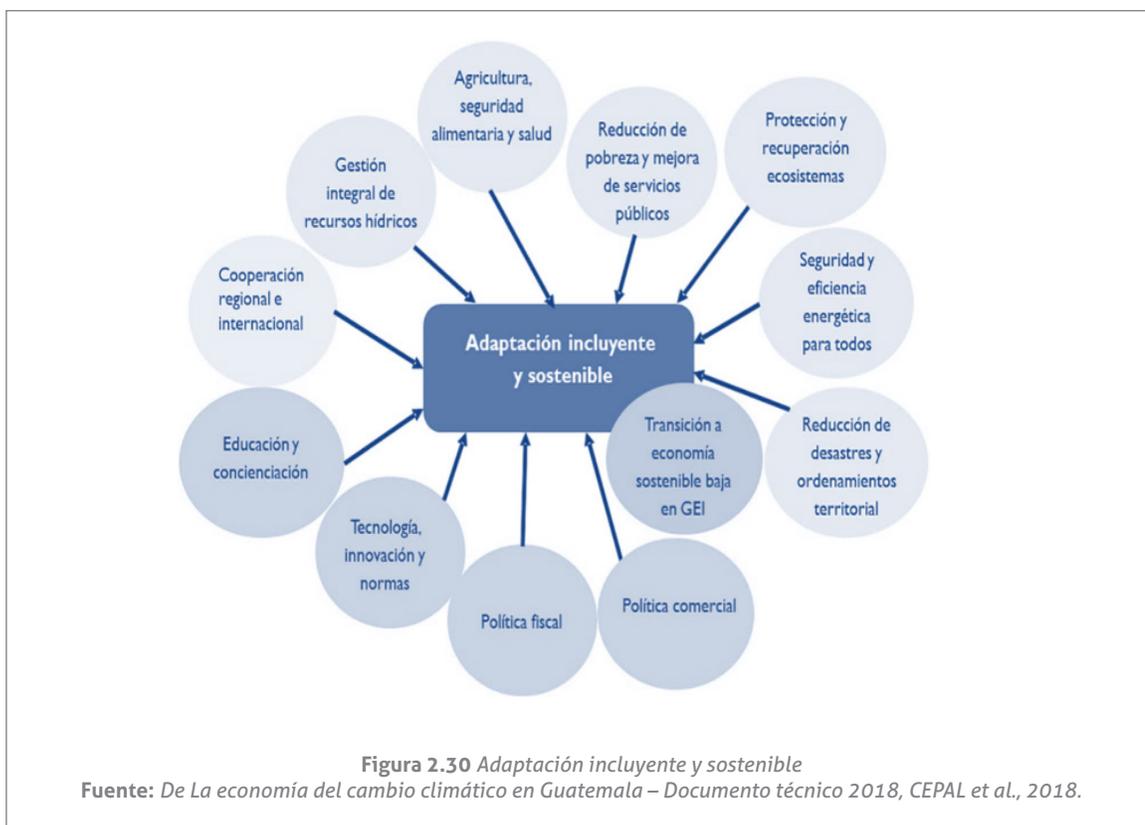
Cabe destacar que, de acuerdo con la UNESCO (2022), los impactos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico (descarga, recarga, almacenamiento y calidad de aguas subterráneas) pueden empeorar debido al aumento de la extracción de agua debido a una mayor frecuencia de sequías. Las sequías prolongadas y más frecuentes pueden llevar a una mayor demanda de agua subterránea como fuente alternativa de suministro, lo que a su vez ejerce una presión adicional sobre los acuíferos ya afectados por los cambios climáticos anteriores. Basterrechea¹ y Guerra (2019) destacan la contaminación de pozos artesanales por las inundaciones que se dan, especialmente en la costa sur; lamentablemente no se conocen estudios sobre los niveles de contaminación ocasionados de esta manera.

2.9.2 Adaptación y resiliencia frente al cambio climático en Guatemala

La adaptación y la resiliencia frente al cambio climático son de suma importancia en Guatemala debido a su ubicación geográfica y a la vulnerabilidad de sus ecosistemas y comunidades frente a los impactos del cambio climático. Para abordar esta problemática, es necesario promover una adaptación incluyente y sostenible que garantice la protección de los ecosistemas, la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades y el fomento de la resiliencia a largo plazo; lo que implica, primero, que todas las comunidades, especialmente aquellas más vulnerables, participen activamente en el proceso de toma de decisiones y en la implementación de medidas de adaptación y segundo, que las medidas implementadas sean compatibles con la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

En los últimos años se han reportado diversas iniciativas y políticas relacionadas con la adaptación al cambio climático. Destacan el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (SEGPLAN, 2016) y la Política Nacional de Cambio Climático (MARN, 2009), los cuales buscan reducir la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos y fortalecer la capacidad de adaptación, además de promover el desarrollo de bajo carbono. El MARN está trabajando en proyectos para aumentar la cobertura de información climática y actualizar los análisis de vulnerabilidad, mientras se actualizan y aplican estrategias nacionales de cambio climático (MARN, 2021).

Asimismo, la Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre (WCS, s.f.) está desempeñando un papel importante en la promoción de la adaptación al cambio climático para garantizar conservación de la diversidad biológica, mientras que el Sistema Nacional de Información del Cambio Climático (SNICC), que provee información oficial el cambio climático en Guatemala, fue desarrollado en coordinación del MARN (MARN, s.f.). Estas acciones reflejan que el país ha iniciado a tomar acciones concretas para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático.



2.10 Respuesta y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

La respuesta se refiere a un conjunto de acciones destinadas a resolver o mitigar los problemas relacionados con el estado, presiones e impactos de los recursos hídricos. La situación actual de los recursos hídricos en Guatemala requiere de una respuesta integral y sostenible, desde un enfoque holístico que reconozca la necesidad de abordar tanto los desafíos inmediatos como las causas subyacentes de la problemática hídrica en el país, involucrando la colaboración y coordinación de diversos sectores, como gobiernos, comunidades locales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y expertos en recursos hídricos.

De acuerdo con Global Water Partnership South America (2022), la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) “es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”. Esto implica abordar los desafíos existentes en relación con el agua desde una perspectiva global y sostenible, reconociendo la interconexión entre el agua, la tierra y otros recursos relacionados, y buscar soluciones que maximicen el bienestar económico y social de manera equitativa, sin poner en peligro la salud de los ecosistemas vitales.

Dimensión	Costa Rica	República Dominicana	Panamá	Nicaragua	Honduras	El Salvador	Guatemala	Belice	Promedio
Entorno propicio	49	32	40	39	21	26	16	20	30
Instituciones y participación	56	50	38	32	29	25	25	25	35
Instrumentos de gestión	52	44	30	31	29	23	23	33	33
Financiamiento	45	16	25	17	20	18	18	7	21
Promedio	51	36	33	30	25	23	21	21	

Figura 2.31 Comparativa de puntajes de implementación de las 4 dimensiones de la GIRH al 2020
Fuente: De Estado de la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Centroamérica y República Dominicana al 2020, Global Water Partnership Central America et al., 2021.

El informe Estado de la implementación GIRH en Centroamérica y República dominicana al 2020 (Global Water Partnership Central America, 2021) que evaluó los retos, oportunidad y compromisos para avanzar hacia la GIRH en la región, reportó que a nivel regional la implementación de los elementos de la GIRH ha comenzado, pero con una aceptación limitada y una participación de los grupos de interés baja. Guatemala, con un promedio de 21 puntos en 4 dimensiones (entorno propicio, instituciones y participación, instrumentos de gestión y financiamiento) se encuentra en un rango bajo (11-30), ocupando, junto a Belice, el último lugar en la región. Los puntajes de la GIRH reportados para la región son:

De acuerdo con Global Water Partnership Central America (2021) los avances en Guatemala son escasos y aún no hay una apropiación de una estrategia para la GIRH; tampoco existe una legislación específica ni un plan establecidos, y aunque sí existe una propuesta política, está se encuentra en revisión. Cabe resaltar que en el 2017 el país obtuvo un promedio de 25 en las 4 dimensiones evaluadas, algo que no necesariamente indica que haya habido un retroceso en comparación con el 2017, considerando que la última consulta realizada fue más amplia y diversa, con procesos de evaluación más robustos en la metodología, algo a lo que puede atribuirse dicho "retroceso", según Global Water Partnership Central America (2021).

2.10.1 Acciones y estrategias implementadas para la gestión del agua

En Guatemala, se han implementado diversas acciones y estrategias tanto a nivel gubernamental como no gubernamental para abordar la gestión del agua de manera efectiva. Estas iniciativas tienen como objetivo garantizar el acceso equitativo y sostenible al agua, promover la conservación de los recursos hídricos y mejorar la calidad de vida de la población. Algunas de las acciones y estrategias implementadas en este sentido son: a nivel gubernamental, reglamentos y políticas, planes de gestión, y creación de plazas y entidades específicas para la gestión del agua; a nivel de no gubernamental se han promovido diferentes iniciativas de conservación, programas de educación y capacitación, y la creación de alianzas y fondos dedicados a velar por el bienestar del agua en Guatemala.

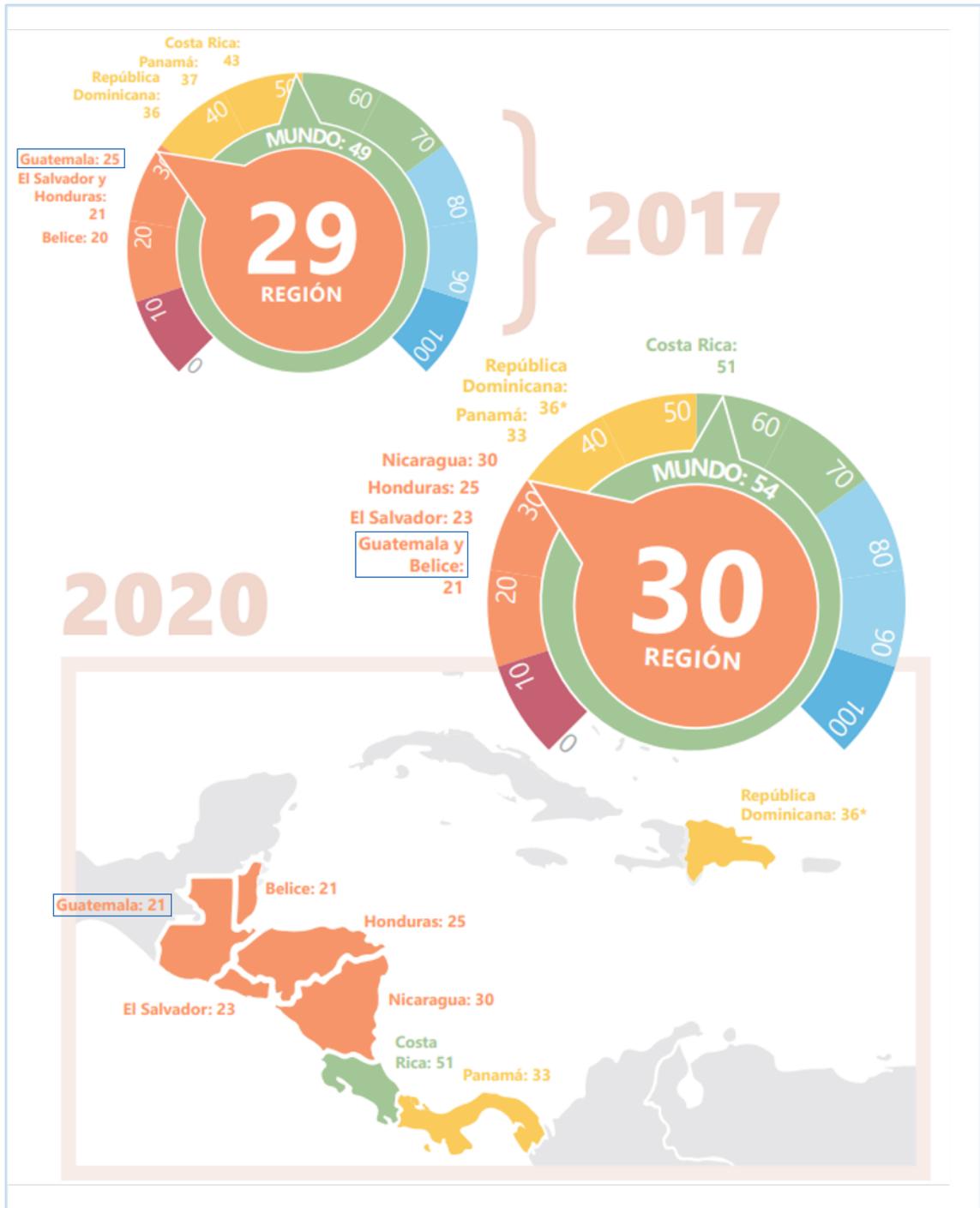


Figura 2.32 Comparación de la implementación del ODS 6.5.1 en la región en 2017 y 2020
Fuente: De Estado de la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Centroamérica y República Dominicana al 2020, Global Water Partnership Central America et al., 2021.

Acción/Estrategia	Institución	Año	Descripción
Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos (Acuerdo Gubernativo 236-2006)	Gobierno de Guatemala	2006	Establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.
Gabinete Específico del Agua (Acuerdo Gubernativo 204-2008)	Gobierno de Guatemala	2008	Creado con el objetivo de realizar la revisión y actualización de la propuesta Política y Estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos.
Reglamento de normas sanitarias para la administración, construcción, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano (Acuerdo Gubernativo 113-2009)	Gobierno de Guatemala	2009	Tiene como objeto el establecimiento de las normas sanitarias para los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano, relativas a su administración, construcción, operación y mantenimiento.
Plan Sectorial Multinacional de Ambiente y Agua 2011-2013	MARN	2010	Diseñado para promover el desarrollo ordenado del sector ambiente y agua, en función de una orientación estratégica y una direccionalidad clara, para las acciones institucionales en esta materia, a fin de optimizar los recursos.
Política Nacional del Agua y su Estrategia	SEGEPLAN	2011	Establecida con el objetivo de asegurar la contribución del agua al logro de metas y objetivos de desarrollo nacional de Guatemala.
Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán (Acuerdo Gubernativo 12-2011)	Gobierno de Guatemala	2011	Tiene por objeto fijar los parámetros y límites máximos permisibles, para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán ya sea de forma directa o indirecta, con el fin de rescatar, proteger y prevenir la contaminación del sistema hídrico.
Reglamento de la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno	Gobierno de Guatemala	2012	Reglamento de la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno.
Política nacional del sector agua potable y saneamiento de Guatemala (Acuerdo Gubernativo 418-2013)	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)	2013	Establecida con el objetivo de contribuir al mejoramiento de las condiciones de calidad de vida, bienestar individual y social de los habitantes de la República de Guatemala, como parte del desarrollo humano, mediante el mejoramiento de la gestión pública sostenible de los servicios de agua potable y saneamiento y de las buenas prácticas de higiene y de manejo del agua para el consumo humano.
Política Marco para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Guatemala	SEGEPLAN	2015	Establecida con el propósito convertirse en un instrumento participativo, incluyente y de gestión, para el manejo del recurso hídrico y de las cuencas hidrográficas en lo que corresponde a la calidad, disponibilidad, disminución de la contaminación y renovación.
Viceministerio del agua (Acuerdo Gubernativo 18-2021)	Gobierno de Guatemala	2021	Acuerda crear en el Ministerio de Ambiente y Recursos Humanos Naturales una plaza adicional de Viceministro, denominada Viceministro de agua, cuyas funciones específicas se establecerán de conformidad con lo dispuesto en el reglamento orgánico interno.
Disposiciones para promover la protección y conservación de cuencas hidrográficas de la República de Guatemala (Acuerdo Gubernativo 19-2021)	Gobierno de Guatemala	2021	Tiene por objeto establecer las disposiciones generales que permitan al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y Ministerio de Energía y Minas, dentro del ámbito de sus competencias, promover la protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala.

Cuadro 2.11 Principales acciones y estrategias gubernamentales implementadas para la gestión del agua en Guatemala en los últimos 20 años
Fuente: Elaboración propia con base a Casas (2015).

Acción/Estrategia	Institución	Año	Descripción
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)	ICC	2010	Institución sin fines de lucro, apolítica y no religiosa dedicada a la investigación y desarrollo de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático en la región mesoamericana.
Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana (FUNCAGUA)	FUNCAGUA	2017	Fondo de Agua establecido con el objetivo de contribuir a la disponibilidad del suministro de agua en el largo plazo para la Región Metropolitana de Guatemala
Alianza por el Agua en Guatemala	Diferentes instituciones	2020	Plataforma de trabajo que permite, a las instituciones miembros, colaborar en la consolidación de una agenda común para una mejor gestión del agua y contribuir a la seguridad hídrica de Guatemala, promoviendo el diálogo y la participación de diferentes actores y sectores del país.
Agua +	CARE		Proyecto con el objetivo de mejorar el acceso equitativo a los servicios de agua potable y saneamiento para la población, especialmente de mujeres y niñas, en comunidades priorizadas por los socios y aliados estratégicos en Guatemala, a través de la formación de líderes y lideresas que impulsen acciones colectivas.
Programa RUK'U'X YA' = Corazón del Agua	Helvetas Guatemala	2020	Busca promover el acceso al derecho humano al agua y a una gestión responsable de este bien natural. El propósito final del programa es contribuir a la mejora en la calidad de vida de la población, en especial en aquellos municipios priorizados por los altos índices de desnutrición.
Programa de Seguridad Hídrica de la Región Metropolitana de Guatemala (PROSEHIGUA)	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS)	2021	Programa que busca propiciar una estrategia de seguridad hídrica para el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala y las municipalidades de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva, las cuales integran la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del Departamento de Guatemala, compatible con una explotación sostenible del acuífero, respondiendo a la necesidad y demanda creciente, que supera los 8 de agua, por parte de una población urbana en aumento en la Ciudad de Guatemala.
Fortaleciendo la resiliencia y capacidades en los hogares para la seguridad hídrica y alimentaria en Corredor Seco	UN	2022	Programa conjunto que tiene como objetivo principal la mejora de la seguridad hídrica, alimentaria y nutricional, así como el fortalecimiento de resiliencia y adaptación al cambio climático de las más de siete mil familias; enfocado principalmente en la niñez y las mujeres pertenecientes a 59 comunidades Ch'orti', Poqoman y Mestizas.

Cuadro 2.12 Principales acciones y estrategias no gubernamentales implementadas para la gestión del agua en Guatemala en los 20 últimos años

Fuente: Elaboración propia

• 2.10.1.1 Normativa del río Motagua

La normativa referente a la protección y uso sostenible del río Motagua en Guatemala es definida por varias leyes y reglamentos. A nivel nacional, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es responsable de la implementación de políticas de conservación y regulación medioambiental. La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto Número 68-1986, es la norma principal que se encarga de regular las acciones en favor del ambiente en Guatemala, incluyendo la protección del río Motagua. Esta ley establece las obligaciones del Estado y de los individuos para proteger y mejorar el medio ambiente, así como las sanciones para aquellos que no cumplen con estas obligaciones. En términos generales, la ley exige que todas las actividades que puedan tener un impacto ambiental, incluyendo las relacionadas con los recursos hídricos, se realicen de una manera que minimice el daño al medio ambiente.

Además, el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 137-2016, establece los procedimientos para la evaluación de impacto ambiental de proyectos y actividades, así como los mecanismos de control y seguimiento de estos. En el contexto del río Motagua, esta regulación proporciona un marco para garantizar que cualquier actividad o proyecto que tenga el potencial de afectarlo o su ecosistema, sea evaluado de forma adecuada antes de su implementación. Por otro lado, el Acuerdo Gubernativo 236-2006,

Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, establece las normas y requisitos para el manejo, descarga y reutilización de aguas residuales, así como la disposición de lodos. Su objetivo es proteger los cuerpos de agua de los efectos nocivos de las actividades humanas, revertir la eutrofización y promover una gestión sostenible de los recursos hídricos, incluido el río Motagua.

Destaca además el recientemente promulgado Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos comunes, Acuerdo Gubernativo 164-2021, que representa un esfuerzo significativo por parte del gobierno para tratar el problema de la contaminación desde su origen: la producción de basura. Este reglamento no solo aborda la generación de residuos, sino que también proporciona directrices claras para su manejo posterior, incluyendo su recolección, traslado, tratamiento y disposición final. En esencia, busca garantizar que los residuos producidos en Guatemala sean manejados de manera responsable y sostenible. El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos comunes enfatiza una gestión eficaz y consciente de los residuos, un paso crucial para mitigar la contaminación que se encuentra actualmente en el río Motagua.

2.10.2 Participación comunitaria en la gestión del agua

Se define la participación ciudadana como el proceso por el cual los ciudadanos pueden ejercitar la democracia, por medio de instrumentos definidos específicamente para este propósito (Universidad del Valle de Guatemala y Fundación Soros Guatemala, s.f.). En Guatemala, la participación social se fundamenta en diferentes normativas, una de ellas es la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, según la cual “el Sistema de Consejos de Desarrollo es el instrumento permanente de participación y representación de los pueblos maya, xinca y garífuna, de la población no indígena, así como de los diversos sectores que constituyen la nación guatemalteca”. Así, “se constituye en un medio para que la población, sin exclusión, participe en el proceso de planificación democrática del desarrollo”. Además, existen otros documentos de carácter jurídico en los que se fundamenta la participación: Ley de Desarrollo Social, Ley General de Descentralización y Código Municipal.

Si hablamos de recursos hídricos, la participación comunitaria en la gestión se refiere a las prácticas, saberes y tradiciones de quienes gestionan los recursos hídricos, su conservación y su aprovechamiento. Según Casas (2015) la gestión comunitaria del agua se basa en la satisfacción de necesidades humanas básicas y de sobrevivencia; implica la gestión de los recursos naturales desde la sociedad civil, y alude a la organización y administración del agua desde lo local, en cuanto a su acceso, distribución y uso. Esta gestión se realiza a través de la autoridad de actores locales sobre el agua a través de la organización colectiva y mediante el uso de diversos instrumentos y mecanismos de participación. En Guatemala, quienes hacen gestión comunitaria del agua son las comunas, comunidades, pueblos, organizaciones campesinas, juntas de agua potable y saneamiento, juntas de riego y drenaje, entre otros.

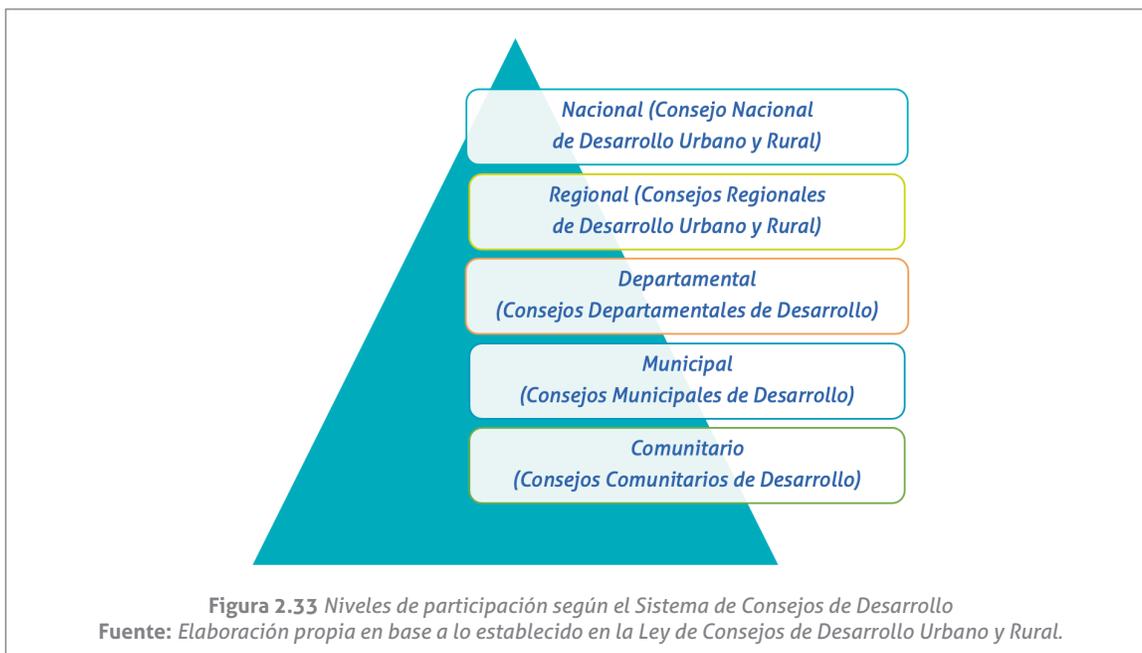
Los problemas de la participación social en la gestión del agua en Guatemala surgen debido a diferentes factores. Se puede partir del hecho de que, en Guatemala, no existen mecanismos e instrumentos ideales que fomenten e impulsen la organización y participación en todas sus escalas y que se adapten a las necesidades específicas del país. Además, en muchas ocasiones no se les da un uso eficiente a los mecanismos e instrumentos de gestión del agua que ya existen, algo para lo que se necesita un verdadero cambio cultural en la gestión. Otros de los factores que inciden en la gestión del agua con enfoque participativo son: la insuficiente participación en las comunidades, la insuficiente participación de la mujer, los conflictos de carácter económicos, sociales y religiosos, la falta de apoyo institucional a la participación, la falta de descentralización para la gestión de los recursos hídricos y la corrupción.

En la actualidad, el contexto de derechos de agua y reglas de su gestión está cambiando rápidamente en muchos países, donde según Boelens (2002) la creciente presión demográfica y el proceso de migración, transnacionalización y urbanización de las áreas rurales, entre otros, están llevando a cambios profundos en la estructura agraria, las culturas locales y las formas de manejar los recursos naturales. Debido a la particular característica del agua de ser “colectiva”, las comunidades se ven constantemente forzadas a construir organizaciones fuertes, que permitan un manejo colectivo del recurso hídrico desde la participación social.

En el Manual de capacitación: Gestión de aguas subterráneas en la GIRH de Cap-Net (2010) se destacan algunos de ellos:

- a. *Toma de decisiones más informadas porque por lo general las partes interesadas poseen información que pueden mejorar la gestión de aguas subterráneas.*
- b. *Prevención de conflictos a través del consenso.*

- c. *Mejora de las relaciones sociales al tender a promover la equidad entre diferentes grupos sociales.*
- d. *Beneficios económicos al tender a optimizar el bombeo, reduciendo costos de energía.*
- e. *Beneficios técnicos, porque se obtienen mejores estimaciones de extracción de aguas subterráneas.*



En Guatemala, la participación social se fundamenta en diferentes normativas, una de ellas es la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, según la cual “el Sistema de Consejos de Desarrollo es el instrumento permanente de participación y representación de los pueblos maya, xinca y garífuna, de la población no indígena, así como de los diversos sectores que constituyen la nación guatemalteca”. De esta manera, “se constituye en un medio para que la población, sin exclusión, participe en el proceso de planificación democrática del desarrollo”. Además del anterior, existen otros documentos de carácter jurídico en los que se fundamenta la participación: Ley de Desarrollo Social, Ley General de Descentralización y Código Municipal. Cabe resaltar que es de la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural de donde se desprenden los niveles del Sistema de Consejos de Desarrollo:

- a. *El nacional, con el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural*
- b. *El regional, con los Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural}*
- c. *El departamental, con los Consejos Departamentales de Desarrollo*
- d. *El municipal, con los Consejos Municipales de Desarrollo*
- e. *El comunitario, con los Consejos Comunitarios de Desarrollo*

Si hablamos de recursos hídricos, la participación comunitaria en la gestión se refiere a las prácticas, saberes y tradiciones de quienes gestionan los recursos hídricos, su conservación y su aprovechamiento. Según Casas (2015) la gestión comunitaria del agua se basa en la satisfacción de necesidades humanas básicas y de sobrevivencia; implica la gestión de los recursos naturales desde la sociedad civil, y alude a la organización y administración del agua desde lo local, en cuanto a su acceso, distribución y uso. Esta gestión se realiza a través de la autoridad de actores locales sobre el agua a través de la organización colectiva y mediante el uso de diversos instrumentos y mecanismos de participación. En Guatemala, quienes hacen gestión comunitaria del agua son las comunas, comunidades, pueblos, organizaciones campesinas, juntas de agua potable y saneamiento, juntas de riego y drenaje, entre otros.

De acuerdo con Casas (2015) la gestión comunitaria se desarrolla en comunidades pequeñas donde existe un sentido de cercanía entre los habitantes, esto permite que se organicen asambleas y juntas para llegar a acuerdos en torno de la gestión del agua. En Guatemala, son muchos los ejemplos de gestión del agua con enfoque participativo, uno de ellos es el caso de la implementación de proyectos de captación de agua de lluvia de los techos, una metodología de recarga de acuíferos gestionada (RAG), que se puede utilizar ya sea para la recarga

de acuíferos o para el consumo directo de agua. Según la Asociación de Organizaciones de Los Cuchumatanes (2017) los proyectos de captación de agua de lluvia de techos se realizan a través de la organización de los interesados por medio de comités o por medio del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE).

2.10.3 COCODES y otros grupos

Los Comités Comunitarios de Desarrollo (COCODES), son una forma de organización comunitaria en Guatemala que busca fomentar la participación ciudadana en la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos de desarrollo a nivel local. Los COCODES fueron creados oficialmente en 2002 mediante el Decreto 11-2002, que establece la Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural. Estos son el primer nivel de los Consejos de Desarrollo y están integrados por miembros de la comunidad, incluyendo líderes de diferentes sectores de la sociedad como la educación, la salud, la cultura y la economía, entre otros. Estos comités se encargan de identificar las necesidades y prioridades de la comunidad, elaborar propuestas de proyectos y gestionar su implementación, lo que les ha dado un papel importante en la promoción de participación comunitaria.

Los COCODES han participado en varias iniciativas relacionadas con el agua en Guatemala. Por ejemplo, en Comapa, Jutiapa, los COCODES participaron en el anuncio de inversiones para garantizar el suministro del proyecto de drenaje y agua potable (Sistema de la Integración Centroamericana [SICA], s.f.). Este tipo de colaboraciones son cruciales para garantizar que los proyectos de agua sean relevantes y útiles para las comunidades locales. En otra iniciativa, los COCODES de San Marcos colaboraron con la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y Catholic Relief Services (CRS) para ayudar a 92 familias a acceder al agua. Este proyecto fue realizado en colaboración con el MAGA y las comunidades locales (USAID, s.f.).

Cabe mencionar el proyecto Organización de COCODES para la gestión de riesgos en las comunidades Las Palmas, Santa Marina, El Paraíso y Tierra Verde del municipio de Siquinalá, Escuintla, que realiza un análisis de situación de la participación de los integrantes de COCODES en los procesos de gestión del riesgo por inundaciones, además de identificar estrategias que permitan una mayor participación de los integrantes de COCODES y una hoja de ruta para la organización y participación de los integrantes de COCODES, en los procesos de gestión del riesgo de su comunidad. Este tipo de iniciativas muestran la importancia de los COCODES para abordar los desafíos relacionados con el agua y mejorar las condiciones de vida de las comunidades Guatemaltecas.

Además de su participación en proyectos de acceso al agua, los COCODES también se han involucrado activamente en temas relacionados con la defensa del agua en Guatemala. En muchos lugares, la disponibilidad y calidad del agua han sido amenazadas por diversos factores, como la contaminación, la sobreexplotación, el cambio climático y la desigualdad. Frente a estas problemáticas, los COCODES han jugado un papel significativo en la promoción de prácticas sostenibles y en la protección de los recursos hídricos. En el 2022, por ejemplo, COCODES de San Miguel Petapa se reunieron con el Procurador de los Derechos Humanos para exponer problemáticas respecto al incremento del 100% a la tasa de agua potable en el municipio, logrando que se instalara una mesa de diálogo para revisar el tema de accesibilidad del agua (Procuraduría de los Derechos Humanos, 2022).

2.10.4 Participación del sector privado

En Guatemala, el agua es considerada un bien público y su gestión está bajo la responsabilidad del Estado. Sin embargo, debido a limitaciones presupuestarias y técnicas, el gobierno ha buscado la colaboración del sector privado para invertir en proyectos relacionados con el agua, lo que hace que su gestión en el país involucre tanto al sector público como al privado. La participación del sector privado puede tomar diversas formas, como la provisión de servicios de agua, la inversión en infraestructura y la implementación de tecnologías para el manejo del agua. Cabe mencionar que, en un sentido más amplio, la participación privada puede involucrar desde pequeñas empresas hasta corporaciones multinacionales.

- a. *Provisión de servicios:* Las empresas privadas a menudo proporcionan servicios de agua y saneamiento en áreas donde el gobierno no puede llegar. Esto puede incluir la distribución de agua, el tratamiento y la eliminación de aguas residuales. Por ejemplo, en la Ciudad de Guatemala, EMPAGUA tiene una cobertura del 70% de todos los usuarios, mientras que el 30% restante se distribuye en empresas privadas, entre las que destaca la Compañía del Agua Del Mariscal, S.A., con un 10% de cobertura de

todos los usuarios (González, 2018). En cuanto a las empresas de tratamiento de aguas residuales son muchas las que destacan: Grupo Génesis Guatemala, Yara Guatemala, Ecodena Guatemala, Hydroambiente, entre otras. Cabe recordar que, según las últimas estadísticas disponibles (INE, 2022), solo el 55.10% de las viviendas están conectadas a los drenajes, lo que significa que un considerable 44.90% carece de esta infraestructura básica para el tratamiento de aguas residuales.

- b. *Inversión en infraestructura:* Las empresas privadas pueden invertir en la construcción de infraestructuras necesarias para el suministro de agua y saneamiento, como tuberías, plantas de tratamiento y sistemas de irrigación. De acuerdo con las Naciones Unidas (2023), en Guatemala, la inversión en el sector de agua y saneamiento representa menos del 1% del PIB, cuando el promedio de América Latina y el Caribe está en 1.6%. Según diversos reportes, más de 3 millones de personas en el país no tienen acceso al servicio de agua potable. Esto resalta la importancia de que el gobierno guatemalteco y otras partes interesadas, incluidas las empresas privadas, trabajen en conjunto para aumentar la inversión en el sector de agua y saneamiento. Esto podría lograrse mediante la implementación de políticas y programas que fomenten la participación del sector privado en proyectos de infraestructura, así como la creación de incentivos para atraer inversiones.
- c. *Implementación de tecnologías:* Las empresas privadas en Guatemala pueden mejorar la eficiencia y sostenibilidad del suministro de agua mediante la implementación de tecnologías. Estas incluyen sistemas de monitoreo y control para detectar fugas y desperdicios, tecnologías de ahorro de agua como electrodomésticos eficientes y sistemas de riego inteligente, y técnicas de reciclaje y reutilización de agua, como el tratamiento avanzado de aguas residuales. Además, se pueden considerar tecnologías de desalinización en zonas costeras. La gestión de datos y la concienciación también son fundamentales para tomar decisiones informadas y fomentar el uso responsable del agua. Algunas de las empresas que destacan en Guatemala son: Tecnología Purificación y Sistemas, Hidropura, Water Pure Solutions, S.A., Watech, S.A., ASYSA, entre otras.

Conclusiones

La contribución del agua en la economía del país es directa, estimando que su aprovechamiento es del 70% de las actividades que conforman el producto interno bruto (PIB).

En el contexto de los recursos hídricos, se vislumbran escenarios futuros desafiantes para Guatemala. Con el aumento de la población mundial y el cambio climático en curso, es evidente que la demanda de agua seguirá creciendo, lo que podría exacerbar la escasez de recursos hídricos en muchas regiones del país, especialmente en los centros urbanos y otras áreas vulnerables a sufrir estrés hídrico. No obstante, pese a que se avanza a paso lento, se están generando propuestas y soluciones integrales desde diversos sectores de la sociedad para hacer frente a esta problemática.

De cara al futuro, será clave la adopción de enfoques integrales de gestión del agua, que combinen la conservación y el uso eficiente de los recursos hídricos en el país. Esto implica la implementación de tecnologías y prácticas sostenibles en sectores como la agricultura, la industria y el consumo humano. Además, tomará importancia la exploración de nuevas fuentes de agua, así como la desalinización y el tratamiento de aguas residuales, para garantizar un suministro adecuado en áreas propensas a la escasez, al mismo tiempo que se protegen las fuentes de agua y los recursos naturales.

La promoción de políticas y marcos legales sólidos para la gestión equitativa y sostenible del agua será otro aspecto clave de cara al futuro. Los desafíos relacionados con los recursos hídricos requieren un enfoque holístico e interdisciplinario, lo que implica la colaboración entre diferentes sectores, incluidos gobiernos, comunidades locales, empresas, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas, entre otros, para garantizar la distribución justa y eficiente de los recursos hídricos. Además, cobrarán aún más importancia las iniciativas de educación y concientización para promover un uso responsable del agua y mejorar la comprensión de su importancia para la vida y el desarrollo sostenible.

Guatemala es un país rico en recurso hídrico, contando con 38 cuencas hidrográficas y 3 vertientes hidrográficas. De estas 18 drenan al Pacífico, 10 al Golfo de México y 10 al Atlántico o al Mar del Caribe y cuenta aproximadamente con una disponibilidad per cápita de 6000 m³ por año. La gestión sostenible y transparente del agua debe ser una alternativa a considerar seriamente partiendo de que el 40.1% de su administración al 2022 es llevada a cabo por comités de agua.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo Gubernativo 18-2021. Diario de Centro América. 1 de febrero de 2021. <https://www.gremia.org/news/2021/2/4/acuerdo-gubernativo-19-2021-marn>
- Acuerdo Gubernativo 19-2021. Diario de Centro América. 1 de febrero de 2021. <https://www.gremia.org/news/2021/2/4/acuerdo-gubernativo-19-2021-marn>
- Asociación Pop No'j (2022). Deforestación, cambio climático y migración: Situación de la deforestación en Guatemala. [asociacionpopnoj.org](https://www.asociacionpopnoj.org). <https://www.asociacionpopnoj.org>
- Basterrechea, M. (2012). Diagnóstico del agua en las Américas: Estado del agua en Guatemala. México: FCCyT. <http://www.foroconsultivo.org.mx>
- Basterrechea, M., y Guerra Noriega, A. (2019). Recursos hídricos. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, y A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 86–107). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
- Casas, F. (2015). La gestión comunitaria del agua y su relación con las políticas públicas municipales. El caso del manantial de Patamburapio en el estado de Michoacán. *Intersticios sociales* (10). <https://www.scielo.org.mx>
- Castellanos, E., Fernández, D., Vies, M. y Quilo, A. (2014). Análisis de cambios de uso de la tierra, causas de la deforestación y emociones de carbono. sgccc.org.gt. https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2016/07/Deforestaci%C3%B3n_UVG.pdf
- Castellanos, E. (2021). Guatemala: Disponibilidad de agua potable se reduce en la Región Metropolitana / Entrevistado por Brenda Martínez. aladyr.net. <https://aladyr.net>
- Código de Salud. Decreto 90-97. 18 de diciembre de 1998.
- Concejo Nacional de Áreas Protegidas (2019). VI Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9198>
- Concejo Nacional de Áreas Protegidas (2021). Política Nacional de Diversidad Biológica. <https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2023/03/Politica-Nacional-de-Diversidad-Biologica.pdf>
- Constitución Política de la República de Guatemala. Acuerdo Legislativo 18-93. 18 de noviembre de 1993.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2022). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe: Textos seleccionados 2002-2020. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/S2000908_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2023). Proporción de la población que vive en hogares con acceso a servicios básicos (indicador 1.4.1 de los ODS). [cepal.org](https://consensomontevideo.cepal.org/es/node/70). <https://consensomontevideo.cepal.org/es/node/70>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2023). Diálogos Regionales del Agua en América Latina y el Caribe 2023: Hacia la Conferencia del Agua de Naciones Unidas. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/informe_dialogos_15mar2023_eb_limpio.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (s.f). Acerca de cambio climático. [cepal.org](https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico). <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Fondo Nórdico de Desarrollo, Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). La economía del cambio climático en Guatemala - Documento técnico 2018. LC/MEX/TS.2018/13, Ciudad de México. <https://repositorio.cepal.org>
- Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (2022). Informe del estado del agua de la Región Metropolitana de Guatemala 2022: el agua nos une. Guatemala. <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2022/03/Informe-del-agua-2022-version-digital.pdf>
- González, B. (2018). Agua y ciudad: análisis y perspectivas del consumo de agua en el municipio de Guatemala. Instituto de Problemas Nacionales Universidad de San Carlos de Guatemala (Ed.) Revista Análisis de la Realidad Nacional. (pp. 179–199). https://www.academia.edu/40988424/Agua_y_ciudad_an%C3%A1lisis_y_perspectivas_del_consumo_de_agua_en_el_municipio_de_Guatemala
- Global Water Partnership Central America, 2017. La situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership Central America, 2021. Estado de la implementación de la GIRH en Centroamérica y República Dominicana al 2020. <https://www.gwp.org>
- Global Water Partnership South America, 2022. ¿Qué es la GIRH? Global Water Partnership. <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/como/Que-es-la-GIRH/>

- GreenFacts (s.f). Recursos hídricos. GreenFacts. <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/l-2/4-efectos-acciones-humanas.htm>
- Herrera, I., Manzo, D. y Hernández, E. (2016). Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2016-05.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (2018). XII Censo de Población y VII de Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.gob.gt>
- Instituto Nacional de Estadística (2022). Principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022. <https://www.ine.gob.gt>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (s.f). Programa de hidrología. [insivumeh.gob.gt](https://www.insivumeh.gob.gt). <https://www.insivumeh.gob.gt>
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-1986. 5 de diciembre de 1986.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2009). Mapa de cuencas hidrográficas a 1:50 000 República de Guatemala método de Pfafstetter (primera aproximación). <https://www.maga.gob.gt/download/cuencas-hidro.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2009). Política Nacional de Cambio Climático. <http://www.segeplan.gob.gt/>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2022). Gestión ambiental integral de la cuenca del río Motagua. <https://www.marn.gob.gt/proyecto-gestion-ambiental-integral-de-la-cuenca-del-rio-motagua/>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (s.f). Información para nuestro futuro: Sistema Nacional de Información sobre el Cambio Climático. [marn.gob.gt](https://snic.marn.gob.gt/). <https://snic.marn.gob.gt/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2022). Informe de Desarrollo Mundial del Agua de las Naciones Unidas 2022: Agua subterránea: Haciendo lo invisible visible. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022>
- Observatorio para América Latina y el Caribe de Agua y Saneamiento (2021). Guatemala. [olasdata.org](https://www.olasdata.org/es/guatemala/). <https://www.olasdata.org/es/guatemala/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (2023). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023: alianzas y cooperación por el agua; datos, cifras y ejemplos de acción. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659/PDF/384659eng.pdf.multi>
- Organización Panamericana de la Salud (2022). Saneamiento básico: agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura: cuadernillo para capacitaciones con enfoque intercultural en áreas rurales. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56014>
- Organización Panamericana de la Salud (s.f). Agua y saneamiento. Pan American Health Organization. <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>
- Pineda, O. (2021). Factores responsables de la deforestación en Guatemala. [engormix.com](https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/factores-responsables-deforestacion-guatemala-t45497.htm). <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/factores-responsables-deforestacion-guatemala-t45497.htm>
- Red Interamericana de Academias de Ciencias (2012). Diagnóstico del agua en las Américas. México, D.F. www.ianas.org/water/book/guatemala.pdf
- Reglamento de descarga y reuso de aguas residuales. Acuerdo Gubernativo 236-2006. 5 de mayo de 2006.
- Rivera, P., Bardales, W. y Ochoa, W. (2019). Escenarios futuros de cambio climático para Guatemala. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, y A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 40–61). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
- Romero, C., López, N., Aguilar, B. y Mariel, F. (2019). Paleoecotoxicología, una herramienta para la reconstrucción del pasado reciente en el lago de Amatitlán, Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puiah/INF-2019-14.pdf>
- Sáenz, E (2021). Guatemala perdió en los últimos 20 años casi una cuarta parte de sus bosques. [Swissinfo](https://www.swissinfo.ch). <https://www.swissinfo.ch>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2009). Plan Nacional de Cambio Climático. <http://www.segeplan.gob.gt>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2006). Política nacional de gestión integrada de los recursos hídricos y de la estrategia nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. Guatemala. <http://cebem.org>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2011). Política Nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia. <http://www.segeplan.gob.gt/>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2016). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. <http://www.segeplan.gob.gt>
- Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre (s.f). Desafíos globales: Adaptación al cambio climático. Wildlife Conservation Society. <https://guatemala.wcs.org/>
- Unidad de Planeación Minero-Energética (s.f). Manejo ambiental de los residuos sólidos. [upme.gov.co](https://www.upme.gov.co). <https://www.upme.gov.co>
- Universidad del Valle de Guatemala y Fundación Soros Guatemala (s.f). Participación comunitaria e incidencia política. Guatemala, Guatemala.



*Sistema Biótico
de Guatemala*

Introducción

Guatemala, un país rico en biodiversidad y paisajes impresionantes, alberga una amplia variedad de ecosistemas que son hogar de numerosas especies de flora y fauna. A lo largo de los años, el sistema biótico de Guatemala ha experimentado diversos desafíos y cambios significativos debido a factores como la deforestación, la urbanización, el cambio climático, avance de la frontera agrícola y la pérdida de hábitats naturales. En este capítulo de actualización, se explora la situación actual del sistema biótico guatemalteco y examina los esfuerzos realizados para conservar y proteger esta valiosa diversidad biológica.

Se brinda una visión general de los avances y desafíos que enfrenta la gestión del sistema biótico en Guatemala en la actualidad. Asimismo, se analiza los cambios en la distribución de especies clave, la pérdida de hábitats naturales y los esfuerzos de conservación implementados para mitigar estos impactos negativos. Además, menciona las iniciativas gubernamentales, las políticas y los programas que se han puesto en marcha para promover la conservación y la gestión sostenible de la biodiversidad en el país.

A través de la recopilación de datos científicos actualizados, investigaciones y proyectos de conservación, examina cómo se han adaptado los ecosistemas guatemaltecos a los desafíos actuales y qué medidas se han tomado para preservar la rica biodiversidad del país. También destaca la importancia de la participación comunitaria y la colaboración entre diferentes actores, incluyendo organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y entidades gubernamentales, para lograr resultados positivos en la conservación y restauración de los sistemas bióticos en Guatemala.

En síntesis, resalta que la conservación del sistema biótico de Guatemala no solo es fundamental para la preservación de la biodiversidad, sino también para garantizar el bienestar humano a largo plazo. La biodiversidad es la base de servicios ecosistémicos vitales, como la provisión de agua limpia, la regulación del clima y la seguridad alimentaria, entre otros. Por lo tanto, su gestión adecuada y sostenible es fundamental para el desarrollo y la calidad de vida de las comunidades guatemaltecas. Finalmente, la comprensión de la situación actual del sistema biótico y las acciones implementadas para su protección nos ayudará a guiar y fortalecer los esfuerzos futuros de conservación en Guatemala, asegurando así un futuro sostenible y próspero tanto para la biodiversidad como para las comunidades que dependen de ella.

3.1 Estado del Sistema Biótico

Existen diferentes enfoques con respecto a la clasificación de los ecosistemas, algunos se basan en aspectos físicos del ambiente, que a su vez determinan las características de la vegetación, tal como los componentes del clima o de las características físicas y químicas del suelo. Otros se basan en las particularidades de la vegetación, según la observación de sus componentes, y otros combinan los elementos del ambiente y la vegetación (IARNA-URL, 2018).

Existen clasificaciones de enfoque climático, fisiográfico, edáfico, vegetativo, ecosistémico o sus combinaciones.

Según (IARNA-URL, 2018) a finales de la década de los 70', se empezaron a utilizar en Guatemala los sistemas de clasificación basados en las relaciones bioclimáticas o biogeográficas. Estas clasificaciones establecen de forma más precisa las interacciones geomorfológicas, climáticas y ecológicas que determinan las distribuciones espaciales de los ecosistemas.

La primera propuesta de clasificación de ecosistemas utilizando información bioclimática en el país fue impulsada por Leslie Holdridge, quien desarrolló un sistema de clasificación denominado sistema clasificación basado en zonas de vida. Estas se definen como las unidades climáticas naturales en las cuales se agrupan diferentes asociaciones que corresponden a determinados ámbitos de temperatura, precipitación, humedad y biotemperatura. Según Castañeda (2008), la primera aplicación del sistema de zonas de vida en Guatemala se realizó en 1950. Posteriormente, De la Cruz (1976) utilizó la metodología y reportó 14 zonas de vida en el país.

En la Serie del Perfil Ambiental de Guatemala BIODIVERSIDAD (Pineda, 2022), la diversidad biológica de Guatemala en el nivel de ecosistemas se clasifica en 13 zonas de vida, según el sistema de clasificación de Holdridge (1978), siendo estos los siguientes:

- *Bosque húmedo tropical: cubre 37,795.4 km², el 34.71% del país, siendo este el de mayor superficie.*
- *Bosque pluvial montano tropical: 2,178 km², el 0.02% del país, siendo este el de menor superficie.*

En el año 2020 el IARNA determinó que el bosque remanente superaba el 40% de la superficie en seis de las zonas de vida, las cuales son: bosque pluvial premontano tropical, bosque muy húmedo montano bajo tropical, bosque muy húmedo montano tropical, bosque pluvial montano tropical y bosque seco tropical. La clasificación anterior en Guatemala reportaba 14 zonas de vida, siendo la mayor extensión el bosque húmedo subtropical cálido con 26,575 km², y la de menor extensión el bosque húmedo montano subtropical con 88 km².

El deterioro de los ecosistemas naturales y la extinción de especies en Guatemala se da por varios factores como lo son: la deforestación, la contaminación del aire, contaminación del suelo y agua; los cuales son de vital importancia para la subsistencia y desarrollo de las especies de flora y fauna.

Además, existen otras actividades económicas como: la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, que alteran los ecosistemas. A continuación, se establecen las zonas de vida y proporción de la superficie nacional según datos de (Pineda, 2022):

Abreviatura	Zona de vida	Área (ha)	Porcentaje (%) en el país
bh-MBT	Bosque húmedo montano bajo tropical	1,206,970.07	11.15
bh-PMT	Bosque húmedo premontano tropical	1,593,266.12	14.72
bh-T	Bosque húmedo tropical	3,432,460.97	31.71
bmh-MBT	Bosque muy húmedo montano bajo tropical	250,698.95	2.32
bmh-MT	Bosque muy húmedo montano tropical	228,440.98	2.11
bmh-PMT	Bosque muy húmedo premontano tropical	821,998.37	7.59
bmh-T	Bosque muy húmedo tropical	614,142.15	5.67
bms-T	Bosque muy seco tropical	81,887.60	0.76
bp-MT	Bosque pluvial montano tropical	2,609.30	0.02
bp-PMT	Bosque pluvial premontano tropical	30,320.25	0.28
bp-SAT	Bosque pluvial subalpino tropical	3,179.88	0.03
bs-PMT	Bosque seco premontano tropical	479,743.29	4.43
bs-T	Bosque seco tropical	2,079,182.72	19.21
Total		10,824,900.65	100.00

Cuadro 3.1 Zonas de vida y proporción de la superficie nacional que representan (%)

Fuente: Elaboración propia según datos del IARNA, 2018

Según el CONAP con respecto a la diversidad de especies, reporta que los principales cinco taxones están representados en el país por 20 especies de protistas (distribuidas en diez familias y 14 géneros), 324 especies de hongos, 514 especies de briofitas, 11.350 especies de plantas vasculares (distribuidas en 352 familias y 2,344 géneros) y 5,687 especies de faunas (distribuidas en 410 familias y 2,441 géneros).

A su vez, la fauna se puede dividir en invertebrada, representada por 3,770 especies (distribuidas en 156 familias y 1,334 géneros), y vertebrada, representada por 1,917 especies (distribuidas en 254 familias y 907 géneros). De acuerdo a los datos que establece (Pineda, 2022) en el Perfil de Biodiversidad, la pérdida de las especies en el período de 1991-2016 se dio de la siguiente manera:

- *Promedio de deforestación en áreas categorías I, II, VI: 25.3%*
- *Promedio de deforestación en cinturones de 1km de ancho: 28.9%*
- *Promedio de deforestación en cinturones de 10 km de ancho: 34.37%*
- *Promedio de deforestación en corredores biológicos: 30.07%*

Resaltando que existe una contaminación ambiental por dióxido de carbono equivalente de: 50.3 millones.

Durante el año 2022, se recopiló información sobre las principales estadísticas de la diversidad biológica de Guatemala, datos que se presentan a continuación:

Grupo/Taxón	2022		
	Familias	Géneros	Especies
Protistas	10	14	20
Hongos	101	303	782
Briofitas	53	233	657
Plantas vasculares	409	2,732	11,806
Fauna	779	3,344	8,451
Invertebrados	345	2,141	5,612
Vertebrados			
Actinopterygii - peces óseos (aletas radiadas)	199	514	1421
Chondrichthyes - peces cartilaginosos (tiburones y rayas)	9	11	23
Amphibia (anfibios)	12	37	167
Reptilia (reptiles)	29	104	248
Aves	150	407	744
Mammalia (mamíferos)	35	130	236
Total	434	1203	2839
Invertebrados			
Mollusca - Gastropoda (caracoles y babosas)	38	62	123
Mollusca - Bivalvia (ostras, almejas, mejillones)	30	73	169
Arachnida (arácnidos)	71	67	286
Hymenoptera (hormigas, abejas, avispas)	29	220	762
Siphonaptera (pulgas)	6	13	23
Hemiptera (chinches)	47	211	224
Odonata (libélulas)	16	78	216
Diptera (moscas y mosquitos)	42	162	323
Lepidoptera (mariposas)	8	554	1,561
Coleoptera (escarabajos)	38	345	1,105
Coleoptera (familia Cerambycidae)	1	317	769
Ephemeroptera	5	14	14
Megaloptera	1	2	5
Plecoptera	1	1	1
Trichoptera	12	22	31
Total	345	2,141	5,612

3.1.1 Flora y fauna de Guatemala

En Guatemala existen cinco taxones representados por 20 especies de protistas, 324 especies de hongos, 514 especies de briofitas, 11,350 especies de plantas vasculares y 5,687 especies de fauna vertebrados e invertebrados. (Pineda, 2022)

Con respecto a sus ecosistemas cuenta con 13 zonas de vida.

La superficie forestal en el SIGAP para el año 2016 fue de 1, 838,903 hectáreas, que representan el 51.44% del total forestal en áreas protegidas y el 16.97% del total forestal nacional según el INAB.

3.1.2 Categorías y criterios para los listados de especies amenazadas de fauna

Según el Listado de Especies Amenazadas (CONAP, Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA-, Publicación Técnica 02-2022., 2022) se presentan tres categorías para identificar el grado de amenaza de las especies y poder clasificarlas.

Las categorías desarrolladas son las siguientes:

No.	Categoría	Criterios
1	En peligro Crítico (PC) Una especie (o taxón) se encuentra en peligro crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios 1,2,3 o 4 siguientes:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño poblacional ha disminuido entre 99 a 80% en los últimos 10 años o 3 generaciones 2. Tiene una distribución geográfica restringida a una localidad a nivel nacional o hasta 10 km² 3. El área de distribución del hábitat de la especie se ha visto reducida entre 99 a 75% en el territorio nacional durante los últimos 10 años o 3 generaciones 4. La población tiene hasta 500 individuos maduros. Por lo que se considera que está enfrentando un riesgo de extinción alto en estado silvestre
	En peligro (EP) Una especie (o taxón) se encuentran peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios 1,2 o 3 siguientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Su tamaño poblacional ha disminuido en un valor menor que el 80% y hasta 50% en los últimos 10 años o 3 generaciones 2. Tiene una distribución geográfica restringida entre 2 a 5 localidades a nivel nacional o entre más de 10 hasta 500 km² 3. El área de distribución del hábitat de la especie se ha visto reducida en un valor menor que el 75% y hasta 50% en el territorio nacional durante los últimos 10 años o 3 generaciones 4. La población tiene entre 501 y 1,000 individuos
3	Vulnerable (VU) Una especie (o taxón) se encuentra vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios 1,2,3 o 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño poblacional ha disminuido en un valor menor que el 50% y hasta 30% en los últimos 10 años o 3 generaciones 2. Tiene una distribución geográfica restringida entre 6 a 10 localidades a nivel nacional o menor que el 50% y mayor o igual al 25% 3. El área de distribución del hábitat de la especie se ha visto reducida en un valor menor que el 50% y hasta 25% en el territorio nacional durante los últimos 10 años o 3 generaciones 4. La población tiene entre 1,001 y 2,500 individuos

Cuadro 3.2 Categorías para identificar el grado de amenaza de las especies
Fuente: Elaboración propia según datos de -LEA- de Guatemala, 2022

3.2 Usos Permitidos

Además, el (CONAP, Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA-, Publicación Técnica 02-2022, 2022) establece los criterios para categorizarlos, se incluyen criterios de uso y/o aprovechamiento al que pueden ser sometidas las especies contenidas en este listado, según la categoría en la que estén ubicadas.

El objetivo de establecer este criterio de usos permitidos es fomentar el uso y aprovechamiento sostenible, la conservación de la diversidad biológica y genética de las especies, y asimismo fomentar la investigación científica para todas las especies amenazadas, aumentar la calidad y cantidad de información disponible para el análisis de sus amenazas y mejorar la gestión de la diversidad biológica de Guatemala.

Categoría 1 (PC) En peligro crítico o en vías de extinción	Categoría 2 (EP) en peligro	Categoría 3 (VU) Vulnerable
Investigación científica y reproducción con fines de conservación.	Investigación científica y reproducción con fines de conservación.	Investigación científica y reproducción con fines de conservación.
Se podrá autorizar el aprovechamiento única y exclusivamente de partes o derivados, bajo planes de manejo que incentiven la conservación de la especie, siempre y cuando no ponga en riesgo la integridad del individuo, su población silvestre y en cautiverio.	Aprovechamiento de especímenes reproducidos ex situ de forma sostenible, legal y trazable.	Aprovechamiento de especímenes reproducidos ex situ de forma sostenible, legal y trazable. Aprovechamiento y comercialización de individuos del medio silvestre por medio de planes de manejo que garanticen la sobrevivencia de la especie (el uso no debe disminuir el tamaño poblacional ni el área de distribución de la especie en 10 años o 3 generaciones) Cacería y pesca deportiva y/o de subsistencia. El calendario cinegético deberá estar acorde a lo especificado en este listado.

Cuadro 3.3 Usos permitidos para las especies amenazadas de fauna
Fuente: Según datos de -LEA- de Guatemala, 2022

3.2.1 Listado de especies amenazadas de fauna silvestre en Guatemala

De acuerdo a (CONAP, Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA-, Publicación Técnica 02-2022, 2022) existen alrededor de trece grupos taxonómicos de especies amenazadas de fauna silvestre en Guatemala.

A continuación, en el siguiente cuadro se establecen los grupos taxonómicos de fauna silvestre que se ve amenazada en Guatemala, según datos al año 2022.

No.	Grupo taxonómico	Total de especies en categoría de amenaza
	Filo Cnidaria: (corales y anémonas marinas)	
1	Reino: Animalia Filo: Cnidaria Clase: Anthozoa Clase: Hydrozoa	56 especies entre las clases Anthozoa e Hydrozoa. (Todas las especies están propuestas en Categoría 1 Peligro Crítico)
2	Filo Mollusca: (caracoles, almejas, conchas, pulpos, calamares) Reino: Animalia Filo: Mollusca Clase: Bivalvia Clase: Gastropoda	14 especies (Categoría 1 PC: 1 especie, Categoría 2 EP: 6 especies, Categoría 3 VU: 7 especies)
3	Filo Arthropoda: Clase Arachnida (arañas) Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Arachnida	2 especies (Todas las especies están en Categoría 2 EP)
4	Filo Arthropoda: Clase Malacostraca: Orden Decapoda (crustáceos) Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Malacostraca	21 especies (Categoría 1 PC: 1 especie, Categoría 2 EP: 4 especies, Categoría 3 VU: 16 especies).
5	Filo Arthropoda: Clase insecta: Orden Coleoptera (escarabajos) Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scarabaeidae	3 especies (Categoría 2 EP: 1 especie, Categoría 3 VU: 2 especies)
6	Filo Arthropoda: Clase insecta: Orden Hymenoptera: Familia Apidae (abejas y abejorros) Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Hymenoptera Familia: Apidae	4 especies (Categoría 1 PC: 1 especie, Categoría 2 EP: 1 especie, Categoría 3 VU: 2 especies)

No.	Grupo taxonómico	Total de especies en categoría de amenaza
7	Filo Arthropoda: Clase insecta. Orden Lepidoptera (mariposas) Reino: Animalia Filo: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Lepidoptera	113 especies (Categoría 1 PC: 36 especies, Categoría 2 EP: 62 especies, Categoría 3 VU: 15 especies)
8	Filo Echinodermata: (pepinos del mar) Reino: Animalia Filo: Echinodermata Clase: Holothuroidea	5 especies (todas las especies en categoría 2 EP)
9	Filo Chordata: (vertebrados terrestres y acuáticos) Filo Chordata: Clase peces Reino: Animalia Filo: Chordata Clase: Elasmobranch Clase: Actinopterygii	60 especies (Categoría 1 PC: 6 especies, Categoría 2 EP: 34 especies, Categoría 3 VU: 20 especies).
10	Filo Chordata: Anfibios Reino: Animalia Filo: Chordata Clase: Amphibia	112 especies (Categoría 1 PC: 42 especies, Categoría 2 EP: 44 especies, Categoría 3 VU: 26 especies).
11	Filo Chordata: Reptiles Reino: Animalia Filo: Chordata Clase: Reptilia	125 especies (Categoría 1 PC: 19 especies, Categoría 2 EP: 32 especies, Categoría 3 VU: 74 especies)
12	Filo Chordata: Aves Reino: Animalia Filo: Chordata Clase: Aves	240 especies (Categoría 1 PC: 5 especies, Categoría 2 EP: 16 especies, Categoría 3 VU: 219 especies).
13	Filo Chordata. Mamíferos Reino: Animalia Filo: Chordata Clase: Mammalia	178 especies (Categoría 1 PC: 8 especies, Categoría 2 EP: 98 especies, Categoría 3 VU: 72 especies).

Cuadro 3.4 Lista de especies amenazadas de fauna silvestre
Fuente: Elaboración propia con base a CONAP, Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA-, Publicación Técnica 2022.

3.2.2 Especies exóticas

Las especies exóticas introducidas por los humanos constituyen una amenaza para muchas especies nativas. De acuerdo al CONAP (2011), una de las principales preocupaciones para las comunidades nativas e intereses en la conservación de especies es la introducción de especies más allá de sus rangos nativos. Existen muchos casos de las especies conocidas de forma variable como exóticas, invasoras, no nativas, no endémicas, etc., en los que se han dado invasiones catastróficas que han resultado en pérdida de las especies nativas, cambios en la estructura y función de las comunidades, e incluso alteraciones a la estructura física del sistema. Existen ideas generalizadas acerca de las características de los invasores exitosos, es decir especies exóticas que se vuelven invasoras.

En Guatemala se han introducido diferentes especies de peces exóticos, entre estos: tilapia, trucha, lobina, carpa, en varios sistemas dulceacuícolas sin tener conocimiento de las asociaciones ícticas nativas, y sin realizar ningún análisis del impacto ecológico o socioeconómico que estas especies pueden provocar. La extinción del Pato Poc (*Podilymbus gigas* Griscom.) en el Lago de Atilán tuvo en parte relación con la introducción de otra especie de pez (LaBastille, 1983). I

• 3.2.3 Uso de la tierra

El siguiente cuadro según (Gerónimo Pérez I., 2022) muestra el tipo de uso antrópico de la tierra en el país de Guatemala.

Usos antrópicos de la tierra		
Tipo de usos	Extensión (ha)	Extensión (%)
Agricultura anual	1,205,856.88	11.7
Banano-plátanos	49,704.19	0.46
Café	457,516.31	4.24
Caña de azúcar	350,467.44	3.25
Hule	82,464.44	0.76
Palma africana	111,560.38	1.03
Cultivos permanentes	184,449.13	1.71
<i>Herbáceos</i>	51,967.13	0.48
<i>Plantas o tallos</i>	97,743.75	0.91
<i>Arbustivos</i>	3,607.00	0.03
<i>Arbóreos</i>	31,131.25	0.29
Pastizales	1,653,707.56	15.31
Sin información	51,061.69	0.47
Urbano	138,938.50	1.29
Zona heterogénea	54,283.31	0.50
Subtotal	4, 339,909.81	40.19

Cuadro 3.5 Usos antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL,2022.

Usos no antrópicos de la tierra		
Tipo de usos	Extensión (ha)	Extensión (%)
Bosque	3,682,993.50	34.10
Arbustal	2,450,594.38	22.69
Cuerpos de agua	91,271.44	0.85
Humedales	106,801.13	0.99
Sabanas	23,587.63	0.22
Espacios abiertos, poca o nula vegetación	35,681.38	0.33
Árboles dispersos	68,285.81	0.63
Subtotal	6, 459,215.25	59.81

Cuadro 3.6 Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala URL, 2022

3.3 Presiones De Los Ecosistemas En Guatemala

3.3.1 Subsistema económico

Según establece (Pineda, 2022) en el ámbito económico resaltan ciertas situaciones tales como:

- *La generación de divisas por comercio de especies silvestres: USD 15.7 millones en 2018*
- *La generación de divisas por comercio de especies protegidas maderables: USD 7.06 millones en 2016*
- *PIB forestal en el año 2006 según cuenta satélite: 2.6%*
- *Reducción del PIB depreciación del bosque: 0.9% para el año 2006*

La generación de divisas es un impacto económico notable a través del comercio ilegal que asciende a USD 13.56 millones en el año 2016. Además, en sus tendencias establece que en el período 2010-2016 hubo deforestación anual bruta a nivel nacional, con una pérdida de 122,985 hectáreas. Y en áreas protegidas hubo una deforestación anual bruta de 39,478 hectáreas, en el mismo período.

3.3.2 Subsistema social

Los beneficios que obtiene la población de la diversidad biológica son múltiples, siendo estos los siguientes:

- *Materiales para la construcción (hojas y madera)*
- *Especies medicinales y alimenticias*
- *Leña (fuente de energía)*
- *Recreación*
- *Aseguramiento de los mantos freáticos a través de los bosques*

La población además de estos beneficios utiliza los recursos de los bosques para suplir sus necesidades básicas, tanto para autoconsumo como para comercio y así agenciarse de recursos financieros. En Guatemala existen algunos procesos que coadyuvan a las personas a suplir sus necesidades básicas con estas actividades creando a la vez sostenibilidad para los recursos. Estos procesos son:

- Concesiones forestales comunitarias y empresariales de la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biósfera Maya. Estos son convenios entre las comunidades y el Gobierno.*

- b. *Participación de grupos comunitarios en los programas de incentivos forestales. Este es a través del establecimiento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales, como para el manejo de bosque natural de producción o protección.*
- c. *En el año 2019, el INAB reporta que grupos comunitarios estaban a cargo de proyectos de plantaciones forestales con un área de 18,400 hectáreas, proyectos de manejo de bosque natural con un área de 39,308 hectáreas; lo que ayuda a que se disminuya la presión sobre los bosques naturales.*
- d. *Estrategia de protección de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a través del establecimiento de plantaciones.*

Grupos comunitarios y productores individuales, se han involucrado en la siembra y cuidado de árboles de esta especie, cuyo destino principal es el mercado nacional de árboles navideños. Según el INAB hasta el año 2019 se habían establecido 323.5 hectáreas de plantación de pinabete bajo los programas de incentivos forestales. Cabe mencionar que, de acuerdo a datos del INE en el 2019, el porcentaje de hogares que usan leña como fuente de energía principal para cocinar es un 54.4% de la población.

3.3.3 Subsistema institucional

En Guatemala las instituciones que se encargan de velar por la protección y conservación de la diversidad biológica principalmente son:

- *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-*
- *Instituto Nacional de Bosques -INAB-*
- *Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-*

Y en cada una de ellas sus diferentes departamentos, quienes desempeñan y realizan las actividades específicas que se requieran. En la institucionalidad lo más relevante en presupuesto según (Pineda, 2022) es lo siguiente:

- *Rectoría ambiental: MARN, 0.15 % de presupuesto general del año 2019*
- *Rectoría forestal: INAB, 0.18% de presupuesto general del año 2019*
- *Áreas protegidas: CONAP, 14% de presupuesto general del año 2019*
- *Reforestación promovida por el INAB en promedio anual del período 1998 al 2016: 7,364 ha/año con una inversión de 1.47 miles de millones de quetzales*

De acuerdo a (Pineda, 2022) la efectividad de manejo desde lo institucional está en 7 áreas de un total de 36 seleccionadas, las cuales presentan un manejo satisfactorio.

La capacidad de respuesta de estas instituciones hacia las acciones que impactan la diversidad biológica del país, está dada de acuerdo al insuficiente presupuesto que se les asigna, así como también al escaso personal que existe para darle seguimiento, control y vigilancia a los temas específicos, con el fin de que se realicen adecuadamente las auditorías correspondientes y con ello verificar que se ejecuten las medidas correctivas que sean necesarias y obligatorias.

3.3.4 Subsistema natural

En este subsistema los impactos han ido ocurriendo en cadena eliminando la cobertura forestal del país. Existen algunas actividades que interfieren en la pérdida de diversidad biológica y estas son:

- *Agricultura y ganadería*
- *Pesca indiscriminada*
- *Crecimiento poblacional*
- *Construcción desmedida de complejos urbanos (urbanizaciones)*

Estas actividades provocan impactos negativos tales como:

- *Pérdida del valor escénico y/o paisajístico*
- *Cambio en el uso del suelo*
- *Alteración del ciclo hidrológico*
- *Pérdida de la capacidad de infiltración del agua de lluvia en el suelo*
- *Reducción de los niveles de los mantos freáticos*
- *Migración de especies (fauna)*
- *Especies en peligro de extinción*

De acuerdo a (Pineda, 2022) el origen de las fuerzas impulsoras de las presiones que inciden sobre la diversidad biológica de Guatemala son la creciente demanda de productos provenientes de la agricultura, silvicultura, caza y pesca, y el sector de la construcción, los cuales representan las actividades con mayor demanda de espacio y flujo de servicios naturales.

Para el año 2012 según el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, la agricultura ocupaba 2, 496,300 hectáreas, equivalentes a un 23.12% del territorio nacional. Aunado a esto hay actividades que implican el uso de la tierra y que sobrepasan su capacidad de uso, principalmente la agricultura, lo que ha llevado a que el 38.79% del territorio nacional esté en sobre uso.

La principal fuerza impulsora de las presiones sobre la biodiversidad son la marginación económica y social de más de la mitad de la población, así como las actividades agrícolas e industriales de gran escala.

3.4 Impactos en la Diversidad Biológica

3.4.1 Daños y pérdidas

Según (Pineda, 2022) las presiones sobre la diversidad biológica en Guatemala pueden clasificarse en seis grupos generales que son:

a. Pérdida, degradación y fragmentación de hábitat

Resaltan dos factores importantes que son:

- *La demanda de tierras para la expansión agrícola*
- *Incendios forestales por causas antrópicas dentro de áreas protegidas.*

b. Sobreexplotación de sus componentes

La sobreexplotación de la diversidad biológica incluye la tala o cosecha selectiva de los bosques, la cacería y la extracción de especies silvestres de flora y fauna.

De acuerdo a lo que establece (Pineda, 2022) para la temporada 2018-2019 se registraron 352 incendios, que afectaron 15,928.84 hectáreas de bosque.

Según el análisis que se realizó para determinar la pérdida de cobertura forestal que ocurre dentro y cerca de las áreas protegidas de categoría I, II y VI, corresponden a la protección estricta de acuerdo al período comprendido entre el año 1991-2016. El análisis muestra 37 áreas que pertenecen a estas tres categorías y de las cuales resaltan 16 áreas en el período 1991 a 2016, en donde presentaron una pérdida de cobertura mayor a 15% con respecto a la superficie con bosque en el año base 1991.

El Parque Nacional El Reformador y Parque Nacional Grutas de Lanquín, perdieron en su totalidad el bosque tenían en 1991. Otra área con más pérdida es el Parque Nacional Laguna El Pino, que perdió el 97.29 % del bosque tenían en el mismo año. Sin embargo, el área que más perdió cobertura fue el Parque Nacional Laguna El Tigre con 115,549.92 hectáreas.

Otros eventos que reflejan la sobreexplotación se vinculan a la cacería de especies para consumo humano y a la captura de especies para el mercado ilegal de mascotas. La dimensión del tráfico ilegal de fauna es de difícil cuantificación, pero se refleja en los decomisos y rescates que hace el CONAP, lo cual sumaron 3,560 especímenes de fauna para el año 2019.

c. Contaminación ambiental

Durante el año 2012 se liberaron al aire aproximadamente 50.3 millones de toneladas de métricas de dióxido de carbono equivalente, según lo establece el IARNA y la Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas en el año 2019.

La contaminación por desechos líquidos, sólidos o gaseosos, tiene efectos directos sobre la alteración de los ecosistemas, en donde se distribuyen las especies y puede ocasionar alteraciones genéticas hasta la desaparición de poblaciones. En los cuerpos de agua puede inducir la disminución y cambio de la diversidad de fauna y flora en la mayoría de los ríos, lagos y lagunas.

d. Introducción de especies exóticas:

Se refiere al proceso de traer deliberadamente organismos a un nuevo entorno donde no son nativos.

e. Introducción de individuos genéticamente modificados:

Esta actividad puede interferir con los procesos naturales y plantear cuestiones relacionadas con la manipulación de la vida y la biodiversidad.

f. Modificación de ecosistemas por el cambio climático

El cambio climático incide significativamente sobre la diversidad biológica. La modificación de los ecosistemas naturales a causa del cambio climático será característica para el año 2050, debido a que zonas de vida del bosque húmedo, muy húmedo y pluvial sufrirán reducciones del 20% y habrá un consecuente aumento de bosque seco o muy seco con peligro latente de desertificación.

3.4.2 Incendios forestales

Lamentablemente, los incendios forestales son un problema recurrente en Guatemala y representan una amenaza significativa para los ecosistemas y la biodiversidad del país. A continuación, se proporciona algunos datos sobre los incendios forestales en Guatemala:

- *Temporada de incendios:* La temporada de incendios forestales en Guatemala generalmente ocurre entre los meses de diciembre a mayo, coincidiendo con la época seca y los vientos fuertes. Durante este período, las condiciones secas y la vegetación seca aumentan el riesgo de propagación de incendios.
- *Áreas afectadas:* Según datos del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) de Guatemala, en promedio se registran alrededor de 3,000 incendios forestales al año en el país. Estos incendios afectan principalmente áreas boscosas, reservas naturales y parques nacionales.
- *Causas de los incendios:* Las causas de los incendios forestales en Guatemala pueden ser variadas, pero algunas de las principales causas incluyen la quema agrícola no controlada, la quema de pastizales, actividades ilegales como la caza furtiva y la extracción de madera, así como descuidos y negligencia humana.
- *Impacto en la biodiversidad:* Los incendios forestales tienen un impacto devastador en la biodiversidad de Guatemala. Destruyen hábitats naturales, afectan a numerosas especies de flora y fauna, y provocan la pérdida de biodiversidad. Especies endémicas y en peligro de extinción se ven especialmente afectadas, así como ecosistemas frágiles como los bosques nubosos y los manglares.
- *Respuesta y control:* El CONAP, en coordinación con otras instituciones y organizaciones, trabaja en la prevención, control y extinción de los incendios forestales en Guatemala. Se emplean brigadas especializadas, equipos de bomberos forestales, helicópteros y otros recursos para combatir los incendios y proteger las áreas naturales.

- *Impactos socioeconómicos:* Además de los impactos ambientales, los incendios forestales en Guatemala también tienen consecuencias socioeconómicas. Los incendios pueden destruir cultivos, dañar infraestructuras, afectar la calidad del aire y provocar la pérdida de medios de vida de las comunidades que dependen de los recursos naturales.

En Guatemala, varias instituciones están involucradas en la prevención, control y manejo de los incendios forestales. Estas instituciones trabajan en coordinación para abordar el problema de los incendios forestales y proteger los recursos naturales del país. Algunas de las instituciones clave relacionadas con los incendios en Guatemala son:

- *Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP):* El CONAP es la institución encargada de la administración y gestión de las áreas protegidas en Guatemala. Desarrolla políticas y estrategias para la conservación de la biodiversidad y coordina acciones para la prevención y control de los incendios forestales en estas áreas.
- *Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED):* CONRED es la institución responsable de la gestión integral de riesgos y desastres en Guatemala. Coordina la respuesta ante situaciones de emergencia, incluyendo los incendios forestales. Trabaja en estrecha colaboración con otras instituciones y coordina la movilización de recursos y equipos de respuesta en casos de incendios.
- *Instituto Nacional de Bosques (INAB):* El INAB es la entidad encargada de la gestión forestal y la promoción de la silvicultura sostenible en Guatemala. Participa en la prevención y control de incendios forestales, promoviendo prácticas de manejo forestal responsables y supervisando el cumplimiento de las regulaciones forestales.
- *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA):* El MAGA es responsable de la promoción y regulación de las actividades agrícolas y ganaderas en Guatemala. Colabora en la prevención y control de incendios forestales relacionados con la quema agrícola no controlada y promueve prácticas agrícolas sostenibles.
- *Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Guatemala:* El Cuerpo de Bomberos Voluntarios tiene un papel fundamental en la respuesta y control de incendios forestales. Proporcionan servicios de extinción de incendios, rescate y primeros auxilios, y trabajan en coordinación con otras instituciones y comunidades locales en la prevención y combate de incendios.
- *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN):* El MARN es responsable de la formulación y aplicación de políticas ambientales en Guatemala. Participa en la conservación de los recursos naturales y trabaja en la prevención y control de los incendios forestales a través de la promoción de prácticas sostenibles y la protección de los ecosistemas.
- *Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza (FONACON):* FONACON es una institución que tiene como objetivo principal financiar y promover proyectos de conservación de la biodiversidad y los recursos naturales en Guatemala. Apoya iniciativas de conservación y restauración de ecosistemas, incluyendo acciones para prevenir y combatir los incendios forestales.
- *Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH):* INSIVUMEH es la institución encargada de monitorear y estudiar los fenómenos naturales en Guatemala, incluyendo las condiciones climáticas y los pronósticos meteorológicos. Proporciona información valiosa sobre las condiciones climáticas y los factores que pueden influir en la ocurrencia y propagación de los incendios forestales.
- *Procuraduría General de la Nación (PGN):* La PGN es una institución del Estado que vela por el cumplimiento de las leyes y normativas en Guatemala. En relación con los incendios forestales, la PGN puede estar involucrada en la supervisión y aplicación de las regulaciones relacionadas con la prevención y el control de los incendios, y en la prosecución legal de aquellos que incurran en prácticas ilegales que generen incendios.

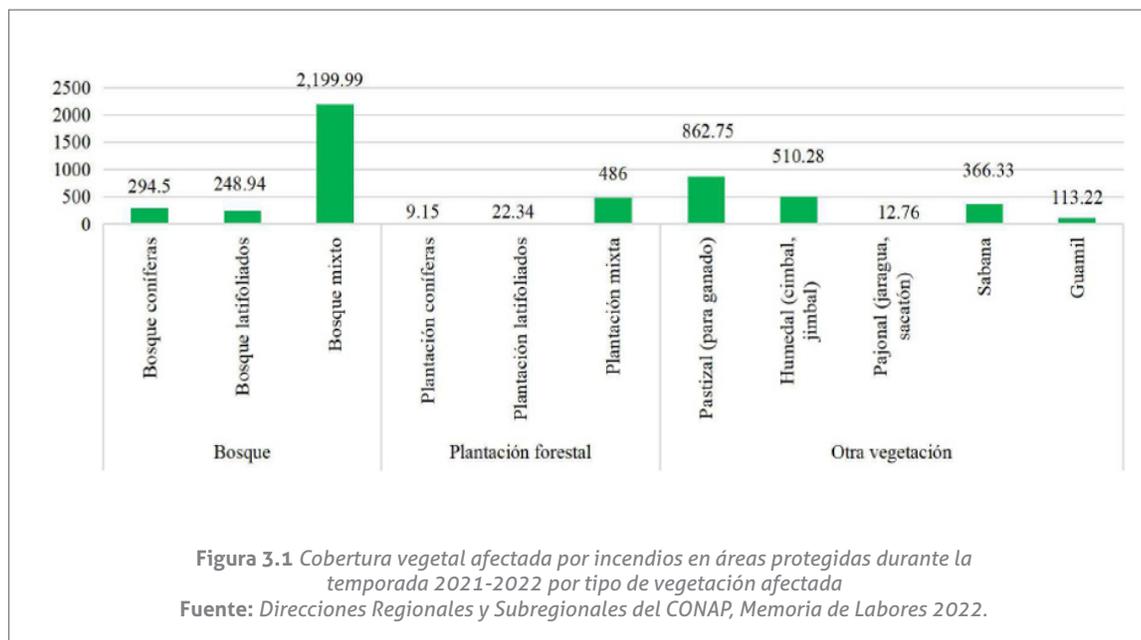
Los efectos del cambio climático como el fenómeno del niño en los últimos años, han afectado al país, a través de una serie de acontecimientos como la sequía, el incremento del área en el corredor seco y su efecto en incidencia de incendios forestales en las temporadas secas, así como considerable superficie afectada. Considerando lo suscitado en el año 1998, donde resultaron afectadas más 600,000 hectáreas de bosque; además del daño ecológico y económico, se produjeron graves problemas de salud ocasionados por dichos incendios forestales. Una inadecuada capacidad de respuesta, aunado a condiciones meteorológicas adversas ponen en riesgo los bosques de la nación.

Guatemala está expuesto a una diversidad de amenazas; por lo que es necesario establecer las estrategias y tácticas, para la detección, combate, control, extinción y liquidación de incendios forestales en los departamentos con mayor incidencia en Guatemala, implementando planes de respuesta en los distintos niveles (local, Municipal, Departamental, Regional y Nacional).

Para la temporada, 2021–2022, se reportaron 169 incendios en áreas protegidas, los cuales afectaron un total de 5,126.26 hectáreas de cobertura forestal y no forestal, distribuyéndose de la siguiente manera según el tipo de vegetación afectada:

- 2,743.43 hectáreas de bosque (53.52 %), las cuales se distribuyen en 294.50 hectáreas de bosque de coníferas (5.74 %), en 248.94 hectáreas de bosque de latifoliados (4.86 %) y en 2,199.99 hectáreas de bosque mixto (42.92 %).
- 517.49 hectáreas de plantación forestal (10.09 %), las cuales se distribuyen en 9.15 hectáreas de plantación forestal de coníferas (0.18 %), 22.34 hectáreas de plantación forestal de latifoliados (0.43 %) y 486.00 hectáreas de plantación forestal mixta (9.48 %).
- 1,865.34 hectáreas de otro tipo de vegetación no forestal (36.39 %), las cuales se distribuyen en 862.75 hectáreas de pastizales (16.83 %), 510.28 hectáreas de vegetación en humedales (9.95 %), 510.28 hectáreas de pajonales (0.25 %), 366.33 hectáreas de sabana (7.15 %) y 113.22 hectáreas de guamil (2.21 %).

El promedio histórico para Guatemala 2001-2022, de incendios reportados y atendidos por las distintas instituciones del Sistema CONRED, es de 718 con un área afectada de 29,444 hectáreas, por lo que se hace necesario tomar acciones para disminuir su incidencia y los daños que provocan en cada temporada, es por ello que se presenta a continuación el Protocolo Nacional de Temporada de Incendios Forestales 2022-2023.



Departamentos	Bosque			Plantación forestal				Otra vegetación					Total
	Bosque Coníferas	Bosque Latifoliados	Bosque Mixto	Plantación Coníferas	Plantación Latifoliados	Plantación Mixta	Pastizal (para ganado)	Humedal (cimbal, jimbal)	Pajonal (jaragua, sacatón)	Sabana	Guamil		
Baja Verapaz	0.00	18.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
Chiquimula	0.00	0.00	66.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.00
El Progreso	0.50	0.00	7.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
Guatemala	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
Huehuetenango	0.00	0.00	10.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.65
Jalapa	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00
Jutiapa	45.00	76.15	126.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	247.70
Petén	15.00	38.79	43.00	0.50	21.84	15.00	661.10	510.28	0.01	366.33	112.64	0.00	1,784.49
Quetzaltenango	1.00	10.50	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50
Sacatepéquez	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
San Marcos	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
Sololá	8.00	5.50	27.25	0.00	0.00	13.00	0.00	0.00	12.25	0.00	0.58	0.00	66.58
Totonicapán	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
Zacapa	225.00	100.00	1855.74	0.00	0.00	450.00	201.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,832.34
Total	294.50	248.94	2,199.99	9.15	22.34	486.00	862.75	510.28	12.76	366.33	113.22	0.00	5,126.26

Cuadro 3.7 Superficie afectada por incendios en áreas protegidas, por departamento, según el tipo de vegetación afectada. Temporada anterior 2021–2022.
Fuente: Direcciones Regionales y Subregionales del CONAP, Memoria de Labores 2022.

MAPA HISTÓRICO DE RECURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES TEMPORADAS DEL AÑO 2001 AL AÑO 2022

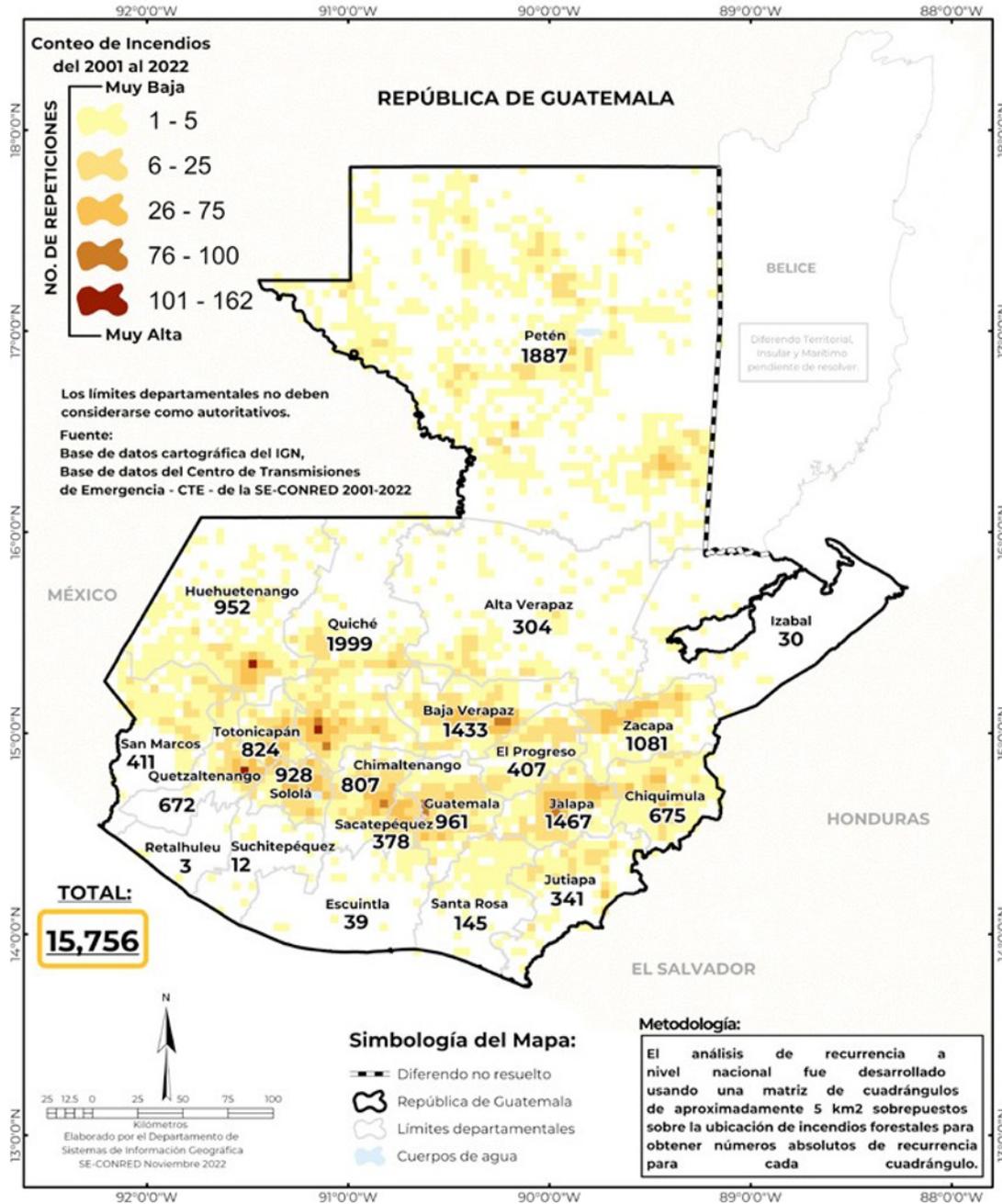


Figura 3.2 Mapa histórico de recurrencia de incendios forestales desde 2001- 2022
 Fuente: Sistema de Información Geográfica de CONRED

TOTAL DE INCENDIOS FORESTALES POR DEPARTAMENTO REPORTADOS A LA SE-CONRED DURANTE LAS TEMPORADAS DEL 2018 AL 2022

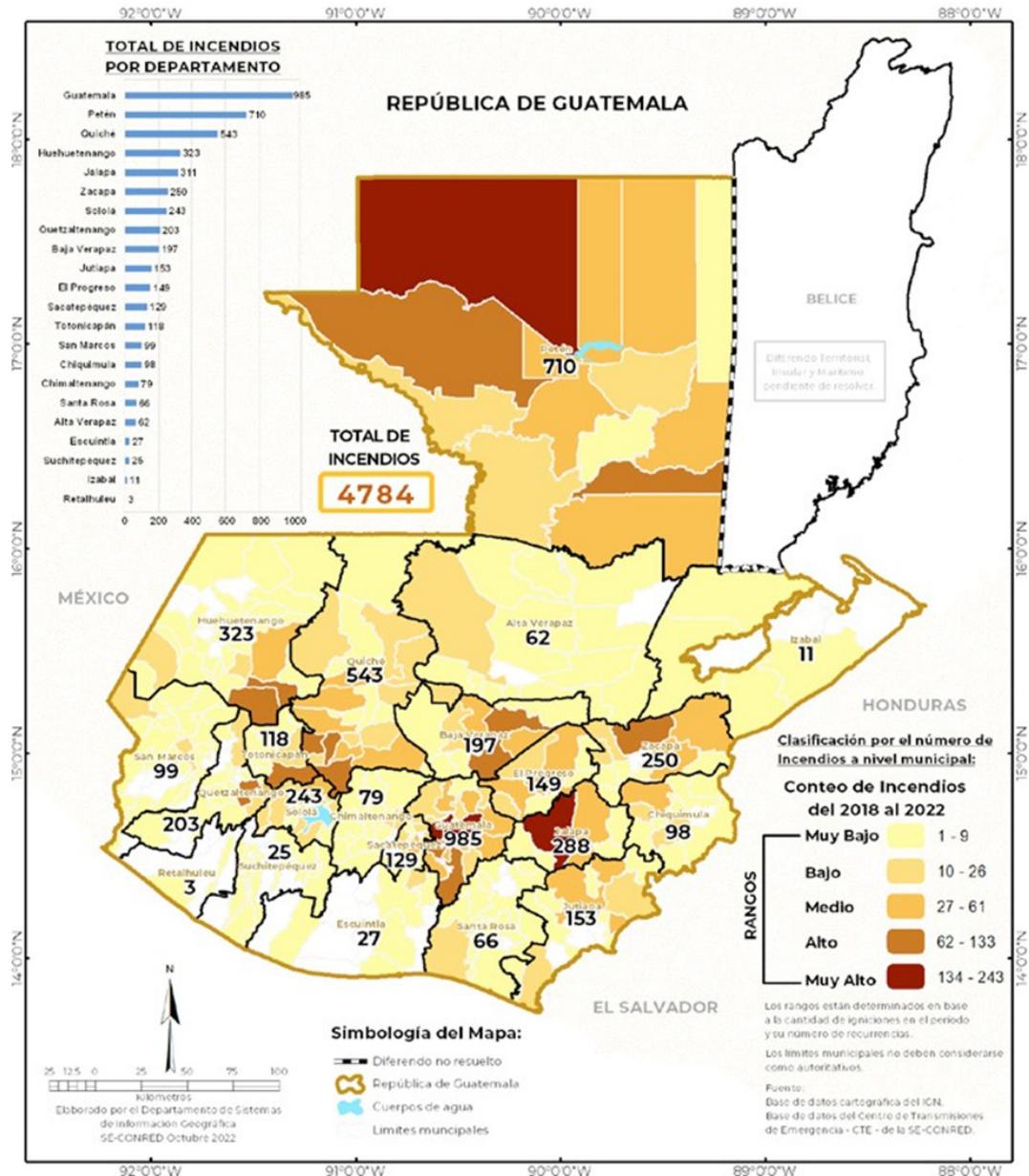
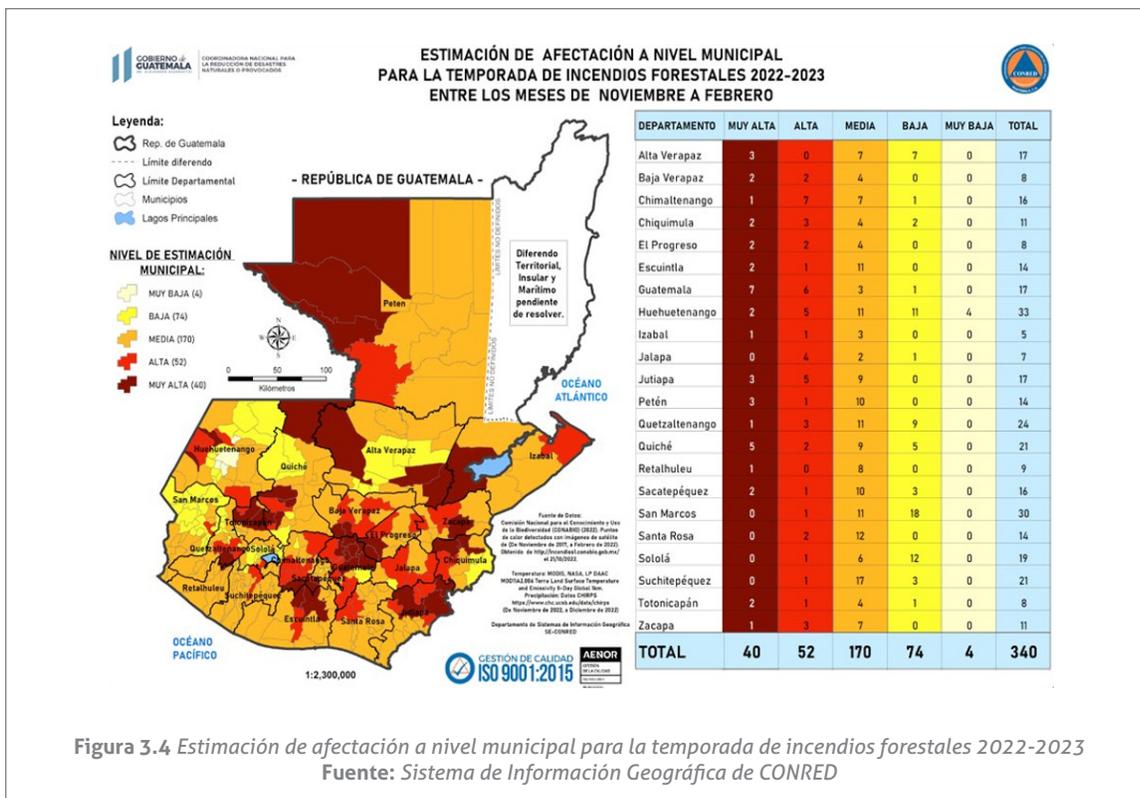


Figura 3.3 Mapa de incendios forestales registrados en la República de Guatemala 2018-2022
Fuente: Sistema de Información Geográfica de CONRED



Los incendios forestales en Guatemala representan una seria amenaza para la biodiversidad, las comunidades locales y la economía del país. A pesar de las medidas preventivas y los esfuerzos de combate, cada año, las llamas devastan una gran cantidad de hectáreas de bosques y selvas guatemaltecas. De acuerdo con datos del Protocolo Nacional Temporada de Incendios Forestales (2021-2022) (CONAP, 2021) el promedio histórico para Guatemala 2001-2020, de incendios reportados y atendidos por las brigadas de incendios forestales, fue de 716 con un área afectada de 30,793 hectáreas. Según CONRED, solo a mayo de 2023 se han sido atendidos 882 incendios forestales y no forestales en el territorio nacional, lo que contabiliza una cantidad mayor a 28,700 hectáreas de bosques y pastizales dañados en la temporada, superando los promedios históricos para Guatemala.

Las cifras anteriores subrayan la necesidad de estrategias de gestión de incendios más efectivas y una mayor concienciación sobre la prevención de incendios. En respuesta a estos desafíos, el gobierno de Guatemala, a través del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) junto con las comunidades locales y las organizaciones no gubernamentales, trabaja para prevenir y combatir los incendios forestales. Las estrategias incluyen la educación pública sobre los riesgos de la quema agrícola, la formación de brigadas de bomberos forestales, la creación de sistemas de alerta temprana y la reforestación de áreas afectadas. Destaca la reciente publicación del Protocolo Nacional Temporada de Incendios Forestales (2023-2023) que establece acciones para prevenir, mitigar y responder a eventos generadores de situaciones de riesgo, emergencia o desastre para la temporada de incendios forestales 2022-2023 con el apoyo de instituciones del sistema CONRED, así como de diferentes coordinadoras a nivel local, municipal, departamental y regional (CONAP, 2022).

3.4.3 Efectos del cambio climático

El cambio climático ha tenido y continúa teniendo diversos efectos en el sistema biótico de Guatemala. Estos efectos se manifiestan a través de alteraciones en los ecosistemas, cambios en la distribución de especies, pérdida de hábitats, disrupción de las interacciones entre especies y aumento de la vulnerabilidad de la biodiversidad en general. A continuación, se describen algunos de los principales efectos del cambio climático en el sistema biótico guatemalteco:

- *Alteraciones en los patrones de precipitación:* Guatemala ha experimentado cambios en los patrones de lluvia, incluyendo una disminución de las precipitaciones en algunas regiones y eventos de lluvias más intensos en otras. Estos cambios pueden tener efectos negativos en los ecosistemas, como la pérdida de humedales, la sequía y la escasez de agua, lo cual afecta la disponibilidad de recursos para las especies vegetales y animales.
- *Aumento de las temperaturas:* Las temperaturas promedio en Guatemala han aumentado en las últimas décadas. Este aumento térmico puede provocar la modificación de los ciclos reproductivos y de comportamiento de las especies, así como cambios en la fenología de las plantas (momento en el que florecen, fructifican, etc.). Además, las altas temperaturas pueden aumentar la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, lo que resulta en la degradación y pérdida de hábitats.
- *Pérdida de hábitats:* Pérdida y fragmentación de hábitats naturales en Guatemala. Esto se debe a factores como el aumento del nivel del mar, la erosión costera, la desertificación y el retroceso de los glaciares. Estos cambios pueden provocar la desaparición de ecosistemas únicos, como los manglares, bosques nublados y páramos, poniendo en riesgo la supervivencia de muchas especies endémicas y especializadas.
- *Cambios en la distribución de especies:* Alteración de los rangos de distribución de las especies, tanto a nivel geográfico como altitudinal. Especies que antes se encontraban en determinadas áreas pueden desplazarse hacia regiones más frescas o buscar hábitats más adecuados a su fisiología. Esto puede provocar desequilibrios en los ecosistemas y generar competencia entre especies nativas y migrantes, así como la desaparición local de especies menos adaptables.
- *Aumento de la vulnerabilidad de especies y ecosistemas:* El cambio climático coloca a muchas especies y ecosistemas guatemaltecos en una situación de mayor vulnerabilidad. Las especies que ya están en riesgo debido a otras presiones, como la deforestación o la sobreexplotación, pueden ver agravada su situación debido a los cambios climáticos. Además, los ecosistemas frágiles, como los arrecifes de coral y los manglares, son especialmente sensibles a los cambios en las condiciones climáticas y pueden sufrir daños irreversibles.

3.4.4 Comercio, exportaciones de flora y fauna

Según lo establecido en la Ley de Áreas Protegidas Decreto No. 4-89, en el Artículo 26. Exportación de especies amenazadas, se prohíbe la libre exportación y comercialización de las especies silvestres de flora y fauna:

"ARTÍCULO 26. Exportación de especies amenazadas. Se prohíbe la libre exportación y comercialización de las especies silvestres de flora y fauna amenazadas de extinción extraídas de la naturaleza. Sólo se podrán exportar, llenando los requisitos de ley, aquellos ejemplares que hayan sido reproducidos por personas individuales o jurídicas autorizadas en condiciones controladas y a partir de la segunda generación.

3.4.5 Tráfico ilegal

De acuerdo a lo que establece el Artículo 82 de la Ley de Áreas Protegidas Decreto No. 4-89, en el Título V de las Infracciones y Sanciones Capítulo I Faltas y Delitos:

*"ARTÍCULO 82. * Tráfico ilegal de flora y fauna. Será sancionado con prisión de cinco a diez años y multa de diez mil a veinte mil quetzales, quien ilegalmente transporte, intercambie, comercialice o exporte ejemplares vivos o muertos, partes o derivados de productos de flora y fauna silvestre amenazadas de extinción, así como de las endémicas y de aquellas especies consideradas dentro de los listados de especies amenazadas en peligro de extinción publicados por el CONAP."*

• 3.4.5.1 Divisas:

Según (Pineda, 2022) la generación de divisas es un impacto económico notable a través del comercio ilegal que asciende a USD 13.56 millones en el año 2016 distribuidos de la siguiente manera:

- *Comercio de especies protegidas*: USD 6.5 millones. Especies silvestres o cultivadas como bromelias, orquídeas, cycas, entre otras vegetales o animales.
- *Comercio de flora maderable*: USD 7.06 millones. Especies como cedro, caoba y rosul.

Para el año 2019 según datos del CONAP, el valor de la exportación de especímenes, productos y derivados de los recursos de flora no maderable y de fauna silvestre del país fue de USD 8.85 y de USD 3.6 millones para la flora maderable.

3.5 Respuestas del Estado

3.5.1 Áreas protegidas y gestión ambiental

Existe un marco legal para la regulación de la diversidad biológica en el país, constituido por las siguientes leyes:



De acuerdo a lo que establece la Ley de Áreas Protegidas Decreto No. 4-89 en el Capítulo I, Artículo 7. Áreas Protegidas:

“Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible.”

Según el Artículo 88. Áreas legalmente declaradas y el Artículo 89*: "Todas aquellas áreas protegidas que, a la fecha de emisión de la presente ley, estuvieron legalmente establecidas mediante decreto legislativo, decreto ley o acuerdo gubernativo y se encuentren vigentes, tienen el pleno reconocimiento de esta ley y constituyen bases fundamentales en la creación y composición de SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas), quien procederá a inscribirlas en el registro respectivo";

"Y las áreas protegidas bajo manejo que no han sido legalmente declaradas, o su declaratoria no está contenida en alguna ley, pero que sin embargo se encuentran protegidas y manejadas, o se encuentran en fases terminales de estudio para su declaratoria legal, se declaran oficialmente establecidas por esta ley."

Así también el Artículo 90. Áreas de protección especial. Establece las áreas de protección para la conservación en regiones del interior del país.

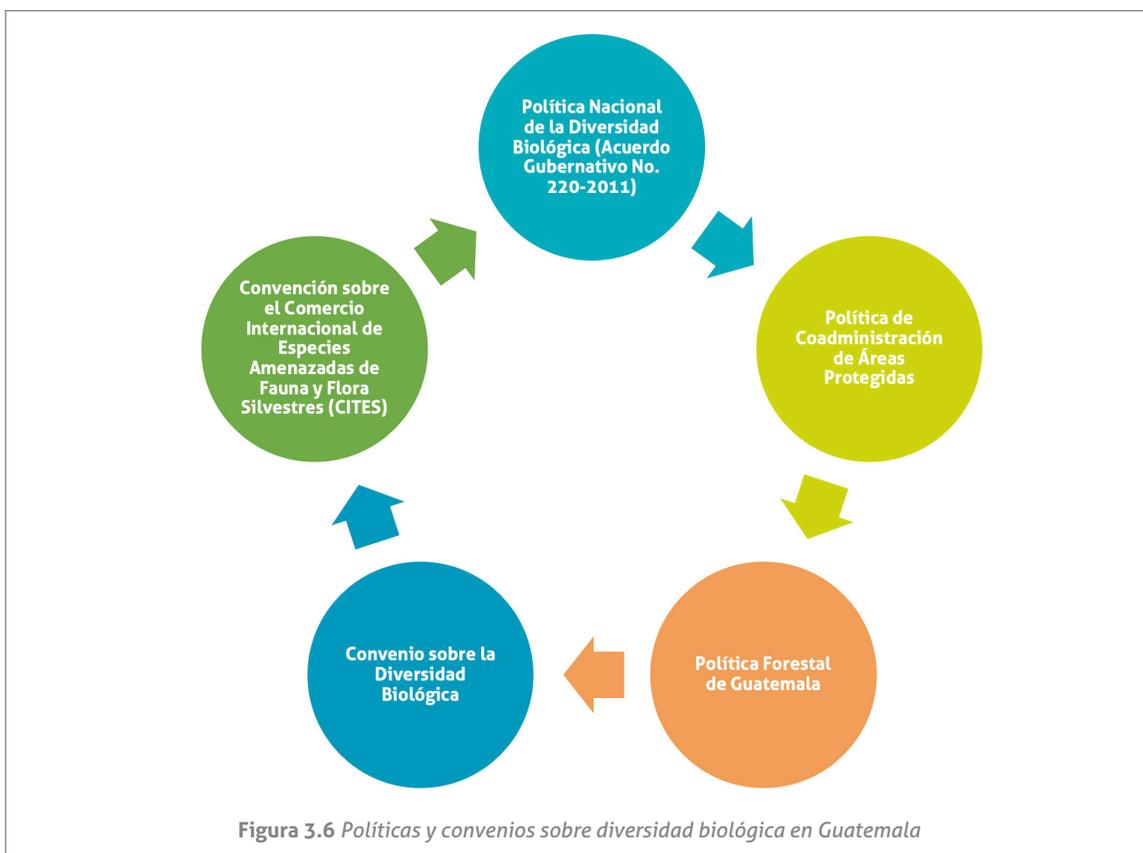
	Nombre	Ubicación
ARTÍCULO 88. AREAS LEGALMENTE DECLARADAS Y ARTÍCULO 89.	Biotopo para la conservación del Quetzal -Mario Dary Rivera-	Purulhá Baja Verapaz.
	Biotopo Cerro Cahuí.	Petén
	Biotopo para la conservación del Manatí, Chocón Machacas.	Izabal
	Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido.	Noroeste de Petén
	Biotopo el Zotz, San Miguel la Palotada.	Norte de Petén
	Biotopo Naachtún Dos Lagunas.	Norte de Petén, límite con México
	Parque Nacional Laguna Lachuá.	Alta Verapaz
	Yolnabaj	Huehuetenango
ARTÍCULO 90. ÁREAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL	Cuchumatanes	Huehuetenango y Quiché
	El Cabá	Quiché
	Manchón-Huamuchal	Costa sur de los departamentos de Retalhuleu y San Marcos
	Boca Costa de los Volcanes	Suroccidente del país
	Sierra Aral	Izabal
	Reserva Ecológica Cerro San Gil	Izabal
	Punta de Manabique	Norte de Izabal
	Sierra de Santa Cruz	Izabal
	Montaña Espíritu Santo	Oriente de Izabal
	Sierra Chinajá	Alta Verapaz
	Reserva Ecológica El Pino de Poptún	Petén
	Ampliación del Parque Nacional Yaxjá-Yaloch	Municipio Melchor de Mencos, Petén
	Refugio de Vida Silvestre y Monumento Cultural Altar de los Sacrificios, Laguna Ixcoché	Municipios de La Libertad y Sayaxché, Petén
	Monumento Natural Semuc Champey	Alta Verapaz
	Cumbre de María Tecún	Totonicapán
Volcán de Ipala	Municipio de Ipala, Chiquimula	

	Nombre	Ubicación
ARTÍCULO 90. ÁREAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL	Reserva de la Biósfera Fraternidad	Chiquimula
	Río Sarstún	Izabal
	Montañas de Tecpán	Chimaltenango
	Sabanas de San Francisco	
	Reservas Ecológicas y Monumentos Naturales constituidos en los conos volcánicos del país	
	Xacaxá	Chimaltenango
	Cumbre Alta	Izabal y Zacapa
	Río Chiquibul	Municipios de Dolores, Poptún y Sayaxché, Petén
	Laguna Perdida	Petén
	Laguna de Río Salinas	Sayaxché, Petén
	Reserva Ecológica Sabana del Sos	Municipio La Libertad, Petén
	Área de Uso Múltiple de San Rafael Pixcayá	Chimaltenango
	Laguna de Guija	Jutiapa
	San Isidro Cafetales, Cumbre de Chiramay	Chiquimula
	Valle de La Arada	Chiquimula
	Laguna de Ayarza	Santa Rosa
	Laguna Chic-Choc	Municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz
	Sitio Arqueológico Abaj-Takalic	Municipio de El Asintal, Retalhuleu
Parque Nacional Mirador Río Azul	Municipios de Melchor de Mencos, Flores, San José y San Andrés, Petén	
Reserva de Uso Múltiple Uaxactún-Carmelita	Municipios de Melchor de Mencos, San José, Flores y San Andrés, Petén	

*Estas áreas, previo estudio, delimitación geográfica y asignación de categoría de manejo, se presentarán para su declaratoria de áreas protegidas, conforme lo señala el artículo 12 de la Ley- 4-89.

Cuadro 3.8 Áreas protegidas y de protección especial

Además, existen políticas y convenios que coadyuvan en la regulación de las leyes para la diversidad biológica de Guatemala:



Cuadro 3.9 Número de Áreas Protegidas por categoría a nivel departamental. Año 2022
 Fuente: Elaboración propia según datos del SIGAP, 20222

Categoría de Áreas Protegidas/Departamento	Cantidad
Izabal	1
Refugio de Vida Silvestre	1
Alta Verapaz	19
Monumento Natural	1
Parque Nacional	3
Parque Recreativo Natural Municipal	1
Reserva Forestal Municipal	2
Reserva Natural Privada	12
Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Izabal	1
Reserva de la Biosfera	1
Baja Verapaz	21
Biotopo Protegido	1
Parque Regional Municipal	3
Reserva Natural Privada	17
Chimaltenango	15
Parque Nacional	2
Parque Regional Municipal	4
Reserva Natural Privada	9
Chimaltenango; Quiché; Suchitepequez; Sololá; Totonicapán	1

Categoría de Áreas Protegidas/Departamento	Cantidad
Reserva de Uso Múltiple	1
Chimaltenango; Sacatepéquez	1
Zona de Veda Definitiva	1
Chiquimula	1
Reserva de la Biosfera	1
Chiquimula; Jutiapa	1
Área de Uso Múltiple	1
El Progreso	17
Parque Nacional	1
Parque Regional Municipal	3
Reserva Natural Privada	13
Escuintla	5
Parque Nacional	1
Reserva Natural Privada	4
Escuintla; Sacatepéquez	1
Zona de Veda Definitiva	1
Guatemala	11
Parque Nacional	1
Parque Regional Municipal	1
Reserva Natural Privada	8
Zona de Veda Definitiva	1
Guatemala; Escuintla	1
Parque Nacional	1
Guatemala; Sacatepéquez	1
Reserva Forestal Protectora de Manantiales	1
Huehuetenango	21
	1
Parque Regional	1
Parque Regional Municipal	15
Reserva Natural Privada	4
Izabal	42
Área de Uso Múltiple	1
Biotopo Protegido	1
Parque Nacional	2
Parque Regional Municipal	1
Refugio de Vida Silvestre	1
Reserva Hídrica y Forestal	1
Reserva Natural Privada	33
Reserva Protectora de Manantiales	1
Zona de Veda Definitiva	1
Jalapa	3
Zona de Veda Definitiva	3
Jalapa; Jutiapa	1

Categoría de Áreas Protegidas/Departamento	Cantidad
Zona de Veda Definitiva	1
Jutiapa	8
Parque Regional y Área Natural Recreativa	1
Reserva Natural Privada	1
Zona de Veda Definitiva	6
Petén	62
Biotopo Protegido	4
Monumento Cultural	3
Parque Nacional	6
Parque Regional Municipal	21
Refugio de Vida Silvestre	4
Reserva Biológica	1
Reserva de la Biosfera	1
Reserva Natural Privada	22
Petén	1
Reserva de la Biosfera	1
Purulhá, Baja Verapaz	1
Reserva Natural Privada	1
Quetzaltenango	18
Parque Nacional	1
Parque Regional Municipal	5
Reserva Natural Privada	6
Zona de Veda Definitiva	6
Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez	1
Reserva Natural Privada	1
Quetzaltenango; Sololá	1
Zona de Veda Definitiva	1
Quiché	1
Reserva Natural Privada	1
Quiché	5
Parque Regional Municipal	2
Reserva de la Biosfera	1
Reserva Natural Privada	2
Retalhuleu	4
Reserva Natural Privada	4
Retalhuleu; San Marcos	1
Reserva Natural Privada	1
Sacatepéquez	11
Parque Regional Municipal	6
Reserva Natural Privada	5
Sacatepéquez; Chimaltenango; Escuintla	1
Zona de Veda Definitiva	1
San Marcos	16

Categoría de Áreas Protegidas/Departamento	Cantidad
Parque Regional Municipal	8
Reserva Natural Privada	6
Zona de Veda Definitiva	2
Santa Rosa	14
Area de Uso Multiple	1
Área de Usos Múltiples	1
Parque Nacional	1
Reserva Natural Privada	7
Zona de Veda Definitiva	4
Sololá	12
Parque Regional Municipal	6
Reserva Natural Privada	6
Sololá; Quetzaltenango; Suchitepéquez	1
Zona de Veda Definitiva	1
Suchitepéquez	10
Reserva Natural Privada	10
Totonicapán	2
Parque Nacional	1
Parque Regional Municipal	1
Zacapa	14
Parque Nacional	1
Parque Regional Municipal	2
Reserva Natural Privada	10
Zona de Veda Definitiva	1
Total general	348

3.5.2 Pueblos indígenas y biodiversidad

Los pueblos indígenas de Guatemala desempeñan un papel fundamental en la conservación y preservación de la biodiversidad en el país. A lo largo de siglos, han desarrollado conocimientos tradicionales y prácticas ancestrales que promueven una relación armoniosa con la naturaleza y contribuyen a la protección de los ecosistemas. Estos pueblos están culturalmente arraigados a la tierra y dependen directamente de los recursos naturales para su subsistencia. Su estrecho vínculo con la biodiversidad se refleja en su cosmovisión, en la cual reconocen a la naturaleza como un ser vivo y sagrado, con el cual mantienen una relación de respeto y reciprocidad.

Estos pueblos han desarrollado sistemas tradicionales de manejo de recursos naturales, como la agricultura sostenible, la silvicultura comunitaria, la pesca artesanal y la recolección selectiva de productos forestales. Estas prácticas se basan en un profundo conocimiento del entorno, la diversidad de especies y los ciclos naturales, lo que les permite utilizar los recursos de manera sostenible, evitando la sobreexplotación y el agotamiento de los ecosistemas.

La conservación de la biodiversidad es fundamental para la supervivencia de los pueblos indígenas, ya que muchos de ellos dependen de la diversidad de alimentos silvestres y cultivados para su seguridad alimentaria y nutricional. Además, la biodiversidad es parte integral de su identidad cultural y está estrechamente vinculada a sus prácticas espirituales y ceremoniales.

Sin embargo, a pesar de su importante papel como guardianes de la biodiversidad, los pueblos indígenas de Guatemala enfrentan numerosos desafíos. La deforestación, la pérdida de hábitats naturales, los cambios en el uso de la tierra, la contaminación y el cambio climático amenazan su forma de vida y los recursos naturales en los que dependen.

Es fundamental reconocer y respetar los derechos de los pueblos indígenas, incluido su derecho a la tierra, territorio y recursos naturales, así como su participación efectiva en la toma de decisiones relacionadas con la conservación de la biodiversidad. La colaboración entre los pueblos indígenas, las organizaciones de la sociedad civil, el gobierno y otros actores es crucial para garantizar la protección de la biodiversidad en Guatemala, así como para promover un desarrollo sostenible que tome en cuenta los conocimientos y las necesidades de los pueblos indígenas.

Guatemala cuenta con varios ejemplos exitosos de proyectos y programas que han logrado establecer una relación positiva con la biodiversidad. Estos ejemplos destacan la importancia de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, así como la participación activa de las comunidades locales y los pueblos indígenas. A continuación, se mencionan algunos de estos ejemplos:

- *Reserva de la Biosfera Maya*: Esta reserva, ubicada en el norte de Guatemala, es una de las áreas protegidas más grandes de América Central. La Reserva de la Biosfera Maya es reconocida por su rica biodiversidad, incluyendo especies emblemáticas como el jaguar y el quetzal. El manejo de la reserva involucra a las comunidades locales mayas, quienes participan en la conservación de los recursos naturales y el desarrollo de actividades sostenibles, como el ecoturismo y la agricultura orgánica.
- *Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas*: Situada en el departamento de Zacapa, esta reserva es considerada uno de los ecosistemas de bosque nuboso más importantes de Centroamérica. En esta área protegida, se llevan a cabo proyectos de restauración ecológica y se promueve la participación de las comunidades locales en actividades de conservación y monitoreo de la biodiversidad. Además, se implementan prácticas de manejo sostenible de los recursos naturales, como el aprovechamiento responsable de los productos forestales no maderables.
- *Cooperativa Chico Mendes*: Esta cooperativa agrícola, ubicada en la región de Petén, promueve la producción sostenible de aceite de palma sin deforestación. A través de prácticas agroforestales y un enfoque de producción ecológica, la cooperativa trabaja en armonía con la biodiversidad local, evitando la degradación de los bosques y contribuyendo a la conservación de especies endémicas y en peligro de extinción.
- *Reservas Naturales Privadas*: En Guatemala, existen diversas iniciativas de conservación impulsadas por propietarios privados de tierras. Estas reservas naturales privadas se establecen para proteger hábitats y especies en áreas donde la presión humana es alta. Estas áreas permiten la conservación de ecosistemas frágiles, como manglares y bosques tropicales, y se gestionan mediante la colaboración con organizaciones de conservación y la participación de las comunidades locales.
- *Parques Nacionales y Áreas Protegidas*: Guatemala cuenta con una red de parques nacionales y áreas protegidas que abarcan una amplia diversidad de ecosistemas, desde bosques tropicales hasta manglares y humedales. Estas áreas protegidas son administradas por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y son fundamentales para la conservación de la biodiversidad del país.
- *Reforestación y restauración ecológica*: Diversas organizaciones y programas gubernamentales en Guatemala están trabajando en la reforestación y restauración de áreas degradadas. Estas iniciativas buscan recuperar los ecosistemas forestales, proteger los suelos, mejorar la calidad del agua y proporcionar hábitats para la fauna y flora nativa.
- *Iniciativas de turismo sostenible*: El turismo sostenible se ha convertido en una herramienta importante para promover la conservación de la biodiversidad en Guatemala. Muchas organizaciones y comunidades locales han desarrollado iniciativas de turismo comunitario y ecoturismo, que permiten a los visitantes experimentar la rica biodiversidad del país de manera responsable y contribuir directamente a la conservación y desarrollo de las comunidades locales.
- *Protección de especies en peligro de extinción*: Existen programas y proyectos específicos dirigidos a la protección y recuperación de especies en peligro de extinción en Guatemala. Por ejemplo, el Proyecto de Conservación del Quetzal trabaja en la protección de esta emblemática ave a través de la conservación de su hábitat y la educación ambiental.

Conclusiones

A pesar de la riqueza biótica con la que cuenta Guatemala, la principal fuerza impulsora de las presiones sobre esta diversidad biológica son la marginación económica y social de más de la mitad de la población, así como las actividades agrícolas e industriales de gran escala.

El cambio climático ha tenido y continúa teniendo diversos efectos en el sistema biótico de Guatemala. Estos efectos se manifiestan a través de alteraciones en los ecosistemas, cambios en la distribución de especies, pérdida de hábitats, disrupción de las interacciones entre especies y aumento de la vulnerabilidad de la biodiversidad en general.

Guatemala cuenta con varios ejemplos exitosos de proyectos y programas que han logrado establecer una relación positiva con la biodiversidad. Estos ejemplos destacan la importancia de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, así como la participación activa de las comunidades locales y los pueblos indígenas.

Referencias Bibliográficas

- Arreola, E. y. (24 de mayo de 2018). Prensa Libre. El Agua en Cifras, pág. 1.
- Basterrechea, M. &. (2019). (E. U. UVG, Ed.) Obtenido de <https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/06/1erRepCCGuaCap5.pdf>
- Benavides, J. (agosto de 2012). FUNDESA. Obtenido de [http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/2012/Red%20IARNA%2029%20\(03\)/adjuntos/boletin-FUNDESA.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/2012/Red%20IARNA%2029%20(03)/adjuntos/boletin-FUNDESA.pdf)
- CONAP. (2021). CONAP. Obtenido de CONAP: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2021/09/LEA-2021-Fauna-3-sp.-Flora-No-Maderable.pdf>
- CONAP. (Junio de 2022). CONAP. Obtenido de CONAP: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2022/12/Lista-de-Especies-Amenazadas-en-Guatemala-LEA-2.pdf>
- FUNCAGUA. (2020). Obtenido de FUNCAGUA: <https://funcagua.org.gt/contaminacion/>
- FUNCAGUA. (marzo de 2022). FUNCAGUA. Obtenido de <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2022/03/Informe-del-agua-2022-version-digital.pdf>
- Gerónimo Pérez I., J. J. (Marzo de 2022). Atributos Territoriales y Dinámicas Socioambientales de Guatemala: Síntesis gráfico-descriptiva. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: CARA PARENS. Obtenido de https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiclgl/IARNA/serie_ambi/978-9929-54-410-9.pdf
- IARNA-URL. (febrero de 2018). IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). Obtenido de <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>
- INE. (2019). INE. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/2021/03/23/hogares-por-fuente-principal-de-agua-para-consumo/>
- INE. (2019). INE. Obtenido de INE: <https://www.ine.gob.gt/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>
- INE. (2021). INE. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>
- INSIVUMEH. (2021). INSIVUMEH.
- INSIVUMEH. (2023). Obtenido de INSIVUMEH: https://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios_de_guatemala.htm#:~:text=Estas%20vertientes%20se%20enumeran%20a,Vertiente%20del%20Golfo%20de%20M%C3%A9xico
- Martínez M. (2021). PNUD. Obtenido de <https://www.undp.org/es/guatemala/blog/%C2%BFcu%C3%A1l-es-el-valor-del-agua>
- Pineda, P. (julio de 2022). URL. Obtenido de <https://biblioteca.url.edu.gt/iarna/biodiversidad/>



*Sistema Lítico
Edáfico*

Introducción

El presente capítulo del Informe Ambiental de Guatemala del año 2023, está enfocado principalmente al Recurso Lítico y Edáfico, el cual contiene los aspectos relacionados al suelo desde su fisiografía, geología, y usos de la tierra. Tomando en cuenta las presiones (urbanización, deforestación, erosión), el estado (usos y cobertura vegetal), los impactos (importancia ante el cambio climático y conflictos por el uso de la tierra), las respuestas del Estado desde lo político e institucional y la gestión sostenible para su manejo.

Estos aspectos se describen de acuerdo a antecedentes y datos del país en los últimos años. Una de las presiones que afectan al sistema lítico y edáfico es la urbanización, la cual se encuentra conformada por el aumento de población urbana considerados separadamente o en conjunto con incrementos de población rural. La urbanización se define como un creciente proceso de concentración de población, por lo que la proporción total de población urbana se incrementa. Los componentes del crecimiento urbano son, el crecimiento natural, la migración neta y los cambios en los límites de la ciudad.

Este aspecto influye de manera significativamente en el medio ambiente y los recursos naturales aumentando los índices de deforestación y erosión, lo que provoca que se vaya disminuyendo la cobertura forestal en el país, y con ello se vea afectada la capacidad y el uso de la tierra, así como la biodiversidad y su calidad paisajística en general.

De acuerdo a ello es necesario establecer y ejecutar medidas sostenibles que permitan la gobernanza no solamente desde lo institucional sino también que se permita la participación comunitaria sobre todo indígena, y que existan diálogos de mediación para evitar la conflictividad por el uso y manejo de los recursos naturales, específicamente el recurso suelo.

Para establecer y desarrollar estas acciones, es importante regirse bajo el marco legal ambiental del país, tomando en cuenta la Constitución Política de la República de Guatemala, sus leyes, reglamentos, así como sus políticas y los convenios internacionales. Asimismo, considerar las instituciones que pueden apoyar a la ejecución de las mismas.

4.1 Presiones Sobre El Sistema Lítico Y Edáfico

4.1.1 Urbanización y expansión agrícola

• 4.1.1.1 Urbanización en Guatemala al 2002

Según (Martínez, 2011) la urbanización en el aspecto demográfico constituye el incremento de la población urbana en comparación con la rural, pero es el resultado de transformaciones económicas en el plano nacional e internacional. El crecimiento urbano lo conforman, los aumentos de población urbana considerados separadamente o en conjunto con incrementos de población rural. La urbanización se define como un creciente proceso de concentración de población, por lo que la proporción total de población urbana se incrementa. Los componentes del crecimiento urbano son, el crecimiento natural, la migración neta y los cambios en los límites de la ciudad.

En Guatemala, la calificación de población urbana proviene de lo establecido en el Acuerdo Gubernativo del 7 de abril de 1938. La norma jurídica en sus artículos señala: En el primero, según el grado de adelanto y número de habitantes en los lugares poblados se distinguen: ciudades, villas, pueblos, caseríos y otros lugares habitados permanentemente. Luego se establece las condiciones de los poblados para ser clasificados en las distintas categorías, el procedimiento administrativo para cambiar de categoría a uno superior y otras disposiciones administrativas.

En los recuentos poblacionales la definición de población urbana ha sido diversa. En el VI Censo Nacional de Población efectuado en el año de 1950 se consideró como lugares poblados a centros poblados cuya

población excediera de 2,000 habitantes. Asimismo, a otros cuya población estuviera comprendida entre 1,500 y 2,000 habitantes, siempre que gozara de servicio de agua entubada. A esa fecha solamente 102 municipios reportaron población urbana entre 1,507 hasta 284,272 habitantes. La población urbana fue constituida por 696,458 habitantes que significaron el 24.6% de la población total.

En los siguientes Censos realizados en los años de 1964, 1973, 1981 y 1994, como población urbana fue considerada aquella que residía en asentamientos humanos del país que, en virtud del Acuerdo Gubernativo citado anteriormente, se les reconoció oficialmente como ciudades, villas o pueblos. A diferencia, en el XI Censo Nacional de Población llevado en el año 2002 se consideraron como áreas urbanas a ciudades, villas y pueblos (cabeceras departamentales y municipales). (Martínez, 2011)

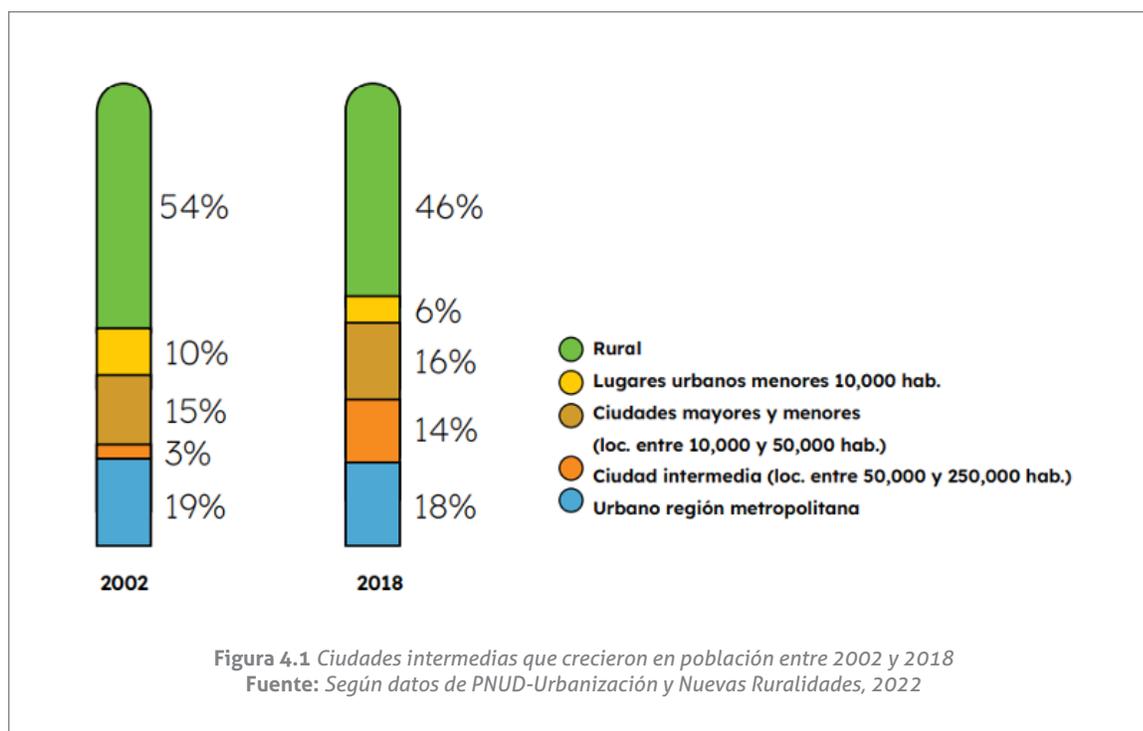
Asimismo, se incluyeron colonias, condominios y lugares con más de 2,000 habitantes cuando el 51% o más de los hogares residentes en ellos contaran con energía eléctrica y agua entubada dentro de sus viviendas.

En 2002, según el (Informe Nacional de Desarrollo Humano: Urbanización y Nuevas Ruralidades, 2022) describe que aún el 54 % de la población vivía en zonas calificadas como rurales, uno de los porcentajes más elevados en una América Latina que ya se volvió mayoritariamente urbana desde inicios de los 70, en el siglo XX.

Guatemala tiene ciertas características en comparación con las tendencias latinoamericanas con respecto a la urbanización, por identificar un proceso tardío y lento que se ha acelerado desde fines del siglo XX.

• 4.1.1.2 Urbanización en Guatemala al año 2018

En los primeros veinte años del nuevo siglo, el crecimiento de la población urbana se ha intensificado: en el censo de 2018 fue por primera vez mayoritaria, representando el 54 % del total nacional. Según los datos de los censos, el peso poblacional de esta metrópoli se mantuvo estable en torno al 19 % entre 2002 y 2018.



Con respecto a la imagen anterior se puede determinar que: las ciudades intermedias es el que más creció: esa categoría estaba compuesta en 2002 por 4 localidades que cobijaban al 3 % de la población; en 2018 estas ya eran 19 y albergaban al 14 % de guatemaltecos.

El grupo de ciudades mayores y menores aumentó también levemente su participación (del 15 % y 16 %) y los poblados pequeños (menores a 10 000 habitantes) la redujeron de 10 % a 6 % (gráfico 4.1).

Son esas ciudades intermedias las que más aumentaron su población entre 2002 y 2018 (un 135 %), seguidas de las "ciudades mayores y menores" (entre 20,000 y 50,000 habitantes) con 61 %.

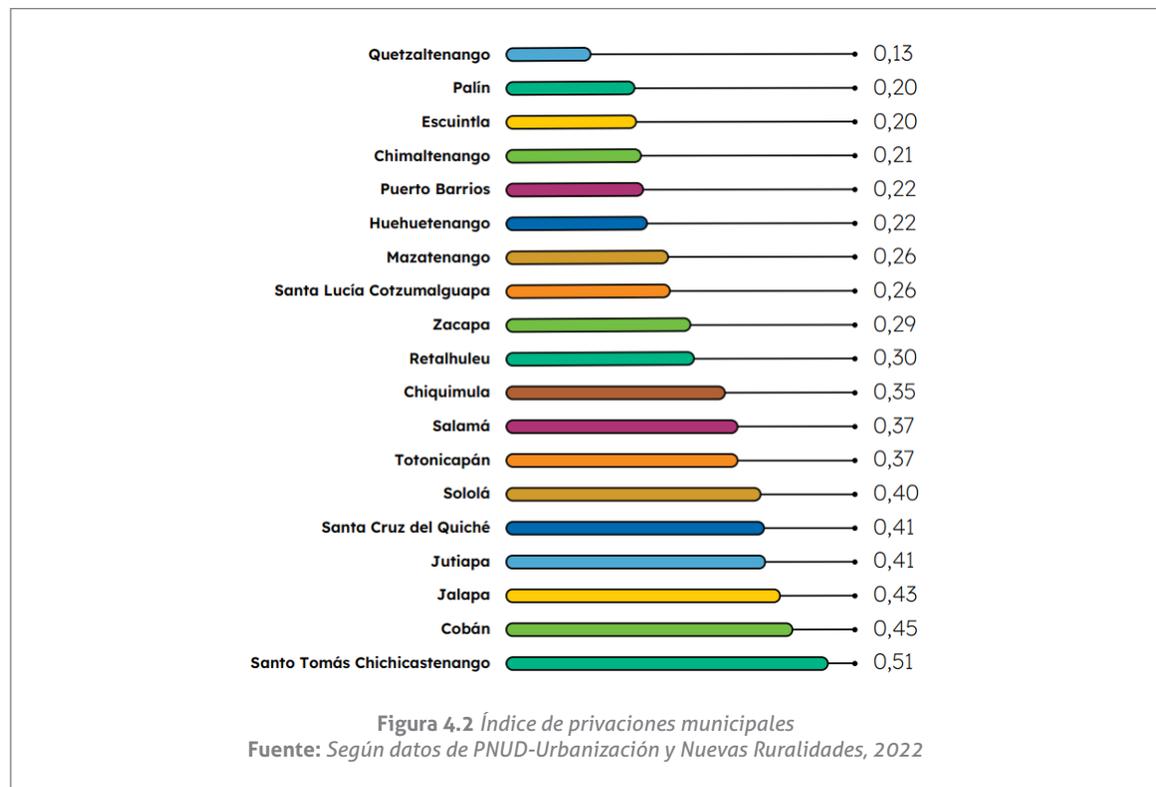
La urbanización no ha sido homogénea en todo el territorio, sino que se ha intensificado en ciertos lugares. Fue particularmente dinámica en varias ciudades intermedias localizadas en diferentes regiones del país. Mientras tanto, el crecimiento de la metrópoli central se habría estabilizado; sin embargo, es importante observar que, en ese caso, hay mucho movimiento de población de localidades intermedias situadas a su alrededor que también crecieron mucho y que tienen fuertes vínculos con ella. Por otra parte, muchas localidades urbanas más pequeñas se estarían estancando en población y actividad. (Informe Nacional de Desarrollo Humano: Urbanización y Nuevas Ruralidades, 2022)

• 4.1.1.3 Urbanización asociada a factores demográficos

En promedio, el IDH-M de los municipios en los que se ubican esas ciudades intermedias era superior en 2018 al prevaleciente en municipios con zonas urbanas menos pobladas o con poblaciones mayoritariamente rurales. Sin embargo, esos índices siguen siendo significativamente menores a los existentes en los municipios del área metropolitana central. (Informe Nacional de Desarrollo Humano: Urbanización y Nuevas Ruralidades, 2022)

La siguiente imagen demuestra que las ciudades intermedias, algunas se acercan a los niveles de desarrollo humano y carencias del área metropolitana central, pero muchas presentan niveles elevados de privaciones, como es el caso de Santo Tomás Chichicastenango, Cobán o Jalapa.

Una parte de la urbanización está asociada a la transición demográfica, es decir, el cambio que experimentan las poblaciones con tasas altas de natalidad y mortalidad a tasas bajas de natalidad y de mortalidad.



• 4.1.1.4 Nuevas ruralidades

Otro aspecto importante en la urbanización es la expansión de ciudades y localidades intermedias. La aparición de una nueva ruralidad en varias regiones del país es una idea de la ocupación y el uso del territorio desde inicios de siglo, la cual sirve para analizar los territorios caracterizados por una baja densidad de población, el aislamiento y un predominio de las actividades económicas primarias.

Según establece que (Informe Nacional de Desarrollo Humano: Urbanización y Nuevas Ruralidades, 2022) las nuevas ruralidades son zonas bastante heterogéneas y que ocupan diferentes configuraciones de acuerdo al tipo de interacciones entre ruralidades y espacios urbanos que se producen en cada una de ellas.

Algunos de estos vínculos pueden ser complejos debido a lo siguiente:

- *Diversificación de las economías locales*
- *Transformación de las actividades agropecuarias por efecto de la globalización*
- *Innovaciones tecnológicas e institucionales que reducen los costos de acceso a servicios públicos en zonas menos densas*
- *El ámbito ambiental*
- *La porosidad sociocultural entre población urbanas y rurales*

Las nuevas ruralidades aparecen en ese contexto, constituyendo territorios rurales cuya identidad ya no gira únicamente en torno a la actividad agrícola y en los que se distinguen "varios tipos de espacios ligados en grados diversos a la dinámica de los polos urbanos y en los que se enfrentan dos lógicas distintas: las funciones productivas clásicas del ámbito agrícola y ganadero y las nuevas actividades, ya sean terciarias, de ocio o de industrialización rural. (Informe Nacional de Desarrollo Humano: Urbanización y Nuevas Ruralidades, 2022)

• 4.1.1.5 Población actual en Guatemala

Según proyecciones del período 1950-2050 de (INE, Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, 2023) se estima que la población en Guatemala hasta el año 2023 es de 17,602,431 habitantes, incluyendo hombres y mujeres.

En tres años ascendió por 744, 098 habitantes, siendo la población actual total de 17,602,431 habitantes, incluyendo hombres y mujeres. La tasa de fertilidad desde el año 2020 según el (Grupo Banco Mundial, 2023) por cada mujer es de 2.5.

4.1.2 Deforestación

• 4.1.2.1 Pérdida y recuperación de bosques

Los análisis de la dinámica de la cobertura forestal del país para el período 2010-2016 hubo una pérdida bruta de bosques de 680,566 hectáreas. Así mismo, el análisis de las ganancias o recuperación de la cobertura forestal muestra, para ese mismo período, una ganancia bruta de cobertura de bosque de 579,025 hectáreas, lo cual refleja un cambio neto de -101,542 hectáreas durante el período de análisis.

Lo que significa que en el país se ha logrado disminuir la tasa de pérdida neta de la cobertura forestal, de -1.5% que se tenía en el período 2001-2006 a -0.5% para el 2010-2016. Esto es debido a las acciones que se han promovido con los programas de incentivos forestales desde sus inicios. De 1998 al 2020, con esos programas se ha logrado la protección de los bosques naturales bajo manejo sostenible en más de 454,893 hectáreas y la recuperación de 170,973 hectáreas a través de plantaciones forestales y sistemas agroforestales (INAB, 2021).

Según (Domínguez, 2021) expresa que en la temporada 2020-2021 de incendios forestales contabilizada por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), Guatemala perdió más de 9 mil hectáreas en 300 incendios forestales donde se prevé que la gran mayoría de estos son provocados por el hombre en búsqueda de expandir las áreas de agricultura.

• 4.1.2.2 Causas de la deforestación

Según estudios en América Latina establecen que la deforestación tiene tres principales factores que influyen en ella y son:

- *Expansión agrícola*
- *Extracción de leña y madera*
- *Desarrollo de infraestructura*

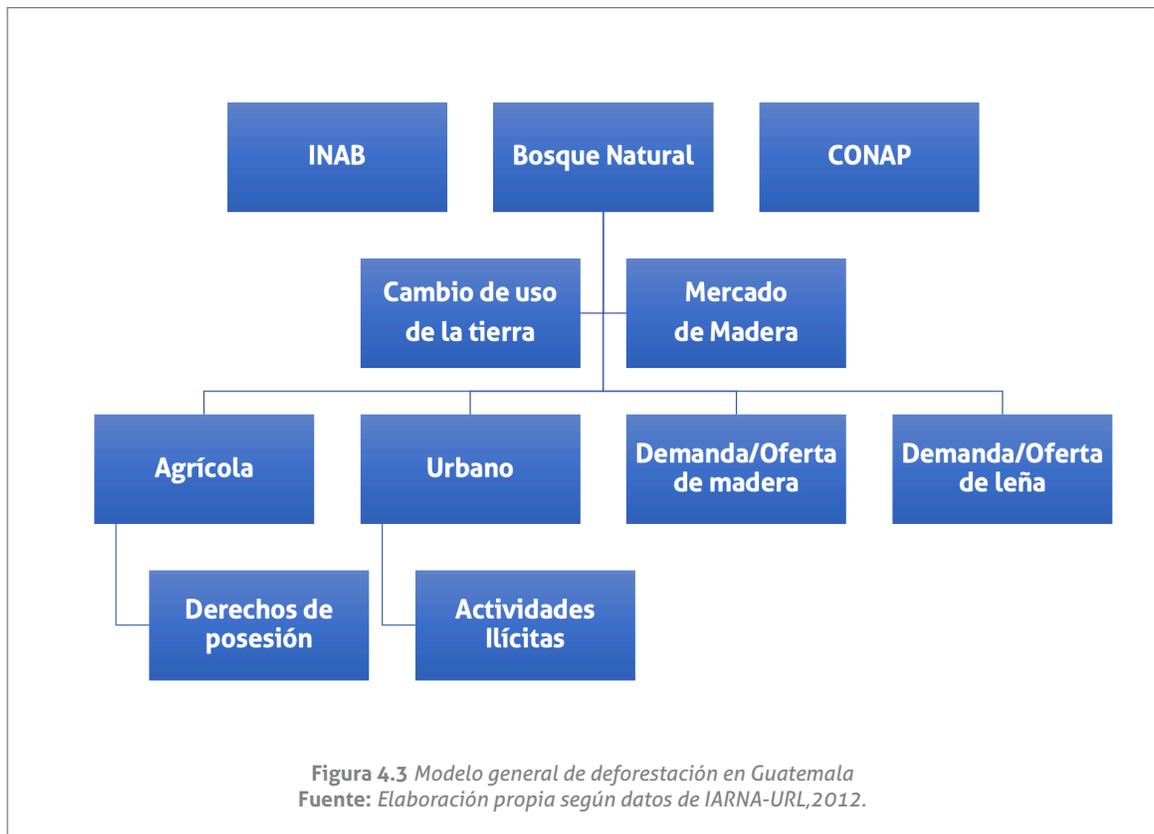
En Guatemala según el IARNA-URL (Monterroso O., 2012) establece un modelo general de la deforestación en el país y un modelo dinámico de deforestación con énfasis en el mercado.

• 4.1.2.3 Modelo general de deforestación en Guatemala

El modelo general de deforestación en Guatemala se establece a partir de las siguientes variables:

- Cambios de uso de la tierra*
 - *Deforestación a través del avance de la frontera agrícola*
 - *Crecimiento urbano (crecimiento poblacional)*
 - *Problemática por los derechos de posesión (certeza jurídica de la tierra)*
 - *Actividades ilícitas (narcotráfico y lavado de dinero)*
- Mercado de la madera*
 - *Creciente demanda de madera y disminución de la oferta*
 - *Dependencia de la leña (falta de control institucional)*

A continuación, se ilustra el modelo general de deforestación en Guatemala:



• 4.1.2.4 Modelo dinámico de deforestación con énfasis en el mercado

La demanda de madera, por su parte, se ve impulsada por el consumo de la industria forestal, de las exportaciones de madera y del consumidor final. Tan solo la industria forestal primaria consume 8.5% del total extraído del bosque y el 74% de este total se dirige al consumidor final. La demanda de madera impulsa la actividad de extracción de madera por medio de una señal de mercado. Sin embargo, esta señal actúa tanto sobre la tala legal, como sobre la tala ilegal. Las actividades de extracción de madera las controla el sector institucional a través de dos instrumentos: las licencias forestales y los incentivos económicos para promover manejo forestal. (Monterroso O., 2012)

El control que impongan es el resultado de la capacidad de respuesta Condiciones perversas Capacidad de respuesta sectorial Capacidad de respuesta nacional Condiciones socioeconómicas nacionales Efecto capacidad/ condiciones Volumen en pie bosque natural Tala ilegal Tala legal Demanda de madera Exportaciones Volumen plantaciones y SAF Importaciones Industria Oferta de madera Señal mercado Consumo final Extracción no controlada de leña Señal de Demanda de leña mercado escasez Consumo de leña por hogar Industria que consume leña Volumen Residuos aserrío y otros plantaciones y SAF Extracción controlada de leña Oferta de leña 29 de la institucionalidad nacional (como los juzgados y la policía en el caso de las licencias forestales) y de la capacidad de respuesta sectorial (como los incentivos forestales). La debilidad o fortaleza institucional activa o desactiva lo que en el modelo se llama 'condiciones perversas', las cuales tienen mucho que ver con la moral y la ética de las personas (es decir, las instituciones informales). (Monterroso O., 2012)

En la figura 4.4, se ilustra el modelo dinámico de deforestación en Guatemala con énfasis en el mercado, representando la presión que el mercado de madera y de leña ejercen como señales de mercado que se envían desde la demanda de productos del bosque.

4.1.3 Erosión

Erosión se le describe al proceso en el que se va perdiendo la capa superficial de suelo de manera natural.

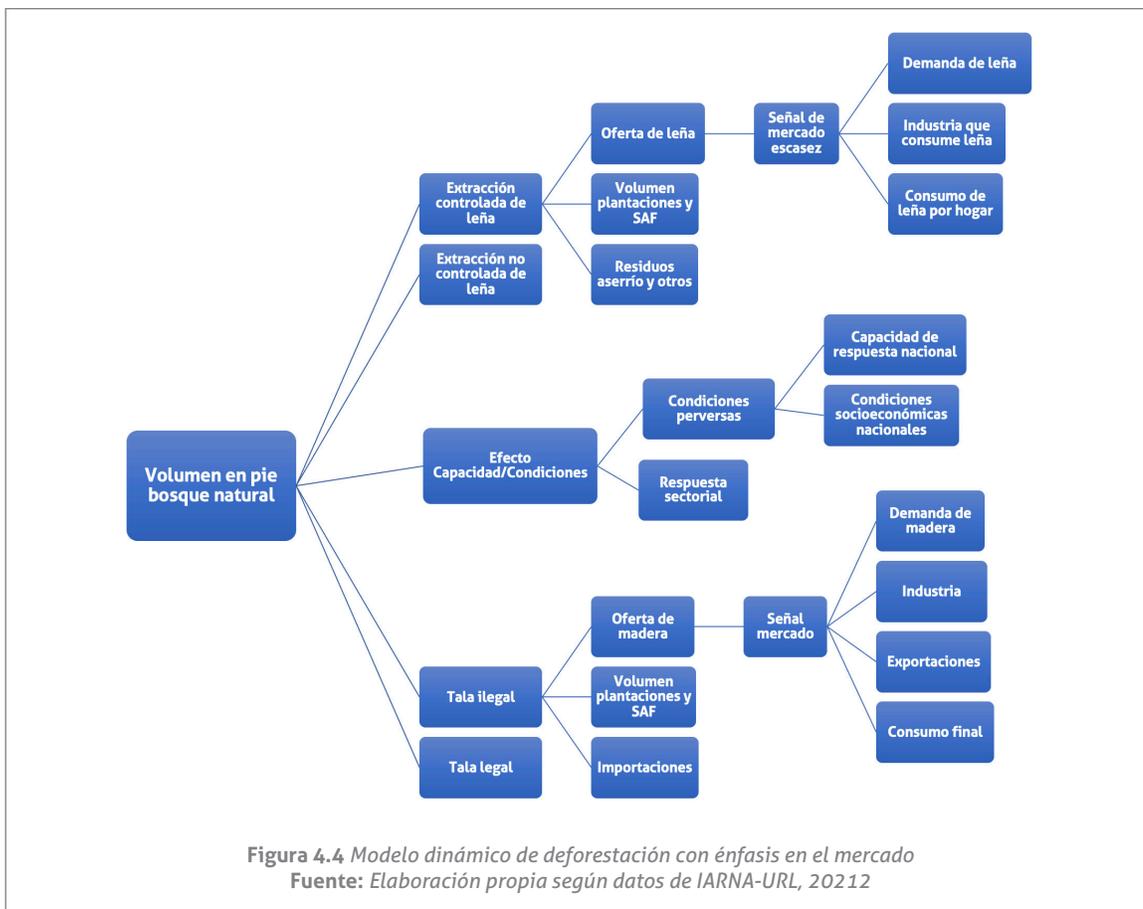
Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en la región de América Latina y el Caribe se han publicado cálculos muy diferentes sobre el total de las tierras erosionadas. Las cifras conservadoras lo sitúan en un 15 % en América del Sur y un 26 % en América Central. A nivel mundial, se calcula que 1500 millones de personas, muchas de ellas en países en desarrollo, se ven afectadas por diferentes tipos de degradación de la tierra. (OIEA, 2023)

• 4.1.3.1 Causas y consecuencias de la erosión del suelo

De acuerdo a (OIEA, 2023) algunas de las causas y consecuencias de la erosión del suelo son:

- a. *Causas*
 - *Vientos fuertes*
 - *Lluvias intensas*
 - *Inadecuada gestión de las tierras agrícolas*
 - *Deforestación*
 - *Pastoreo excesivo*
 - *Alteraciones en los terrenos debido a la construcción*

- b. *Consecuencias*
 - *Pérdida de la capa superficial fértil del suelo: menor producción agrícola y calidad de los alimentos.*
 - *Medio ambiente y recursos hídricos: pérdida de biodiversidad y deterioro de la biota acuática y la calidad del agua.*
 - *Riesgo de deslizamientos de tierras*
 - *Inundaciones*
 - *Daños en infraestructuras*
 - *Desplazamiento de personas*



• 4.1.3.2 Erosión según estudios del Instituto de Cambio Climático (ICC)

Según el Instituto de Cambio Climático -ICC- (Estudios sobre erosión y conservación de suelos en la vertiente del Pacífico de Guatemala, 2023) establece que Guatemala pierde en promedio anualmente 149 millones de toneladas de suelo por procesos de erosión hídrica, y esto contribuye a la degradación de suelos, menor productividad y el suelo perdido deteriora la calidad del agua de los ríos.

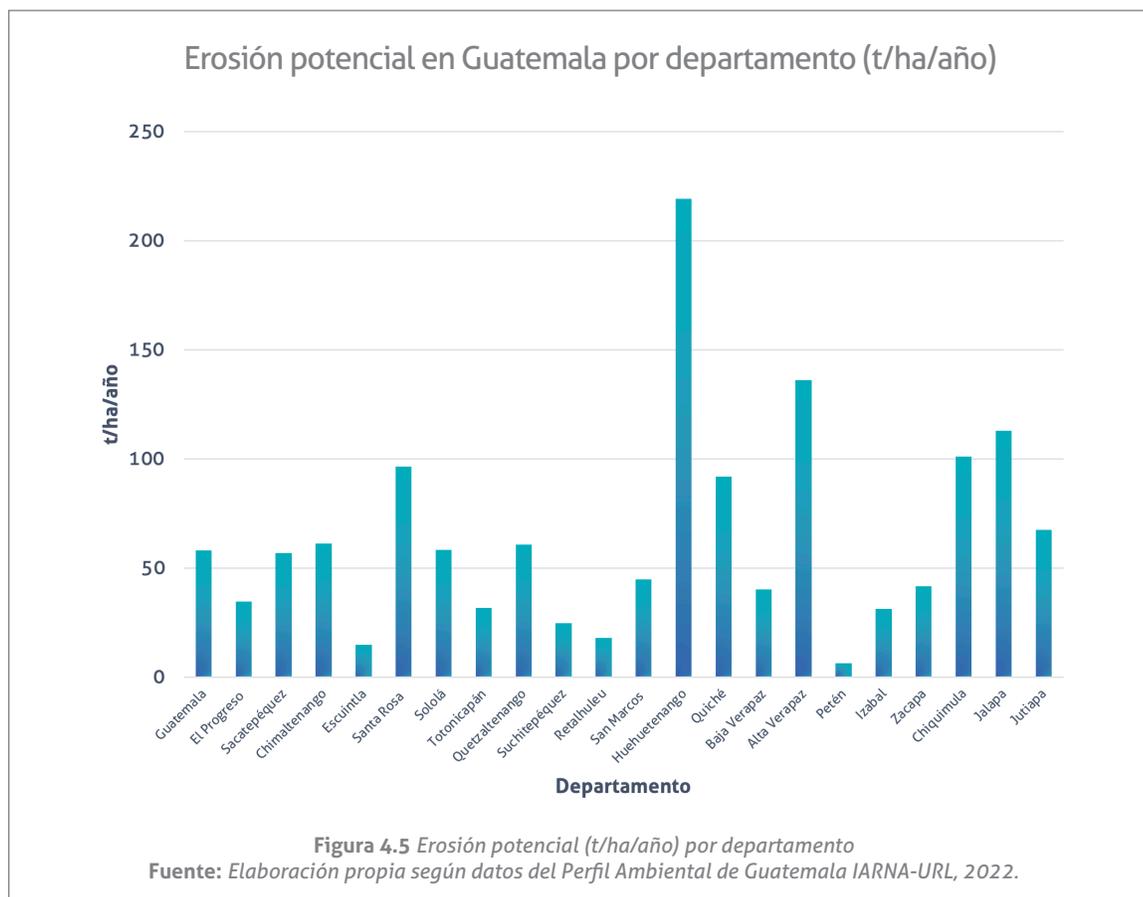
El ICC y sus socios (ingenios azucareros, laboratorio agronómico del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar –CENGICANA–, miembros de la Asociación de Productores Independientes de Banano –APIB–, productores de maíz, Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Rafael Landívar), han desarrollado investigación desde el 2012 para estimar tasas de erosión con el objetivo de generar y validar los planes de manejo y conservación de suelos en áreas agrícolas de la región.

Dentro de los estudios se tiene la modelación de la erosión hídrica en cuencas de la vertiente del Pacífico y en la zona cañera guatemalteca a través de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) y asociada a un sistema de información geográfica. Se complementa con más de 25 estudios sobre erosión y conservación de suelos realizados durante época lluviosa y utilizando métodos directos como parcelas de escorrentía y clavos de erosión, estos estudios han contribuido a la validación de la cartografía sobre erosión generada. (Estudios sobre erosión y conservación de suelos en la vertiente del Pacífico de Guatemala, 2023).

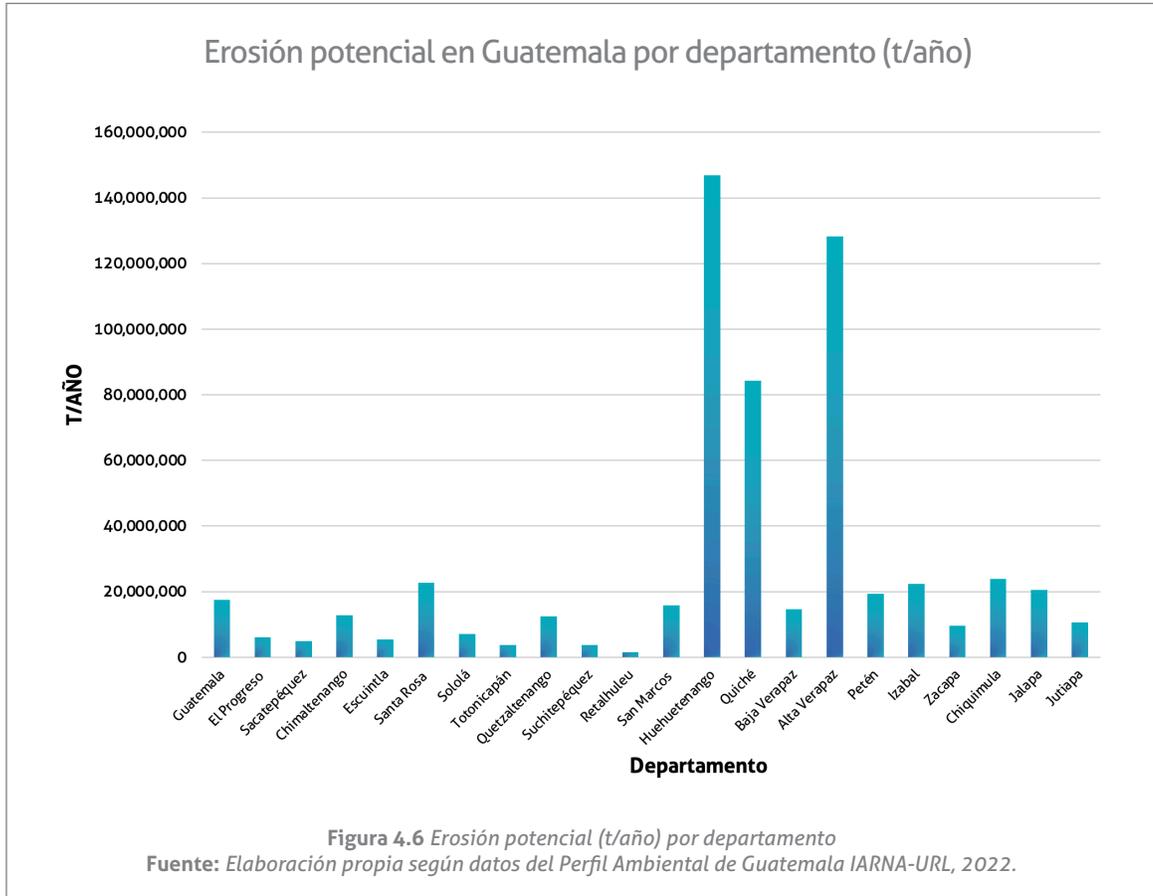
El ICC ha desarrollado en campo para el cultivo de caña de azúcar evidenciando una tasa de erosión de 25 t/ha/a, mientras que en bosque forestal de eucalipto la tasa fue de 15 t/ha/a, esto en el 2013, cuyo estudio se desarrolló en una de las áreas con mayores intensidades de lluvia reportadas en el país, 6,376 mm/a.

Otro estudio en 2017 permitió estimar la tasa de erosión en maíz con un valor de 322 t/ ha/a, esto en aldea La Soledad, Chimaltenango, cuya área presentó una pendiente promedio de 55% y un acumulado de lluvia de 1,326 mm/a. En 2019 se inició con el primer estudio de erosión en cultivo de banano, encontrando la tasa de erosión media de 55 t/ha, con un acumulado de lluvia de 1,265 mm/a. Dicho estudio se siguió monitoreando durante el 2020.

La erosión potencial en toneladas por hectárea por año (t/ha/año) a nivel departamental, de acuerdo con la ecuación universal de la pérdida del suelo USLE, según datos en el Perfil Ambiental de Guatemala (Gerónimo Pérez I., 2022)



La erosión potencial también se encuentra representada en toneladas por año, la cual se demuestra en la siguiente gráfica a nivel de departamentos, de acuerdo a datos en el Perfil Ambiental de Guatemala (Gerónimo Pérez I., 2022)



4.2 Estado Del Sistema Lítico Y Edáfico

4.2.1 Fisiografía de Guatemala

En el país existen cuatro provincias Geológicas según (Alvarado G., 2001) desde el sur hacia el norte, que se distinguen de la siguiente manera:

1. Planicie Costera del Pacífico
2. Tierras Volcánicas
3. Cordillera Central
4. Tierras Bajas de Petén

De acuerdo con otros estudios realizados entre las Tierras Volcánicas y la Cordillera Central, se podría definir una superficie más que son Las Tierras Metamórficas.

La diversidad en la fisiografía y en las diferentes formas del relieve, se debe principalmente a su complejo proceso geológico, así como a su ubicación natural, la cual se encuentra dentro de una de las superficies geográficas del planeta que experimenta continua actividad sísmica.

A continuación, se describen algunas de las regiones fisiográficas de Guatemala, incluyendo sus subregiones y características de su paisaje y ubicación:

REGIÓN FISIAGRÁFICA	LLANURA COSTERA DEL PACÍFICO	Provincia sur, material aluvial cuaternario que cubre los estratos de la plataforma continental. Elevaciones menores a 200 msnm.	Son comunes las áreas a inundación, sobre todo en el oeste.	Las playas de arena negra con áreas de pantano de mangle y algunos esteros son las características de esta región.
SUBREGIÓN 1	Planicie aluvial costera (Suchiate-Madre Vieja)	Ubicación desde la línea fronteriza con México hacia el este del país. Al sur con los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez.	Las alturas del relieve van del nivel del mar a los 500 msnm.	Se encuentran rellenos de aluviones compuestos de andesita y basalto, arenas y gravas, correspondientes al cuaternario.
GRAN PAISAJE	Abanico de los Ríos Petacalapa-Negro Ixpil	Planicie Aluvial de los Ríos Naranjo-Ocosito	Abanico Aluvial del Río Samalá	Llanura Aluvial de los ríos Ixcán-Nahualate-Madre Vieja
	Abanico Aluvial del Río Cabús	Superficie de Inundación	Restos de Superficies Planas originadas por Sedimentos Fluviales	Zona de Marismas del Litoral del Pacífico
SUBREGIÓN 2	Planicie Aluvial Costera (Madre Vieja-María Linda)	Abarca el sur de los departamentos de Escuintla y Santa Rosa.	Su relieve va de plano a ondulado y posee alturas desde el nivel del mar hasta los 500 m.	El drenaje superficial corresponde al de las planicies aluviales. En estos hay grandes bloques de lava, materiales laháricos y fluviales, además arenas finas compuestas de andesita y basalto cuaternario.
GRAN PAISAJE	Abanico Aluvial de los Ríos Coyolate-Acomé-Achiguate	Planicie Aluvial de los Ríos Achiguate-Michatoya	Llanura Aluvial del Río María Linda	
SUBREGIÓN 3	Planicie Aluvial Costera (María Linda-Paz)	Esta unidad fisiográfica se ubica y localiza en el sur de los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa.	Su relieve se caracteriza por ser plano a suavemente inclinado, en alturas que van de 0 a 500 msnm. Geología: relleno de fragmentos volcánicos muy finos con dominancia de arcilla y limos del Cuaternario.	En este ambiente aluvial, se observan las corrientes de drenaje del tipo trenzado y meándrico, típico de los abanicos aluviales y de las llanuras aluviales de desborde e inundación.
PAISAJE	Abanico Aluvial del Río Los Esclavos	Llanuras de inundación de los Ríos Nuevo Paz-Negro y Zanjón la Mocha		

Cuadro 4.1 Región fisiográfica: Llanura Costera del Pacífico
Fuente: Elaboración propia según datos del SIGAP, 2022

REGIÓN FISIAGRÁFICA	PENDIENTE VOLCÁNICA RECIENTE	Esta región incluye los volcanes de más reciente formación en Guatemala, así como el material asociado que ha sido drenado o depositado hacia la costa sur.	El material es principalmente de la época Cuaternaria y la actividad que los produjo está asociada con una zona fallada paralela a la costa, a lo largo de las laderas hacia el sur del altiplano volcánico.	Numerosos conos de esta región compuestos de andesita y algunos como el Santiaguillo, Fuego y Pacaya se encuentran actualmente en actividad.
SUBREGIÓN 1	Pendiente Volcánica Reciente Occidental (Tajumulco-Atitlán)	Se ubica y localiza desde las laderas del volcán Tajumulco en el suroccidente de los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango y Sololá, y norte de Suchitepéquez.	El relieve está entre alturas que van desde los 500 a 1,000 msnm. Las rocas observadas son detritus lahárico y fluvial de origen volcánico y lavas del Cuaternario.	La geoforma corresponde a un Pie de Monte, drenaje tipo subdentrítico, paralelo, subparalelo y trezado de los ríos Suchiate, Cabús, Negro, Ixpil, Nicá, Samalá, Nahualate, entre otros.
GRAN PAISAJE	Relleno Lahárico al Pie del Volcán Tajumulco			
SUBREGIÓN 2	Pendiente Volcánica Central (Atitlán-Pacaya)	La ubicación y localización sur de los Departamentos de Sololá, Chimaltenango y Sacatepéquez; abarca también el Departamento de Escuintla.	Las alturas de su relieve van desde los 500 a 1,000 msnm. Las corrientes de los ríos presentan un patrón de drenaje superficial del tipo subdentrítico y subparalelo.	Hay presencia de detritus lahárico y fluvial de origen volcánico y bloques de lava del Cuaternario reciente.
GRAN PAISAJE	Relleno Volcánico de El Tumbador-Coatepeque-Nuevo San Carlos.			
SUBREGIÓN 3	Pendiente Volcánica Oriental (Pacaya-Tecuamburro-Paz)	Se ubica y localiza esta unidad fisiográfica al centro sur de los Departamentos de Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa.	Su relieve tiene alturas entre 350 a más de 1,000 msnm. El drenaje superficial es del tipo subparalelo, trezado.	Hay presencia de materiales piroclásticos, pomáceos y depósitos de lodo del período Cuaternario.
GRAN PAISAJE	Pie de Monte Volcánico de Santa Rosa-Jutiapa			

Cuadro 4.2 Región fisiográfica Pendiente Volcánica Reciente

<p>REGIÓN FIOGRÁFICA</p>	<p>TIERRAS ALTAS VOLCANICAS</p>	<p>En Guatemala, ha existido actividad volcánica desde el Paleozoico, la que se intensificó durante el Terciario. En esta región, las erupciones de todo tipo de grietas lanzaron cantidades de material – principalmente basalto y riodacitas- que cubrieron las formaciones de tierras preexistentes, desarrolladas sobre el basamento cristalino y sedimentario que se encuentra hacia el norte.</p>	<p>La formación de esta región volcánica fue seguida por fallas causadas por la tensión local, la cual quebró y movió el material de la superficie como, por ejemplo, el valle hendido (graven) en que está localizada la Ciudad de Guatemala.</p>	<p>Varias cuencas de esta región han sido llenadas parcialmente o cubiertas con pómez cuaternaria, lo que proporciona un paisaje muy contrastante con las áreas volcánicas escabrosas que las rodean.</p> <p>La laguna de Ayarza, que es una caldera y el volcán de Ipala con su pequeño lago en su cráter, ofrecen formas de la tierra adicionales en contraste a los basaltos quebrados masivos y cortados, que evidencian aún más el origen volcánico de la región.</p>
---------------------------------	--	---	--	--

<p>SUBREGIÓN 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zona Montañosa Occidental (Tacán Tecpán) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ubica y localiza esta unidad fisiográfica desde la línea fronteriza con México, en el norte de los Departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, hasta el este en los Departamentos de Totonicapán, Sololá y Chimaltenango y al sur del Departamento de Quiché. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representa el relieve más alto de Guatemala con alturas de 1,000 a 4,000 msnm. Muy complejo. Es un ambiente volcánico por excelencia. • El drenaje superficial que se observa es del tipo dendrítico, subdendrítico, paralelo, subparalelo, trellis y trezado 	<ul style="list-style-type: none"> • Los principales materiales geológicos son rocas volcánicas, lavas, brechas, conglomerados y cenizas volcánicas; coladas de lava, lapilli, andecitas, basaltos, materiales piroclásticas, sedimentos aluviales. • En este ambiente hay geofomas del Plioceno, Pleistoceno, Holoceno; Terciario Superior, Cuaternario Tardío y Cuaternario.
---------------------------	--	--	--	--

<p>GRAN PAISAJE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Montañas Volcánicas Altas de Occidente • Cerros de Tajumulco • Macizo Intrusivo del Cerro Xachuitz • Volcán Tacaná • Volcán Tajumulco 	<ul style="list-style-type: none"> • Relleno Piroclástico Pamaría • Lomas y Valles de Santa Cruz del Quiché • Planicies Onduladas • Valle Tectónico de Samalá 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrazas del Río Talcaná • Conos y Domos Volcánicos • Picos Volcánicos Santo Tomas-Zunil • Caldera del Lago de Atitlán 	<ul style="list-style-type: none"> • Montañas y Laders Alrededor de la Caldera de Atitlán • Relleno Piroclástico Alrededor de la Caldera de Atitlán • Falda Sur del Volcán de Atitlán
----------------------------	---	---	---	--

<p>SUBREGIÓN 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zona Montañosa y Planicie Central (Tecpán-Jalpatagua) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se localiza y ubica en los departamentos de Sololá, Chimaltenango y Guatemala, y al norte de los departamentos de Santa Rosa, Jutiapa y parte de Jalapa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relieve muy complejo con alturas de 500 a 2,500 msnm. • Presencia de drenaje dendrítico, subdendrítico, paralelo, subparalelo, trellis y trezado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se observan materiales geológicos como: rocas volcánicas, andesitas y basaltos, flujos riolíticos (obsidias y perlitas); materiales aluviales, sedimentos fluvio-lacustres, lahares y ceniza volcánica.
---------------------------	---	--	--	---

GRAN PAISAJE	<ul style="list-style-type: none"> • Volcánicas del Centro del País • Valle Tectónico de Chimaltenango • Abanico Aluvial de Antigua Guatemala • Volcanes de Acatenango y Fuego 	<ul style="list-style-type: none"> • Volcán de Agua • Caldera del Lago de Amatitlán • Abanico Aluvial del Río Villalobos • Planicie Aluvial del Río Michatoya 	<ul style="list-style-type: none"> • Volcán de Pacaya • Relleno Piroclástico al Este de Ciudad de Guatemala • Valle Tectónico de Ciudad de Guatemala 	<ul style="list-style-type: none"> • Conos Piroclásticos de Barberena-Cuilapa • Relleno Piroclástico de Santa Rosa • Volcán Jumaytepeque
	<ul style="list-style-type: none"> • Cerros y Valles de Barberena • Colinas Volcánicas de Pueblo Nuevo Viñas 	<ul style="list-style-type: none"> • Volcán Tecuamburro • Colinas Irregulares de Lava de Ixhuatán-Tezcucaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerros Piroclásticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Laderas Volcánicas • Caldera de Ayarza
SUBREGIÓN 3	<ul style="list-style-type: none"> • Zona Montañosa Volcánica Oriental (Jalpatagua-Olopa) 	<p>Se ubica y localiza desde Jalpatagua, Jutiapa y los departamentos de Santa Rosa, Jalapa, El Progreso, hasta las fronteras con El Salvador y Honduras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un relieve volcánico con alturas de 300 a 2,000 msnm. Se observa un drenaje tipo dendrítico, subdentrítico, paralelo, subparalelo, trellis y trenzado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen rocas sedimentarias, carbonatadas, clásticas, lavas y tobas riolíticas, sedimentos clásticos y aluviones; coladas de basalto, conos cineríticos, pómez, piroclásticos, ceniza volcánica. Su edad se calcula entre el período geológico del Terciario y Cuaternario.
GRAN PAISAJE	<ul style="list-style-type: none"> • Valle Intercolinar de Jalpatagua • Conos y Cerros Volcánicos de Moyuta • Cerros y Conos Volcánicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Montañas Volcánicas Orientales • Planicies de las Montañas Volcánicas Orientales 	<ul style="list-style-type: none"> • Rellenos Piroclásticos de Jutiapa 	<ul style="list-style-type: none"> • Conos y Laderas Suaves de Jutiapa
	<ul style="list-style-type: none"> • Cerros y Colinas Irregulares de Esquipulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Abanico Aluvial de Esquipulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Depresión Tectónica de Chanmagua 	<ul style="list-style-type: none"> • Serranías de Ladera Fuerte Pendiente

Cuadro 4.3 Región fisiográfica Tierras Altas Volcánicas

4.2.2 Regiones fisiográficas de la República de Guatemala

Por otro lado, el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología -IARNA- de la Universidad Rafael Landívar -URL, en su Perfil Ambiental sobre Atributos Territoriales y Dinámicas Socioambientales (Gerónimo Pérez I., 2022) establece las siguientes regiones fisiográficas que conforman la República de Guatemala:

No.	Región Fisiográfica	Área (ha)
1	Llanura Costera del Pacífico	875,749
2	Pendiente Volcánica Reciente	254,247
3	Tierras Altas Volcánicas	2,030,454
4	Tierras Altas Cristalinas	1,268,978
5	Depresión del Motagua	273,306
6	Tierras Altas Sedimentarias	2,295,799
7	Depresión de Izabal	206,960
8	Tierras Bajas Interiores de Petén	599,369
9	Cinturón Plegado del Lacandón	1,136,196
10	Montañas Mayas	56,852
11	Plataforma Sedimentaria de Yucatán	1,823,650

Cuadro 4.4 Región fisiográfica: Llanura Costera del Pacífico
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala, IARNA-URL, 2022

4.2.3 Suelos y Geología de Guatemala

El relieve de Guatemala está formado por mesetas, montañas y volcanes que alternan con profundos valles y depresiones, que va desde la Sierra Madre de Chiapas y continua por la Sierra de Cuchumatanes, al Norte, hasta el valle de Chixoy; se trata de un sistema de rocas sedimentarias que se elevan por encima de los 3,000 m en los Altos Cuchumatanes y alcanza la máxima altura en los 3,800 m del pico Chemal.

El segundo de los ramales que se prolonga de la Sierra Madre de Chiapas es el valle de los Cuchumatanes desde el departamento de San Marcos, cruzando el de Chiquimula hasta adentrarse en Honduras, con alturas medias entre los 1,500 m, entre los valles de Chixoy y Polochic (N) y de Motagua (S) se suceden, bordeando el lago de Izabal por el flanco S, hasta el Atlántico, las sierras de Chuacús, las Minas, del Mico, de la Estrella y de San Gil (INE, Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala 2014, 2015).

La Sierra Madre desciende hasta el Atlántico, después de atravesar el eje volcánico guatemalteco-salvadoreño; en el lado Oeste se encuentran los conos de Tajumulco (4,220 m), Tacaná (4,092 m) y, en el centro, los de Acatenango (3,976 m), Fuego (3,763 m) y Agua (3,766 m). (INE, Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala 2014, 2015).

Al pie de esta área volcánica se abre la llanura del Pacífico; el litoral presenta costas rectilíneas. Al Este del Chixoy se extiende el sistema de Verapaz, que sigue el departamento de Izabal y bordea la depresión del lago Izabal (N) para terminar en el golfo de Honduras. Los Montes Mayas son un ramal de la Sierra de Chamá y terminan en el río Belice. (INE, Compendio Estadístico Ambiental de Guatemala 2014, 2015).

En Guatemala existe una serie de órdenes y subórdenes con respecto a los suelos, los cuales se muestran a continuación en el siguiente cuadro según datos de (Gerónimo Pérez I., 2022):

Clasificación Taxonómica de los Suelos		
Orden	Suborden	Área (ha)
Alfisols	Aqualfs	259,238
	Udalfs	644,254
	Ustalfs	380,858
Entisols	Aquents	146,704
	Fluvents	34,675
	Orthents	1,843,901
	Psamments	140,440
Mollisols	Aquolls	9,462
	Rendolls	1,670,465
	Udolls	152,520
Vertisols	Ustolls	140,492
	Aquerts	687,609
	Uderts	672,657
Andisols	Usterts	241,120
	Aquands	353
	Udands	672,405
	Ustands	283,876
Inceptisols	Vitrands	132,125
	Aquepts	275,746
	Udepts	571,062
	Usteps	777,616
Ultisols	Aquult	23,343
	Humult	374
	Udult	949,218
	Ustult	81,294

Cuadro 4.5 Clasificación taxonómica de los suelos
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala, IARNA-URL, 2022.

Las Unidades Geológicas se diferencian a partir de la era y período geológico durante el cual se inicia su proceso de formación, la composición mineralógica principal y la distribución en el entorno nacional. Además, geológicamente cuenta con las siguientes unidades:

No.	Período Geológico	Área (ha)
1	Aluviones cuaternarios	1,917,129
2	Carbonífero-Pérmico	294,524
3	Cretácico	2,650,513
4	Cretácico-Eoceno	68,701
5	Cretácico-Terciario	567,624
6	Cuaternario	883,473
7	Eoceno	628,285
8	Jurásico-Cretácico	121,718
9	Pérmico	146,514
10	Paleoceno-Eoceno	771,113
11	Paleozoico	818,493
12	Terciario	1,751,354
13	Terciario superior-oligoceno	205,025

Cuadro 4.6 Unidades geológicas en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala, IARNA-URL, 2022.

4.2.4 Uso de la tierra y cobertura vegetal

• 4.2.4.1 Uso de la tierra

El ser humano en su vida cotidiana constantemente necesita de recursos, no solamente económicos y sociales sino también de los recursos naturales, los cuales son indispensables para la subsistencia del ser humano. De este modo que el impacto o la acción que produce el ser humano hacia un bien o recurso es de origen antrópico.

Los siguientes cuadros según (Gerónimo Pérez I., 2022) muestran el tipo de uso antrópico y no antrópico de la tierra en Guatemala:

Usos antrópicos de la tierra	
Tipo de usos	Extensión (ha)
Agricultura anual	1,205,856.88
Banano-plátanos	49,704.19
Café	457,516.31
Caña de azúcar	350,467.44
Hule	82,464.44
Palma africana	111,560.38
Cultivos permanentes	184,449.13
Herbáceos	51,967.13
Plantas o tallos	97,743.75
Arbustivos	3,607.00
Arbóreos	31,131.25
Pastizales	1,653,707.56
Sin información	51,061.69
Urbano	138,938.50
Zona heterogénea	54,283.31
Subtotal	4,339,909.81

Cuadro 4.7 Usos antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL, 2022.

Usos no antrópicos de la tierra	
Tipo de usos	Extensión (ha)
Bosque	3,682,993.50
Arbustal	2,450,594.38
Cuerpos de agua	91,271.44
Humedales	106,801.13
Sabanas	23,587.63
Espacios abiertos, poca o nula vegetación	35,681.38
Árboles dispersos	68,285.81
Subtotal	6,459,215.25

Cuadro 4.8 Usos no antrópicos de la tierra en Guatemala
Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL, 2022.

Usos de la tierra

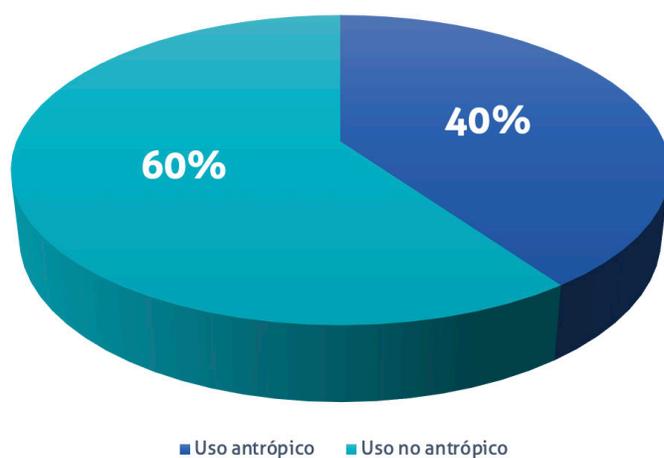


Figura 4.7 Usos de la tierra

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL, 2022.

En el país existe mayor uso de tipo no antrópico, lo que significa que se realizan más actividades relacionadas a la protección de la biodiversidad, preservando bosques, humedales, cuerpos de agua, etc. Además, en Guatemala según (Gerónimo Pérez I., 2022) se establecen las siguientes categorías de intensidad de uso de la tierra de acuerdo a la superficie (hectáreas):

Categorías de uso de la tierra	
Categoría	Hectáreas
Uso adecuado	4,333,166.46
Sobreuso	4,193,329.20
Subuso	1,837,158.29
Otros	445,868.54

Cuadro 4.9 Categorías de intensidad de uso de la tierra en Guatemala

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL, 2022.

Categorías de intensidad de uso de la tierra

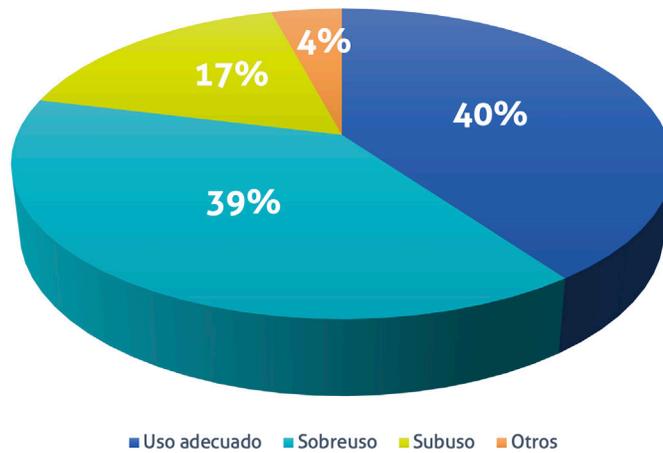


Figura 4.8 Categorías de intensidad de uso de la tierra

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL,2022.

Existe un 40% de uso de adecuado de las tierras y un sobreuso del 39%, lo que significa que no existe terminantemente sobreexplotación de la tierra, por lo que la biodiversidad aún se preserva. De acuerdo a las categorías de uso de la tierra también se establecen los siguientes criterios de la capacidad del uso de la tierra

Capacidad de uso de la tierra

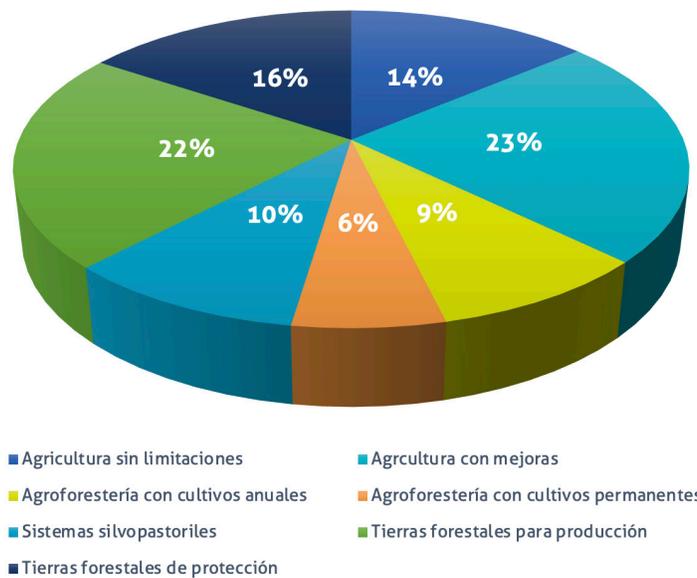


Figura 4.9 Capacidad de uso de la tierra

Fuente: Elaboración propia según datos del Perfil Ambiental de Guatemala IARNA-URL,2022.

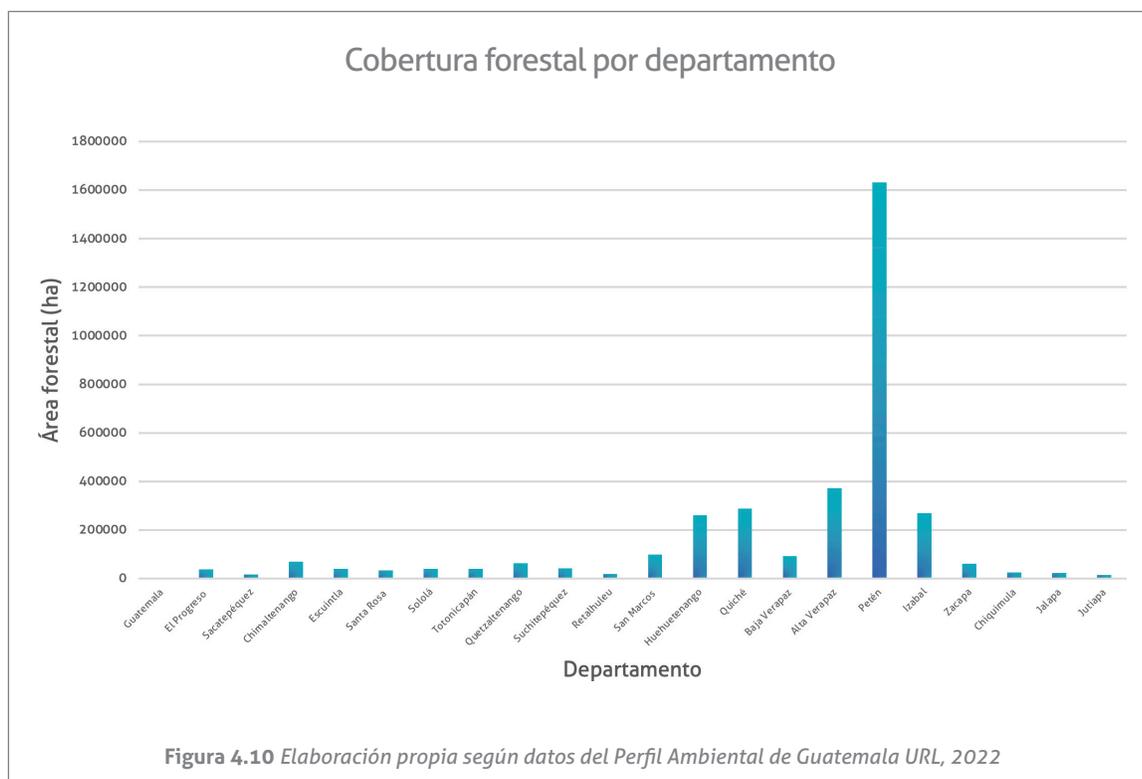
La agricultura con mejoras es la actividad que representa mayor capacidad de uso de la tierra en el país, mientras que la agroforestería representa la actividad con menor capacidad de uso de la tierra.

4.2.5 Cobertura forestal

Un estudio realizado en el año 2019 por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL), para el año 2016 se contaba con una superficie de 3,574,244 hectáreas cubiertas de bosques, que equivalen a un 33% del territorio nacional. Del total de bosques existentes en el país, el 47.3% se ubica fuera de Áreas Protegidas, es donde tiene competencia el INAB. (INAB, 2021)

• 4.2.5.1 Cobertura forestal por departamento

Según datos del Perfil Ambiental de Guatemala (Gerónimo Pérez I., 2022) la cobertura forestal por departamento tomando en cuenta el área forestal en hectáreas, su proporción (área por departamento y país), y la proporción de acuerdo al área total de bosque, se demuestra en la siguiente gráfica con datos al año 2016.



4.3 Impactos sobre el Sistema Lítico y Edáfico

4.3.1 Importancia del suelo ante el cambio climático

Según un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO- (Montes, 1996) describe el suelo como un recurso natural que está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo.

El suelo es un recurso natural constituido por varios nutrientes, minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que ayudan a desempeñar procesos permanentes bióticos y abióticos. Es por ello que es uno denominado uno de los sumideros de carbono y de los océanos.

Por tal razón, el cambio climático influye de manera significativa en el suelo a medida que sus variables (naturales, antrópicas y climáticas) se vean alteradas.

El cambio climático repercute de manera considerable en el suelo, y los cambios en el uso de la tierra y el suelo pueden acelerar o ralentizar el cambio climático. Sin unos suelos más sanos y una gestión sostenible de la tierra y el suelo, no podemos abordar la crisis climática, producir suficientes alimentos ni adaptarnos a un clima en cambio. La respuesta podría estar en preservar y restaurar ecosistemas principales y en dejar que la naturaleza capture carbono de la atmósfera.

• 4.3.1.1 Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC)

El Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC) fue creado en 2014 para revisar, generar y proporcionar información científica relacionada al componente climático a los tomadores de decisiones políticas del país en temas relacionados al clima, a la vulnerabilidad, adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático.

El SGCCC está conformado por más de 20 instituciones gubernamentales y no gubernamentales, entre las que se encuentran instituciones académicas, centros de investigación y entidades de gobierno, y busca apoyar la coordinación interinstitucional e integración de aspectos científicos en el marco operativo del Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC).

Según (Rosales Alconero, 2019) en su revista como asistente de divulgación científica de la Universidad del Valle de Guatemala, establece lo siguiente:

En el año 2017, el SGCCC inició la elaboración del "Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala", con el objetivo de sistematizar y socializar información científica existente en el país relacionada al cambio climático. Con este reporte se pretende apoyar la investigación, planificación y diseño de políticas públicas efectivas y planes de acción territoriales y nacionales frente a los retos del cambio climático.

El reporte aborda cuatro líneas temáticas principales:

- *ciencias del clima;*
- *impactos, vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático;*
- *mitigación de gases de efecto invernadero; y*
- *conocimiento indígena y tradicional y su relación con el cambio climático.*

4.3.2 Conflictos por el uso de la tierra

Los conflictos por el uso y posesión de la tierra han sido trascendentales en Guatemala, en donde pueblos, comunidades, municipios y personas se han enfrentado con autoridad al hecho de ocupar, aprovechar y hasta producir la tierra. Sin embargo, esto solo ha afectado al ambiente y sus recursos naturales, principalmente al suelo por su explotación.

En el 2020 se ha producido un agravamiento de la conflictividad agraria con un aumento de las amenazas de desalojos de diversas comunidades, así como ataques hacia líderes y lideresas que defienden el derecho a la tierra y el territorio, especialmente en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. Un ejemplo de esto fue el desalojo, perpetrado en abril, de más de 36 familias indígenas maya Poqomchi' de la comunidad de Washington (Purulhá, Baja Verapaz). (PBI, 2023)

Este es un caso paradigmático por ser el primero ejecutado durante el Estado de Calamidad, cuando fue anunciado que todas las órdenes de desalojo quedaban suspendidas. Fue ejecutado por actores no estatales y por tanto sin la presencia de las autoridades de seguridad pública ni de las autoridades garantes de cumplir con

el respeto a los DDHH. Se perpetró con violencia pues las viviendas fueron quemadas, los cultivos destruidos y las personas desalojadas no pudieron llevarse sus pertenencias ni fueron reubicadas. En el mes de octubre, la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) otorgó medidas cautelares de protección a favor de las familias y solicitó al Estado de Guatemala la implementación de medidas necesarias para proteger su derecho a la vida y a la integridad personal.

En el 2022 solo entre las organizaciones acompañadas por PBI en el departamento de Alta Verapaz se suman más de 1.000 órdenes de captura contra lideresas y líderes comunitarios y hay comunidades que cuenten con más de 40 órdenes de captura. Estas personas, para no arriesgarse a ser capturadas, se mantienen en sus comunidades sin salir, lo que les impide el acceso a centros de salud, de educación y a mercados locales para vender sus productos, todo lo cual contribuye a su empobrecimiento y a la precarización de sus vidas y las de sus familias. (PBI, 2023)

Además, el grupo (PBI, 2023) señala que el Acuerdo sobre Aspectos Socioeconómicos y Situación Agraria (1996) señala que una paz firme y duradera debe cimentarse sobre la base de un desarrollo socioeconómico orientado al bien común que responda a las necesidades de toda la población, con el fin de superar las situaciones de pobreza, extrema pobreza, discriminación y marginación social. Los Acuerdos de Paz desarrollan un conjunto de lineamientos para abordar la situación agraria y el desarrollo rural. Se habla de un objetivo de transformar la estructura de la tenencia y el uso de la tierra.

En el año 2017, más de 20 años después de la firma de la paz, el problema estructural, la injusta distribución de la tierra, que genera los altos índices de pobreza, desnutrición, exclusión, es incluso más pronunciada que al terminar la guerra. El PNUD afirma en 2017 que las inequidades, la debilidad de las instituciones estatales y la concentración de la tierra continúa imposibilitando mejores medios de vida. Los desalojos forzosos han continuado siendo una preocupación central de organizaciones y comunidades rurales en diversas regiones del país, aun cuando las familias y comunidades están en proceso de negociación y diálogo con la institucionalidad agraria del Gobierno (Fondo de Tierras y Secretaría de Asuntos Agrarios) para regular su derecho al acceso a la tierra.

4.4 Respuestas Del Estado Para El Sistema Lítico Y Edáfico

4.4.1 Marco político e institucional

• 4.4.1.1 Marco político

Para regir los procesos y/o actividades relacionadas al medio ambiente y los recursos naturales es necesario contar con un marco legal ambiental que permita garantizar el cuidado, protección y preservación a través de las directrices que tanto la Constitución Política de la República de Guatemala, como las leyes, reglamentos y políticas establecen.

El marco político referente al cuidado y protección de los recursos naturales en el país se encuentra constituido de la siguiente manera:



Además, se consideran importantes para la creación de estrategias y respuesta ante los problemas de degradación del componente edáfico, los siguientes planes, acuerdos y leyes:

- *Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)*
- *Estrategia Nacional para el abordaje de la Deforestación y la Degradación de los Bosques en Guatemala (ENDDBG)*
- *Política Agropecuaria 2011 -2015,*
- *Política de Promoción del Riego 2013 -2023*
- *Política Agraria*
- *Plan Nacional de Desarrollo Rural Integral (PNDRI)*
- *Plan Nacional Agropecuario*
- *Política Ganadera Bovina Nacional*
- *Objetivos de desarrollo sostenible*
- *Plan Nacional de Desarrollo K´atun Nuestra Guatemala 2032*
- *Acuerdo de París*
- *Plan de acción nacional de cambio climático*
- *Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal*

• 4.4.1.2 Marco institucional

El marco institucional para gestionar y apoyar en los procesos y/o actividades referentes al medio ambiente y a los recursos naturales, principalmente al sistema lítico y edáfico es el siguiente:

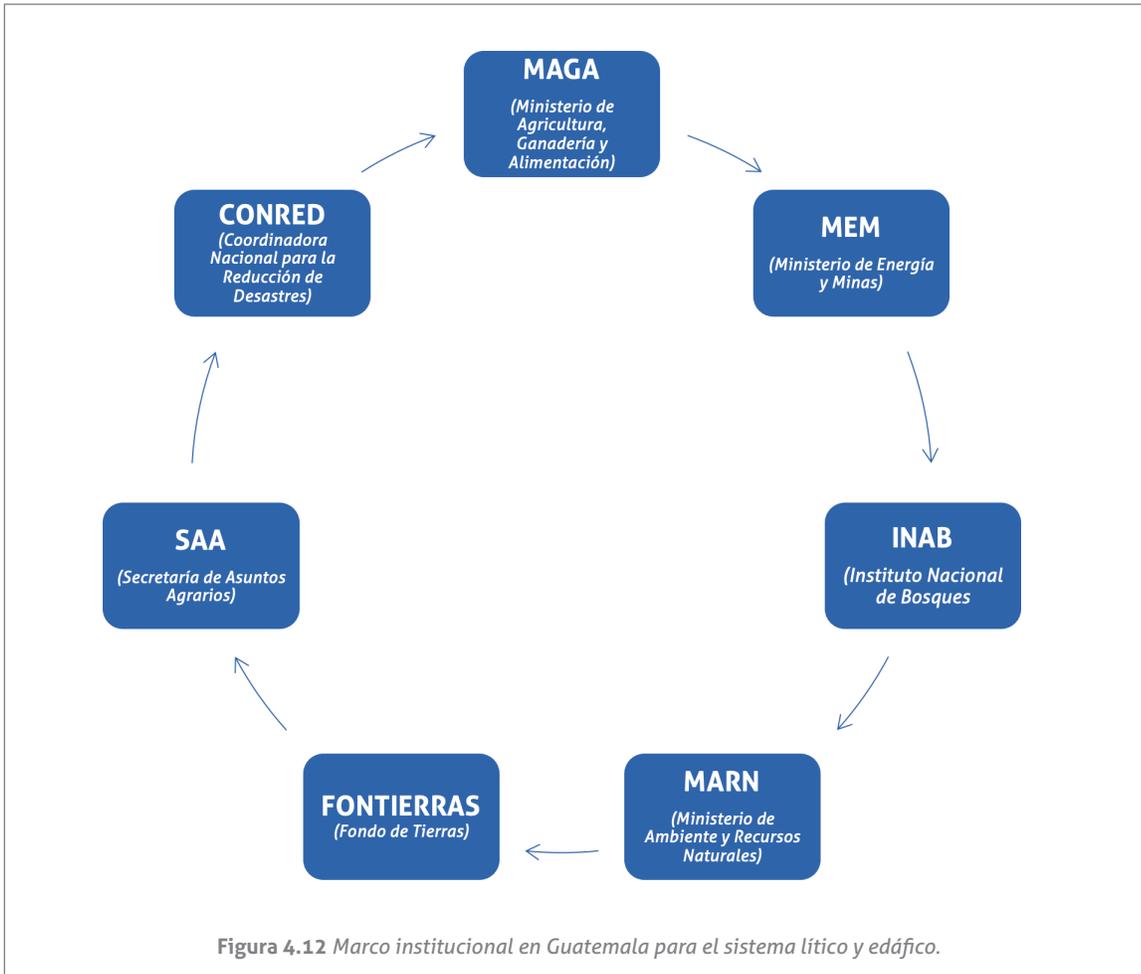


Figura 4.12 Marco institucional en Guatemala para el sistema lítico y edáfico.

4.5 Gestión Sostenible del Recurso Lítico y Edáfico

4.5.1 Acciones sostenibles para los recursos en el país

Tal como lo establece la Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Acuerdo Gubernativo 63-2007 (MARN, 2007) en sus líneas base de acción, tienen la finalidad orientar a la institucionalidad ambiental (actores públicos, sociales y privados) hacia el análisis de la situación ambiental, para la promoción del uso y manejo sostenible del ambiente y los recursos naturales y la valoración del patrimonio natural; así como garantizar la seguridad de la vida humana frente a las amenazas y a la vulnerabilidad ambiental; es por ello que se establecen las siguientes acciones para la gestión sostenible de los recursos:

a. Uso y manejo sostenible del ambiente y los recursos naturales:

- Generación de energía renovable en sus diversas formas
- Gestión integrada del recurso hídrico
- Saneamiento y restauración ambiental del territorio
- Uso racional de los recursos naturales no renovables
- Conservación y uso sostenible de los recursos naturales
- Amenazas, vulnerabilidad y riesgo ambiental

b. Fomento de la generación de energía renovable:

En coordinación con el Ministerio de Energía y Minas, en su calidad de rector sectorial, se dará prioridad a la generación de energía renovable en sus diferentes modalidades: hídrica, geotérmica, eólica, solar y biomasa. La ejecución de los proyectos o iniciativas debe considerar previamente el análisis territorial y los estudios de factibilidad y rentabilidad económica, social y ambiental; alcanzar un consenso mínimo en cuanto a las implicaciones naturales y culturales; y promover el ahorro energético, el uso de tecnologías más eficientes y optimizar el uso y aprovechamiento de las fuentes de energía. Se privilegiarán aquellas propuestas de pequeña y mediana escala que garanticen su sostenibilidad.

c. Usar racionalmente los recursos naturales no renovables:

Desarrollar y poner en práctica estrictas normas y mecanismos de control apegados a estándares y convenios internacionales ratificados por Guatemala, con el objeto de garantizar la seguridad humana y la calidad ambiental; reducir y mitigar los daños ocasionados por la exploración y el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables; resarcir el costo social, cultural, económico y ecológico por los daños causados; y garantizar que los beneficios de las actividades productivas sean compartidos y distribuidos con mayor equidad entre los gobiernos municipales y el Gobierno Central.

d. Establecer y aplicar mecanismos de conservación y uso sostenible de los recursos naturales:

Definir y aplicar medidas eficaces para incluir la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, tal y como se define en la Estrategia Nacional de Biodiversidad, en las políticas, planes, programas y proyectos nacionales; y reconocer el valor socioeconómico que estos recursos tienen a nivel local, nacional, regional e internacional.

e. Coordinación para la gestión ambiental y la gestión para la reducción y el manejo de riesgos a desastres en el proceso de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial:

Se crearán y aplicarán los mecanismos necesarios que permitan asegurar la incorporación de la gestión ambiental y la gestión para la reducción y el manejo de riesgos a desastres, en la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial.

Se velará por la consideración de las cuencas y subcuencas hidrográficas como unidad mínima para la planificación del desarrollo sostenible.

f. Fomento de la investigación, educación y capacitación ambiental

g. Fomento efectivo de las instancias de participación ciudadana

4.5.2 Desde el conocimiento indígena

Según (Rosales Alconero, 2019) describe que los pueblos indígenas cuentan con sistemas propios de indicadores, monitoreo y evaluación del uso, manejo y recursos naturales, contribuyendo a la implementación de mejores prácticas para contrarrestar los impactos del cambio climático en las comunidades rurales. Estos sistemas han logrado afrontar los impactos de eventos climáticos extremos a través de prácticas como:

a. Selección y manejo de semillas:

Para los pueblos indígenas, las semillas criollas son sumamente valiosas porque les asegura una alimentación saludable a las futuras generaciones, a la vez que conservan los suelos. El mantenimiento de la riqueza genética a través de la selección de estas semillas permite que puedan responder de mejor manera a la variación climática, lo que lo hace fundamental para la adaptación de cultivos al cambio climático.

b. Técnicas ancestrales de labranza:

Una de las prácticas más usadas es la de la preparación de la tierra de acuerdo con la región en la que se encuentran. Por ejemplo, en la meseta volcánica, hacia la costa occidental del país, se prepara el suelo durante el mes de febrero, mientras que en la parte media de la cuenca del río Motagua, departamentos de El Progreso y Zacapa, se prepara hasta que empiecen las primeras lluvias por ser una zona seca. Una técnica muy utilizada para la preparación del suelo es la formación de surcos para favorecer la cobertura de la masa vegetal, lo cual mejora la estructura del suelo y genera el sustrato necesario para la absorción de la escorrentía.

c. Implementación de sistemas de milpa:

Los cultivos mixtos se ha considerado la base de la producción familiar de los pueblos indígenas desde tiempos ancestrales, al imitar la estructura de la naturaleza y aprovechar esa relación simbiótica. En el sistema de milpa, por ejemplo, se combina el cultivo de maíz con el del frijol y las cucurbitáceas, como ayote, chilacayote y güicoy.

Los pueblos indígenas del país crearon la Mesa Indígena de Cambio Climático de Guatemala (MICCG), la cual tiene como objetivo crear un espacio de diálogo entre distintos entes del Estado y organizaciones indígenas para discutir propuestas para que los conocimientos ancestrales sean considerados en los planes de adaptación y mitigación ante los efectos negativos del cambio climático. La MICCG, en conjunto con la Mesa Nacional de Cambio Climático (MNCC), construyeron una propuesta donde se presentan líneas de acción en relación al conocimiento ancestral, para que fuera incluida en la 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, dentro de la Política Nacional de Cambio Climático y en el Plan Nacional de Cambio Climático. (Rosales Alconero, 2019)

Conclusiones

Guatemala pierde en promedio anualmente 149 millones de toneladas de suelo por procesos de erosión hídrica, y esto contribuye a la degradación de suelos, menor productividad y el suelo perdido deteriora la calidad del agua de los ríos.

A pesar que en el país, aún existe mayor uso de tipo no antrópico, lo que significa que se realizan más actividades relacionadas a la protección de la biodiversidad, preservando bosques, humedales, cuerpos de agua, etc. Sin embargo, la agricultura con mejoras es la actividad que representa mayor capacidad de uso de la tierra en el país, mientras que la agroforestería representa la actividad con menor capacidad de uso de la tierra.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado G., H. I. (junio de 2001). MAGA. Obtenido de MAGA: <https://www.maga.gob.gt/download/fisiografia.pdf>
- Domínguez, A. (22 de 05 de 2021). Día del Árbol. Prensa Libre. Obtenido de Prensa Libre: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/dia-del-arbol-18-mil-hectareas-de-bosque-se-pierden-al-ano-en-guatemala/#:~:text=Solo%20en%20la%20temporada%202020,de%20expandir%20las%20C3%A1reas%20de>
- Gerónimo Pérez I., J. J. (Marzo de 2022). Atributos Territoriales y Dinámicas Socioambientales de Guatemala: Síntesis gráfico-descriptiva. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: CARA PARENS. Obtenido de https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiclg/IARNA/serie_ambi/978-9929-54-410-9.pdf
- Grupo Banco Mundial. (2023). Obtenido de Grupo Banco Mundial : <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.TFRT.IN?locations=GT>
- ICC. (2023). Obtenido de ICC: <https://icc.org.gt/es/estudios-sobre-erosion-y-conservacion-de-suelos-en-la-vertiente-del-pacifico-de-guatemala-y-en-el-salvador/#:~:text=Guatemala%20pierde%20en%20promedio%20anualmente,del%20agua%20de%20los%20r%C3%ADos.>
- INAB. (marzo de 2021). INAB. Obtenido de <https://www.inab.gob.gt/images/informacionpublica/2021/enero/5.2%20Plan%20Operativo%20Anual%202021.pdf>
- INE. (2015). INE. Obtenido de INE: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/12/18/umjnrzbveh3f5avv9jrmbjufdebt636u.pdf>
- INE. (2023). Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística de Guatemala : <https://www.ine.gob.gt/proyecciones/>
- MARN. (2007). Obtenido de SEGEPLAN: http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Recursos%20Naturales/Pol%C3%ADtica%20Conservaci%C3%B3n,%20protecci%C3%B3n%20del%20Ambiente%20y%20recursos%20naturales.pdf
- Martínez, J. (2011). CEPAL. Obtenido de CEPAL: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/florentin_martinez.pdf
- Monterroso O., L. G. (2012). IARNA-URL. Obtenido de <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40402>
- Montes, F. (1996). FAO. Recuperado el 2023, de <https://www.fao.org/3/ap440s/ap440s.pdf>
- OIEA. (2023). OIEA Organismo Internacional de Energía Atómica. Obtenido de OIEA Organismo Internacional de Energía Atómica: <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-erosion-del-suelo#:~:text=La%20erosi%C3%B3n%20es%20un%20proceso,para%20el%20cultivo%20de%20alimentos.>
- PBI, G. (2023). Acceso a la Tierra y Defensa del Territorio . Guatemala. Obtenido de <https://pbi-guatemala.org/es/sobre-pbi-guatemala/contexto-de-los-derechos-humanos-en-guatemala/acceso-la-tierra-ydefensa-del>
- PNUD. (2022). Obtenido de PNUD: <https://indhguatemala.org/urbanizacion-y-nuevas-ruralidades/>
- Rosales Alconero, M. S. (30 de 5 de 2019). Obtenido de <https://www.revistayam.com/wp-content/uploads/2019/09/Cambio-clima-110919.pdf>



5

CAPÍTULO

Sistema Atmosférico

Introducción

El cambio climático es uno de los desafíos más grandes que enfrenta nuestro planeta en la actualidad. Este fenómeno complejo y multifacético que involucra alteraciones significativas en los patrones climáticos a nivel global es impulsado principalmente por las actividades humanas, como la industrialización, la quema de combustibles fósiles, la deforestación, entre otras; que han llevado a un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Al paso que estos gases atrapan el calor del sol en la Tierra, se produce un calentamiento gradual del sistema climático, lo que resulta en una serie de impactos ambientales, sociales y económicos.

A medida que la humanidad enfrenta desafíos cada vez mayores relacionados con el cambio climático y sus efectos, comprender la dinámica atmosférica se vuelve esencial para la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas de mitigación y adaptación adecuadas. En el contexto de Guatemala, un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático debido a diferentes factores geográficos, ambientales y socioeconómicos, entender a fondo esta dinámica se vuelve crucial para poder abordar las amenazas asociadas, así como para poder adoptar medidas que promuevan la conservación de la atmósfera y la adopción de prácticas sostenibles para proteger nuestro sistema atmosférico.

En este contexto se plantea la elaboración del Informe sobre la situación del sistema atmosférico en Guatemala (2023), que tiene como objetivo proporcionar un análisis actualizado sobre la situación del sistema atmosférico en Guatemala al año 2022, centrándose en el estado, la presión, los impactos y las respuestas asociadas a los fenómenos atmosféricos relevantes. Para ello serán recopilados datos precisos y relevantes sobre el sistema atmosférico en Guatemala al año 2022, que permitirán evaluar la vulnerabilidad del país y proporcionar información clave para la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático, además de fortalecer la resiliencia y la capacidad de respuesta de Guatemala ante fenómenos atmosféricos relevantes.

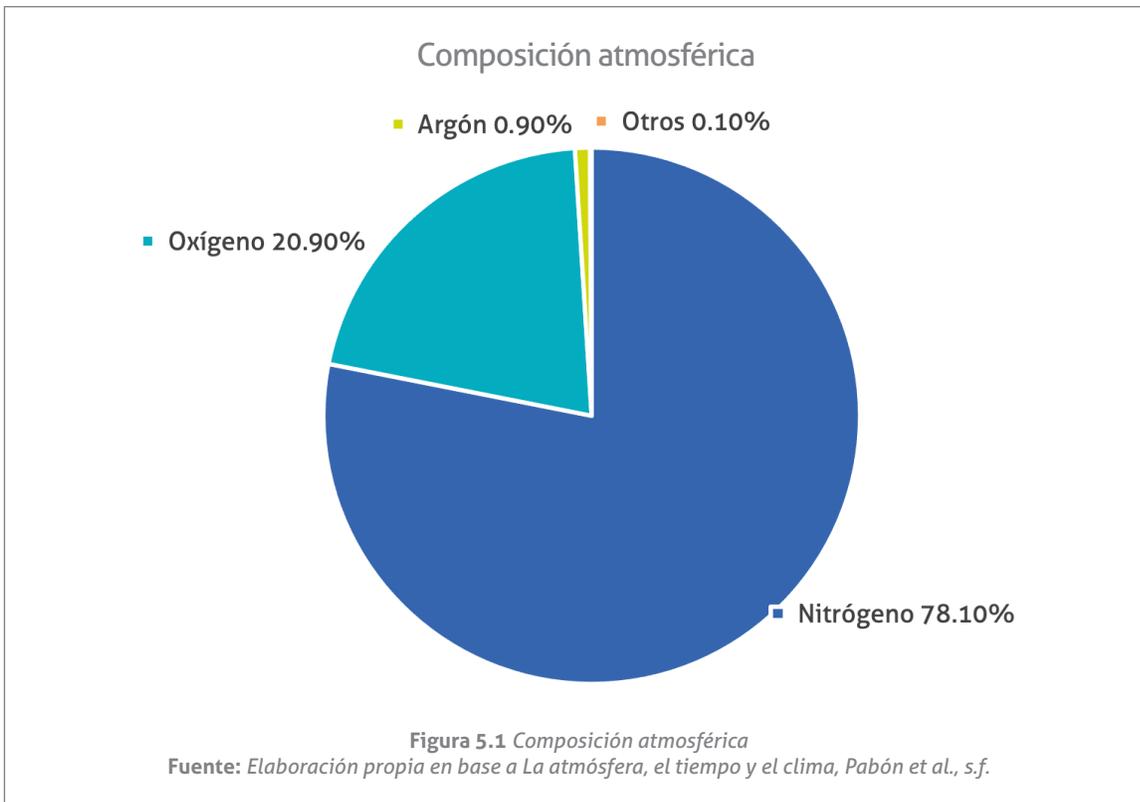
5.1 Estado del Sistema Atmosférico 2022

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea nuestro planeta. Su composición ha variado a través de la historia hasta conformar la actual mezcla de gases y aerosoles que se pueden dividir en dos grupos: constantes y variables (Pabón et al., s.f.). Los gases constantes mantienen una proporción casi permanente en la atmósfera, los más abundantes son el nitrógeno (78.1%), el oxígeno (20.9%) y el argón (0.9%); los gases variables son los que cambian en mayor proporción, siendo en este grupo los más importantes el vapor de agua y el dióxido de carbono, y los menos importantes, en términos de proporción, otros gases como el óxido nitroso, el metano y el ozono, según describen Pabón et al. (s.f.).

El material particulado suspendido en el aire como partículas de polvo, residuos de humo, sal del océano, bacterias, esporas, semillas, ceniza volcánica y partículas meteóricas es otro elemento variable de la atmósfera que actúa frecuentemente como un gas, según los mismos autores.

El sistema atmosférico se refiere al conjunto de elementos y procesos que componen la atmósfera de la Tierra y que influyen en el clima. En este contexto de Guatemala, el estado del sistema atmosférico se refiere a las condiciones y características actuales de este sistema en el país. Incluye factores como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad, los vientos y la calidad del aire. Estos interactúan con otros factores como la circulación atmosférica regional y global, que influye en los patrones de precipitación y temperatura en el país.

La topografía de Guatemala, que varía desde áreas costeras hasta montañas y volcanes, lo que crea microclimas y modifica la distribución de las precipitaciones; y su ubicación geográfica, cuya proximidad al océano Pacífico, al golfo Honduras y al mar Caribe puede generar diferentes patrones de viento, brisas marinas y humedad en las regiones costeras, creando patrones climáticos y fenómenos meteorológicos específicos para cada región de Guatemala. En las siguientes secciones de este informe se proporcionará una descripción de estos elementos.



5.2 Presión sobre el Sistema Atmosférico

El sistema atmosférico, que desempeña un papel fundamental en la regulación del clima y el mantenimiento de la vida en la Tierra, se enfrenta a una serie de amenazas y desafíos de gran magnitud. Estas problemáticas impactan directamente en su funcionamiento, generando preocupaciones significativas a nivel global. El cambio climático y la contaminación atmosférica debido a actividades humanas son solo algunas de las principales inquietudes en torno al tema. Estas están provocando alteraciones en los patrones climáticos, el equilibrio de gases atmosféricos y la degradación de la calidad del aire, lo que tiene consecuencias tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

Además, el sistema atmosférico se ve afectado por la deforestación, la urbanización descontrolada y la sobreexplotación de los recursos naturales. La eliminación de bosques y la expansión de áreas urbanas contribuyen a la liberación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, intensificando el calentamiento global. Al mismo tiempo, la sobreexplotación de recursos como los combustibles fósiles y la agricultura intensiva también emiten contaminantes que afectan negativamente al sistema atmosférico, comprometiendo la calidad del aire y la salud de los ecosistemas. La industrialización a gran escala ha llevado a un aumento en la emisión de gases contaminantes, como los óxidos de nitrógeno y azufre, que contribuyen a la formación de la lluvia ácida y la degradación de la calidad del aire.

Además de las presiones previamente mencionadas, la mayoría derivadas de procesos antropogénicos, añaden presión al sistema atmosférico fenómenos meteorológicos, como lo son los monzones, las zonas de convergencia intertropical (ZCIT), El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), modos anular y dipolar, ciclones tropicales y extra tropicales (Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático [SGCCC], 2022). Aunque los eventos extremos son parte natural del sistema atmosférico, en los últimos años se ha observado un aumento en su frecuencia e intensidad debido al cambio climático. Algunas de las maneras en que diferentes fenómenos meteorológicos ejercen presión sobre la atmósfera en Guatemala se describen a continuación:

- a. *Monzones*: Los monzones son vientos estacionales que se producen debido a las diferencias de temperatura entre el continente y los océanos. Durante el verano, cuando el continente se calienta más que los océanos, el aire caliente asciende y crea una zona de baja presión sobre el continente. Esto crea una diferencia de presión entre el océano y el continente, lo que resulta en vientos que soplan desde el océano hacia el continente. Estos vientos monzónicos influyen en la presión atmosférica regional al generar corrientes de aire y contribuir a la formación de sistemas de alta y baja presión.
- b. *Zonas de convergencia intertropical (ZCIT)*: La ZCIT es una banda de baja presión cerca del ecuador, donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte y del hemisferio sur. Estos vientos alisios se elevan debido al calentamiento del aire cerca del ecuador, lo que resulta en una zona de baja presión. La convergencia de los vientos en esta zona provoca una acumulación de aire ascendente y una disminución de la presión atmosférica. La ZCIT se desplaza estacionalmente en respuesta al movimiento del sol, afectando la distribución de la presión atmosférica en la región.
- c. *El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)*: Durante un evento de El Niño, las temperaturas de la superficie del mar en el océano Pacífico tropical central y oriental se vuelven anormalmente cálidas. Esto altera los patrones de circulación atmosférica y conduce a una redistribución de la presión atmosférica. En general, durante El Niño, se observa un debilitamiento de los vientos alisios y una disminución de la presión en el Pacífico oriental. Por otro lado, durante La Niña, se observa lo contrario, con un fortalecimiento de los vientos alisios y un aumento de la presión en el Pacífico oriental.
- d. *Ciclones tropicales y extra tropicales*: Los ciclones tropicales, como los huracanes y las tormentas tropicales, se forman en regiones tropicales y subtropicales sobre aguas cálidas del océano. Estos sistemas ciclónicos se caracterizan por una zona de baja presión en el centro llamada "ojo". La intensa convección y el calentamiento del aire cerca de la superficie del océano provocan una disminución de la presión atmosférica en el núcleo del ciclón tropical. En el caso de los ciclones extra tropicales, como las borrascas y los frentes, la interacción entre masas de aire frío y caliente también da lugar a cambios en la presión atmosférica.

5.3 Principales Causas de Contaminación Atmosférica En 2022

La contaminación atmosférica, un problema ambiental que afecta a la calidad del aire que respiramos, se refiere a la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos nocivos en la atmósfera, que son emitidos principalmente por actividades antropogénicas y naturales. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (s.f.) los aparatos domésticos de combustión, los vehículos de motor, las instalaciones industriales y los incendios forestales son fuentes habituales de contaminación de aire, siendo los contaminantes más preocupantes las partículas en suspensión, el monóxido de carbono, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. La contaminación atmosférica guarda relación con el deterioro de la salud poblacional, además contribuir a la pérdida de biodiversidad y ecosistemas, y generar impactos adversos en el capital humano (Banco Mundial, 2022).

Según el Banco Mundial (2022), la contaminación atmosférica es la principal causa ambiental de enfermedades y muerte prematura en todo el mundo. Las partículas finas o aerosoles contaminantes, también conocidos como materia particulada fina o PM2.5, son responsables de 6.4 millones de muertes al año, causadas por afecciones tales como cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, diabetes tipo 2 y trastornos neonatales (Banco Mundial, 2022). De acuerdo con el informe El costo global de salud por la contaminación del aire con PM2.5: Un caso para la acción más allá de 2021, publicado por el Banco Mundial (2022), en Guatemala las muertes por exposición a PM2.5 correspondieron al 10% de todas las muertes en el 2019, cifra que solo fue superada en Latinoamérica por Haití (14%) y Honduras (11%). Algunas de las principales causas de contaminación atmosférica se describen a continuación.

5.3.1 Emisiones de vehículos

El aumento del parque automotor y el uso de combustibles fósiles en vehículos contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica. Los gases de escape, como el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), son liberados al aire durante la combustión de combustibles fósiles en los motores de los vehículos. Estas emisiones contaminantes se acumulan en la atmósfera y contribuyen al deterioro de la calidad del aire, así como al calentamiento global. Según reporta el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (s.f.) algunas de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas por la quema de combustibles

fósiles en el contexto del transporte en Guatemala y para las que se tiene registro son de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O). En secciones posteriores será descrito el parque vehicular en Guatemala al año 2022.

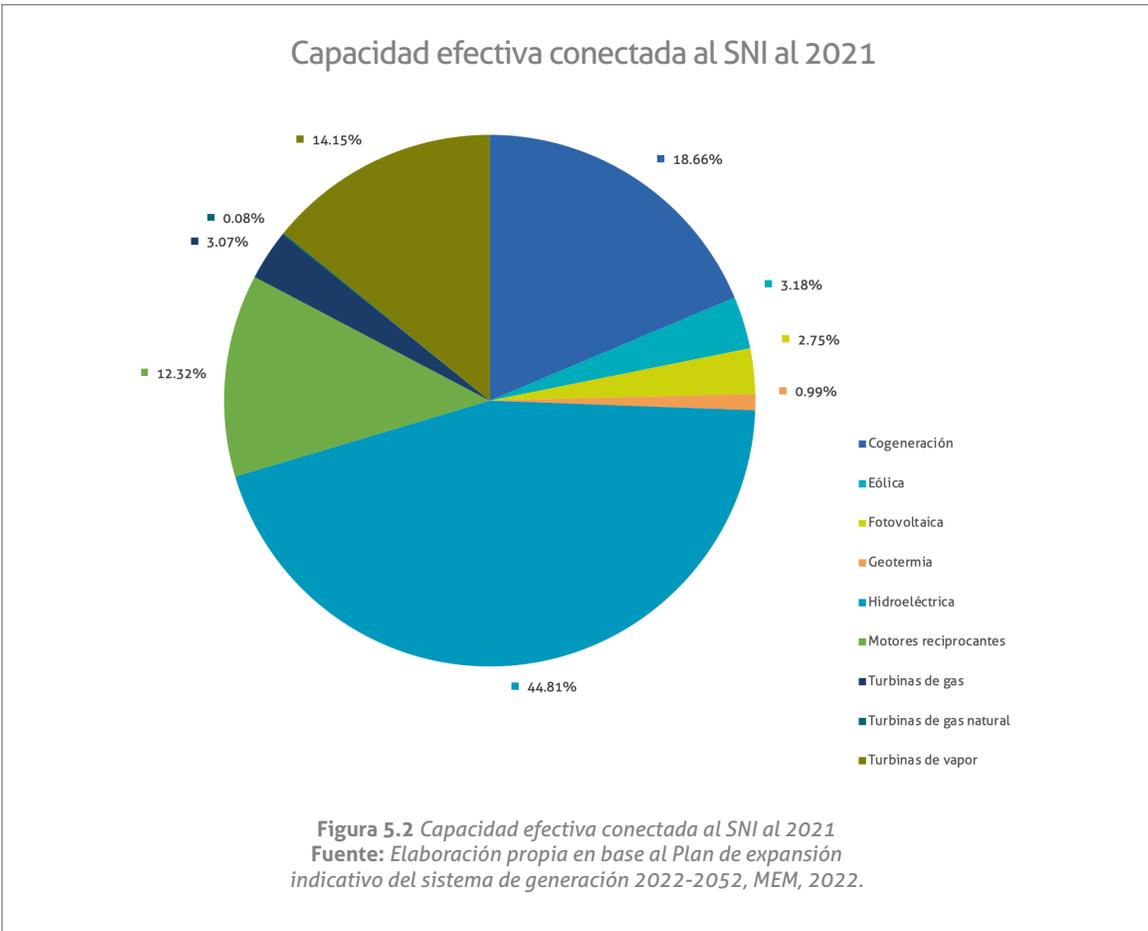
5.3.2 Generación de energía eléctrica

La generación de energía a partir de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, produce emisiones de gases contaminantes. En algunas áreas de Guatemala, la dependencia de combustibles fósiles para la generación de electricidad contribuye a la contaminación atmosférica. De manera general, en cuanto a la oferta de generación eléctrica, en el país actualmente existe una capacidad instalada de alrededor de los 4,111.54 MW, y una capacidad efectiva de 3,381.03 MW; cabe mencionar que esta capacidad efectiva es una representación muy general de la verdadera disponibilidad de la capacidad de generación del sistema, puesto que la matriz eléctrica en Guatemala está principalmente constituida por generadores que son altamente susceptibles a la estacionalidad y al cambio climático (Ministerio de Energía y Minas [MEM], 2022).

Nro.	Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Capacidad efectiva (MW)
1	Motores recíprocos	570.158	416.470
2	Hidroeléctrica	1578.713	1514.440
3	Geotermia	49.200	33.378
4	Fotovoltaica	93.000	93.000
5	Eólica	107.400	107.400
6	Turbinas de vapor	511.459	478.183
7	Turbinas de gas	172.850	103.732
8	Cogeneración	1,020	630.78
9	Turbinas de gas natural	2.80	2.59
Total		4,111.54	3,380

Cuadro 5.1 Capacidad instalada y efectiva conectada al SNI al 2021
Fuente: Elaboración propia según datos del Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2022-2052, MEM, 2022.

Entre las tecnologías disponibles que son representativas dentro de la capacidad total efectiva del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y que utilizan recursos no renovables destacan los motores recíprocos, las turbinas de vapor, las turbinas de gas y las turbinas de gas natural, con proporciones de capacidad efectiva conectada al SNI de 12.32%, 14.15%, 3.07% y 0.08%, respectivamente (MEM, 2022). Estas tecnologías dependen de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón, que son recursos no renovables. Además, durante su funcionamiento emiten gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas, contribuyendo al cambio climático, la degradación de la calidad del aire y otros problemas ambientales.



5.3.3 Deforestación

La deforestación y la quema de bosques para la agricultura, la expansión urbana y la producción de madera contribuyen a la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Estas actividades también reducen la capacidad de los bosques para actuar como sumideros de carbono. Según datos de la De Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Guatemala 2021 (MARN, SGCCC, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2021), la tasa anual de deforestación es de 38,356 hectáreas.

Entre las principales causas de deforestación se encuentran: 1) el aprovechamiento no sostenible de productos forestales (causante de la deforestación de 147,671 ha entre el 2006 y 2016), 2) la expansión de la actividad ganadera (130,410 ha), 3) expansión de la actividad agrícola (93,013 ha), 4) eventos naturales como deslizamientos, erupciones, emisiones de material piroclástico, afloramientos rocosos y otros (9,589 ha) y 5) expansión de la infraestructura urbana e industrial (2877 ha) (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2020, como citado por MARN et al., 2021).

5.3.4 Actividades industriales

De acuerdo con el Banco Mundial (2023), Guatemala, un país de ingreso medio-alto, superó en el 2021 en población los 17 millones y su producto interno bruto (PIB) total y per cápita fue de US\$86 mil millones y US\$5,025, respectivamente; experimentado un ritmo estable de crecimiento (3.5% en promedio durante el período 2010-2019). Impulsada por el consumo privado, la inversión y el consumo público, Guatemala creció cerca de un 4% en 2022; se espera que el crecimiento del PIB sea del 3.2% en el 2023 (Banco Mundial, 2023).

A medida que la economía crece, es probable que aumente la demanda de bienes y servicios, lo que a su vez puede estimular la actividad industrial. La industria manufacturera, la producción de energía y la minería son sectores que suelen tener un impacto significativo en el medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos tóxicos y la contaminación del agua y del aire.

5.3.5 Producción y disposición de desechos

La producción descontrolada de desechos sólidos en Guatemala es un problema que ha ido en aumento debido a diversos factores, como el crecimiento de la población, el aumento del consumo y la urbanización acelerada.

Esta situación ha llevado a la generación de una gran cantidad de residuos con una amplia gama de composiciones. En este contexto, uno de los principales desafíos que enfrenta Guatemala es la forma incorrecta de disposición de estos residuos.

La quema de desechos a cielo abierto y la descomposición anaeróbica en vertederos liberan gases tóxicos, como metano y compuestos orgánicos volátiles (COV), que contribuyen al cambio climático y a la contaminación atmosférica, deteriorando la calidad del aire en el país y causando riesgos sanitarios y ambientales. En secciones posteriores se detalla la situación de la producción y disposición de desechos en Guatemala.

5.4 Impactos sobre el Sistema Atmosférico 2022

El sistema atmosférico es un componente esencial de nuestro planeta. Este interactúa con otros elementos de la Tierra, como los océanos, los continentes y los ecosistemas, creando un equilibrio que permite el desarrollo y sustento de la vida. En la actualidad, diversos factores están provocando impactos significativos sobre el sistema atmosférico, lo que genera preocupación a nivel local y global. Estos impactos se refieren a los cambios y alteraciones que afectan la composición, la estructura y las funciones de la atmósfera, y son el resultado de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la industrialización y la liberación de sustancias químicas, así como de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas y las variaciones climáticas naturales. A continuación, se detallan algunos de los impactos más relevantes:

- a. *Extremos climáticos:* Los impactos sobre el sistema atmosférico también se manifiestan en la intensificación de los fenómenos climáticos extremos. El calentamiento global está relacionado con un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos como huracanes, tormentas severas, lluvias intensas, sequías prolongadas y olas de calor. Estos extremos climáticos pueden tener consecuencias devastadoras para las comunidades humanas y los ecosistemas, causando pérdidas económicas, desplazamientos de población, daños a la infraestructura y la agricultura, así como la pérdida de biodiversidad.
- b. *Degradación de la calidad del aire:* La contaminación del aire es otro impacto importante sobre el sistema atmosférico. La liberación de contaminantes atmosféricos, incluyendo partículas finas, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y ozono troposférico, tiene efectos adversos en la calidad del aire. Estos contaminantes son liberados por la quema de combustibles fósiles, las emisiones industriales, el transporte y otras actividades humanas.

La presencia de altas concentraciones de contaminantes puede causar problemas de salud, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y también puede afectar la calidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

- c. *Agotamiento del ozono:* El agotamiento de la capa de ozono es otro impacto preocupante sobre el sistema atmosférico. La liberación de sustancias químicas, como los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), utilizados en aerosoles, refrigerantes y sistemas de aire acondicionado, ha llevado a la reducción de la concentración de ozono en la estratosfera. Esta disminución permite que una mayor cantidad de radiación ultravioleta del sol alcance la superficie de la Tierra, lo que aumenta el riesgo de daños en la salud humana, y puede afectar los ecosistemas marinos y terrestres.

- d. *Acidificación atmosférica:* La actividad humana también contribuye a la acidificación atmosférica, un impacto preocupante en el sistema atmosférico. La liberación de gases como el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) provenientes de la quema de combustibles fósiles y las emisiones industriales, puede reaccionar en la atmósfera y formar ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estos compuestos químicos pueden mezclarse con las precipitaciones y formar lluvia ácida, que tiene efectos dañinos en los ecosistemas terrestres, los cuerpos de agua dulce y los suelos, así como en la infraestructura y la salud humana.
- e. *Cambios en la circulación atmosférica:* El cambio climático también está alterando los patrones de circulación atmosférica a nivel global y regional. Esto incluye cambios en los vientos, las corrientes oceánicas y la distribución de las masas de aire. Estas modificaciones pueden tener impactos significativos en la distribución de las precipitaciones, los patrones climáticos y la variabilidad climática. Por ejemplo, algunas áreas pueden experimentar un aumento en la frecuencia de sequías, mientras que otras pueden experimentar un aumento en la intensidad de las precipitaciones. Estos cambios pueden afectar la disponibilidad de agua, la agricultura, los ecosistemas y la vida cotidiana de las personas.

5.4.1 Clima en Guatemala 2022

De acuerdo con la Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA, s.f.) el clima de Guatemala se origina a partir de los fenómenos que se generan por efecto de la circulación general de la atmósfera, la influencia oceánica, y por características particulares que el clima va adquiriendo por la posición geográfica y la topografía del país. Estos factores hacen que el clima sea de características tropicales, siendo entonces influenciado por los sistemas y fenómenos meteorológicos característicos de estas regiones como: ondas del este, ciclones, vaguada monzónica, Oscilación Madden-Julian, ondas ecuatoriales y ZCI (Rivera, Ochoa y Salguero, 2020). Aunque en general Guatemala tiene un clima tropical, existen diferencias significativas entre las regiones costeras y las zonas montañosas del interior. De acuerdo con el INSIVUMEH (2021), existen 8 regiones climáticas en Guatemala.

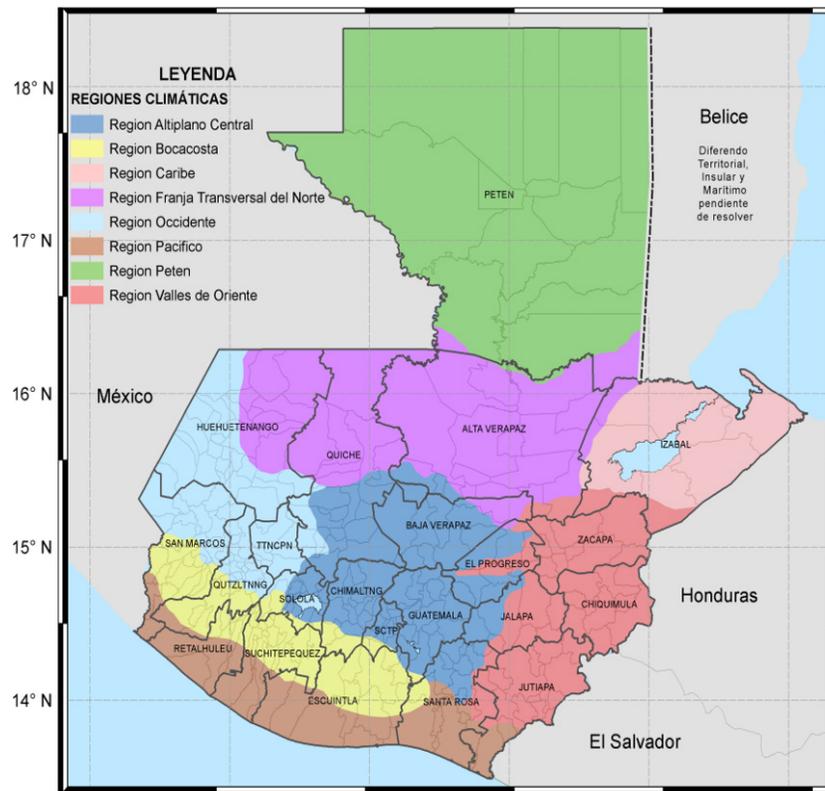


Figura 5.3 Regiones climáticas de Guatemala
Fuente: INSIVUMEH, 2021.

Las cuatro estaciones que normalmente se marcan en el hemisferio Norte, no se marcan en Guatemala; en su lugar, se marcan dos épocas particulares, siendo estas: la época lluviosa (mayo a octubre) y seca (noviembre a abril), reporta FUNCAGUA (s.f.). El ciclo lluvioso se produce al establecerse el régimen de los vientos alisios del noreste, y subsecuentemente la ZCT se aproxima a nuestras latitudes; además, los sistemas nubosos se desprenden desde la costa africana y son trasladados por los vientos alisios (ondas del este) que a su paso van generando lluvia y algunas veces se convierten en ciclones tropicales (Marroquín y Gómez, 2019). La época lluviosa en condiciones normales da inicio en mayo; en junio suelen presentarse días nublados y lluviosos; en julio y agosto se produce un estado seco denominado canícula, debido a la inversión de los alisios y al fortalecimiento del anticiclón del golfo de México; por último en septiembre y octubre, posterior al debilitamiento y desaparición del anticiclón, las precipitaciones intensas que completan la temporada lluviosa vuelven (INSIVUMEH, 2018, como citado por Marroquín y Gómez, 2019).

La época seca, por otro lado, da inicio con el aumento de la presión atmosférica y la migración de masas de aire frío proveniente de la zona polar (frentes fríos) causando un decremento de la temperatura e incrementando la velocidad del viento, por lo general, con predominancia de viento norte, según Marroquín y Gómez (2019). Esta época seca y fría se marca de noviembre a febrero; posteriormente, incrementa la temperatura iniciando las olas de calor, que suelen presentarse de marzo a mayo. Durante esta época se pueden presentar algunas lluvias locales de tipo convectivo o prefrontales por la influencia de frentes fríos (INSIVUMEH, 2018, como citado por Marroquín y Gómez, 2019). Estas condiciones atmosféricas variables y contrastantes caracterizan el ciclo estacional en la región, con la transición de una época seca y fría a un período más caluroso y propenso a las olas de calor.

5.4.2 Cambio climático y calentamiento global al 2022

El cambio climático, un fenómeno global que afecta a todos los países, se refiere a los cambios a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra, que incluyen el aumento de las temperaturas promedio y los cambios en los patrones de lluvia. El calentamiento global, por otro lado, es una consecuencia del cambio climático y se refiere específicamente al aumento de la temperatura promedio de la Tierra.

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH, s.f.) Guatemala es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático debido a su topografía, ubicación geográfica y situación socioeconómica. Estas características hacen que los impactos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar, las sequías prolongadas y los eventos climáticos extremos, sean aún más devastadores para el país.

De acuerdo con el Atlas de vulnerabilidad al cambio climático elaborado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) con el apoyo técnico de Rainforest Alliance (2022), aunque actualmente el país presenta una temperatura media de 22°C a nivel general, es posible observar escenarios distintos en zonas geográficas diferentes; por ejemplo, en el departamento de Totonicapán la temperatura media se ubica en 15°C, mientras que, en el departamento de Retalhuleu, la temperatura media oscila cerca de los 28°C. En términos de precipitación en el país se reporta anualmente un promedio de 1,975mm de lluvia, aunque en la zona costera del departamento de San Marcos se identifica puntos que podrían recibir solamente 520mm anuales, mientras que, en el norte de Huehuetenango, la zona con mayor precipitación recibe anualmente 6,397mm (MARN y Rainforest Alliance, 2022).

Además, tomando como base la actualización de la información climática y los cambios proyectados para el período 2040-2069 por el MARN y Rainforest Alliance (2022), se espera que el país presente una temperatura media de 24°C, permaneciendo las zonas más frías en el departamento de Totonicapán, aunque con una temperatura media superaría los 17°C, mientras que, en el departamento de Retalhuleu se seguirían identificando los puntos más cálidos, pero con una temperatura media que superaría los 30°C. La tendencia de la precipitación a su disminución, esperando que en el país se identifique anualmente un promedio de 1,811mm de lluvia, las zonas más secas del se identificarían en el departamento de Zacapa con puntos que podrían recibir solamente 583mm anuales, la zona con mayor precipitación se mantendría en el norte de Huehuetenango, aunque recibiendo 5,814mm anuales (MARN y Rainforest Alliance, 2022).

5.4.3 Indicadores de cambio climático y calentamiento global al 2022

Para evaluar los indicadores del cambio climático, se utiliza la herramienta "Rclimdex", que calcula índices de cambio climático y analiza la tendencia de los extremos meteorológicos desde una perspectiva climática. En este caso, se empleó el promedio nacional de datos de temperatura máxima, mínima y precipitación diaria de Guatemala desde el año 1970 hasta el año 2022.

• 5.4.3.1 Periodos cálidos. 6 o más días consecutivos arriba del percentil 90 (WSDI)

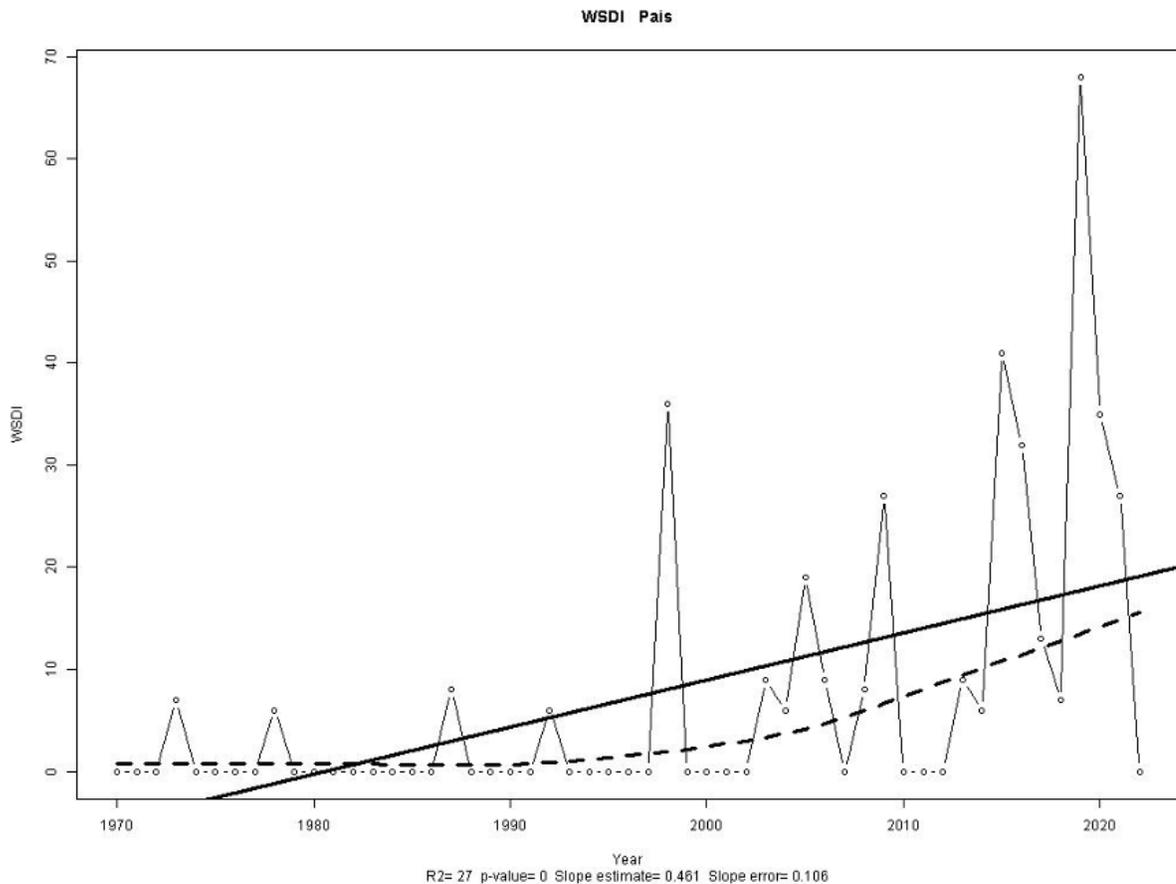


Figura 5.4 Periodos cálidos

Los periodos cálidos están definidos por el número de veces que los valores de temperatura superan el percentil 90 y persisten durante 6 o más días consecutivos, lo que puede estar asociado a posibles olas de calor. Estos eventos muestran una clara tendencia al aumento, especialmente en los últimos años.

• 5.4.3.2 Valor máximo de temperatura en el mes (TXX)

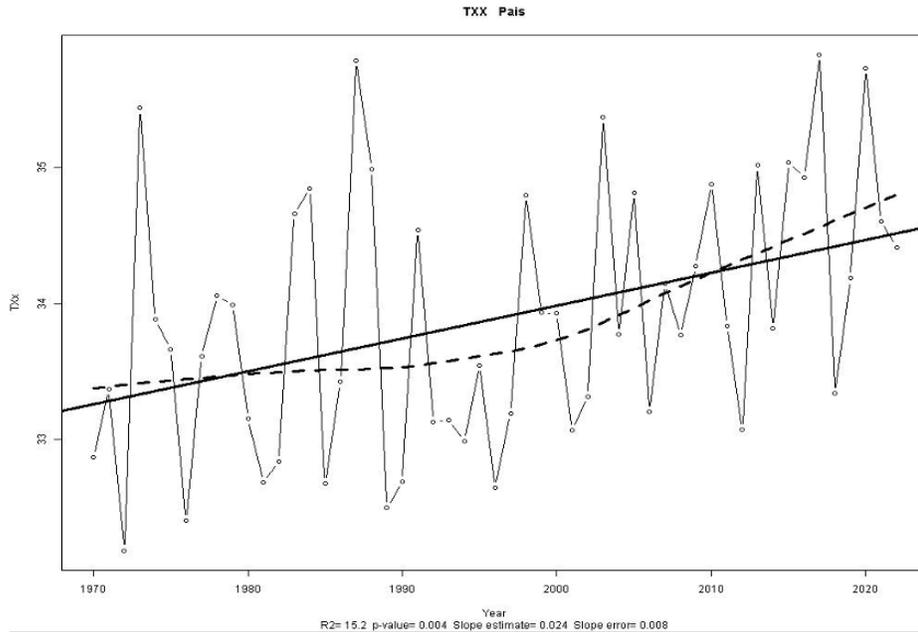


Figura 5.5 Valor máximo de temperatura en el mes

El índice que representa el promedio de las temperaturas máximas absolutas, muestra una clara tendencia al aumento.

• 5.4.3.3 Duración de Periodos Fríos. 6 días o más consecutivos cuando la temperatura mínima es menor al 10mo percentil (CSDI).

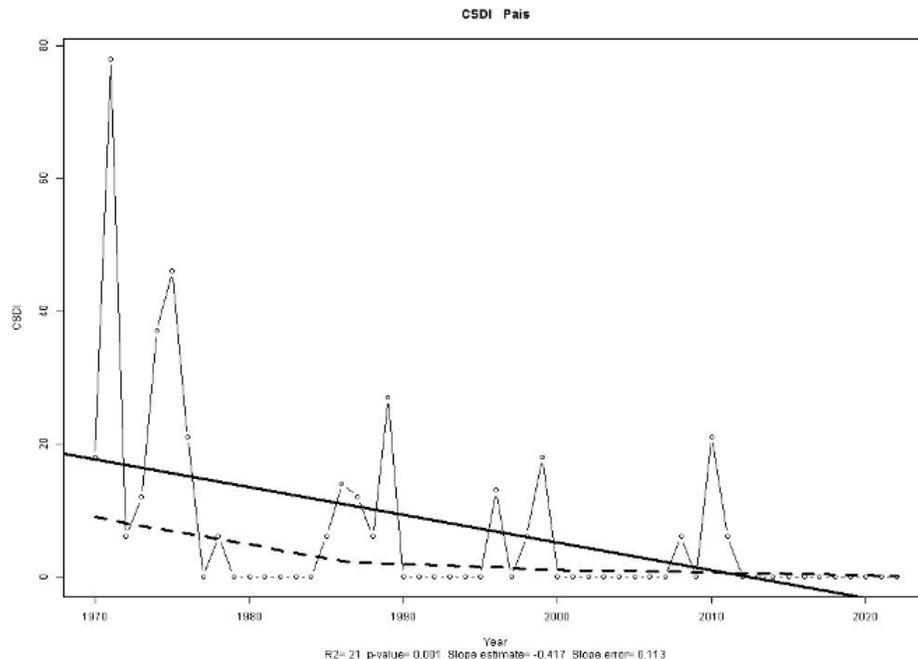


Figura 5.6 Periodos fríos

El índice de periodos fríos está definido por el número de veces que las temperaturas mínimas son menores al percentil 10 y persisten durante 6 días o más. Este índice muestra una clara tendencia a la disminución de estos periodos.

• 5.4.3.4 Intensidad diaria (SDII)

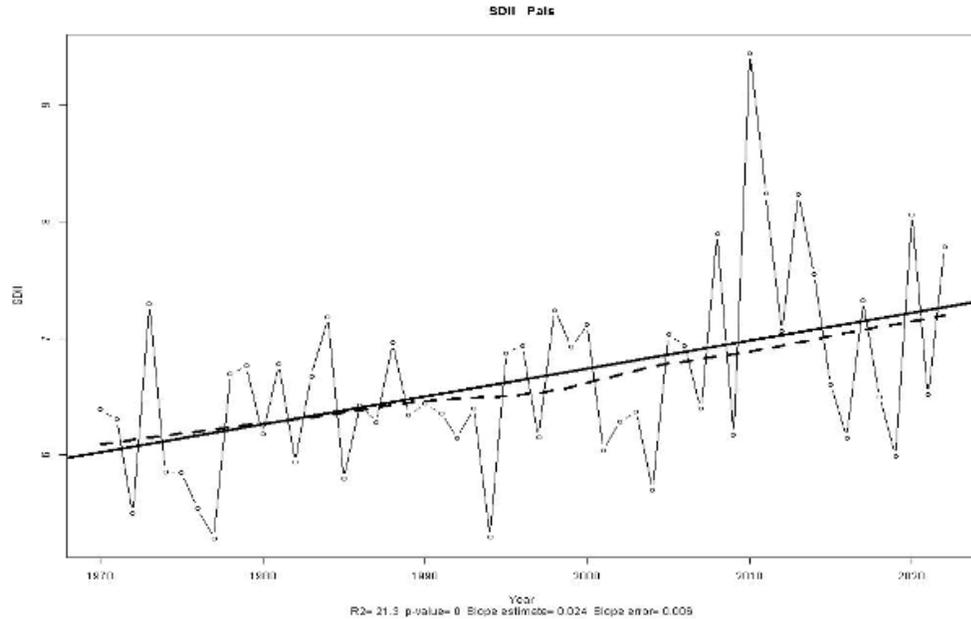


Figura 5.7 Intensidad diaria

El índice simple de precipitación SDII es la precipitación de cada año dividida por el número de días de lluvia. Este presenta una tendencia lineal al aumento. En general, las precipitaciones promedio máximas en un día están aumentando.

• 5.4.3.5 Precipitación máxima en 5 días (RX5day)

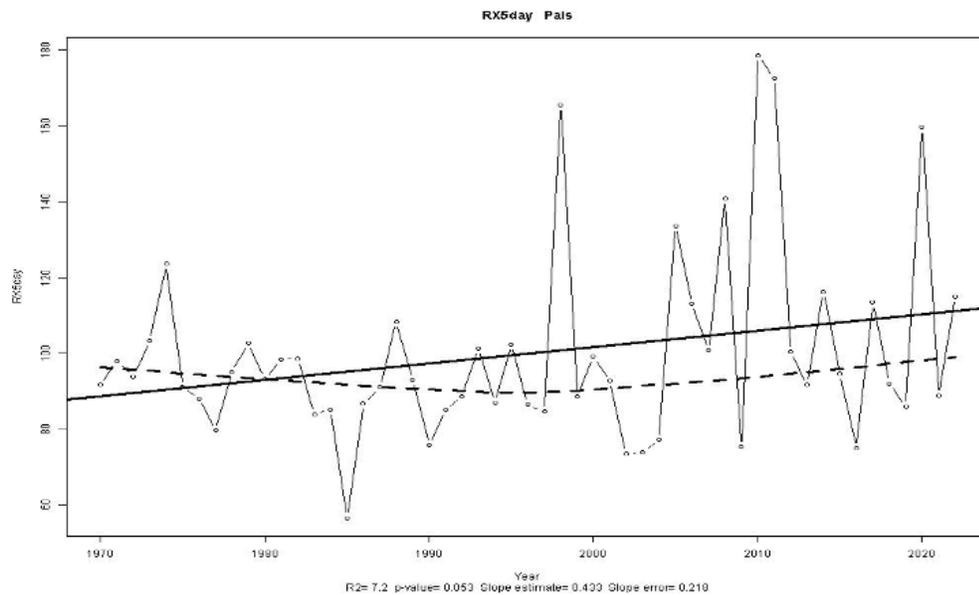


Figura 5.8 Precipitación máxima

El índice de máxima precipitación en 5 días RX5DAY está asociada a los eventos ciclónicos que han influenciado directa o indirectamente las precipitaciones en Guatemala, se notan valores máximos en los años 1998 (Mitch), 2005 (Stan), 2010 (Agatha), 2011 (DT12E), 2014 (Hanna), 2017 (Franklin) y 2020 (ETA e IOTA).

La tendencia lineal muestra un aumento de estos fenómenos.

• 5.4.3.6 Precipitación total anual (PRCPT)

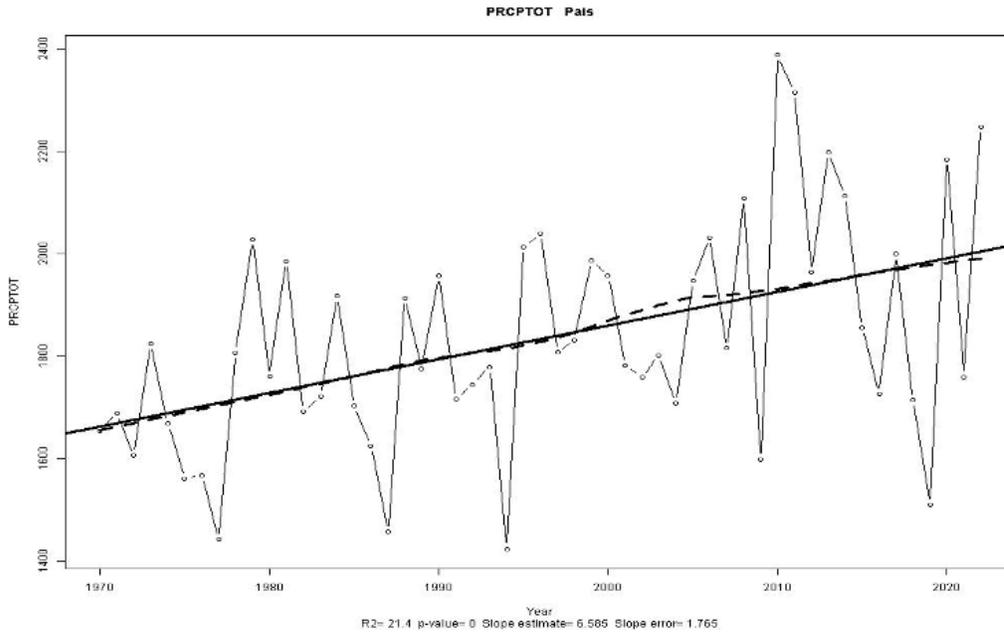


Figura 5.9 Precipitación anual

El índice PRCPTOT muestra la precipitación anual de los años de periodo 1970 al 2022, la línea negra muestra una tendencia lineal, la línea punteada de tendencia suavizada,

La grafica presenta un aumento de la precipitación en los últimos años

5.4.4 Tendencia y extremos climáticos 2022

En Guatemala las tendencias y los extremos climáticos son objeto de preocupación debido a su influencia significativa en el entorno natural y la vida de sus habitantes. La noción sobre las tendencias y los extremos climáticos se refiere a los efectos adversos que surgen como consecuencia del cambio climático y la variabilidad climática en esta región, es decir, de los cambios a largo plazo en los patrones climáticos globales y de las fluctuaciones normales dentro de esos patrones, respectivamente. Guatemala no es ajena a estos efectos, y en los últimos años se ha observado ya un aumento en la temperatura promedio, la intensidad de las precipitaciones y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos. De acuerdo con el Atlas de vulnerabilidad al cambio climático, (MARN y Rainforest Alliance, 2022), Guatemala se expone a las siguientes amenazas climáticas:

Amenaza climática	Descripción	Principales áreas amenazadas
Extremos de lluvia	La amenaza de un extremo de lluvia identifica la probabilidad que un día registre el máximo de precipitación diaria registrado para una zona específica.	<ul style="list-style-type: none"> Las principales amenazas se identifican en la costa sur y bocacosta, en la franja transversal del norte y zonas del departamento de Izabal asociadas a lluvias provenientes del Mar Caribe. Suchitepéquez es el departamento más amenazado, bajo condiciones actuales y bajo el escenario de cambio climático.
Sequías meteorológicas	La amenaza de sequías meteorológicas se refiere a la probabilidad de que una zona experimente condiciones secas o una falta de precipitación significativa durante un período prolongado. Las sequías meteorológicas se caracterizan por un déficit de precipitación en comparación con la cantidad normal de lluvia esperada en una región determinada.	<ul style="list-style-type: none"> Se identifican altos niveles de esta amenaza en los departamentos de Zacapa, Chiquimula, El Progreso y Baja Verapaz; asimismo en la zona Sur de San Marcos, Retalhuleu y Suchitepéquez y en la zona central de Petén se identifican áreas que pueden ser amenazadas por este fenómeno. Para los próximos 30 años las zonas de con niveles de amenaza alta y muy alta de este fenómeno se extienden al departamento de Guatemala, Chimaltenango, Tonicapán, el Centro de Quiché, el Sur de Huehuetenango y la zona norte de Petén.
Ciclones tropicales	La amenaza de ciclones tropicales se refiere a la probabilidad de que una zona determinada sea afectada por un ciclón tropical. Los ciclones tropicales son sistemas de baja presión atmosférica que se forman sobre aguas cálidas y pueden generar vientos fuertes, lluvias intensas y marejadas ciclónicas.	<ul style="list-style-type: none"> Los departamentos más expuestos al impacto de los ciclones tropicales, identificados en el <i>Atlas de vulnerabilidad al cambio climático</i> a partir de estadísticas históricas, son Petén e Izabal. De acuerdo con la tendencia incremental de este tipo de fenómenos, en los próximos 30 años se podrían tener altos niveles de amenaza también en los departamentos de Alta Verapaz, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla.
Inundaciones	La amenaza de inundaciones se refiere a la probabilidad de que ocurran inundaciones en una zona específica. Esta está relacionada con factores como la precipitación intensa, el nivel de los cuerpos de agua cercanos, el tipo de terreno y la capacidad de drenaje del área.	<ul style="list-style-type: none"> De estadísticas históricas se identifica que los departamentos más expuestos a esta amenaza son Escuintla, Suchitepéquez, Quiché, Petén, Izabal, Guatemala y Alta Verapaz. De acuerdo con las tendencias de variación en los patrones de precipitación, para el período 2040-2069, los departamentos más expuestos a esta amenaza serían Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla.
Deslizamientos de tierra	La amenaza de deslizamientos de tierra se refiere a la probabilidad de que se produzcan deslizamientos de tierra en una zona específica. Los deslizamientos de tierra son movimientos de masa de suelo o rocas que se desplazan cuesta abajo debido a la pérdida de estabilidad del terreno. Esta amenaza puede estar influenciada por la precipitación, la topografía, el tipo de suelo y las actividades humanas.	<ul style="list-style-type: none"> Los departamentos más amenazados en la actualidad son: Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Sacatepéquez, Guatemala y El Progreso. De acuerdo con el <i>Atlas de vulnerabilidad al cambio climático</i> la cantidad de departamentos altamente amenazados por este tipo de fenómeno disminuye según con el escenario de cambio climático, algo que se debe a que este tipo de amenaza está altamente ligado a las precipitaciones cuya tendencia es a disminuir. Según esta proyección, los departamentos más amenazados serán Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, San Marcos, Sololá y Guatemala.

Cuadro 5.2 Exposición a amenazas climáticas en Guatemala al 2022 según el *Atlas de vulnerabilidad al cambio climático*
Fuente: Elaboración propia en base a datos del *Atlas de vulnerabilidad al cambio climático*, MARN y Rainforest Alliance, 2022.

<p>Olas de calor</p>	<p>La amenaza de olas de calor se refiere a la probabilidad de que se produzcan condiciones de calor extremo en una zona específica durante un período prolongado. Estos eventos meteorológicos son caracterizados por temperaturas anormalmente altas y persistentes,</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las zonas más amenazadas en la actualidad se ubican en los departamentos de Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, en la costa Sur; además, Izabal, Zacapa, El Progreso, y la zona central de Petén tienen un alto nivel de amenaza. De acuerdo con la tendencia al incremento de temperaturas para los próximos 30 años se espera que esta amenaza incremente en el departamento de Petén, el Norte de Alta Verapaz y Quiché, así como a zonas de los departamentos de Guatemala y Baja Verapaz.
<p>Heladas</p>	<p>La amenaza de heladas se refiere a la probabilidad de que se produzcan temperaturas bajo cero (0 °C).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Totonicapán, el departamento con temperaturas medias más bajas actualmente es el más amenazado por heladas. También se identifican probabilidades de ocurrencia en Sololá, San Marcos, Sacatepéquez, Quetzaltenango, Huehuetenango y Chimaltenango. Dado el incremento tendencial de temperaturas, para los próximos 30 años se estima que este tipo de fenómenos se reducirá y la principal amenaza se observaría en el departamento de Huehuetenango.
<p>Frentes fríos</p>	<p>La amenaza de frentes fríos se refiere a la probabilidad de que se produzcan eventos bruscos de las temperaturas en una zona específica. Los frentes fríos suelen estar asociados con cambios en las condiciones climáticas, incluyendo vientos más fuertes, precipitación y, en algunos casos, la posibilidad de nevadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Petén es el departamento más expuesto a este tipo de eventos al encontrarse en el extremo norte del país; también se identifican altos niveles de amenaza en Totonicapán, Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal. Se estima que esta será una amenaza que irá en decremento debido a la tendencia al incremento de la temperatura global, por lo que para los próximos 30 años serán estos mismos departamentos los impactados por este tipo de fenómeno; los índices de exposición se reducen de un nivel de amenaza "muy alto" a uno "alto".
<p>Incendios forestales</p>	<p>La amenaza de incendios forestales se refiere a la probabilidad de que se produzcan incendios de gran magnitud y rápida propagación en áreas forestales o vegetación densa. Los incendios forestales son considerados un impacto climático en distintas latitudes, y aunque en Guatemala sus orígenes podrían estar ligados a otro tipo de fenómenos, en algunos casos su extinción o propagación podría estar vinculada a fenómenos climáticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Según las estadísticas históricas de incendios forestales, los departamentos mayormente expuestos en la actualidad son Petén, Quiché, Baja Verapaz y Jalapa. En el escenario de cambio climático, dada la variación en los patrones de temperaturas, se identifica que los departamentos de oriente como Jutiapa, Jalapa, Chiquimula y Zacapa, así como Guatemala, El Progreso y Baja Verapaz en la zona central, y Totonicapán en el altiplano occidental, podrían tener altos niveles de exposición.

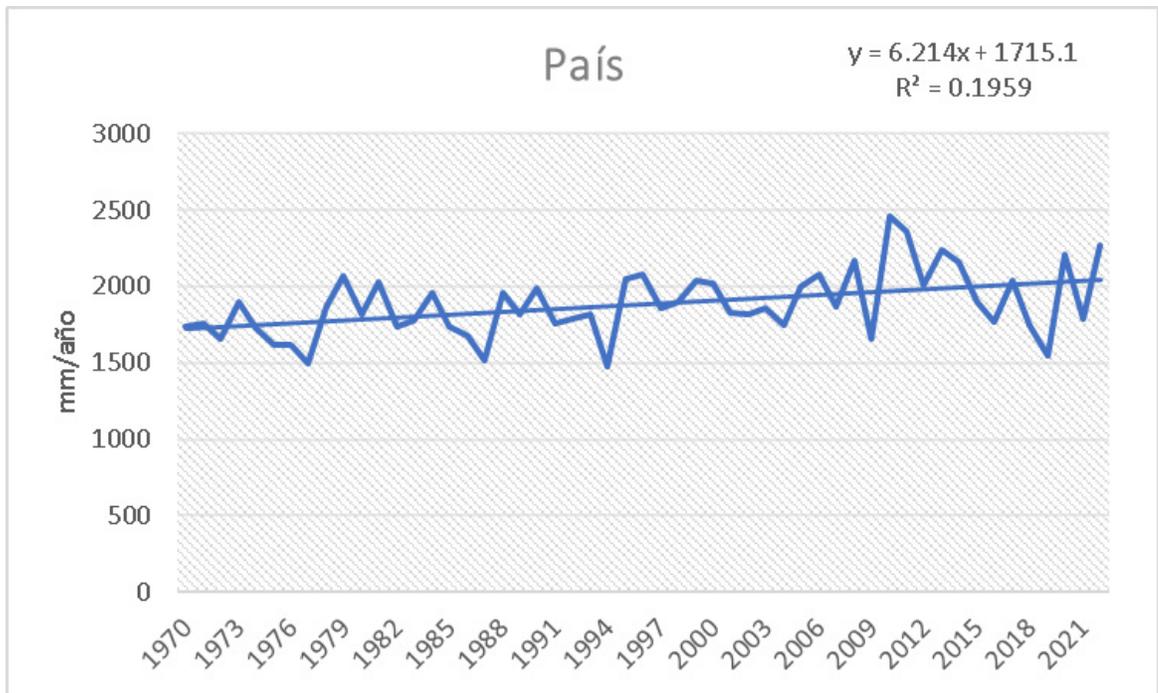


Figura 5.10 Tendencia climática de precipitación total anual

La tendencia climática de precipitación total anual presenta un aumento moderado, a pesar que la línea de regresión no muestra un coeficiente de determinación elevado.

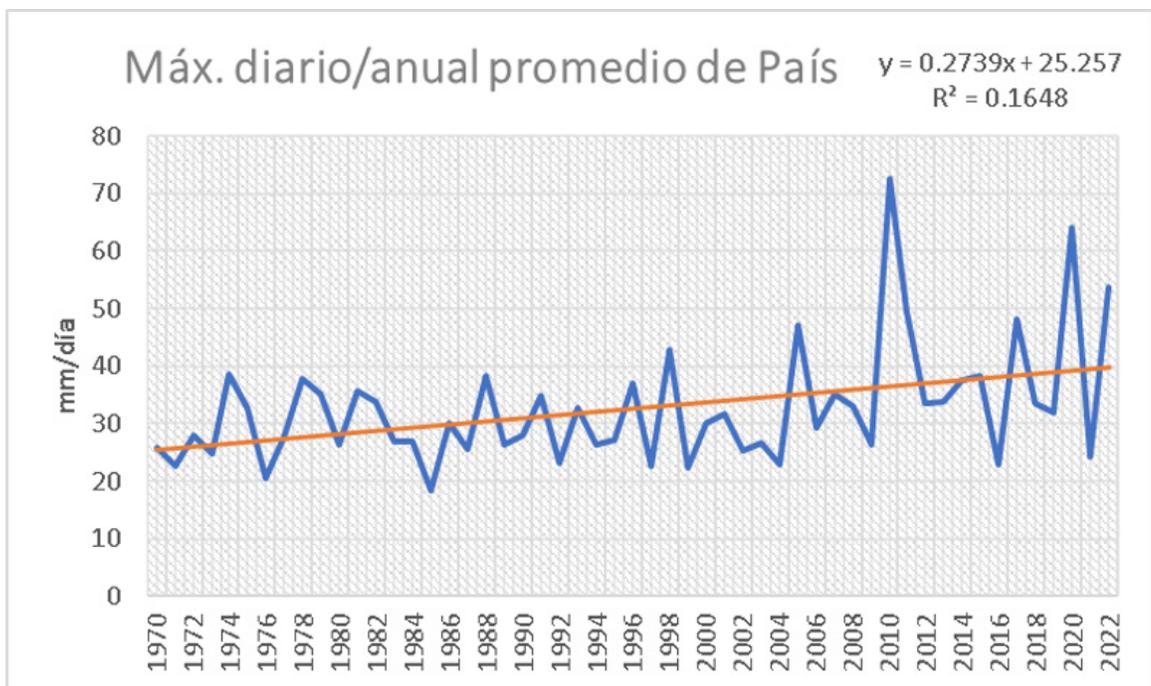


Figura 5.11 Tendencia de precipitación máxima día/año

La tendencia de precipitación máxima en un día/año muestra una tendencia positiva, aunque el coeficiente de determinación es relativamente bajo.

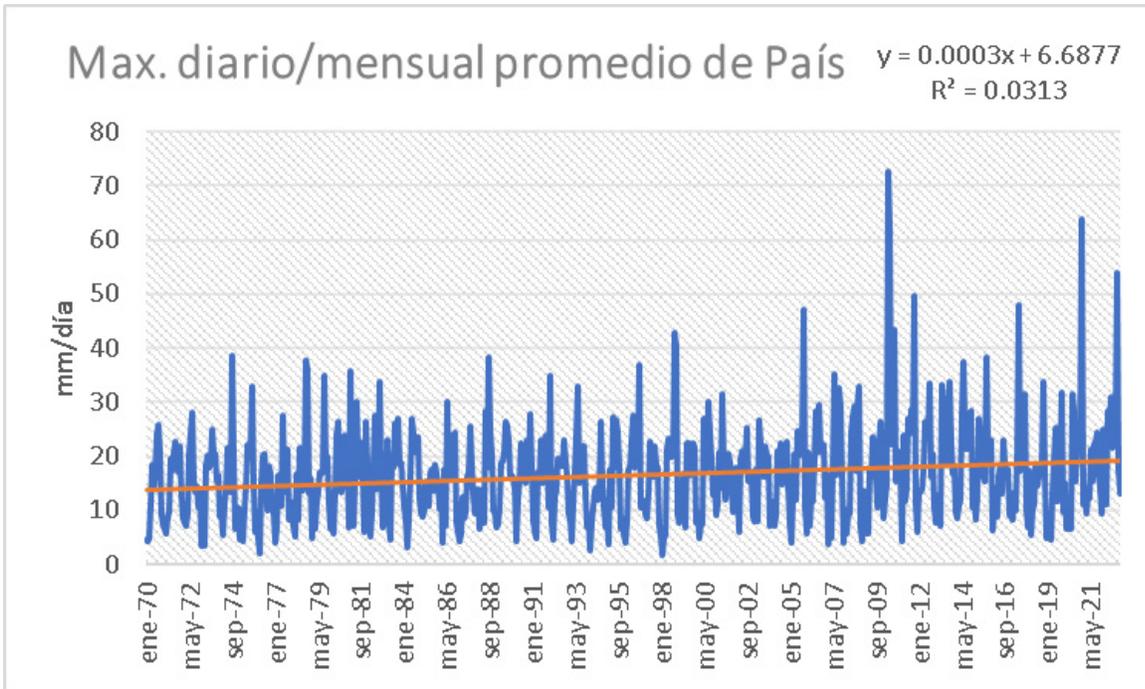


Figura 5.12 Tendencia de precipitación máxima día/mensual

La tendencia de precipitación máxima en un día/mensual muestra una tendencia positiva, aunque el coeficiente de determinación es relativamente bajo.

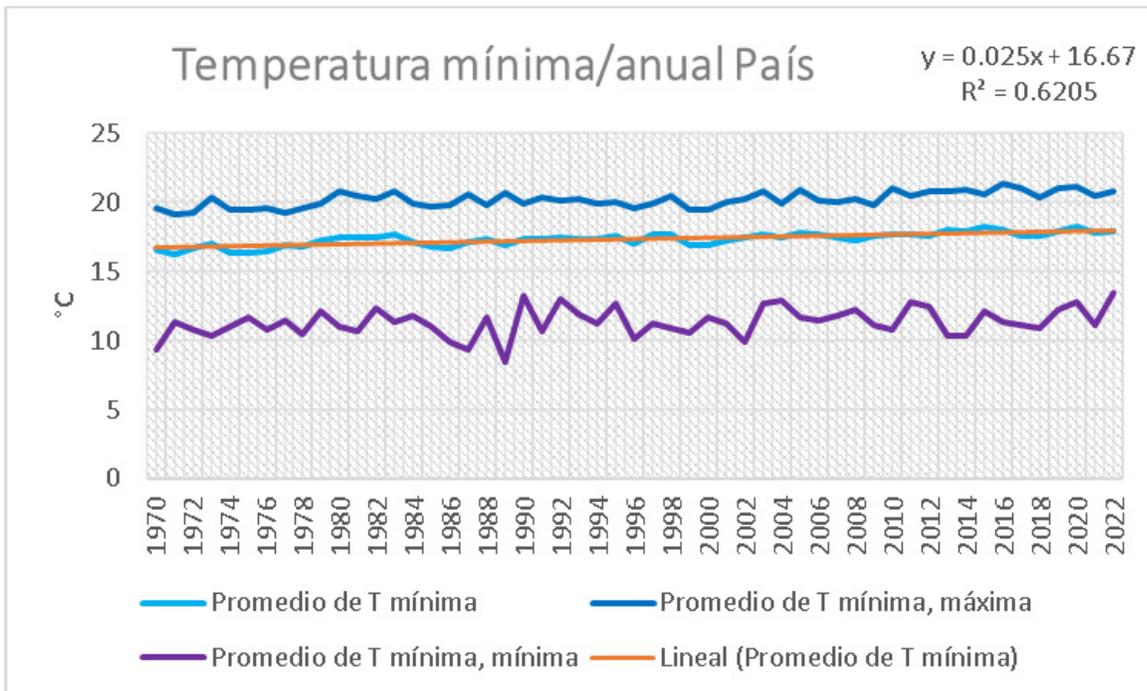


Figura 5.13 Temperatura mínima promedio

La temperatura mínima promedio presenta una tendencia positiva con un coeficiente de determinación de 0.6. Además, las temperaturas mínimas extremas también muestran una tendencia positiva.

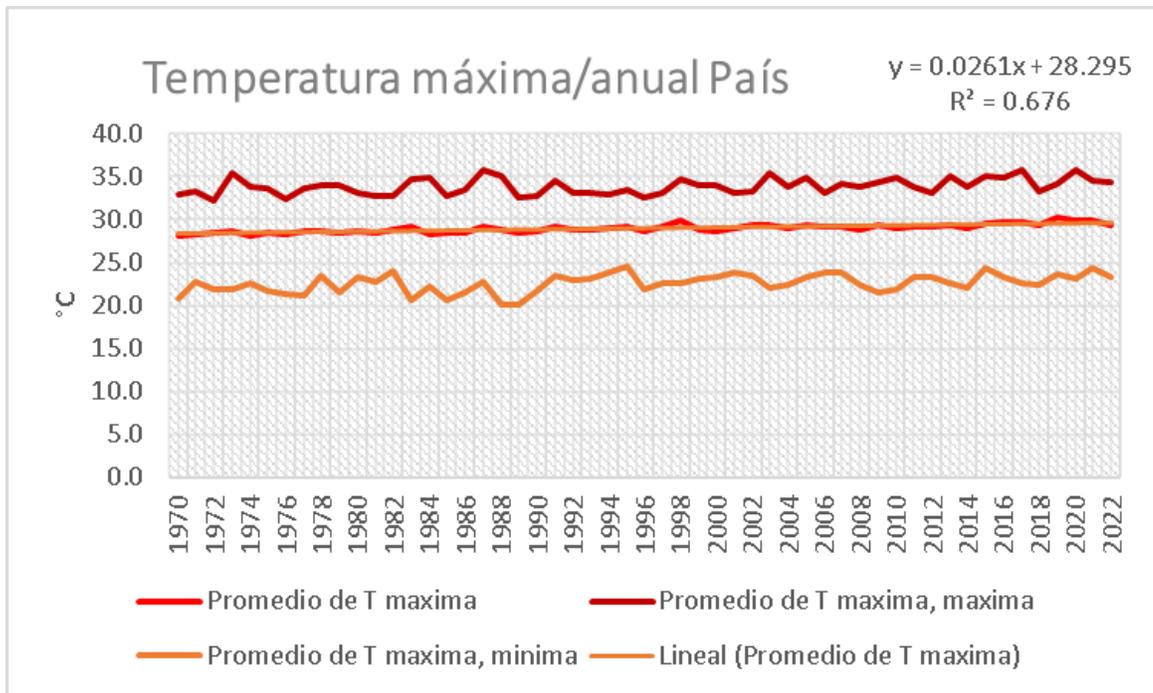


Figura 5.14 Temperatura máxima promedio

La temperatura máxima promedio presenta una tendencia positiva con un coeficiente de determinación de 0.67. Además, las temperaturas máximas extremas también muestran una tendencia positiva.

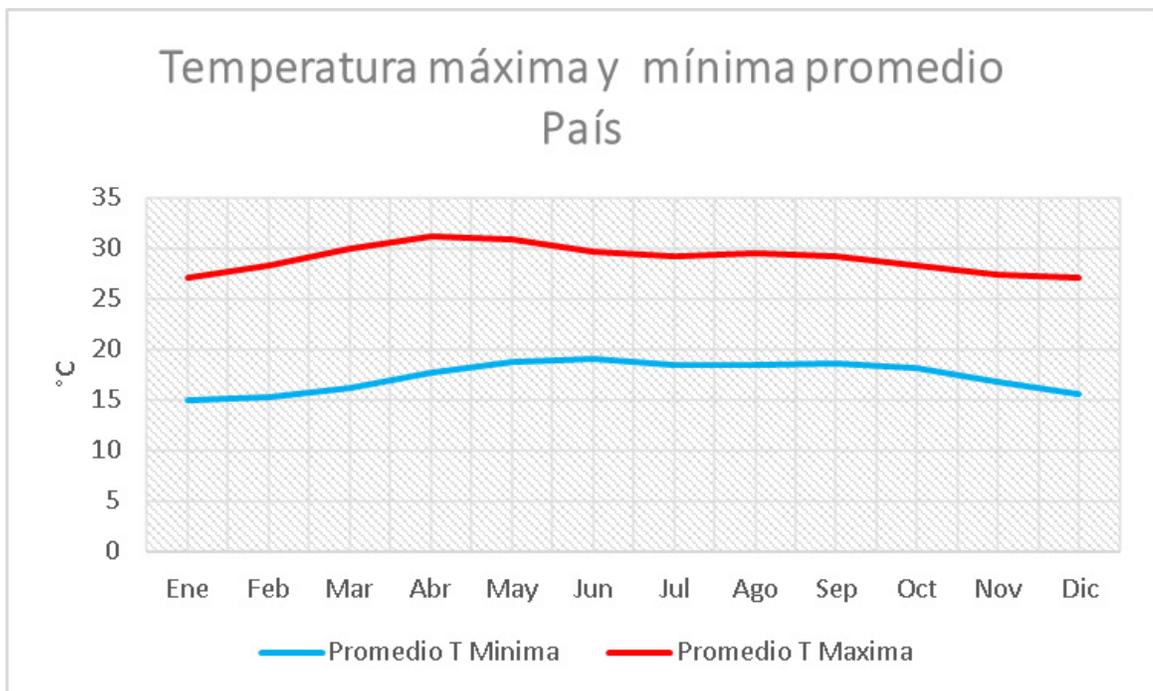


Figura 5.15 Temperaturas máximas y mínimas promedio

El ciclo anual de temperaturas máximas y mínimas promedio de país se muestra en la figura anterior. Se puede observar una marcada amplitud durante los meses de febrero a abril.

5.4.5 Precipitación y temperatura histórica

En el estudio Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica - (INSIVUMEH, 2020), con línea base de referencia de 35 años, comprendidos entre 1982 y 2016, se presenta la climatología histórica de acumulado de lluvia y temperatura media, mediante una comparación con distintas fuentes: 1) EIN15: resultados de lluvia y temperatura media de la simulación a una resolución de 25km por el modelo RegCM con datos de reanálisis de Era Interim EIN15; 2) CRU: datos de lluvia y temperatura media por medio de estaciones locales e información de satélite con una resolución de 0.5°, es decir aproximadamente 55.5km, de la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de Anglia del Este; 3) INSI: datos de lluvia y temperatura media de las estaciones climáticas del departamento de investigación y servicios climáticos del INSIVUMEH; y 4) GPCP: datos de lluvia por medio de estaciones e información de satélite con una resolución de 2.5° es decir aproximadamente 277.5km, del Proyecto Global de Climatología de Precipitación.

De acuerdo con los resultados presentados en el estudio, se observa que los diferentes comportamientos climáticos varían entre sí, siendo la lluvia el factor más variable. La temperatura media, por otro lado, muestra una mayor constancia y una variación menos pronunciada, tanto para EIN15, CRU Y INSI. En cuanto a los acumulados de lluvia, se identifica que los más elevados son de CRU, seguidos por GPCP. Los acumulados de lluvia de EIN15 son los menos elevados. Además, se destaca que a partir del año 2000 se ha observado un aumento significativo de la temperatura, especialmente en los datos de INSI (INSIVUMEH, 2020). La siguiente figura muestra los resultados del comparativo climático interanual de 1982 a 2016.

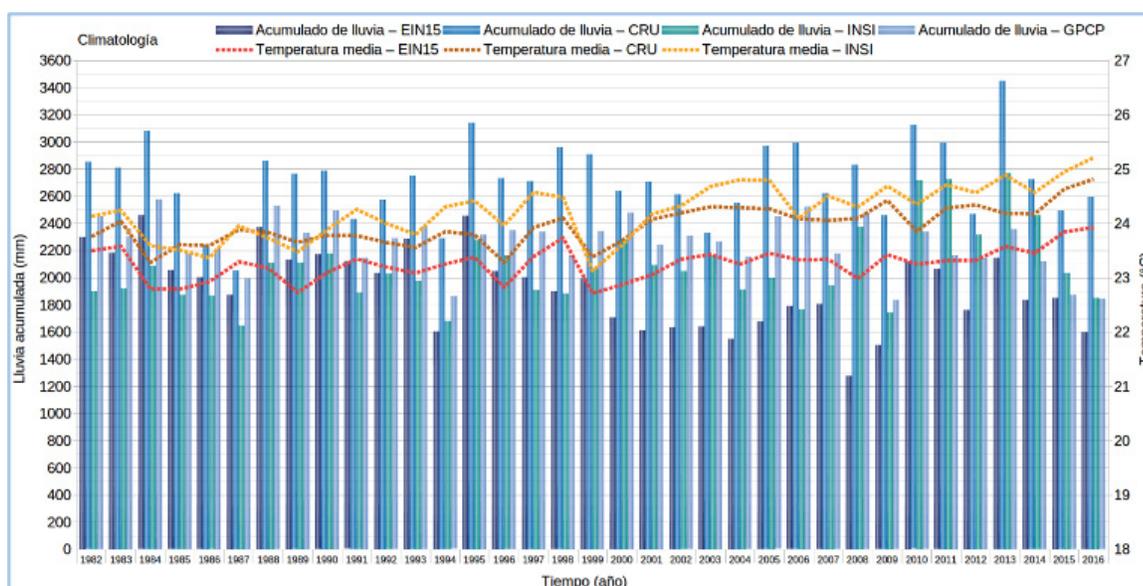


Figura 5.16 Comparativo climático interanual

Fuente: De Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

Por otro lado, según la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Guatemala 2021 (MAR et al., 2021) en los últimos 20 años, se han reportado variaciones en las condiciones climáticas del país, con incrementos en la temperatura media de 0.8°C, 0.6°C en la mínima y 0.6°C en la máxima. Los cambios más abruptos se observan durante febrero, julio, agosto y septiembre. Además de los cambios en la temperatura, el régimen de lluvias anuales también ha mostrado alteraciones significativas con un incremento de 122mm (MAR et al., 2021). Este aumento no se distribuye de forma simétrica, sino que se concentra en menos días al año, lo cual se considera de alto riesgo para los cultivos, ya que los días muy lluviosos pueden provocar que los suelos presenten condiciones de saturación; a su vez, se han incrementado los periodos prolongados de ausencia de lluvia y la canícula, afectando a múltiples sectores del país (MAR et al., 2021).

5.4.6 Comportamiento de la precipitación y la temperatura hasta el 2022.

• 5.4.6.1 Precipitación

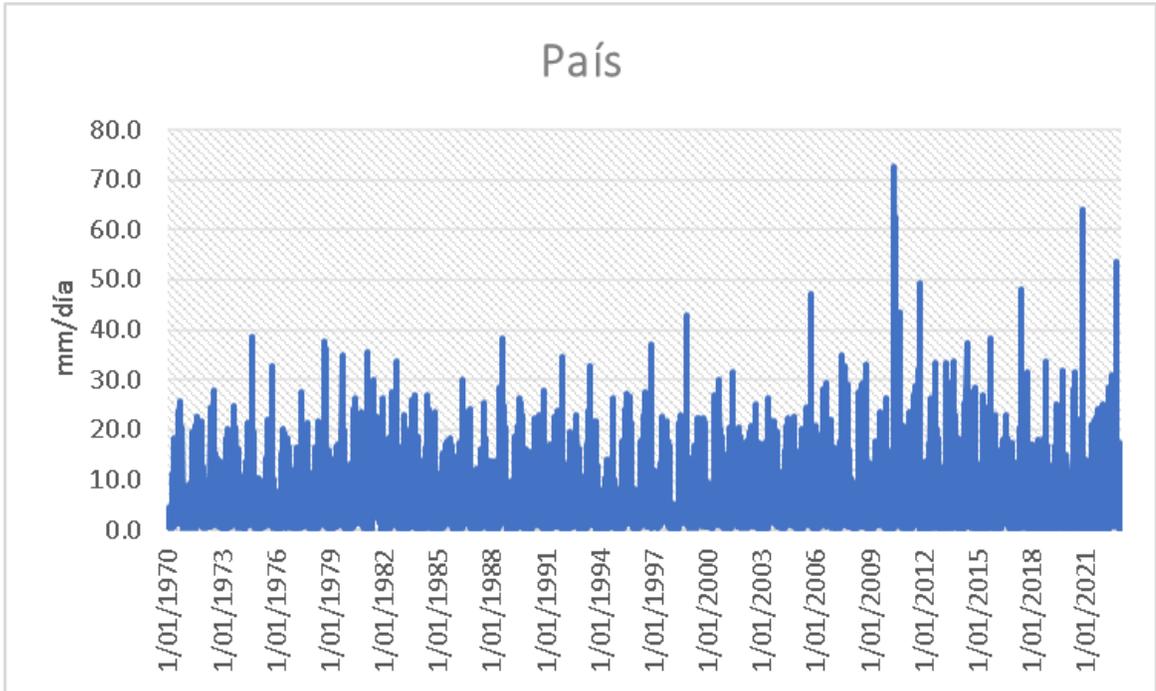


Figura 5.17 Precipitaciones diarias en Guatemala

A nivel diario se puede observar que las precipitaciones en Guatemala han tenido algunos valores diarios mayores a los 40 milímetros en los últimos años. Esto podría ser debido a la influencia de sistemas ciclónicos en los últimos años.

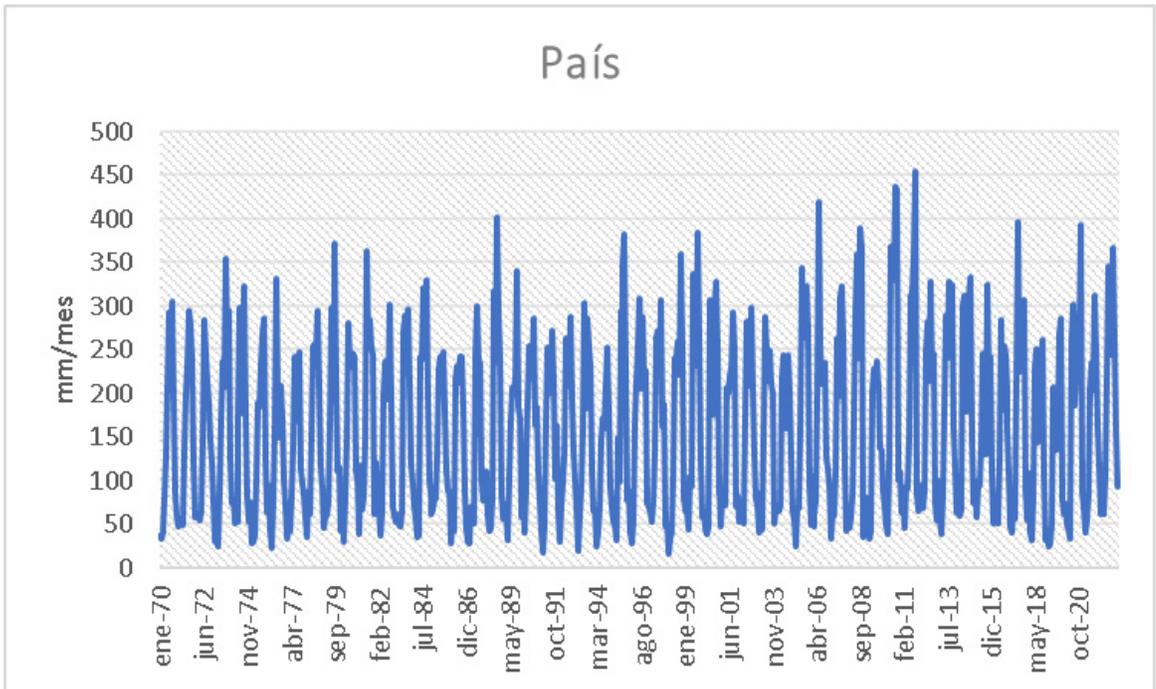


Figura 5.18 Nivel mensual acumulado

A nivel mensual los acumulados también presentan un aumento en los algunos periodos superiores a los 400 mm/mes; por ejemplo, el mes de agosto de 1988, junio del 2006, agosto y septiembre del 2010 y octubre del 2011.

Estas lluvias asociadas a eventos ciclónicos otros sistemas meteorológicos

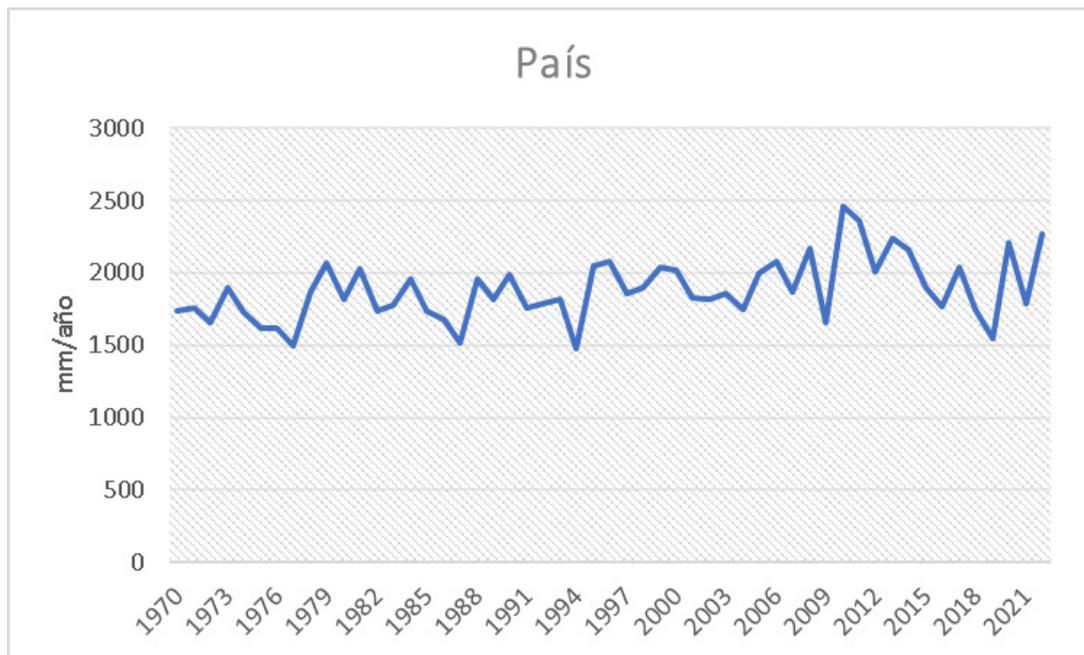


Figura 5.19 Tendencia al aumento en los últimos años de precipitación

A nivel de país se puede observar una leve tendencia al aumento en los últimos años.

Se logra identificar acumulados de lluvia anual superiores a los 2300 milímetros en los años 2010 y 2011 asociados justamente a vientos ciclónicos como la tormenta tropical Agatha y la depresión tropical 12 e respectivamente.

• 5.4.6.2 Temperatura

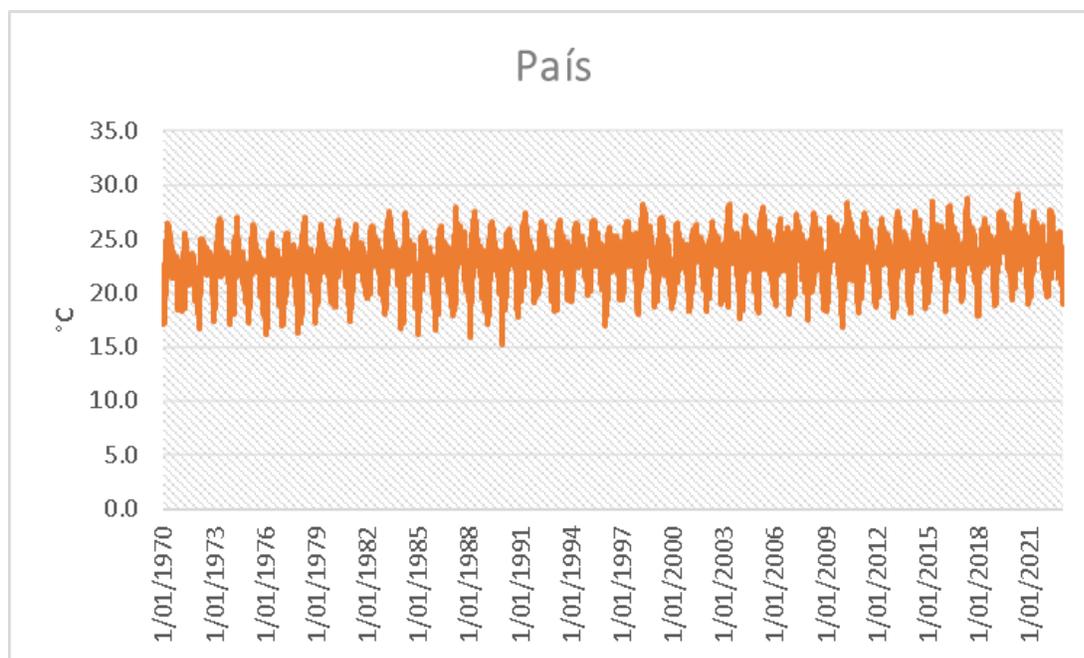


Figura 5.20 Promedio de temperatura del país y temporalidad diaria

A nivel de promedio de temperatura del país y en temporalidad diaria los valores oscilan entre 15 a 29 grados aproximadamente con una media de 23.3 grados. Se puede observar una leve tendencia al aumento en los últimos años.

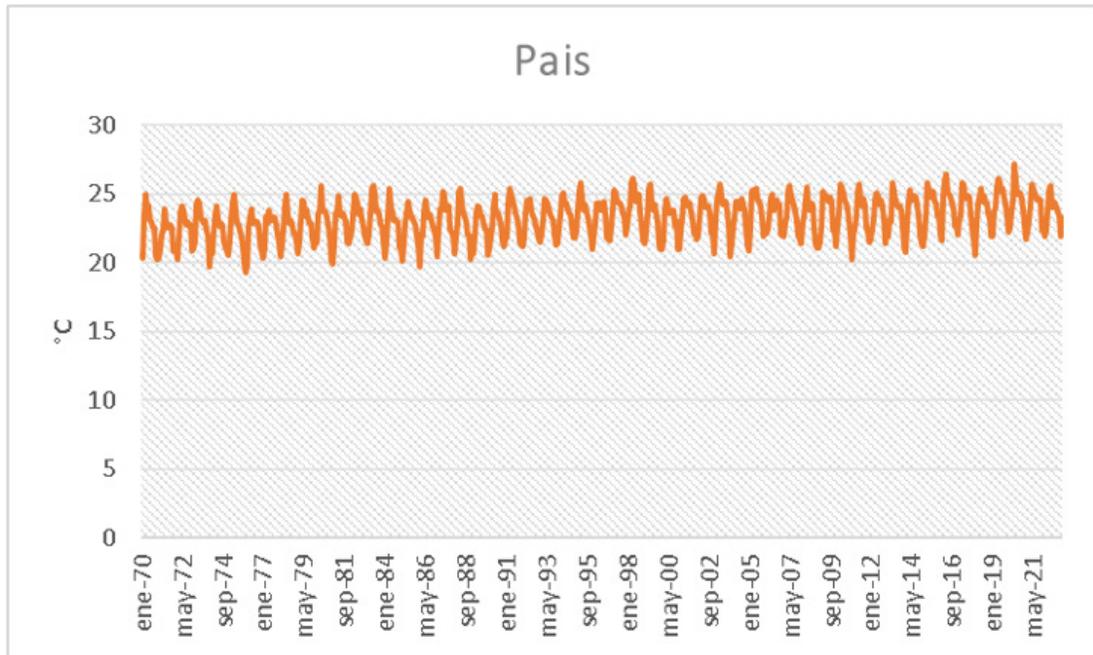


Figura 5.21 Temperaturas mensuales

A nivel mensual se observa a también un leve aumento de temperatura en los últimos años, los meses con mayor temperatura suelen ser, de mayo y abril en donde el los años de 1998, 2016, 2019 y 2020 fueron superiores a 26 grados.

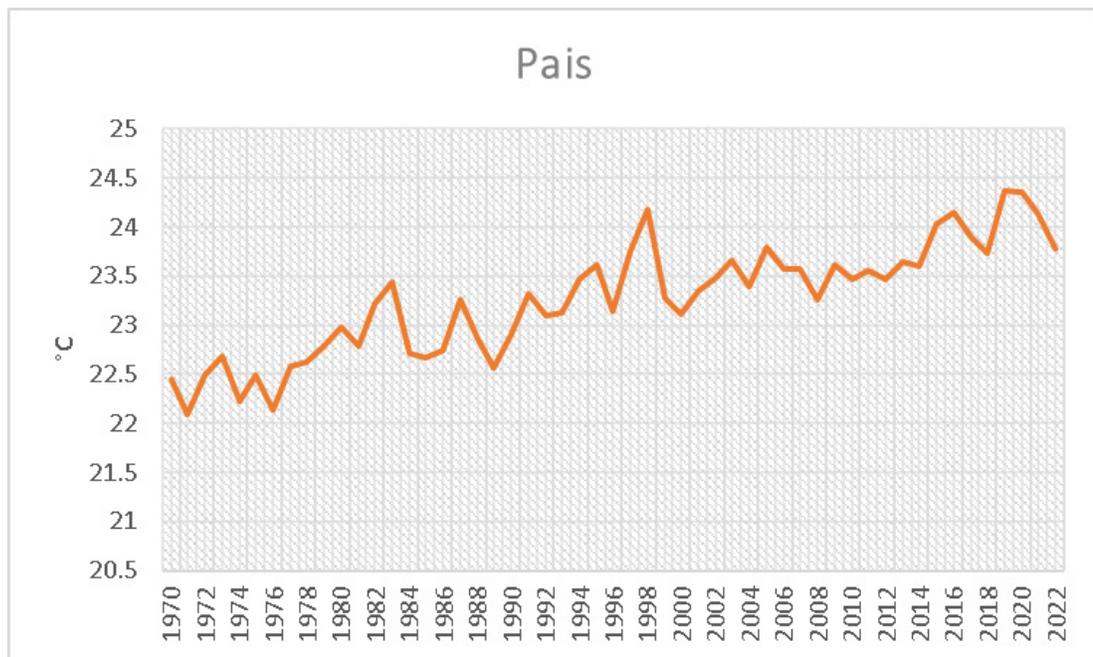


Figura 5.22 Temperaturas anuales

A nivel anual la temperatura media muestra un aumento en los últimos años, en donde se puede identificar los años de 1998, 2016, 2019, 2020 y 2021 superiores a los 24 grados en promedio.

• 5.4.6.3 Ciclo anual

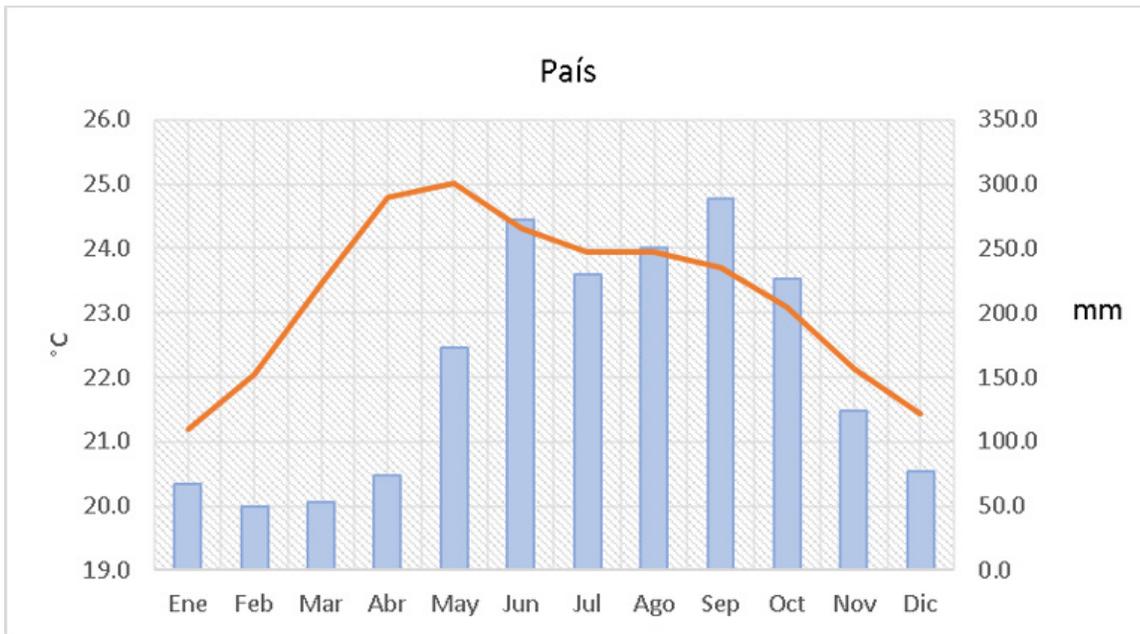


Figura 5.23 Ciclo anual de precipitación y temperatura

El ciclo anual de precipitación y temperatura se representa en la figura anterior, donde se observa que la estación de lluvias abarca desde mayo hasta octubre-noviembre.

Los meses más cálidos son abril y mayo, mientras que la temporada fría se extiende de diciembre a marzo.

5.4.7 Calidad del aire 2022

El Informe mundial la calidad del aire 2022 analiza el estado de la calidad del aire en todo el mundo para el año 2022, presentando datos sobre la calidad del aire de PM2.5 de 7,323 ciudades de 131 países, regiones y territorios, obtenidos de más de 30,000 estaciones de monitoreo de calidad del aire reglamentarias y sensores de calidad del aire (IQAir, 2022). De acuerdo con el informe, que reporta los datos de PM2.5 en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e incorporan las pautas de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2021 y los objetivos provisionales como base para la visualización de datos y la comunicación de riesgos, Guatemala es el cuarto país peor clasificado en calidad del aire en América Latina con una media de $18.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, superado en esta clasificación únicamente por Perú (23.5), Chile (22.2) y México (19.5).

Cabe mencionar que, según los puntos de corte anuales de PM2.5 basados en las directrices de la OMS y objetivos provisionales, Guatemala, con un código de color naranja, supera la directriz de la OMS PM2.5 entre 3 a 5 veces. Este preocupante hallazgo revela una situación alarmante en cuanto a la calidad del aire en Guatemala. La PM2.5 se refiere a partículas muy pequeñas en el aire que tienen un diámetro de 2.5 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o menos de diámetro (Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Ambiental de California, s.f.).

Estas, al ser extremadamente pequeñas, pueden penetrar profundamente en los pulmones cuando se inhalan. Estas partículas están compuestas por sustancias como hollín, polvo, cenizas y compuestos químicos nocivos, y su presencia en concentraciones elevadas es perjudicial para la salud humana y el medio ambiente.

Cumple la PM2.5 de la OMS	0-5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Azul	Calidad del aire
Supera directriz de la OMS PM2.5 entre 1 a 2	5.1-10	Verde	Objetivo intermedio 4
Supera directriz de la OMS PM2.5 entre 2 a 3	10.1-15	Amarillo	Objetivo intermedio 3
Supera directriz de la OMS PM2.5 entre 3 a 5	15.1-25	Naranja	Objetivo intermedio 2
Supera directriz de la OMS PM2.5 entre 5 a 7	25.1-35	Rojo	Objetivo intermedio 1
Supera directriz de la OMS PM2.5 entre 7 a 10	35.1-50	Morado	Supera niveles objetivo
Supera directriz de la OMS PM2.5 más de 10 veces	>50	Marrón	Supera niveles objetivo

Cuadro 5.3 Marco de visualización de la calidad del aire

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe mundial la calidad del aire 2022, IQAir, 2022.

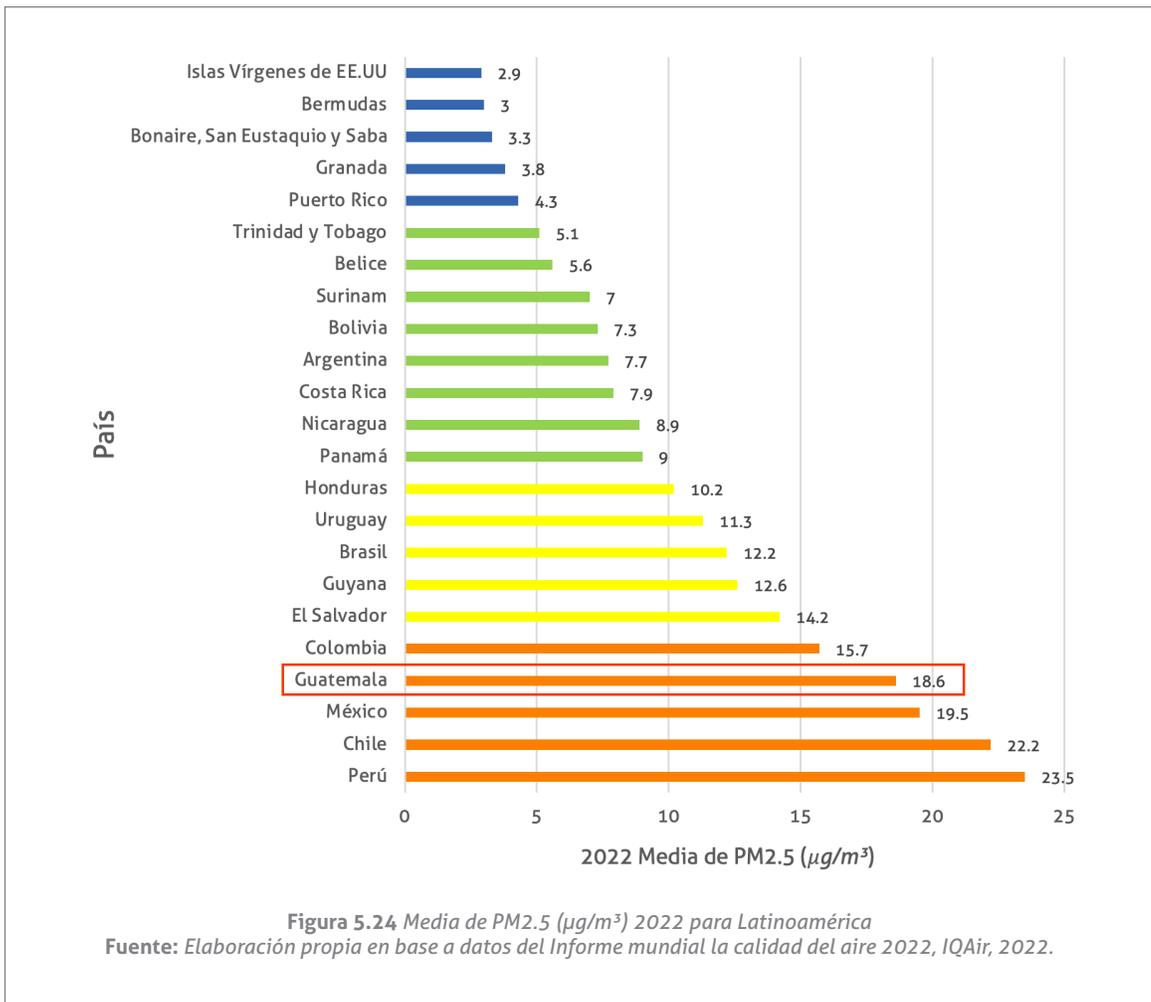


Figura 5.24 Media de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2022 para Latinoamérica

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe mundial la calidad del aire 2022, IQAir, 2022.

5.4.8 Emisiones gases de efecto invernadero (GEI) al 2022

Guatemala ha elaborado siete inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (1990, 1994, 2000, 2005, 2010, 2014, 2016 y 2018). De acuerdo con el informe Contribución Nacionalmente Determinada de Guatemala 2021, presentado en abril de 2022 por el MARN ante el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el inventario de GEI más reciente (2018) fue elaborado para el proyecto Primer Informe Bienal y Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Según el mismo las emisiones totales fueron de 63.55 millones de toneladas de CO_{2-eq}, evidenciando una contribución de Guatemala a las emisiones de GEI mundiales muy baja, con un solo 0.08%, pero con una tendencia que va en aumento (MARN, 2021).

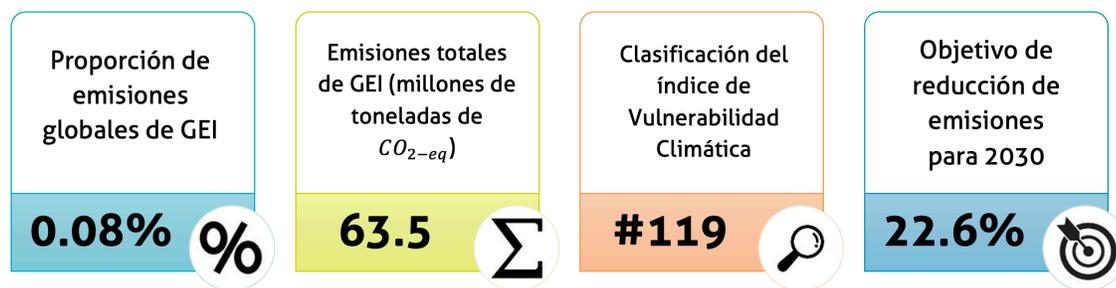
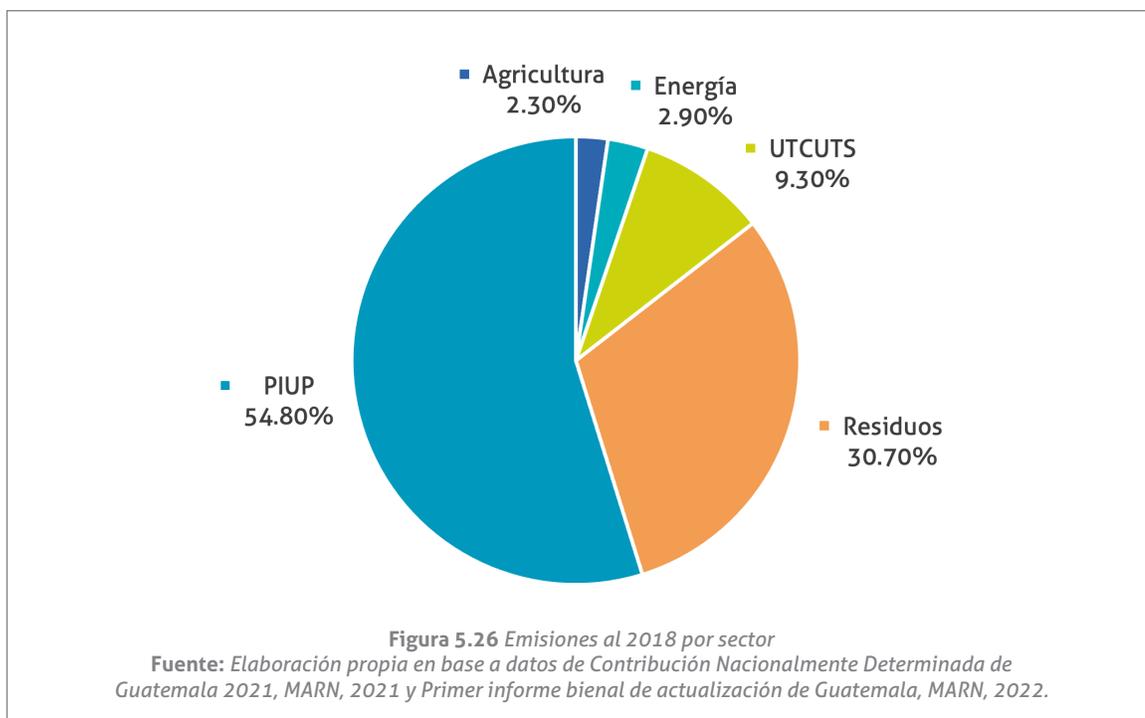


Figura 5.25 Contribución de Guatemala a las emisiones de GEI
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Climate Promise Guatemala, PNUD, 2022.

El desglose de las emisiones por sector es crucial para comprender la contribución relativa de cada uno de ellos al total de las emisiones de gases de efecto invernadero en Guatemala. Este análisis permite identificar las áreas prioritarias donde se deben implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. En Guatemala, el Primer informe bienal de actualización de Guatemala (MARN, 2022) reporta emisiones de los siguientes sectores: energía, procesos industriales y uso de productos (PIUP), agricultura, uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) y residuos. Una descripción de cada sector se presenta a continuación; posteriormente se muestra el aporte porcentual en emisiones totales por sector de acuerdo con el último inventario nacional de gases de efecto invernadero realizado en el país (2018).

- Energía*: producción de electricidad y calor, industrias manufactureras y de la construcción (otros), transporte terrestre, residencial (CO₂ y CH₄).
- Procesos industriales y uso de productos (PIUP)*: industria de los minerales y uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Agricultura*: fermentación entérica (vacas lecheras y otros vacunos), gestión del estiércol (otras especies), fertilizantes inorgánicos, orina y estiércol depositado por animales de pastoreo, residuos de cosechas, emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas (otros) y emisiones indirectas de N₂O de suelos agrícolas (lixiviación y escurrimiento),
- Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*: tierras forestales que permanecen como tales (absorciones y emisiones), tierras convertidas en tierras forestales (absorciones), tierras convertidas en tierras de cultivo (emisiones y absorciones) y tierras convertidas en pastizales (emisiones).
- Residuos*: sitios de disposición de residuos manejados y sitios de disposición de residuos no categorizados.



5.4.9 Inventario de los GEI

Según el Primer Informe Bienal de Actualización de Guatemala 2023 (MARN, 2023), en el 2018, las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero incluidas en el inventario de Guatemala, por tipo de GEI, fueron 50,101.9 kt CO₂; 333.1 kt CH₄; 9.8 kt N₂O; y 713.6 kt CO₂-eq de HFC. Los números anteriores reflejan la cantidad de gases liberados a la atmósfera por diversas actividades humanas, como la industria, el transporte, la agricultura y la deforestación. Cabe mencionar que, de acuerdo con el MARN (2023) Guatemala es una fuente neta de GEI, lo que significa que en el país se emiten más GEI de los que son absorbidos desde la atmósfera. La siguiente tabla muestra el balance nacional de GEI por sector para el período 1990-2018. La suma de estas emisiones se expresa en CO₂ equivalente CO₂-eq para tener una medida común que permita comparar el potencial de calentamiento global de cada uno de estos gases.

Sector	1990	1994	2000	2005	2010	2015	2014	2016	2018
Energía	5540.3	8586.3	12026.4	12662.6	13579.5	19346.2	20778.6	20170.6	20958.1
IPPU	571.3	696.7	1019.7	992.4	1204.2	1588.3	1665.3	2257.1	1992.8
Agricultura	4514.7	4631.4	4474.8	5755.3	6193.1	6580.8	6848.3	6702.8	6552.9
UTCUTS	31661	32297.6	30172.1	33003.8	29600.1	30754.3	31638.1	31721.8	30804
Residuos	627.3	741.8	924	1069	1386	1639.5	1709.7	1684.3	1750.8
Balance	42914.6	46953.9	48616.9	53483.2	51962.9	59909.1	62640	62536.7	62058.6

Cuadro 5.4 Balance nacional de GEI por sector (kt CO₂-eq), 1990-2018

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Primer Informe Bienal de Actualización de Guatemala 2023, MARN, 2023.

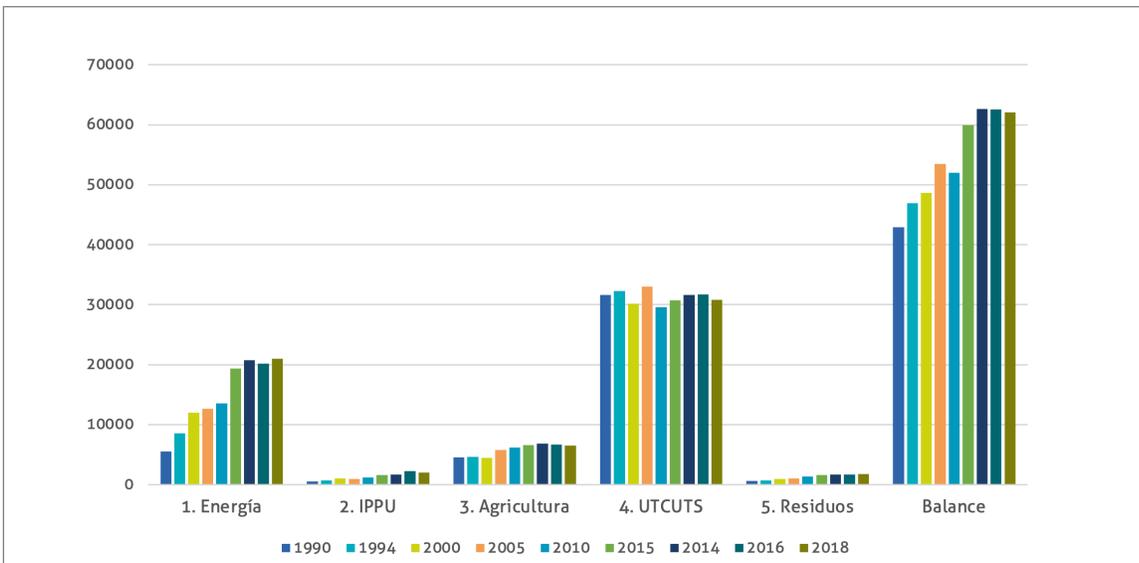


Figura 5.27 Balance nacional de GEI por sector (kt CO₂-eq), 1990-2018

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Primer Informe Bienal de Actualización de Guatemala 2023, MARN, 2023.

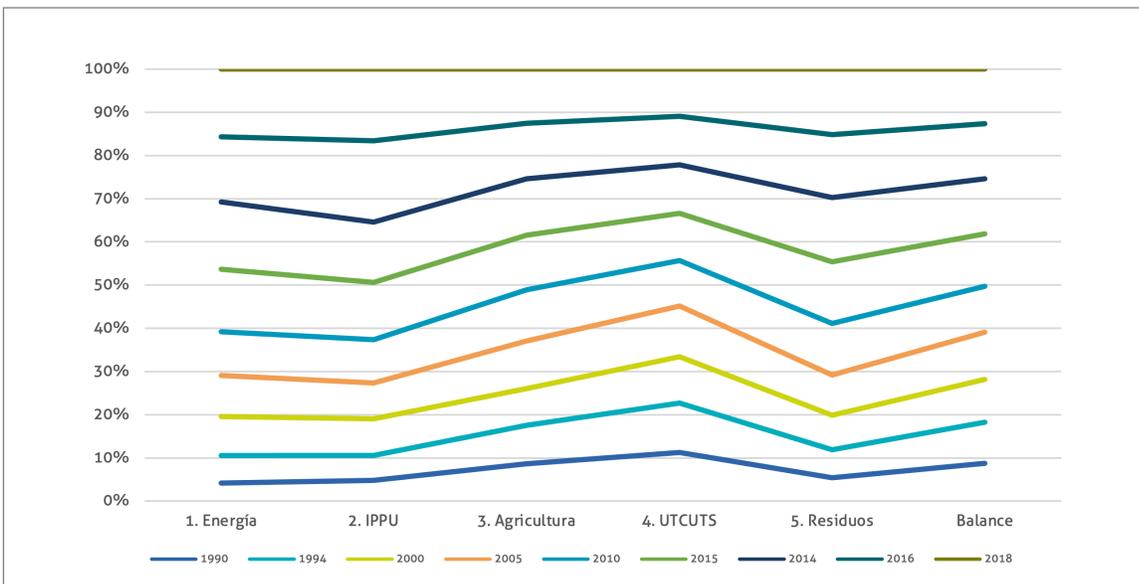


Figura 5.28 Balance nacional de GEI por sector (kt CO₂-eq), 1990-2018

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Primer Informe Bienal de Actualización de Guatemala 2023, MARN, 2023.

5.4.10 Ciclones tropicales que han pasado en Guatemala de 1980 al 2022.

El criterio utilizado para seleccionar los ciclones tropicales que han pasado por Guatemala fue el de considerar una distancia de 120 millas (222 km) náuticas desde el centro del eje del trayecto de los ciclones.

	Año	Nombre	Inicio	Fin	Max Categoría	Océano
1	1980	HERMINE	20/09/1980	26/09/1980	TS	Atlántico
2	1988	BUD	20/06/1988	22/06/1988	TS	Pacífico
3	1988	MIRIAM	23/10/1988	2/11/1988	TS	Pacífico
4	1990	DIANA	4/08/1990	9/08/1990	H2	Atlántico
5	1993	GERT	14/09/1993	21/09/1993	H2	Atlántico
6	1995	OPAL	27/09/1995	6/10/1995	H4	Atlántico
7	1995	ROXANNE	7/10/1995	21/10/1995	H3	Atlántico
8	1996	CESAR	24/07/1996	28/07/1996	H1	Atlántico
9	1996	DOUGLAS	29/07/1996	6/08/1996	H4	Pacífico
10	1996	DOLLY	19/08/1996	25/08/1996	H1	Atlántico
11	1996	KYLE	11/10/1996	12/10/1996	TS	Atlántico
12	1997	ANDRES	1/06/1997	7/06/1997	TS	Pacífico
13	1997	OLAF	26/09/1997	12/10/1997	TS	Pacífico
14	1997	RICK	7/11/1997	10/11/1997	H2	Pacífico
15	1998	LESTER	15/10/1998	26/10/1998	H3	Pacífico
16	1998	MICH	22/10/1998	9/11/1998	H5	Atlántico
17	1999	KATRINA	28/10/1999	1/11/1999	TS	Atlántico
18	2000	KEITH	28/09/2000	6/10/2000	H4	Atlántico
19	2001	CHANTAL	14/08/2001	22/08/2001	TS	Atlántico
20	2001	JULIETTE	21/09/2001	3/10/2001	H4	Pacífico
21	2001	IRIS	4/10/2001	9/10/2001	H4	Atlántico
22	2003	BILL	28/06/2003	3/07/2003	TS	Atlántico
23	2005	ADRIAN	17/05/2005	21/05/2005	H1	Pacífico
24	2005	CINDY	3/07/2005	11/07/2005	H1	Atlántico
25	2005	STAN	1/10/2005	5/10/2005	H1	Atlántico
26	2007	BARBARA	29/05/2007	2/06/2007	TS	Pacífico
27	2007	DEAN	13/08/2007	23/08/2007	H5	Atlántico
28	2007	FELIX	31/08/2007	6/09/2007	H5	Atlántico
29	2008	ALMA	29/05/2008	30/05/2008	TS	Pacífico
30	2008	ARTHUR	31/05/2008	2/06/2008	TS	Atlántico
31	2008	MARCO	6/10/2008	7/10/2008	TS	Atlántico
32	2008	ODILE	8/10/2008	13/10/2008	TS	Pacífico
33	2010	AGATHA	28/05/2010	30/05/2010	TS	Pacífico
34	2010	ALEX	24/06/2010	2/07/2010	H2	Atlántico
35	2010	FRANK	21/08/2010	28/08/2010	H1	Pacífico
36	2010	KARL	13/09/2010	18/09/2010	H3	Atlántico
37	2010	MATTHEW	23/09/2010	26/09/2010	TS	Atlántico
38	2010	RICHARD	19/10/2010	25/10/2010	H2	Atlántico
39	2011	HARVEY	19/08/2011	22/08/2011	TS	Atlántico
40	2011	TWELVE	6/10/2011	13/10/2011	TD	Pacífico
41	2012	ERNESTO	1/08/2012	10/08/2012	H2	Atlántico
42	2012	HELENE	9/08/2012	19/08/2012	TS	Atlántico

Cuadro 5.5 *Ciclones tropicales de 1980-2022*
Fuente: NOAA, 2023

	Año	Nombre	Inicio	Fin	Max Categoría	Océano
43	2013	BARBARA	28/05/2013	30/05/2013	H1	Pacífico
44	2013	BARRY	16/06/2013	21/06/2013	TS	Atlántico
45	2013	INGRID	12/09/2013	17/09/2013	H1	Atlántico
46	2014	BORIS	1/06/2014	4/06/2014	TS	Pacífico
47	2014	DOLLY	1/09/2014	4/09/2014	TS	Atlántico
48	2014	HANNA	21/10/2014	29/10/2014	TS	Atlántico
49	2015	PATRICIA	20/10/2015	24/10/2015	H1	Pacífico
50	2016	DANIELLE	18/06/2016	21/06/2016	TS	Atlántico
51	2016	EARL	2/08/2016	6/08/2016	H1	Atlántico
52	2017	FRANKLIN	6/08/2017	10/08/2017	H1	Atlántico
53	2017	HARVEY	16/08/2017	2/09/2017	H4	Atlántico
54	2017	SELMA	26/10/2017	28/10/2017	TS	Pacífico
55	2018	VICENTE	19/10/2018	23/10/2018	TS	Pacífico
56	2020	AMANDA	30/05/2020	31/05/2020	TS	Pacífico
57	2020	CRISTOBAL	1/06/2020	12/06/2020	TS	Atlántico
58	2020	NANA	1/09/2020	4/09/2020	H1	Atlántico
59	2020	ETA	31/10/2020	14/11/2020	H4	Atlántico
60	2020	IOTA	12/11/2020	18/11/2020	H4	Atlántico
61	2022	CELIA	16/06/2022	30/06/2022	TS	Pacífico
62	2022	BONNIE	27/06/2022	11/07/2022	H3	Pacífico
63	2022	JULIA	6/10/2022	10/10/2022	H1	Atlántico
64	2022	KARL	11/10/2022	15/10/2022	TS	Atlántico
65	2022	LISA	30/10/2022	5/11/2022	H1	Atlántico

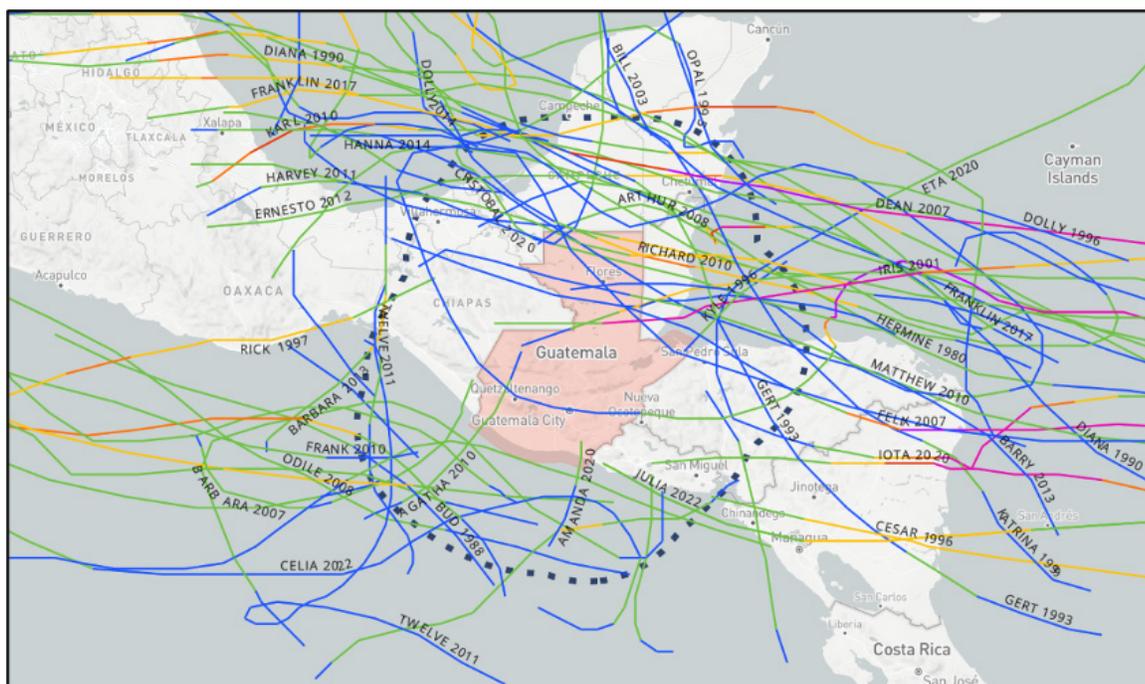


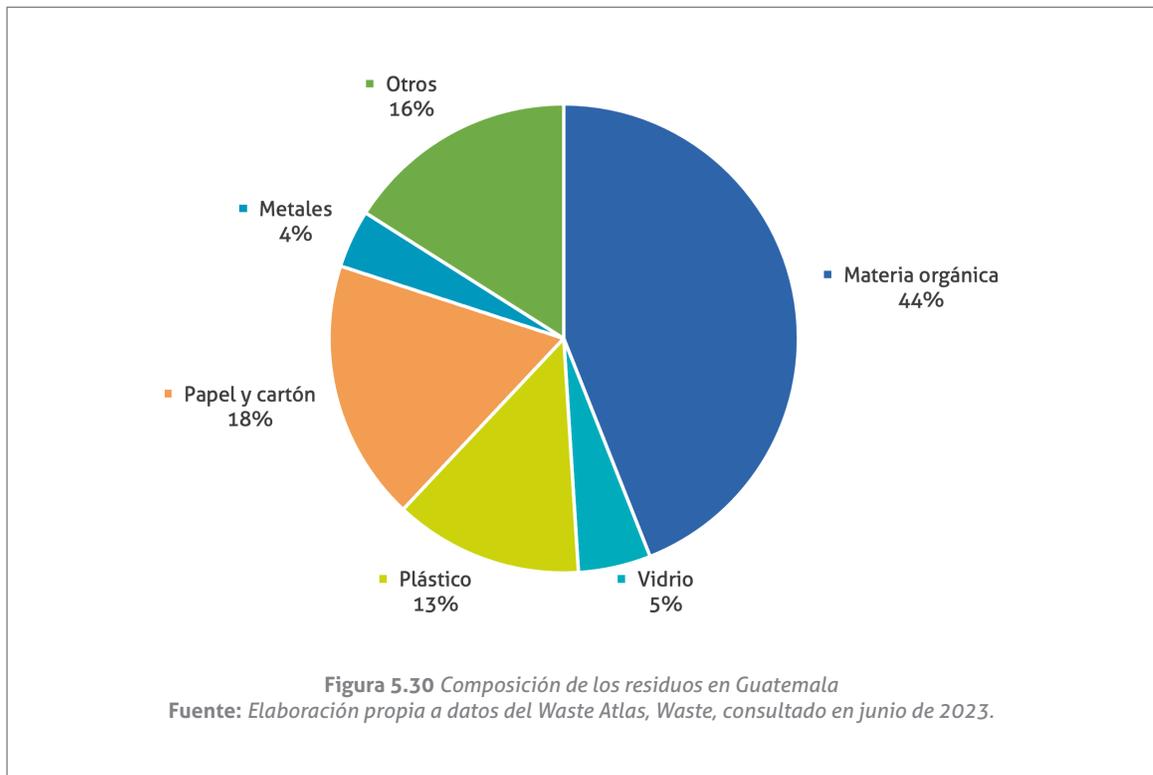
Figura 5.29 Trayectoria de ciclones tropicales a una distancia de 120 millas náuticas desde el año 1980 hasta el 2022. Fuente: NOAA, (2023). Historical Hurricane Tracks. Recuperado de <https://coast.noaa.gov/hurricanes>

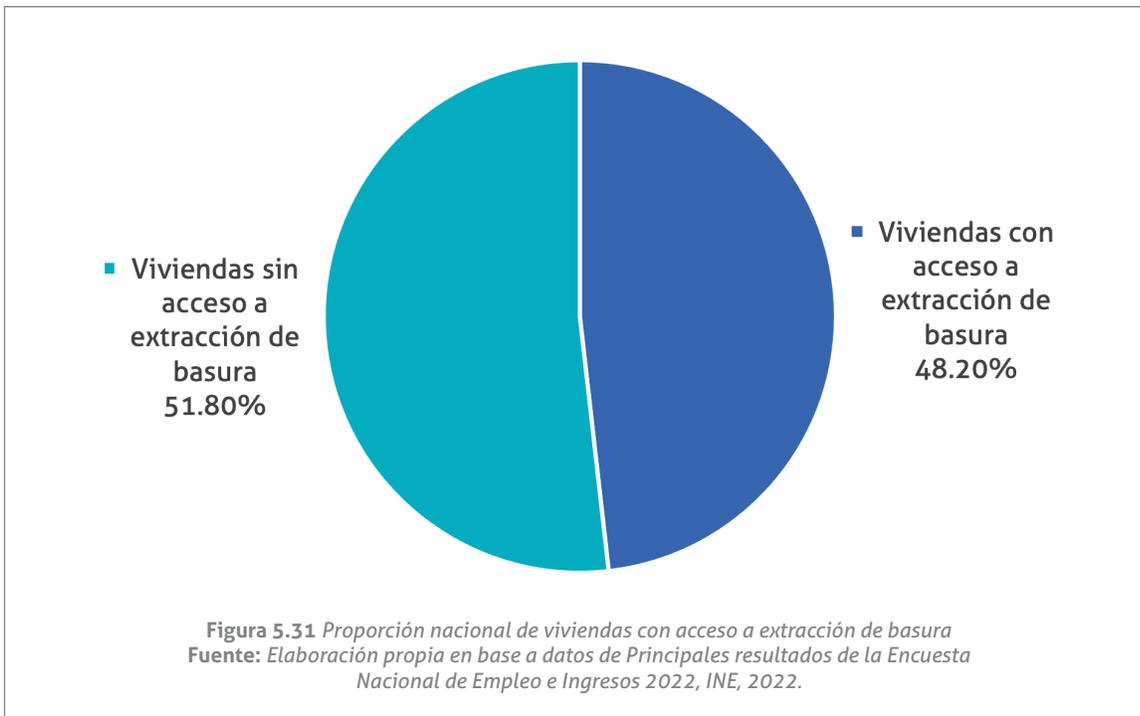
5.4.11 Producción y manejo de los desechos

Según datos del Waste Atlas, un mapa interactivo de acceso gratuito basado en la participación colectiva que visualiza datos sobre la gestión de residuos sólidos municipales en todo el mundo con fines de comparación y referencia (Waste, s.f.), Guatemala genera 3,285,716 de toneladas anuales de residuos sólidos municipales, lo que lo convierte en el país líder en Centroamérica en términos de generación de residuos. Del total de 3,285,716 de toneladas anuales, el 44% corresponde a materia orgánica, el 18% a papel y cartón, el 16% a otros, el 13% a plástico, el 5% a vidrio y el 4% a metales (Waste, s.f.). La gestión inadecuada de estos residuos puede resultar en la liberación de gases de efecto invernadero, como el metano, contribuyendo al cambio climático. Además, la contaminación del suelo y el agua, así como los impactos negativos en la salud y la biodiversidad, son otros posibles efectos derivados de esta generación masiva de residuos.

En el 2021 el MARN emitió el Acuerdo Gubernativo 164-2021: Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, la primera normativa en Guatemala que regula de manera integral la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos, estableciendo normas sanitarias y ambientales que buscan evitar el deterioro ambiental, reducir la contaminación de los sistemas ambientales y mejorar la salud de los habitantes del territorio guatemalteco (MARN, 2021). A pesar de ello, existen desafíos significativos en la gestión de residuos y desechos sólidos en Guatemala, con una disponibilidad de áreas para el tratamiento y procesamiento de residuos limitada y que se acerca cada vez más a un punto de colapso.

De acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (MARN, SGCCC y PNUD, 2021) el manejo inadecuado de los desechos sólidos es uno de los principales problemas ambientales del país. A nivel nacional, el 51.8% de las viviendas carecen de acceso al servicio de extracción de basura (INE, 2022). Esto significa que más de la mitad de las viviendas en el país enfrentan desafíos en la gestión adecuada de sus residuos sólidos. Por otro lado, el 48.2% de las viviendas tienen acceso a este servicio fundamental que, según el subindicador 4 de la meta 1.4.1 de los ODS, tiene lugar cuando una vivienda tiene acceso a extracción de basura mediante servicio municipal o privado.





5.4.12 Parque vehicular nacional

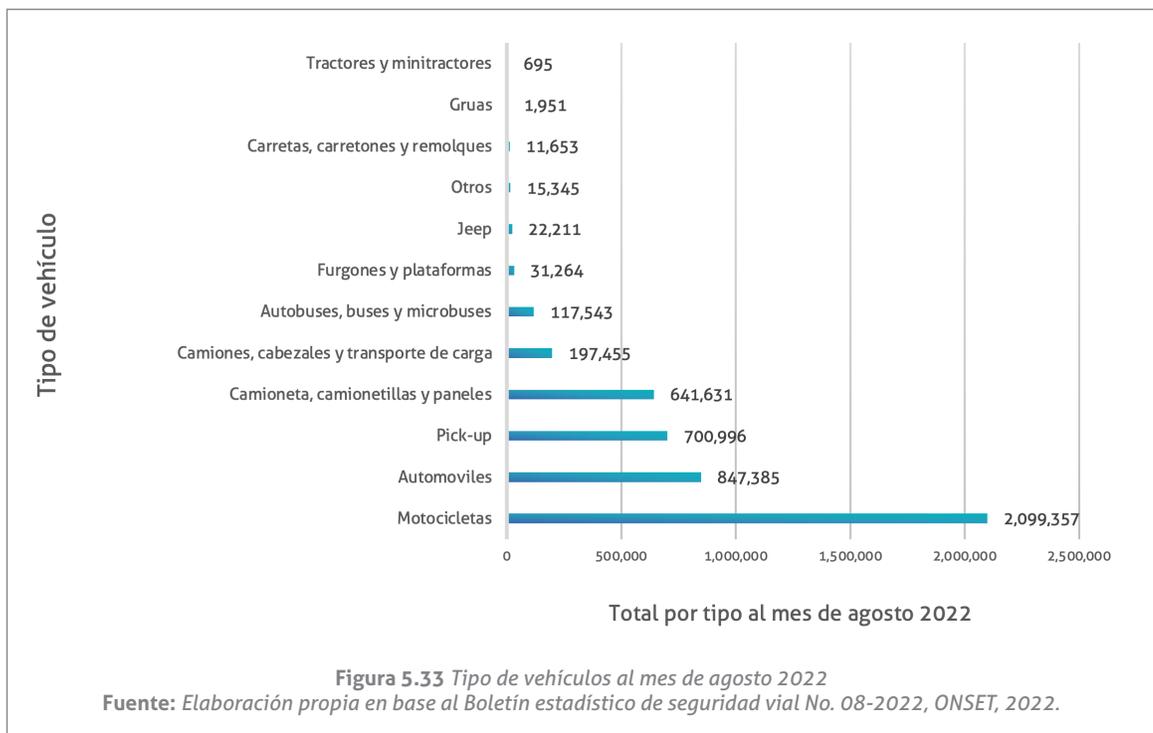
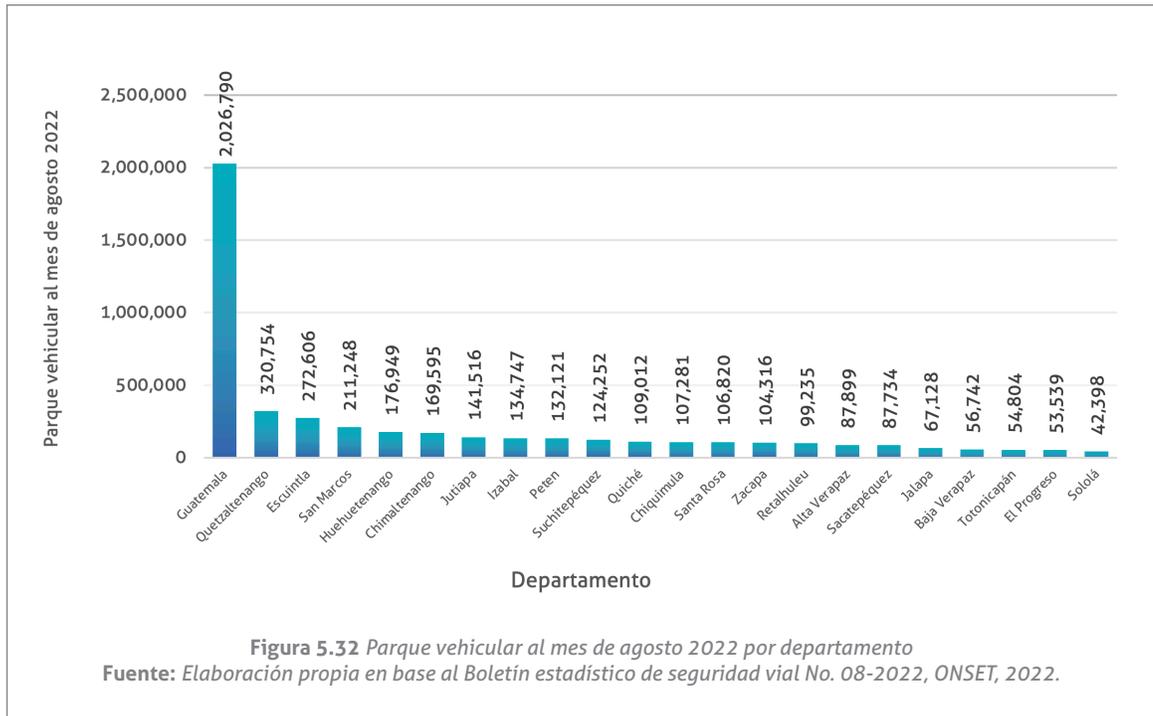
De acuerdo con el Observatorio Nacional de Seguridad del Tránsito (ONSET, 2021, como citado por el Ministerio de Gobernación [MINGOB], 2021), hasta mayo de 2021, se contabilizan 4,289,712 vehículos en toda la república, mientras que a finales de 2020 había 4,096,800, lo que significa un aumento de 192,912, un 4.50% más en un periodo de 5 meses. ONSET (2022) reportó en su Boletín estadístico de seguridad vial No. 08-2022 un total de 4,687,486 vehículos al mes de agosto 2022, lo que significa un aumento del 8.49% en 14 meses. Los datos anteriores evidencian una clara tendencia al alza del parque vehicular en Guatemala. Cabe mencionar que es necesario valorar la distribución geográfica de este para comprender el impacto en la contaminación atmosférica local. Debido a que el parque vehicular es una fuente significativa de emisiones de GEI, la concentración de vehículos en cada departamento tiene implicaciones en la calidad del aire local y regional.

La distribución departamental del parque vehicular guatemalteco al mes de agosto de 2022 revela algunos puntos importantes. El departamento de Guatemala se destaca con un 43.24% del total de vehículos, es decir, casi la mitad del parque vehicular nacional total, lo que lo consolida como el líder en términos de cantidad de vehículo. Además, se observa que otros departamentos como Quetzaltenango, Escuintla y San Marcos también presentan una presencia significativa en la distribución, con porcentajes del 6.84%, 5.82% y 4.51% respectivamente. Por otro lado, se evidencia una diversidad en la distribución, con departamentos como Petén, Quiché y Chiquimula también mostrando una proporción considerable de vehículos registrados.

La distribución por tipos de vehículos proporciona una visión clara de la composición del parque vehicular del país, lo cual es relevante para tomar decisiones estratégicas en términos de políticas de transporte, infraestructura vial y protección ambiental. La presencia predominante de motos, automóviles y pickups en Guatemala tiene implicaciones ambientales significativas. Si bien las motocicletas suelen tener motores más pequeños y, por lo tanto, emiten menos gases contaminantes en comparación con los automóviles y los vehículos de carga, su gran número puede contribuir de manera considerable a la contaminación atmosférica. Dado que las motos representan el 44.79% del parque vehicular nacional, es importante abordar los desafíos ambientales asociados con estos.

Los automóviles y los vehículos del tipo pick-up, que también tienen una presencia considerable en el parque vehicular nacional con un 18.08% y un 14.95% respectivamente, tienden a tener motores más grandes y consumir más combustible en comparación con las motos.

Esto implica una mayor emisión de gases contaminantes, como dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que contribuyen al calentamiento global y la mala calidad del aire. Por otro lado, los vehículos de carga como camiones y cabezales, que representan el 4.21%, emiten mayores cantidades de gases contaminantes debido a su tamaño y motorización.



5.5 Respuestas y Gestión

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86, en su artículo 13, establece los diferentes sistemas ambientales y aspectos de ambiente, sujetos de normatividad a través de la emisión de reglamentos que el Organismo Ejecutivo se obliga a promulgar. Además, en su artículo 14, establece, en cuanto al sistema atmosférico, que se emitirán reglamentos para:

- a. *Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes;*
- b. *Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera;*
- c. *Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes a la atmósfera;*
- d. *Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones;*
- e. *Regular la contaminación producida por el consumo energético;*
- f. *Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar las fuentes de contaminación atmosférica; y*
- g. *Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.*

Además, como país miembro y activo dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Guatemala tiene un compromiso internacional para abordar el cambio climático, mediante la toma de medidas concretas que contribuyan a los objetivos globales de mitigación y adaptación. El MARN, en su papel como punto focal de Guatemala, trabaja en la institucionalización de acciones a nivel nacional. Algunas de las iniciativas incluyen la elaboración e implementación de planes de acción nacionales que buscan reducir las emisiones de GEI, promover la adopción de energías renovables y fortalecer la resiliencia frente a los impactos del cambio climático. Además, se han elaborado documentos como la Tercera Comunicación sobre Cambio Climático Guatemala 2021 y la Contribución Nacionalmente Determinada Guatemala 2021, instrumentos de utilidad para fijar políticas y estrategias nacionales en materia de cambio climático.

Además, existen varias organizaciones y asociaciones en Guatemala que estudian el cambio climático y sus efectos. El Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC) es responsable de revisar y generar información científica y trasladarla a los tomadores de decisiones políticas en lo que respecta al cambio climático, además de brindar asesoría en materia científica de cambio climático a instituciones y actores relevantes, incluyendo el Consejo Nacional de Cambio Climático, el máximo organismo de decisión de Guatemala en materia de cambio climático. Desde la academia, la industria, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos locales y municipalidades, organismos internacionales y otros sectores también se trabaja de manera conjunta y colaborativa para comprender, abordar y mitigar los efectos del cambio climático en Guatemala.

5.5.1 Escenarios futuros

A medida que avanzamos hacia el futuro, es crucial comprender y analizar los posibles escenarios futuros del sistema atmosférico en Guatemala. En este contexto, el cambio climático plantea desafíos significativos para el país. De acuerdo con el MARN (2021), el escenario más conservador indica aumentos en la temperatura media del país de 1°C y reducciones de 500mm en la precipitación anual para finales de siglo; por su parte, el más abrupto prevé incrementos de hasta 4°C y reducciones de hasta 1100mm. En general, se espera una disminución generalizada de la precipitación a nivel nacional, pero con lluvias más intensas en periodos más cortos y en áreas específicas (MARN et al., 2021, como citado por MARN, 2021). La acumulación de lluvia anual y temperatura media en escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5 para los periodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099 se muestran a continuación:

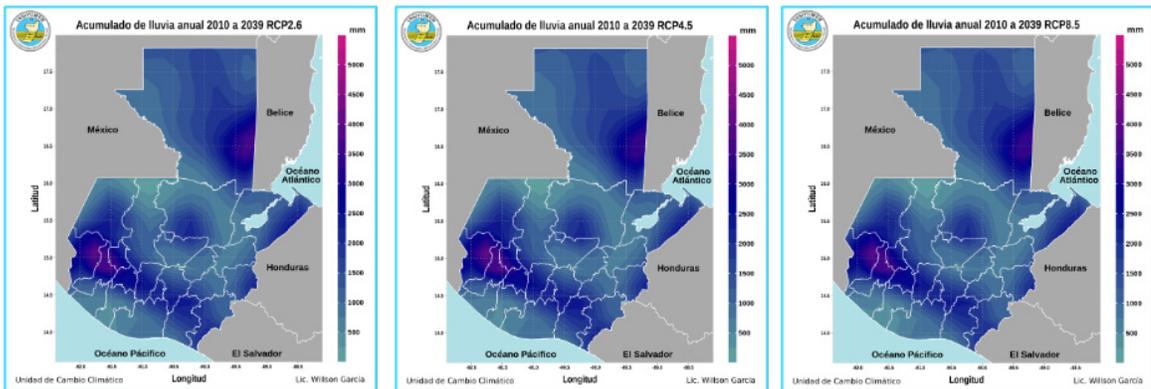


Figura 5.34 Acumulado de lluvia anual 2010 a 2039 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

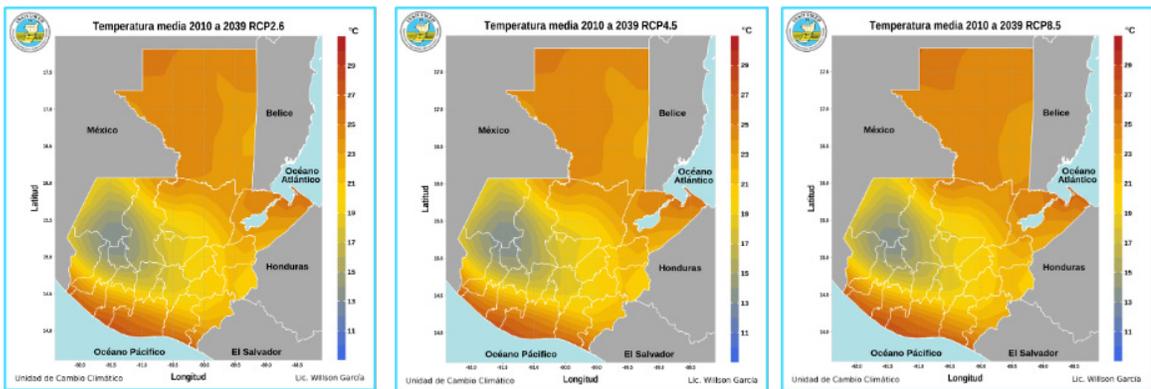


Figura 5.35 Temperatura media 2010 a 2039 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

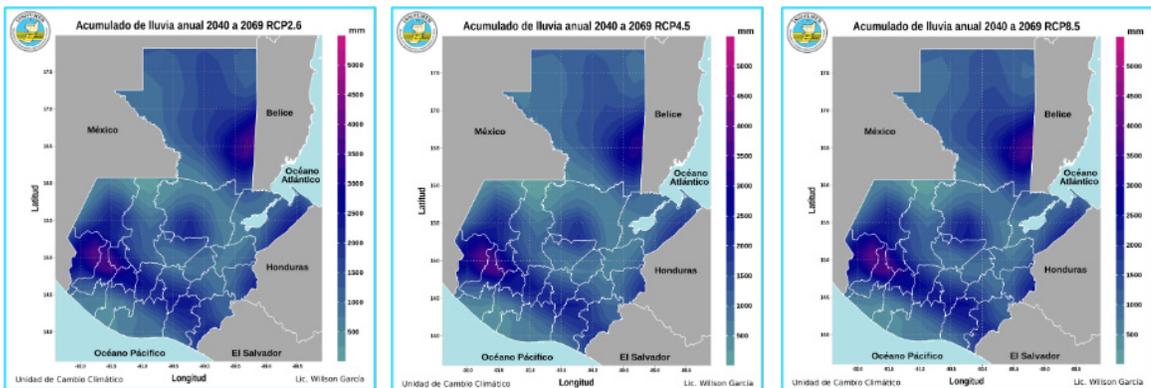


Figura 5.36 Acumulado de lluvia anual 2040 a 2069 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

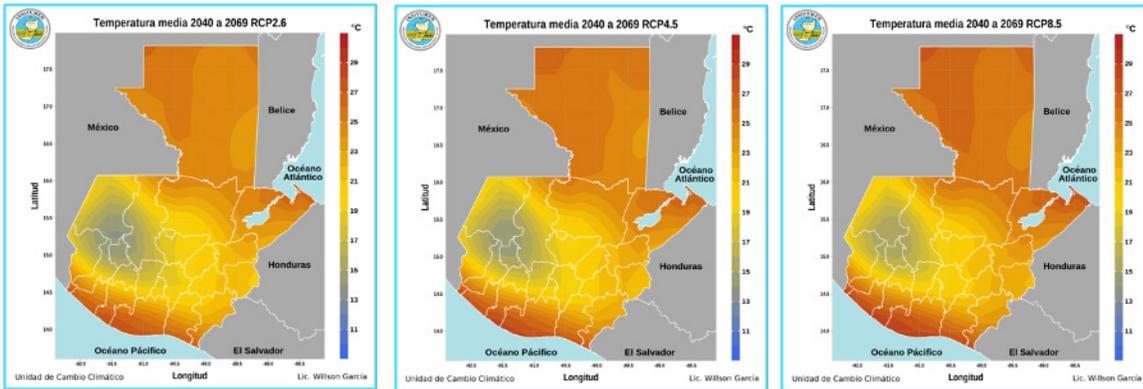


Figura 5.37 Temperatura media 2040 a 2069 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

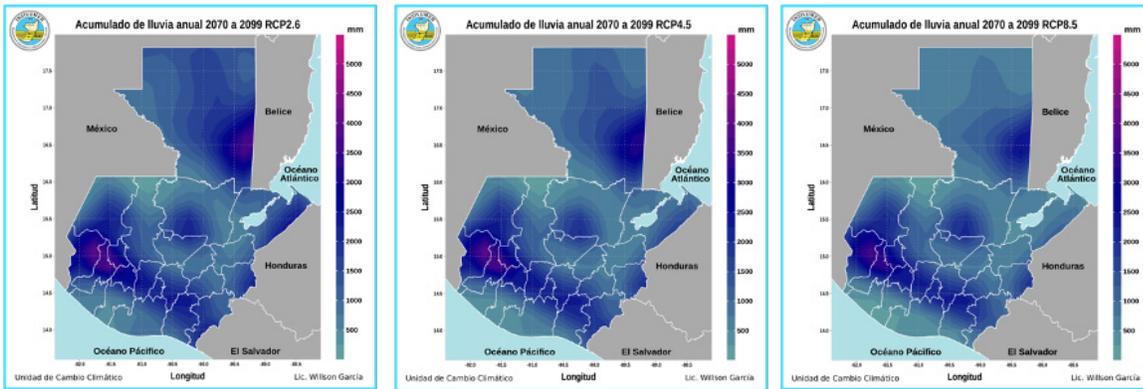


Figura 5.38 Acumulado de lluvia anual 2070 a 2099 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

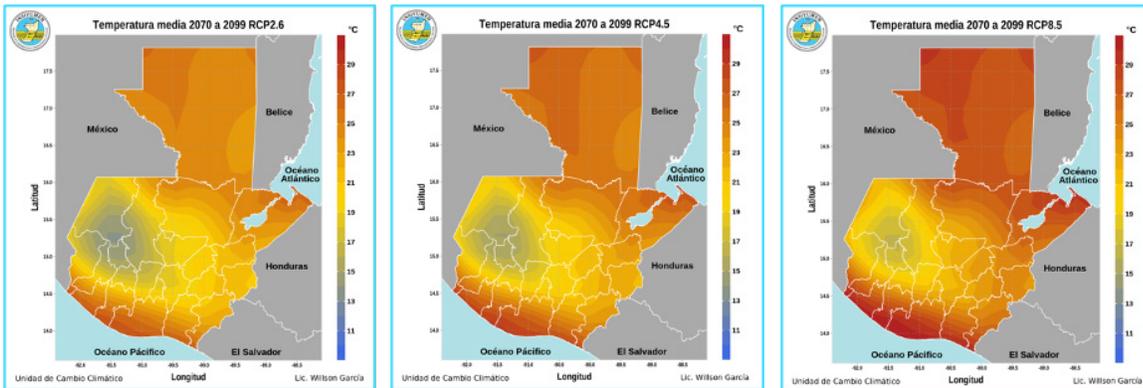


Figura 5.39 Temperatura media 2070 a 2099 RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5
Fuente: Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -, INSIVUMEH, 2020.

Conclusiones

El sistema atmosférico en Guatemala se enfrenta a presiones significativas derivadas de múltiples factores, entre los que se destacan el cambio climático, la contaminación atmosférica, la deforestación, la urbanización descontrolada y la sobreexplotación de los recursos naturales. Estas presiones están generando una serie de efectos perjudiciales, tales como cambios en los patrones climáticos, eventos extremos más frecuentes y una variedad de impactos negativos en la sociedad y los ecosistemas. Aunque se han implementado algunas respuestas para hacer frente a estos desafíos, es evidente que se requiere de un mayor esfuerzo y una acción coordinada a nivel nacional e internacional para proteger el sistema atmosférico y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

En este sentido, la colaboración entre los diferentes sectores de la sociedad jugará un papel fundamental en la búsqueda de soluciones efectivas frente a los efectos adversos del cambio climático. Es imprescindible intensificar los esfuerzos de coordinación entre el gobierno, la sociedad civil, la academia, el sector empresarial y las organizaciones internacionales, con el objetivo de desarrollar estrategias integrales que aborden los desafíos climáticos de manera holística y con visión de futuro. Solo a través de un enfoque conjunto se podrán implementar medidas concretas que permitan fortalecer la resiliencia del país frente a los impactos del cambio climático y garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras.

Además de las estrategias de adaptación y mitigación, es esencial fomentar la conciencia ambiental y promover la participación ciudadana en la protección del sistema atmosférico guatemalteco. La educación y la sensibilización juegan un papel crucial en este sentido, ya que son herramientas poderosas para impulsar cambios positivos en los hábitos individuales y colectivos. Es fundamental educar a la población sobre la importancia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, conservar los recursos naturales y adoptar prácticas sostenibles en sectores clave como la agricultura, la energía y el transporte. Al empoderar a los ciudadanos y promover su participación, se puede lograr un cambio real y duradero que se reflejarán en la forma en que interactuamos con el sistema atmosférico y el medio ambiente en general.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo Gubernativo 164-2021: Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes. Diario de Centro América. 9 de agosto de 2021. <https://zolicguate.com/wp-content/uploads/2022/>
- Alfaro, G., y Gómez, R. (2019). Antecedentes y contexto del cambio climático en Guatemala. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escibá, M. Rosales-Alconero, y A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 2–19). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
- Banco Mundial (2022). Lo que hay que saber sobre el cambio climático y la contaminación atmosférica. [bancomundial.org](https://www.bancomundial.org/). <https://www.bancomundial.org/>
- Banco Mundial (2021). El costo global de salud por la contaminación del aire con PM2.5: Un caso para la acción más allá de 2021. Washington, DC. doi:10.1596/978-1-4648-1816-5.
- Banco Mundial (2023). Guatemala Panorama general. [bancomundial.org](https://www.bancomundial.org/). <https://www.bancomundial.org/>
- Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala (s.f.). Clima en Guatemala. [funcagua.org.gt](https://funcagua.org.gt/clima-en-guatemala/). [https://funcagua.org.gt](https://funcagua.org.gt/clima-en-guatemala/)
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2020). Proyecciones de cambio climático en Guatemala - Reducción dinámica -. <https://insivumeh.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Estadística (2022). Principales resultados de la Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022. <https://www.ine.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (2021). Perspectiva Climática Mensual. <https://insivumeh.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (s.f.). Cambio climático. insivumeh.gob.gt. <https://insivumeh.gob.gt/>
- IQAir (2022). Informe de la Calidad del Aire en el Mundo 2022. <https://www.iqair.com/es/world-air-quality-report>
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86 DE 1986. 1986 (Guatemala).
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021). Contribución Nacionalmente Determinada Guatemala 2021. <https://unfccc.int/sites/default/files/2022-06/NDC%20-%20Guatemala%202021.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2021). Guatemala tendrá una gestión integral de los residuos y desechos sólidos con el nuevo reglamento del MARN. [marn.gob.gt](https://guatemala.gob.gt/guatemala-tendra-una-gestion-integral-de-los-residuos-y-desechos-solidos-con-el-nuevo-reglamento-del-marn/). <https://guatemala.gob.gt/guatemala-tendra-una-gestion-integral-de-los-residuos-y-desechos-solidos-con-el-nuevo-reglamento-del-marn/>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Rainforest Alliance (2022). Atlas de vulnerabilidad al cambio climático Guatemala. <https://www.marn.gob.gt/wp-file-download/atlas-de-vulnerabilidad-cambio-climatico-guatemala/>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2021). Tercera comunicación nacional sobre cambio climático de Guatemala. Editorial Universitaria UVG. [https://www.marn.gob. gt/paginas/Direccin_de_Cambio_Climtico](https://www.marn.gob.gt/paginas/Direccin_de_Cambio_Climtico)
- Ministerio de Energía y Minas (2022). Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2022-2052. Guatemala. Ministerio de Energía y Minas. Plan de expansión indicativo del sistema de generación 2022-2052. <https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2022/01/PEG-2022-2052.pdf>
- Ministerio de Gobernación (2021). Sigue incrementándose el parque vehicular en Guatemala. transito.gob.gt. <https://transito.gob.gt/sigue-incrementandose-el-parque-vehicular-en-guatemala/>
- Observatorio Nacional de Seguridad del Tránsito (2022). Boletín estadístico de seguridad vial No. 08-2022 Guatemala, agosto de 2022. <https://transito.gob.gt/>
- Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Ambiental de California (s.f.). PM2.5. oehha.ca.gov. <https://oehha.ca.gov/>
- Organización Mundial de la Salud (s.f.). Contaminación atmosférica. [who.int](https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1). https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2022). Climate Promise Guatemala. climatepromise.undp.org. https://climatepromise.undp.org
- Rivera, P., Ochoa, W. y Salguero, M. (2020). Escenarios de cambio climático para Guatemala, C. A. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://sgccc.org.gt/>
- Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (2022). Variabilidad y cambio climático. <https://sgccc.org.gt/>

Waste (s.f.). Guatemala: general country profile, country waste profile and waste composition. d-waste.com. <http://www.atlas.d-waste.com/>

CCAC, ONU, CAB, NDC. . (2021). MARN. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales : <https://www.marn.gob.gt>

FUNCAGUA. (2020). Obtenido de <https://funcagua.org.gt/clima-en-guatemala/>

Gerónimo Pérez I., J. J. (Marzo de 2022). Atributos Territoriales y Dinámicas Socioambientales de Guatemala: Síntesis gráfico-descriptiva. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: CARA PARENS. Obtenido de https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiclgl/IARNA/serie_ambi/978-9929-54-410-9.pdf

Grupo Banco Mundial. (2023). Obtenido de Grupo Banco Mundial : <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.TFRT.IN?locations=GT>

INAB. (2021). Obtenido de INAB: <https://www.inab.gob.gt/images/informacionpublica/2021/enero/5.2%20Plan%20Operativo%20Anual%202021.pdf>

INE. (2023). Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística de Guatemala : <https://www.ine.gob.gt/proyecciones/>

INE-SEN. (Marzo de 2020). Obtenido de INE-SEN: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2020/05/14/202005141616031bgVgHc5enyxiXopUTuxcrUzC5WPkzCr.pdf>

MARN. (2022). Obtenido de MARN: <https://www.marn.gob.gt/wp-content/uploads/2023/02/Informe-de-Rendicion-de-Cuentas-Tercer-Cuatrimestre-2022.pdf>

MEM. (2023). Obtenido de https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/12._Ley_deL_Organismo_Ejecutivo_Decreto_114_97.pdf

MEM. (2023). Obtenido de MEM: https://mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/15._Ley_Forestal_Decreto_101_96.pdf

MINFIN. (2022). Obtenido de https://www.minfin.gob.gt/images/daf/cuenta_consolidada/images/Listado%20de%20Entidades%20del%20SPNF.PDF

MINFIN. (2023). Obtenido de https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp_marcolegal/bases_legales/Constitucion_politica_de_la_republica_de_guatemala.pdf

Ministerio de Asuntos Exteriores, U. E. (Noviembre de 2022). Ministerio de Asuntos Exteriores, UNION EUROPEA Y COOPERACIÓN. Obtenido de https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/GUATEMALA_FICHA%20PAIS.pdf

PNUD. (2020). Nota informativa para los países acerca del Informe sobre Desarrollo Humano . Obtenido de <https://hdr.undp.org/sites/default/files/Country-Profiles/es/GTM.pdf>

ANEXOS

Actividad de socialización y validación del Informe Ambiental 2022







www.marn.gob.gt