



FUNCAGUA
por la vida

PLAN DE CONSERVACIÓN DEL AGUA

Fundación para la Conservación del Agua en la
Región Metropolitana de Guatemala

Guatemala, Centroamérica



Plan de conservación del agua

Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala



Elaborado por: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC),
Fundación Defensores de la Naturaleza y Universidad del Valle de Guatemala.
Guatemala, 2018

CITA BIBLIOGRÁFICA

FUNCAGUA. 2018. Plan de conservación del agua. Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala. 266p.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ACAX	Asociación Civil Ambiental Xayá
AIRES	Alianza Internacional de Reforestación
ANAM	Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala
AMSA	Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Amatitlán
ARNPG	Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala
BCIE	Banco Centro de Integración Económica
CACIF	Cámara Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras
CBC	The Central America Bottling Corporation
CENMA	Central de Mayoreo
CEAB	Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CONCYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
COPREDEH	Comisión Presidencial Coordinadora de la Política Presidencial en materia de Derechos Humanos
DSU	Desechos sólidos urbanos
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua
ENCA	Escuela Nacional Central de Agricultura
ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
FAO	Food and Agriculture Organization
FCG	Fundación para la Conservación de los Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
FODECYT	Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico
FUNCAGUA	Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala
FUNDAECO	Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación
GIRH	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
GIMBUT	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra
GPM	Galones por minuto
IARNA	Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUSI	Impuesto único sobre inmuebles
JICA	Japan International Cooperation Agency

MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MFEWS	Mesoamerican Food Security Early Warning System
MGCS	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
MIDES	Ministerio de Desarrollo Social de Guatemala
MINEDUC	Ministerio de Educación
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAFFEC	Programa de Agricultura Familiar para el Fortalecimiento de la Economía Campesina
PARPA	Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria
PEA	Población económicamente activa
PIB	Producto Interno Bruto
PINFOR	Programa de incentivos forestales
PINPEP	Programa de incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal
PLAMABAG	Plan Maestro de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Guatemala
PNUD	Programa de Naciones Unidas
POT	Plan de ordenamiento territorial
PROBOSQUE	Programa de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala
PSA	Pago por Servicios Ambientales
REAGUA	Rehabilitación del Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Guatemala
RH	Rendimiento hídrico
RMG	Región Metropolitana de Guatemala
SASCIM	Sistema de Agua de San Cristóbal Intervención Municipal
SECONRED	Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
SEGEPLAN	Secretaría para la Planificación y Programación de la Presidencia
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
TNC	The Nature Conservancy
UICN	International Union for Conservation of Nature
URL	Universidad Rafael Landívar
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USAID	United States Agency for International Development
UVG	Universidad del Valle de Guatemala
VIDER	Viceministerio de Desarrollo Económico Rural
WWF	World Wildlife Fund

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO Y LÍNEA BASE	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. CONTEXTO DEL AGUA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA	8
2.1. <i>Definición de la región metropolitana de Guatemala</i>	9
2.2. <i>Antecedentes del uso del agua en la región metropolitana</i>	10
2.2.1 <i>El agua en la época precolonial (1110 A.C. – 200 D.C.)</i>	10
2.2.2 <i>El agua en la época colonial (1524 – 1821)</i>	11
2.2.3 <i>Después de la colonia (1822 – 1900)</i>	14
2.2.4 <i>Inicio del agua entubada y planes de purificación (1930 – 1939)</i>	14
2.2.5 <i>Nuevos proyectos de agua para la ciudad (1940 – 2000)</i>	15
3. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA	16
3.1 <i>Cuencas priorizadas por FUNCAGUA</i>	16
3.2 <i>Caracterización socioeconómica de la RMG</i>	20
3.2.1 <i>Demografía</i>	21
3.2.2 <i>Actores relevantes relacionados al agua</i>	25
3.2.3 <i>Tenencia de la tierra</i>	29
3.2.4 <i>Población económicamente activa</i>	29
3.2.5 <i>Escolaridad por municipio</i>	31
3.2.6 <i>Establecimientos educativos</i>	34
3.2.7 <i>Principales actividades socioeconómicas</i>	36
3.3 <i>Características de los recursos naturales y ambiente</i>	41
3.3.1 <i>Flora y fauna presente en los municipios</i>	41
3.3.2 <i>Principales cuerpos de agua</i>	44
3.3.3 <i>Cobertura forestal y uso de la tierra</i>	46
3.3.4 <i>Áreas protegidas, reservas naturales privadas y sitios de interés cultural</i>	52
3.3.5 <i>Gestión de residuos sólidos</i>	56
3.4 <i>Caracterización político-institucional de la Región Metropolitana de Guatemala</i>	59
3.4.1 <i>Gobernanza y legislación de los recursos hídricos a nivel nacional</i>	59
3.4.2 <i>Gobernabilidad del recurso hídrico en la Región Metropolitana de Guatemala y su área de influencia</i>	65
3.4.3 <i>Abastecimiento del agua municipal</i>	68
3.4.4 <i>Normativa del agua en la región metropolitana de Guatemala</i>	70
3.4.5 <i>Marco Institucional</i>	72
4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA (LÍNEA BASE)	75
4.1 <i>Demanda del agua para uso domiciliario en la Región Metropolitana</i>	75
4.2 <i>Oferta de agua</i>	75
4.3 <i>Estado del agua superficial y su aprovechamiento</i>	77
4.3.1 <i>Precipitaciones en la región metropolitana y subcuencas Xayá y Pixcayá</i>	78
4.3.2 <i>Rendimiento hídrico y escorrentía superficial hacia los ríos del RMG y subcuencas Xayá y Pixcayá en el presente y bajo un escenario de cambio climático</i>	79
4.3.3 <i>Lago de Amatitlán</i>	84
4.3.4 <i>Acueducto Xayá-Pixcayá</i>	87
4.4 <i>Estado del agua subterránea y su aprovechamiento</i>	88
4.4.1 <i>Geología regional</i>	89
4.4.2 <i>Hidrogeología</i>	91
4.4.3 <i>Acuíferos en la región metropolitana</i>	95
4.4.4 <i>Régimen de recarga hídrica y explotación en los acuíferos de la región metropolitana</i>	99
4.5 <i>Estudios realizados en microcuencas específicas</i>	109
4.5.1 <i>Subcuenca río Los Ocotes</i>	109
4.5.2 <i>Cuenca río Pinula</i>	114
4.5.3 <i>Ojo de agua</i>	117
4.5.4 <i>Acuífero superior norte</i>	120
4.5.5 <i>Municipio de Mixco</i>	122
4.5.6 <i>Análisis de comportamiento nivel freático del acuífero noroeste de la RMG</i>	122

4.6	<i>Análisis de la recarga hídrica en la región metropolitana de Guatemala</i>	126
5.	PRESIONES GENERALES SOBRE EL RECURSO HÍDRICO	129
5.1	<i>Concentración de la población</i>	130
5.2	<i>Aguas residuales</i>	132
5.3	<i>Síntesis de las presiones sobre el agua en la RMG</i>	132
CAPÍTULO II: PRESIONES SOBRE EL RECURSO HÍDRICO Y MEDIDAS PARA ABORDARLAS		136
6.	INTRODUCCIÓN	137
7.	PROCESO METODOLÓGICO	137
7.1	<i>Metodología para el taller dirigido a gobiernos municipales</i>	137
7.2	<i>Metodología para el TALLER multisectorial</i>	142
7.3	<i>Entrevistas a actores del área de influencia, subcuencas de Xayá y Pixcayá</i>	144
7.4	<i>Metodología de análisis del foda</i>	145
8.	RESULTADOS DEL TALLER DIRIGIDO A GOBIERNOS LOCALES (MUNICIPALIDADES) EN EL CONTEXTO DEL PLAN DE CONSERVACIÓN	145
8.1	<i>Descripción de las presiones de impactos</i>	145
8.2	<i>Descripción de medidas y soluciones identificadas por las municipalidades</i>	149
9.	RESULTADOS DEL TALLER MULTISECTORIAL SOBRE EL AGUA (SECTOR GOBIERNO, PRIVADO, ACADEMIA, ORGANISMOS INTERNACIONALES)	154
9.1	<i>Inseguridad económica del agua</i>	154
9.2	<i>Seguridad del agua para uso doméstico</i>	155
9.3	<i>Régimen de abastecimiento de agua en zonas urbanas</i>	156
9.4	<i>Análisis de la recarga hídrica en la región metropolitana de Guatemala</i>	157
10.	VALIDACIÓN DE PRESIONES E IMPACTOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA	158
11.	ENTREVISTAS REALIZADAS A ACTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS SUBCUENCAS XAYÁ Y PIXCAYÁ	159
11.1	<i>Acciones ejecutadas por la Asociación Civil Ambiental, Xayá (ACAX) en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá</i>	160
11.2	<i>Acciones ejecutadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá</i>	161
11.3	<i>Medidas identificadas para la FUNCAGUA en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá</i>	163
12.	MEDIDAS IDENTIFICADAS Y PRIORIZADAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL ANÁLISIS MULTI-CRITERIO	164
12.1	<i>Prioridad 1: Investigación y Desarrollo</i>	164
12.2	<i>Prioridad 2: Infraestructura Verde (protección y restauración de la cobertura boscosa)</i>	165
12.3	<i>Prioridad 3: Infraestructura gris</i>	166
12.4	<i>Prioridad 4: Capacidades, educación y sensibilización</i>	166
12.5	<i>Prioridad 5: Marco regulatorio y ordenanzas</i>	167
CAPÍTULO III: PLAN DE CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA		168
13.	INTRODUCCION	169
14.	OBJETIVOS	169
14.1	<i>Objetivo general</i>	169
14.2	<i>Objetivos específicos</i>	169
15.	MARCO CONCEPTUAL: LA SEGURIDAD HÍDRICA, EL MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL MANEJO DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS	169
15.1	<i>La Seguridad Hídrica</i>	170
15.2	<i>El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos</i>	170
15.2.1	<i>El rol del gobierno como facilitador y regulador</i>	171
15.2.2	<i>Legislación de aguas</i>	171
15.2.3	<i>Evaluación de los recursos de agua: disponibilidad y demanda</i>	171
15.2.4	<i>Sistemas de información y comunicación para fomentar la participación</i>	172
15.2.5	<i>El papel de la tecnología</i>	172
15.3	<i>El Manejo de la Recarga de Acuíferos</i>	172
16.	DETERMINACIÓN DE LAS MICROCUENCAS CON PRIORIDAD MÁS ALTA DE INTERVENCIÓN DENTRO DE LA RMG	175
17.	LÍNEAS ESTRATÉGICAS, PROGRAMAS Y PROYECTOS DEL PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA FUNCAGUA	177
17.1	<i>Generación y gestión de la información sobre el agua</i>	177
17.1.1	<i>Generación y procesamiento de la información sobre los recursos hídricos</i>	179
17.1.2	<i>Análisis y resultados de la investigación</i>	179
17.1.3	<i>Elaboración de productos o herramientas para la gestión del agua</i>	180
17.1.4	<i>Proyección y escenarios</i>	180
17.1.5	<i>Programa de Monitoreo Hídrico</i>	180

17.2 Manejo Integrado del Paisaje	184
17.2.1 Programa de protección y conservación forestal.....	187
17.2.2 Programa de restauración del paisaje forestal.....	191
17.2.3 Programa de mejores prácticas agrícolas.....	192
17.2.4 Programa de gestión de riesgos a deslaves.....	195
17.3 Agua superficial y adopción de tecnologías para uso eficiente del agua.....	196
17.3.1 Tratamiento de aguas residuales	197
17.3.2 Aprovechamiento del agua de lluvia en zonas urbanas.....	197
17.3.3 Adopción de tecnología para uso eficiente de agua	197
17.3.4 Adecuaciones en áreas urbanas para inducir la infiltración del agua al subsuelo.....	198
17.4 Desarrollo de capacidades y comunicaciones.....	198
17.4.1 Programa de fortalecimiento del sistema educativo	200
17.4.2 Programa de educación ciudadana	200
17.4.3 Programa de Estrategia de Comunicación	200
17.5 Gobernanza del recurso hídrico	201
17.5.1 Programación de incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico	203
17.5.2 Programa de organización local	203
17.5.3 Programa de auto gestión del recurso hídrico.....	204
17.5.4 Programa de alianzas estratégicas.....	205
18. PROCESO DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES	217
19. CONSIDERACIONES FINALES	224
LITERATURA CITADA	225
ANEXO I: LISTADO DE COMUNICACIONES PERSONALES.....	234
ANEXO II: CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS	234
ANEXO III: INSTITUCIONALIDAD DEL AGUA POR MUNICIPIO	236
ANEXO IV: CÓDIGO DE SALUD DECRETO 90-97 DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA.....	247
ANEXO V: CARTAS DE INVITACIÓN RECIBIDAS POR LAS MUNICIPALIDADES.	249
ANEXO VI: LISTADO DE PARTICIPANTES AL TALLER DIRIGIDO A MUNICIPALIDADES.	252
ANEXO VII: CARTAS DE INVITACIÓN RECIBIDAS POR LAS INSTITUCIONES INVITADAS AL TALLER MULTISECTORIAL.....	254
ANEXO VIII: LISTADO DE PARTICIPANTES AL TALLE MULTISECTORIAL	257
ANEXO IX: TARIFAS DE AGUA MUNICIPAL	258
ANEXO X: ENTREVISTAS A LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA UICN	260
ANEXO XI: ENTREVISTAS A LA ASOCIACIÓN CIVIL AMBIENTAL DE XAYÁ ACAX.....	263
ANEXO XII: ACTORES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	266

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Foto satelital del montículo de la culebra a su paso por las zonas 10, 13 y 14 de la Ciudad de Guatemala (Fuente: Museo Nacional de Historia de Guatemala).....	12
Figura 2. a. Fotos antiguas de distintos tramos del Acueducto de Pinula entre 1900 y 1970 (MNH) b. Montículo y el acueducto de la Culebra a la altura de la base militar La Aurora (Fuente: Museo Nacional de Historia de Guatemala).....	13
Figura 3. Cuencas y municipios priorizados para la FUNCAGUA dentro de la Región Metropolitana.	17
Figura 4. Microcuencas y municipios de la subcuenca Xayá y Pixcayá priorizados por FUNCAGUA.....	20
Figura 5. Proyección del número de habitantes para el año 2017 para los municipios prioritarios.	22
Figura 6. Población rural para los municipios priorizados para el año 2014.	24
Figura 7. Población indígena para los municipios priorizados para el año 2014.	25
Figura 8. Población económicamente activa para los municipios priorizados para el año 2014.	31
Figura 9. Número de establecimientos que reportaron información para el ciclo escolar 2015 en los municipios prioritarios.	35
Figura 10. Dependencia de los Grupos Económicos para la Zona 10: Agroindustria y Maquilas.	37
Figura 11. Tipos de empleo de acuerdo con el empleador para el municipio de Villa Nueva.....	41
Figura 12. Mapa de zonas de vida para le región metropolitana.	42
Figura 13. Mapa de la dinámica forestal en la RMG para el periodo 2006-2010.	48
Figura 14. Cobertura vegetal y uso de la tierra en la RMG en el año 2012.	49
Figura 15. Número de áreas protegidas en la RMG y su área de influencia.....	53
Figura 16. Ubicación geográfica de los sitios arqueológicos más importantes para los municipios priorizados.....	56
Figura 17. Registro histórico de la producción total de agua por mes en metros cúbicos por segundo (incluye fuentes superficiales y subterráneas).	76
Figura 18. Registro histórico de la producción anual general de agua superficial.	78
Figura 19. Rendimiento hídrico anual actual en la Región Metropolitana. Fuente: Gondor et al., 2017	81
Figura 20. Rendimiento hídrico anual actual en las subcuencas Xayá y Pixcayá.....	82
Figura 21. Diferencia en rendimiento hídrico según un escenario de cambio climático y la situación actual en la Región Metropolitana.	83
Figura 22. Diferencia en rendimiento hídrico según un escenario de cambio climático y la situación actual en las subcuencas Xayá y Pixcayá.	84
Figura 23. Carga de desechos sólidos vertidos al lago de Amatitlán.....	85
Figura 24. Lago de Amatitlán y centros urbanos alrededor.	86
Figura 25. Línea de captación y conducción del acueducto Xayá-Pixcayá.	87
Figura 26. Producción anual de agua subterránea de la Ciudad de Guatemala atendido por EMPAGUA.	89
Figura 27. Mapa geológico superficial y fallas de la región metropolitana.	92
Figura 28. Mapa de ubicación de fallas principales de la República de Guatemala.	94
Figura 29. Flujo subterráneo de agua estimado en la región metropolitana de Guatemala.	99
Figura 30. Balance Hídrico Flujo.	100
Figura 31. Sistema de oferta hidrológica en WEAP.	101
Figura 32. Número de pozos registrados por microcuenca de la región metropolitana.....	103
Figura 33. Principales usos del agua subterránea en las microcuencas de la región Metropolitana.....	104
Figura 34. Relación recarga - extracción de agua subterránea en las microcuencas de la región metropolitana.....	108
Figura 35. Ubicación de subcuenca Los Ocotes en mapa geológico regional.	109
Figura 36. Perfil geológico de la Ciudad de Guatemala.	110
Figura 37. Mapa geológico subcuenca río Los Ocotes.....	110
Figura 38. Perfil geológico A-A'.	111
Figura 39. Perfil geológico B-B'.	111
Figura 40. Gráfico de Jacob de prueba de bombeo del pozo Los Ocotes (Finca El Sintul).	112
Figura 41. Diagrama de flujo de aguas subterráneas de subcuenca Río Los Ocotes.	113

Figura 42. Mapa geológico microcuenca río Pinula.....	115
Figura 43. Perfil hidrogeológico A – A’- A’’ – A’’’ Microcuenca Río Pinula.	116
Figura 44. Perfil hidrogeológico B – B’ microcuenca Río Pinula.	116
Figura 45. Ubicación del sector Ojo de Agua.....	117
Figura 46. Perfil geológico A-A’.....	118
Figura 47. Perfil geológico B-B’.....	118
Figura 48. Perfil hidrogeológico del sector Ojo de Agua.	120
Figura 49. Localización de las zonas monitoreadas del acuífero norte.	121
Figura 50. Mapa de distribución nivel estático (msnm) del año 1978.	123
Figura 51. Perfil longitudinal de distribución nivel estático (msnm) del año 1978.	124
Figura 52. Mapa de distribución nivel estático (msnm) del año 2009.	124
Figura 53. Perfil longitudinal de distribución nivel estático (msnm) del año 2009.	125
Figura 54. Comparación de perfiles longitudinales de distribución nivel estático (msnm) años 1978 (rojo) y 2009 (azul).	126
Figura 55. Mapa de Recarga hídrica de la Región Metropolitana.	128
Figura 56. Deterioro de los ecosistemas: cobertura vegetal y suelos (microcuenca Los Ocotes).	129
Figura 57. Pérdida de cobertura forestal por incendios (parte alta microcuenca Teocinte).....	130
Figura 58. Concentración de la Población en la Región Metropolitana de Guatemala con los datos del VI Censo Poblacional 2002.	131
Figura 59. Fotografías de la actividad del taller dirigido a municipalidades (Gobierno Local).....	142
Figura 60. Fotografías de la actividad del Taller (Multisectorial).	144
Figura 61. Marco de investigación y monitoreo del agua subterránea en la Región Metropolitana.....	178
Figura 62. Medidas implementadas para el aumento de recarga de acuíferos (UNESCO-PHI, 2005)	186
Figura 63. Elementos para la restauración del Paisaje Forestal (IUCN & WRI, 2014).	187
Figura 64. Áreas de acción para FUNCAGUA con fines de conservación y restauración.....	189
Figura 65. Niveles de indicadores para el Plan de Conservación (basado en Herrera, 2012)	217

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuencas priorizadas para FUNCAGUA dentro de la Región Metropolitana, áreas y municipios de influencia.	18
Cuadro 2. Área de influencia en las subcuencas Xayá y Pixcayá.	19
Cuadro 3. Estimaciones de población total para los municipios prioritarios (periodo 2012-2017).	21
Cuadro 4. Población segregada según características seleccionadas para los municipios prioritarios para el año 2014.	23
Cuadro 5. Clasificación de actores vinculados al recurso hídrico.	26
Cuadro 6. Clasificación de los actores relacionados a la gestión del agua en la RMG.	27
Cuadro 7. Población económicamente activa para los municipios prioritarios para el año 2014.	30
Cuadro 8. Municipios muestreados para el estudio de diversidad biológica del departamento de Guatemala.	43
Cuadro 9. Principales ríos de los municipios priorizados.	45
Cuadro 10. Dinámica de cobertura forestal para los municipios priorizados (periodo 2006-2010).	47
Cuadro 11. Áreas de cobertura vegetal y uso de la tierra por municipio de la RMG en el año 2012.	50
Cuadro 12. Áreas de cobertura vegetal y uso de la tierra por microcuenca de la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá en el año 2012 (en hectáreas).	51
Cuadro 13. Áreas protegidas dentro de los municipios priorizados.....	52
Cuadro 14. Reservas naturales privadas de la RMG asociadas a la ARNPG.	53
Cuadro 15. Sitios arqueológicos dentro de los municipios priorizados.....	54

Cuadro 16. Cantidad de desechos sólidos urbanos depositados diariamente en el vertedero de la zona 3 de la Ciudad de Guatemala.	57
Cuadro 17. Cantidad de desechos sólidos urbanos depositados diariamente en el vertedero del km 22 CA-09 Sur.	57
Cuadro 18. Temas relacionados al agua, instituciones encargadas y normativa existente.	60
Cuadro 19. Atribuciones de distintas instituciones en cuanto al agua y su fundamento legal.	60
Cuadro 20. Iniciativas de Ley en el régimen de agua registradas en el Congreso de la República desde 1991 a 2016.	61
Cuadro 21. Administración del agua en los municipios de la RMG.	65
Cuadro 22. Normatividad del agua por municipio.	71
Cuadro 23. Funciones de las Instituciones vinculadas a la gobernabilidad del agua en la RMG.	72
Cuadro 24. Producción de agua por sistema de captación y planta de tratamiento de EMPAGUA.	77
Cuadro 25. Estimación de la precipitación en la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá.	78
Cuadro 26. Estimación del rendimiento hídrico en la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá.	79
Cuadro 27. Datos generales del lago de Amatitlán.	85
Cuadro 28. Dinámica de caudales que ingresan a la Planta lo de Coy.	87
Cuadro 29. Transmisividad en el acuífero superior de la Región Metropolitana de Guatemala.	96
Cuadro 30. Transmisividad en acuífero inferior presentes en el área Metropolitana de Guatemala.	98
Cuadro 31. Balance hidrológico de la zona metropolitana, incluyendo las subcuencas Xayá y Pixcayá.	102
Cuadro 32. Rango de profundidad de pozos y rango de nivel de agua subterránea de la zona metropolitana de Guatemala.	105
Cuadro 33. Extracción de agua subterránea por cuencas de la zona metropolitana de Guatemala.	107
Cuadro 34. Cobertura y uso de la tierra en las áreas de recarga hídrica.	127
Cuadro 35. Participación de los actores en los talleres realizados.	138
Cuadro 36 Agenda del taller dirigido a municipalidades para identificar presiones y posibles soluciones para el recurso hídrico.	138
Cuadro 37 Participación de los actores en los talleres realizados.	142
Cuadro 38 Agenda del taller multisectorial para identificar de presiones y posibles soluciones del recurso hídrico.	143
Cuadro 39 Presiones (P) e impactos (I) sobre el recurso hídrico, tomando como base la información proporcionada por las municipalidades participantes en el taller celebrado el 19 de mayo de 2017.	147
Cuadro 40 Medidas identificadas por las municipalidades participantes en el taller celebrado el 19 de mayo de 2017.	151
Cuadro 41 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “Inseguridad económica del agua”, según los participantes del taller celebrado el 23 de mayo de 2017.	155
Cuadro 42 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “Seguridad del agua para uso doméstico”.	155
Cuadro 43 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “agua en zonas urbanas”.	156
Cuadro 44 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “agua y ambiente”.	158
Cuadro 45 Acciones ejecutadas por ACAX en el área de influencia.	160
Cuadro 46 Medidas identificadas para la FUNCAGUA en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá.	163
Cuadro 47. Actividades y medidas para la línea estratégica de investigación y desarrollo.	164
Cuadro 48. Actividades y medidas para la línea estratégica de infraestructura verde.	165
Cuadro 49. Actividades y medidas para la línea estratégica de infraestructura verde.	166
Cuadro 50. Actividades y medidas para la línea estratégica de capacidades, educación y sensibilización.	166
Cuadro 51. Actividades y medidas dentro de las cinco líneas estratégicas priorizadas.	167
Cuadro 52. Oportunidades y barreras para las técnicas de la Manejo de la Recarga de Acuíferos (basado en van Lidth, 2016).	173
Cuadro 53. Priorización de microcuencas según aspectos hidrogeológicos y forestales.	175
Cuadro 54. Resumen de la línea estratégica “Generación y gestión de la información sobre el agua”.	177
Cuadro 55. Parámetros de calidad del agua subterránea para el monitoreo.	181
Cuadro 56. Parámetros para el monitoreo de la calidad del agua de los ríos de la Región Metropolitana.	183

Cuadro 57. Resumen de la línea estratégica “Manejo integral del paisaje”	184
Cuadro 58. Apoyo para la conservación y protección de los bosques.	190
Cuadro 59. Restauración en áreas municipales, comunales, privadas y restauración ribereña	191
Cuadro 60. Prácticas y/o estructuras mecánicas de conservación de suelos y agua en áreas agrícolas.....	192
Cuadro 61. Implementación de sistemas agroforestales	194
Cuadro 62. Resumen de la línea estratégica “Agua superficial y adopción de tecnologías para uso eficiente del agua”.....	196
Cuadro 63. Resumen de la línea estratégica	198
Cuadro 64. Resumen de la línea estratégica gobernanza del recurso hídrico	201
Cuadro 65. Análisis, formulación y fortalecimiento de instrumentos de planificación de recursos hídricos	205
Cuadro 66. Acompañamiento y creación de acuerdos municipales sobre uso del agua y reglamentos de uso domiciliario	206
Cuadro 67. Diagnóstico, elaboración e implementación del plan de manejo de las subcuencas	208
Cuadro 68. Creación de estructuras ad hoc para el manejo integrado de cuencas y promoción de asociaciones locales independientes.....	209
Cuadro 69. Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana	210
Cuadro 70. Impulso de mecanismos de autogestión comunitaria y de barrio para manejo de recursos hídricos	211
Cuadro 71. Priorización e implementación de pago por servicios ambientales a nivel de microcuenca.	213
Cuadro 72. Priorización de alianzas estratégicas	214
Cuadro 73. Convenio y acuerdos comunitarios y de barrio con municipalidad	215
Cuadro 74. Indicadores de productos y efectos para las líneas estratégicas del Plan de Conservación	219
Cuadro 75. Población económicamente activa para los municipios prioritarios para el año 2014.	234
Cuadro 76. Número de establecimientos que reportaron información para el ciclo escolar 2015 en los municipios prioritarios.	235
Cuadro 77. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Guatemala.....	236
Cuadro 78. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Chinautla.	239
Cuadro 79. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Santa Catarina Pinula.	239
Cuadro 80. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San José Pinula.	240
Cuadro 81. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Fraijanes.	241
Cuadro 82. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Miguel Petapa.	241
Cuadro 83. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Villa Nueva.	242
Cuadro 84. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Amatitlán.	242
Cuadro 85. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Villa Canales.	243
Cuadro 86. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.	244
Cuadro 87. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.	244
Cuadro 88. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Mixco.....	245
Cuadro 89. Tarifas de agua actuales en los municipios de la RMG.	245
Cuadro 90 Tarifas de agua en la RMG.	258
Cuadro 91 Proyectos vinculados a la conservación del agua y restauración ejecutados por ACAX.....	265
Cuadro 92 Actores en el área de influencia Xayá y Pixcayá.	266

RESUMEN EJECUTIVO

La Región Metropolitana de Guatemala (RMG) presenta problemas de agua que, de no empezar a abordar de manera inmediata, representan un riesgo nacional a futuro. Esta región está conformada por 12 municipios del departamento de Guatemala que concentran una proporción importante de la población del país (19.15% según INE, 2016) y abarcan 1,379 km². Asimismo, es la región más importante en cuanto a las actividades económicas nacionales puesto que los 12 municipios son los principales del departamento de Guatemala, que representó en promedio, el 47.67% del PIB a nivel nacional de 2001 al 2010¹. Tanto la población como las actividades económicas tienen al agua como un insumo vital, por lo que su escasez constituye un riesgo significativo. Para contribuir a la búsqueda e implementación de soluciones a la problemática fue creada la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA) desde el sector privado.

El presente documento, llamado Plan de Conservación, constituye la herramienta principal para enfocar las actividades de la FUNCAGUA y maximizar su impacto. Para elaborarlo se partió de un diagnóstico basado en fuentes secundarias, incluyendo estudios recientes financiados por la FUNCAGUA y The Nature Conservancy, y en consultas efectuadas a distintos actores clave dentro de la RMG. Entre los actores se incluyeron a las municipalidades, entidades de gobierno, algunas organizaciones no gubernamentales, representantes de la academia y del sector privado. Las consultas, que se hicieron en forma de entrevistas individuales y de talleres, permitieron identificar las principales presiones sobre los recursos hídricos y también las medidas para abordar la problemática. El proceso general para elaborar el plan es ilustrado a continuación.



Aparte de ser insumo para el Plan de Conservación, el proceso reafirmó los objetivos de la FUNCAGUA, a saber:

Objetivo 1	Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG.
Objetivo 2	Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.
Objetivo 3	Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.
Objetivo 4	Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.
Objetivo 5	Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.

¹ Datos del Banco de Guatemala y SEGEPLAN, publicados por Orozco (2014).

Este plan será el medio por el cual la FUNCAGUA logrará alcanzar su meta de trabajar activamente en 17 mil hectáreas en los próximos 15 años. La formulación de programas y proyectos dentro de este se fundamenta en la gestión conjunta, compartida y colaborativa de los actores locales y con participación plena en la toma de decisiones. FUNCAGUA tendrá un papel catalizador en las acciones, ejecutando unas, facilitando otras y promoviendo otras, apuntando a reforzar la institucionalidad nacional. A continuación se presenta una síntesis de los resultados de los componentes arriba ilustrados del proceso de elaboración del plan, así como un esbozo de cada una de las cinco líneas estratégicas de las que se compone.

Estado del agua en la región metropolitana: la necesidad y urgencia de actuar

La demanda de agua domiciliar está aumentando, en gran parte, por el crecimiento poblacional. La dotación de agua domiciliar que indica el Instituto de Fomento Municipal es de 90 a 150 litros por persona por día (l/p/día) para el área rural y de 150 a 250 l/p/día para el área urbana (INFOM, 2010). La misma fuente indica que las variaciones dependen de las condiciones de cada lugar pero que dichos rangos son los recomendables. Tomando en cuenta la población rural y urbana proyectada para el año 2014 en los doce municipios de la Región Metropolitana (ver Cuadro 4), la demanda teórica de agua domiciliar asciende a 738,786 metros cúbicos por día o 269.6 millones de metros cúbicos por año. Esos datos fueron calculados tomando el límite superior de los rangos arriba mostrados, considerando que siempre existen pérdidas por fugas en los sistemas de distribución. Faltaría agregar el volumen utilizado para las instituciones y las empresas que operan en la Región Metropolitana, de los cuales no hay datos disponibles. Tomando el crecimiento de la población proyectado al año 2030 y 2050 (INE, 2015a) y asumiendo que se mantiene la proporción de población urbana y rural en los doce municipios, la demanda teórica de agua domiciliar sería de 348 millones de metros cúbicos en el año 2030 y de 419 millones de metros cúbicos en el 2050.

En el proceso de revisión de literatura y en las consultas con actores clave de la RMG se identificaron y validaron las siguientes presiones (P) y sus impactos (I) sobre el recurso hídrico: la contaminación (I); la disminución de la oferta hídrica (fundamentalmente la baja continua en los niveles freáticos) (I); la expansión del área urbana y el crecimiento poblacional (P); la pérdida de cobertura forestal (P); la falta de normativas sobre el recurso hídrico y/o la debilidad de las existentes (P); y el insuficiente pago de los usuarios del agua en relación al costo del recurso (P). Asimismo, el cambio climático representa una presión a futuro (aunque con implicaciones en el presente y que por su nivel de impacto debe ser atendida desde ahora) sobre los recursos hídricos de la RMG. A continuación se presenta información ilustrativa sobre dichas presiones e impactos.

- Los acuíferos de los que se abastece la RMG presentan un déficit promedio anual de 362.5 millones de metros cúbicos. La explotación de acuíferos promedio es de 502.3 millones de metros cúbicos, mientras que la recarga disponible es de 139.8 millones de metros cúbicos (IARNA-URL y TNC, 2012). Es decir, se extrae 3.59 veces más agua de la que se recarga, en términos generales. Sin embargo, en algunas microcuencas la situación es más dramática puesto que, por ejemplo, en Las Vacas se extrae 40.1 veces más agua de la que se recarga y en la microcuenca Villalobos dicha relación es de 11.3.
- La contaminación de las fuentes de agua superficiales ocurre en casi la totalidad de los cuerpos de agua. Por ejemplo, dos de los principales ríos de la RMG, Las Vacas y Villalobos, están fuertemente contaminados (Coló, 2014; AMSA, 2016; UICN-Mesoamérica, 2011); según AMSA (2016), el río Villalobos transporta 1.5 millones de toneladas de sedimento al año, y su

caudal 2,500 litros por segundo, se compone fundamentalmente de aguas residuales. Además, el río Villalobos es el principal afluente del Lago de Amatitlán (el mayor reservorio natural de agua en la RMG), por lo que estos problemas de contaminación están presentes también en dicho cuerpo de agua. Por todo ello, el agua superficial no es normalmente usada para consumo humano, disminuyendo la oferta hídrica en la RMG e incrementando la presión sobre los acuíferos.

- Respecto a la falta de reglamentos (p.ej. plan de desarrollo municipal para el manejo del recurso hídrico, regulación sobre el uso del agua, etc.) o la deficiencia de los reglamentos existentes y/o su implementación, solo tres de los municipios de la RMG (Guatemala, Santa Catarina Pinula y Fraijanes) tienen reglamentos municipales para el uso del agua. A nivel nacional, más allá del nivel municipal, la legislación y normativa en el régimen del agua se encuentra dispersa en diversas entidades gubernamentales (p.ej. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, etc.).
- Entre 2006 y 2010 hubo pérdidas en cobertura forestal entre las que destacan las ocurridas en los municipios de Guatemala (1,473.21 ha), Amatitlán (1,247.67 ha), San José Pinula (960.66 ha), Villa Canales (648.72 ha) y Villa Nueva (619.56 ha) (GIMBUT, 2012).
- El crecimiento poblacional para el periodo 2008-2020, se estima que será mayor en los siguientes municipios: San Miguel Petapa (3.56%/año), San José Pinula (2.95%/año), Villa Canales (2.42%/año), Villa Nueva (2.19%/año) y Amatitlán (1.98%/año) (INE 2016).
- El pago de los usuarios del agua es insuficiente en relación al costo del recurso. Según INE (2015), varias municipalidades (Amatitlán, Chinautla, Fraijanes, Mixco, San José Pinula, San Juan Sacatepéquez, San Miguel Petapa, San Pedro Sacatepéquez, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva) subsidian el costo de operación y mantenimiento del servicio de agua. Sin embargo, se desconoce la relación existente entre el costo total y cuánto se recauda por la provisión del recurso en las municipalidades de la RMG; únicamente se conoce, para el caso de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA en el municipio de Guatemala, que la tarifa del agua el cobro por metro cúbico (USD\$ 0.39) es menor al costo asociado (USD\$ 0.42).
- De no tomar acciones, el cambio climático tendrá implicaciones negativas en términos de cantidad de agua en épocas secas, y un incremento de la erosión severa y los deslaves en épocas muy lluviosas o con eventos extremos. Un estudio reciente (Gondor et al., 2017) estimó para todas las microcuencas una reducción en el rendimiento hídrico, que en promedio podría ser 26% menor que el actual, bajo un escenario de cambio climático para el año 2050.

Acciones para resolver la problemática y alcanzar la seguridad hídrica: el Plan de Conservación de la FUNCAGUA

El Plan de Conservación abarca la Región Metropolitana y también su área de influencia, las subcuencas de los ríos Xayá y Pixcayá, por aportar la mitad del agua superficial que administra EMPAGUA en la RMG. Es por eso que se incluye información sobre esta región, tanto de fuentes secundarias como de consultas realizadas a distintos actores de la misma.

La parte medular del Plan de Conservación está contenida en cinco líneas estratégicas. Estas resultaron de las medidas identificadas durante la fase de diagnóstico, para las cuales se utilizó un análisis multi-criterio en el que participaron tres grupos: representantes de municipalidades y entidades de gobierno; representantes de la academia, y representantes del comité técnico de las empresas que conforman la FUNCAGUA. A continuación se presenta el contenido esencial de las líneas estratégicas establecidas.

1. La información sobre el agua

Un insumo vital para manejar un recurso es la información. El análisis multi-criterio efectuado indicó que era la medida con mayor prioridad según los grupos consultados. La generación y el análisis de información ayudan a definir las áreas y temas prioritarios de intervención y será clave para conocer los avances a través del tiempo. Para esto se plantea la investigación y el monitoreo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, tanto en cantidad como en calidad. FUNCAGUA aportará a través de la generación de información e investigación, lo cual espera realizar en conjunto con otras entidades gubernamentales, académicas, privadas y no gubernamentales. En el mediano plazo, FUNCAGUA se propone impulsar una mayor inversión en investigación y desarrollo tanto del sector público como del privado.

2. Infraestructura verde y el manejo integrado del paisaje

Estos dos términos están interrelacionados y tienen el objetivo de mantener o recuperar los servicios ecosistémicos, en especial aquellos relacionados al agua. Aunque tienen un enfoque en proteger los remanentes de bosques y en reforestar, también incluyen prácticas en zonas agrícolas que permitan la infiltración y así, la recarga de los acuíferos. Tomando en cuenta las 12 microcuencas de la RMG y las dos de su área de influencia (Xayá y Pixcayá), las áreas priorizadas de intervención suman 10,404 hectáreas para conservación y protección de bosques, 6,508 hectáreas para restauración forestal y 412 hectáreas para conservación y recuperación de suelos, para un total de 17,324 hectáreas (ver mapa abajo). Se determinó también que el trabajo debe enfocarse en los primeros años en cinco microcuencas priorizadas en función de la tasa de extracción de agua subterránea en relación a su recarga, de la pérdida de área boscosa que mostraron en el período 2006 a 2010 y de la capacidad de recarga hídrica según las características geológicas de cada lugar. Estas son las microcuencas Las Vacas, Villalobos, Las Cañas, El Zapote y El Teocinte.

3. Aguas superficiales y tecnología para una mayor eficiencia en el uso del agua

Aunque en el análisis multi-criterio se dio la prioridad número tres a la infraestructura gris, se planteó la línea estratégica incluyéndola junto a la tecnología para aumentar la eficiencia en el uso del agua. El objetivo es mejorar el manejo del agua a través de obras de conducción, almacenamiento, distribución, tratamiento del agua y adopción de tecnología para mejorar la eficiencia en hogares e industria. Aunque eso es responsabilidad del gobierno, especialmente los municipales en el caso de la provisión de agua domiciliar y saneamiento, la FUNCAGUA jugará un papel facilitador a través de la investigación, desarrollo, planificación y promoción de obras y de tecnología. Un elemento importante será la incidencia con las autoridades y el acompañamiento en la planificación para que se alcance un mayor impacto. En esta línea estratégica se incluyen las opciones que puedan implementarse en los espacios construidos o por construirse para que en ellos pueda aumentar el aprovechamiento del agua de lluvia y también favorecer la infiltración hacia el subsuelo.

4. Desarrollo de capacidades y comunicaciones

Esta línea estratégica plantea una serie de programas dirigidos a distintas audiencias para fortalecer las capacidades, educar a la población y crear conciencia, propiciando así un manejo integrado del agua y logrando una mayor participación de los usuarios en el ahorro del recurso y en el cuidado de las zonas de recarga. La línea comprende distintos programas: 1) fortalecimiento del sistema educativo, con actividades dirigidas a docentes, niños y escuelas piloto; 2) educación

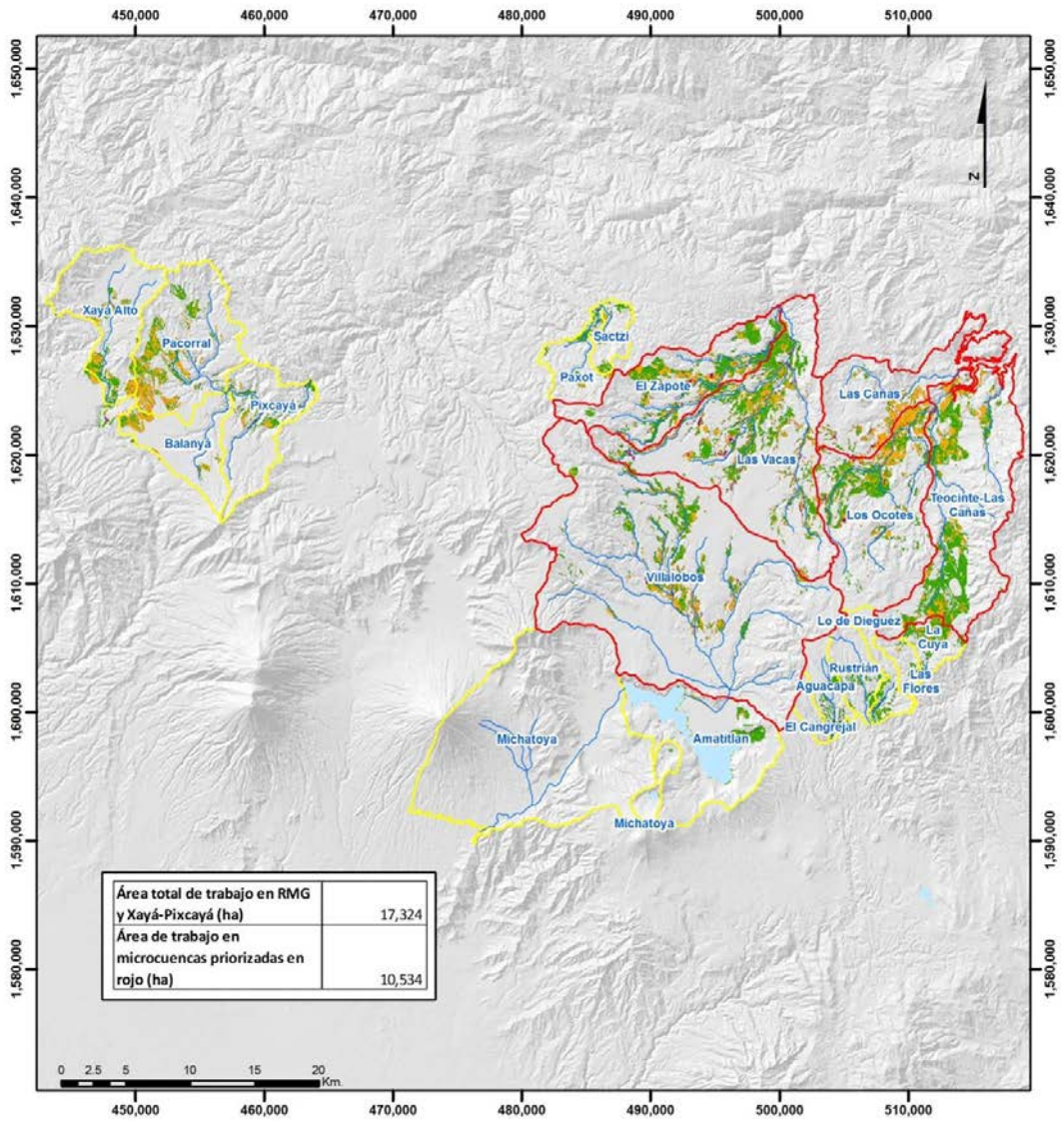
ciudadana, con actividades de formación para empresas e instituciones, así como campañas de educación masivas; y 3) estrategia de comunicación para distintas audiencias que incluye el diseño e implementación de una plataforma digital, redes sociales, actividades de voluntariado, campaña educativa masiva, festivales y eventos de barrio, divulgación científica en radio y televisión, y boletines.

5. Gobernanza del recurso hídrico

En el análisis multi-criterio resultó el marco regulatorio y las ordenanzas como la quinta prioridad en las medidas. Esta línea estratégica incluye ambos temas y agrega otros que son parte de la gobernanza, entendida como el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos implementados para el desarrollo y gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de saneamiento en los diferentes niveles de la sociedad (GWP, 2002). Dentro de la línea estratégica se han creado cuatro programas fundamentales para avanzar en la gobernanza del recurso hídrico, siendo ellos: 1) incidencia en políticas y normativas del recurso hídrico; 2) organización local; 3) programa de Auto Gestión, que busca una participación alta de los usuarios del agua en aportar recursos para su gestión integrada; y 4) alianzas estratégicas, en materia de ciencia, organización, gestión y la estructura de proyectos público – privados.

Monitoreo y evaluación del Plan de Conservación

El Plan de Conservación contiene una serie de programas y proyectos que forman un portafolio que servirá de base para la elaboración de los planes operativos anuales. El plan define también los indicadores de cumplimiento a tres niveles: indicadores de productos y procesos, que se enfocan en los planes operativos anuales; los indicadores de efectos, que se basan en monitoreo y evaluación de varios años (tres la primera vez, cada cinco posteriormente); y los indicadores de impacto, que se enfocan en los tres temas que motivaron la creación de la FUNCAGUA y de sus acciones: la recuperación de los niveles freáticos de la Región Metropolitana, la mejora de la calidad del agua tanto superficial como subterránea y satisfacer las necesidades de provisión de agua en la región.



Áreas de acción del Plan de Conservación en la RMG y Xayá-Pixcayá

<p>Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala -FUNCAGUA- Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad -CEAB-</p>	<p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Rios Cuerpos de Agua Microcuencas prioritizadas Límite de microcuencas RMG y Xayá-Pixcayá <p>Priorización áreas</p> <ul style="list-style-type: none"> Conservación Restauración Conservación de Suelos
<p>Proyección UTM Zona 15N, Datum WGS84 1984 Escala mapa impreso: 1:425,000</p>	<p>Fuente: Base Cartográfica del Instituto Geográfico Nacional -IGN- SIGER -MAGA- GMBGT, 2012</p> <p>Elaborado por: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota -UVG- Guatemala, 2018</p>

* Los límites administrativos no son autorizados
** El trazo es una representación no es el trazado 100% real

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO Y LÍNEA BASE

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo se integra por cuatro apartados: 1) Contexto de la RMG; 2) Caracterización biofísica, ambiental, social, económica, política e institucional; 3) Análisis de la situación actual del agua; 4) Presiones e impactos del agua. Este diagnóstico es el punto de partida para la formulación del plan de conservación del agua, que es el producto final de este proceso.

En el primer apartado se contextualiza respecto a los antecedentes generales del uso del agua en la región metropolitana, desde la época preclásica hasta los más recientes proyectos de agua potable en la región; además se describe la expansión de la Ciudad de Guatemala a los municipios aledaños, y se define a la región metropolitana con fines de este estudio.

En el apartado de caracterización se describen los recursos naturales y elementos ambientales presentes en la región, además se incluyen proyecciones demográficas, actores relevantes, gobernabilidad y normativa sobre el uso del agua en los doce municipios de la región.

En el principal apartado, el análisis de la situación actual del agua en la región, se investigaron diversas fuentes secundarias referentes al agua superficial, agua subterránea y su aprovechamiento; se describe la geología, hidrología y el comportamiento de los acuíferos en la región; además se analiza el régimen de recarga hídrica y explotación de los acuíferos y se describen algunos estudios que se han realizado en cuencas y acuíferos específicos dentro de la región.

Por último, se describen las presiones e impactos generales que presentan los recursos naturales y el ambiente en la región metropolitana, principalmente en el recurso hídrico. Este apartado se fortalecerá en el siguiente capítulo, con los resultados de los talleres dirigidos a actores para identificar las presiones y medidas para combatirlas.

En los anexos se describen algunas características socioeconómicas a detalle, la gobernabilidad del agua por municipio y los mapas para comparar la cobertura forestal y áreas de recarga hídrica para cada municipio.

2. CONTEXTO DEL AGUA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA

El sistema hidrográfico de Guatemala se divide en tres vertientes que comprenden un total de 38 cuencas divididas en:

- Vertiente del Océano Pacífico, con 18 cuencas que abarcan el 22% del territorio.
- Vertiente del Mar Caribe, cubre el 31% del territorio en 10 cuencas.
- Vertiente del Golfo de México, con 47% del territorio en 10 cuencas, posee los ríos más caudalosos los cuales tributan hacia territorio mexicano.

Dentro de los cuerpos de agua superficiales de Guatemala se distinguen 23 lagos y lagunas y 119 lagunas pequeñas con un área total de 950 km². Se estima que Guatemala tiene un escurrimiento superficial total de 100.7 km³/año, distribuido en 25.5 km³/ año para vertiente del Pacífico, 31.9 km³/año para vertiente del Caribe y 43.3 km³/año para vertiente del Golfo de México (Herrera, 2012).

En cuanto al agua subterránea, el país se divide en cuatro regiones hidrogeológicas, comprendiendo llanuras aluviales de la costa del Pacífico, altiplano volcánico, tierras altas

cristalinas y sedimentarias septentrionales. Los acuíferos más adecuados para su explotación, de acuerdo con su composición y condiciones de transmisibilidad presentes son los de llanuras aluviales de la planicie costera del sur y los valles del altiplano volcánico de la Sierra Madre.

Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (citado por WWD, 2015). En cuanto al sector industria, la demanda mundial de agua para la producción industrial se prevé que aumente un 400% entre el año 2000 y el 2050, mucho más que en cualquier otro sector según la Organización para la Economía, Cooperación y Desarrollo, citado por (WWD, 2015). Específicamente en las economías principales a nivel mundial y en los países en desarrollo.

Aunque Guatemala es un país en desarrollo, según IARNA-URL (2012), a nivel nacional en 2010 se estimó que el consumo del agua para uso agrícola fue del 32% del total de agua utilizada, para uso industrial fue el 38% y por el contrario un menor porcentaje para consumo en hogares (2.3 %). En la RMG predomina el uso industrial y el consumo residencial, y no existe gobernanza, participación y cooperación entre los usuarios de este recurso.

Guatemala como país, tiene un incremento en el Producto Interno Bruto (PIB), con una tasa de crecimiento por encima del 3 por ciento desde 2012 y que alcanzó el 4.1 por ciento en 2015; según las últimas estimaciones en el 2016 el país creció a un 2.9 por ciento y se prevé que en 2017 crezca un 3.2 por ciento (Banco Mundial, 2017). En el caso de la contribución del departamento de Guatemala en el PIB nacional ha sido estimada entre el 47% y el 78% (Cardona & Urioste, 1999).

El área urbana principal del país, la Ciudad de Guatemala, se ha extendido en espacio y población hacia los municipios aledaños, llegando a conformar la denominada Región Metropolitana de Guatemala o RMG, que bajo la finalidad de este estudio está conformada por doce municipios: Guatemala, Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Amatitlán, Villa Canales, Fraijanes, Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Chinautla, San Juan Sacatepéquez y San Pedro Sacatepéquez.

Según el Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (IARNA, 2013), para garantizar la disponibilidad de agua en la RMG, los tomadores de decisiones han tomado en cuenta principalmente aspectos sociales y económicos, y no se ha prestado tanta atención al componente natural (p.ej. el proceso hidrológico, el tipo de uso del suelo y la implementación de prácticas de conservación de recursos naturales, entre otros).

2.1. DEFINICIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA

En el año 1986 se decreta la Ley Preliminar de Regionalización a través del Decreto 70-86, que establece la división del territorio nacional en regiones y estableció la región metropolitana de Guatemala. Esta se integra por los 17 municipios del Departamento de Guatemala (SEGEPLAN, Banco Mundial, 2015) y cuenta con una superficie de 2,126 km² y con 3,445,320 habitantes al 2017 según proyección poblacional del INE. Previamente, la reforma de la Constitución Política de la República hace referencia en el artículo 231, que la ciudad capital y su área de influencia constituye la región metropolitana, aunque no especifica su extensión (Constitución Política de la República de Guatemala, 1993).

Desde la fundación de la Nueva Ciudad de Guatemala en el Valle de la Ermita, la Ciudad de Guatemala mantuvo relación con los municipios y departamentos a través de la provisión de productos agrícolas, según Morán (1988); y cuando se menciona a la Ciudad de Guatemala

también se hace referencia a su área de influencia. Actualmente existe discrepancia en la definición geográfica de la región metropolitana, aunque el aumento poblacional y expansión física del perímetro de la ciudad se percibe con la incorporación de infraestructura para residencia y comercio.

Además, en las tres últimas décadas la mayoría de los migrantes que han llegado a la ciudad buscando las oportunidades económicas que ofrece se han asentado en municipios vecinos al municipio de Guatemala (Mixco, Villa Nueva y Petapa en el suroeste, Amatitlán y Villa Canales al sur, Santa Catarina Pinula al sureste y Chinautla) se pone de manifiesto que la dinámica poblacional ha superado por mucho la capacidad de gestión y planificación de la ciudad principal del país (SEGEPLAN y Banco Mundial, 2015). Como consecuencia, la Ciudad de Guatemala ha experimentado un crecimiento poblacional acelerado, un cambio en su estructura social y espacial, esto ha aumentado la presión en los recursos suelo, bosque y agua.

Para poder definir el área de trabajo de FUNCAGUA, se delimitó el tejido urbano continuo del departamento de Guatemala, es decir, sin discontinuidades mayores a 200 metros (IARNA 2012). Para ello, el IARNA revisó métodos utilizados en otros países para definir la “zona” o “región” metropolitana, y se define la zona metropolitana como una unidad político-administrativa (conjunto de municipios) construida alrededor de un núcleo urbano (área urbanizada contigua) que reúne ciertos criterios de superficie, continuidad y población (IARNA 2012).

Según los objetivos de FUNCAGUA y con base en las investigaciones sobre oferta y disponibilidad de agua en la región realizadas por IARNA, en este documento se considera a la RMG como los 12 municipios: Guatemala, Chinautla, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Amatitlán, Fraijanes, Santa Catarina Pinula, Mixco, San José Pinula, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez. La selección de los municipios se realizó de acuerdo a la delimitación de las cuencas y áreas de recarga hídrica, de los acuíferos de los cuales se abastece la población de la RMG.

Dichos municipios y cuencas se delimitan a detalle según sus características físicas, políticas y administrativas, más adelante en el apartado de cuencas priorizadas para FUNCAGUA.

2.2. ANTECEDENTES DEL USO DEL AGUA EN LA REGIÓN METROPOLITANA

2.2.1 El agua en la época precolonial (1110 A.C. – 200 D.C.)

La zona arqueológica de Kaminaljuyú se extendía en el sector suroeste de la Ciudad de Guatemala, a una elevación de 1,450m sobre el nivel del mar. Otro conjunto de montículos protegidos se localiza en el centro comercial Miraflores, a un lado de la calzada Roosevelt, junto al moderno Museo de Kaminaljuyú. Además, aún pueden apreciarse otros montículos aislados en colonias residenciales de las zonas 7 y 11, así como en el Cementerio General de la zona 3 (Ministerio de Cultura y Deporte, 2013).

Las investigaciones realizadas en Kaminaljuyú (Wright, 2010; De Hatch, 2002; Barrientos 2000; Mendoza, 1990) han evidenciado el uso de sistemas de agricultura intensiva y canales de irrigación en el sitio durante esa época. Estos hechos evidencian que en ese lugar existió una sociedad hidráulica. Se entiende por sociedad hidráulica, a un tipo de organización social y laboral basada en el manejo del agua, más allá de la exclusiva utilización de sistemas de irrigación.

Los principales canales de irrigación que fueron utilizados en Kaminaljuyú fueron los denominados Miraflores, San Jorge y El Mirador; los cuales se describen en los párrafos siguientes.

El canal de Miraflores fue el canal donde se ubicó la mayoría de las excavaciones. Se origina en la parte sur del lago Miraflores con un ancho de 3.30 m y 5.80 m de profundidad, con una sección en forma de "V". Su extremo sur conocido tuvo más de 7.60 m de ancho y 0.50 m de profundidad, y sección en forma de "U". Se calcula una longitud total entre 500 a 1000 m. Los cambios en la forma de su sección permiten interpretar un avanzado manejo en el movimiento de agua, particularmente su velocidad. Debido a que no se identificó ningún canal secundario asociado y por tener un lado más bajo, se supone que este canal funcionó como un sistema de inundación controlado (Barrientos, 2000).

Por razones desconocidas, el canal Miraflores fue cerrado y parcialmente rellenado para principios del Preclásico Tardío (fase Verbena). Al mismo tiempo otro canal, conocido como San Jorge, fue construido más o menos paralelo al Miraflores. El canal San Jorge presenta dimensiones que doblan a las del anterior, llegando a tener un ancho de 18 m y fondo de 8 m. Su longitud total llega a 1750 m. Estos cambios sugieren una necesidad de mayores cantidades de agua, lo que pudo obligar a esta nueva construcción. De acuerdo con Barrientos (2000) los resultados del proyecto San Jorge, este canal funcionó con canales secundarios y cultivos intensivos en tablones.

Otro canal es conocido como El Mirador. Su naturaleza es bastante peculiar ya que se descubrió que intercepta al canal Miraflores y presenta los adelantos tecnológicos más avanzados con relación al manejo de agua en esta parte del sitio. Con un ancho de 2.60 m y una profundidad de 3 m en su parte norte, este pequeño canal termina con 1.60 m de ancho y fondo de 0.35 m. Su longitud total es de 230 m. Aunque se pudo detectar el final de este canal, su origen no coincide con la laguna, por lo que necesariamente es una derivación del canal San Jorge (Barrientos, 2000).

Como indicador de la escasez de agua que pudo producir la desaparición de la laguna, es el fondo del canal el Mirador, ya que presenta declives para retener sedimento en ciertos puntos. Debido a que este canal pudo funcionar con relación a pozos de captación de agua de lluvia, se puede inferir que este canal fue diseñado con el fin de resolver problemas de cantidad de agua (Barrientos, 2000).

Por sus características y los canales preclásicos de Kaminaljuyú-Miraflores, no pueden caracterizarse como obras de un gobierno centralizado. A pesar de que su compleja planificación y construcción reflejan la intervención de una élite de especialistas, la creación, uso y mantenimiento de los canales principales no requirieron un alto grado de organización laboral. Por ello, se supone que la evidencia encontrada en el área Kaminaljuyú-Miraflores y San Jorge indica la existencia de un grupo pequeño de agricultores especializados en el uso de canales de irrigación (Barrientos, 2000).

Los agricultores en Kaminaljuyú, Miraflores y San Jorge estaban organizados para aprovechar los recursos a través de técnicas productivas, que no fueron dirigidas para consumo local sino hacia la producción de cultivos exóticos y excedentes (Barrientos, 2000).

2.2.2 El agua en la época colonial (1524 – 1821)

La historia del abastecimiento del agua potable en la actual Ciudad de Guatemala data antes del traslado de la ciudad al Valle de la Ermita, Valle de la Virgen o Valle de las Vacas.

Durante ese período se realizaron exploraciones para buscar a dónde trasladar la Ciudad de Guatemala, en 1774 un primer informe de la época indicaba: "Bañan el Valle de la Virgen los ríos Las Vacas, Mixco, Pinula y diferentes vertientes que podrían incorporarse (esto en el nororiente

del valle)". Con base en la identificación de estas fuentes se eligió el Valle de la Ermita como un sitio ideal para establecer la nueva Ciudad de Guatemala.

Posteriormente, se unieron las aguas de los afluentes de Concepción, Panochá, Belén, Acatán y La Bonita. Con la unificación de estos caudales, la nueva Ciudad de Guatemala se vio beneficiada con la disponibilidad de 930 pajas de agua, es decir, 1,860 metros cúbicos del líquido que era conducido por medio de un acueducto cerrado, construido de ladrillo y mampostería, cuya principal fuente de abastecimiento era el río Pinula, por lo que fue llamado acueducto Pinula o de la Culebra² (Guzmán, 2013). En la figura 1 y 2 se muestra el paso de este acueducto por la ciudad y fotografías antiguas de distintos tramos del mismo.



Figura 1. Foto satelital del montículo de la culebra a su paso por las zonas 10, 13 y 14 de la Ciudad de Guatemala (Fuente: Museo Nacional de Historia de Guatemala).

² El acueducto de Pinula o de la Culebra, es un acueducto que se construyó con el fin de abastecer de agua a la Ciudad de Guatemala, su ejecución se le encargó al Maestro Mayor de Obras Bernardo Ramírez. Se canalizaron los ríos procedentes de Pinula y se utilizó el montículo de La Culebra, construcción prehispánica del período Miraflores de Kaminaljuyú. Dicho lugar es una elevación con una longitud de aproximadamente cinco kilómetros. La parte extrema del Acueducto de Pinula llegaba a inmediaciones en donde actualmente está el monumento a Tecún Umán.

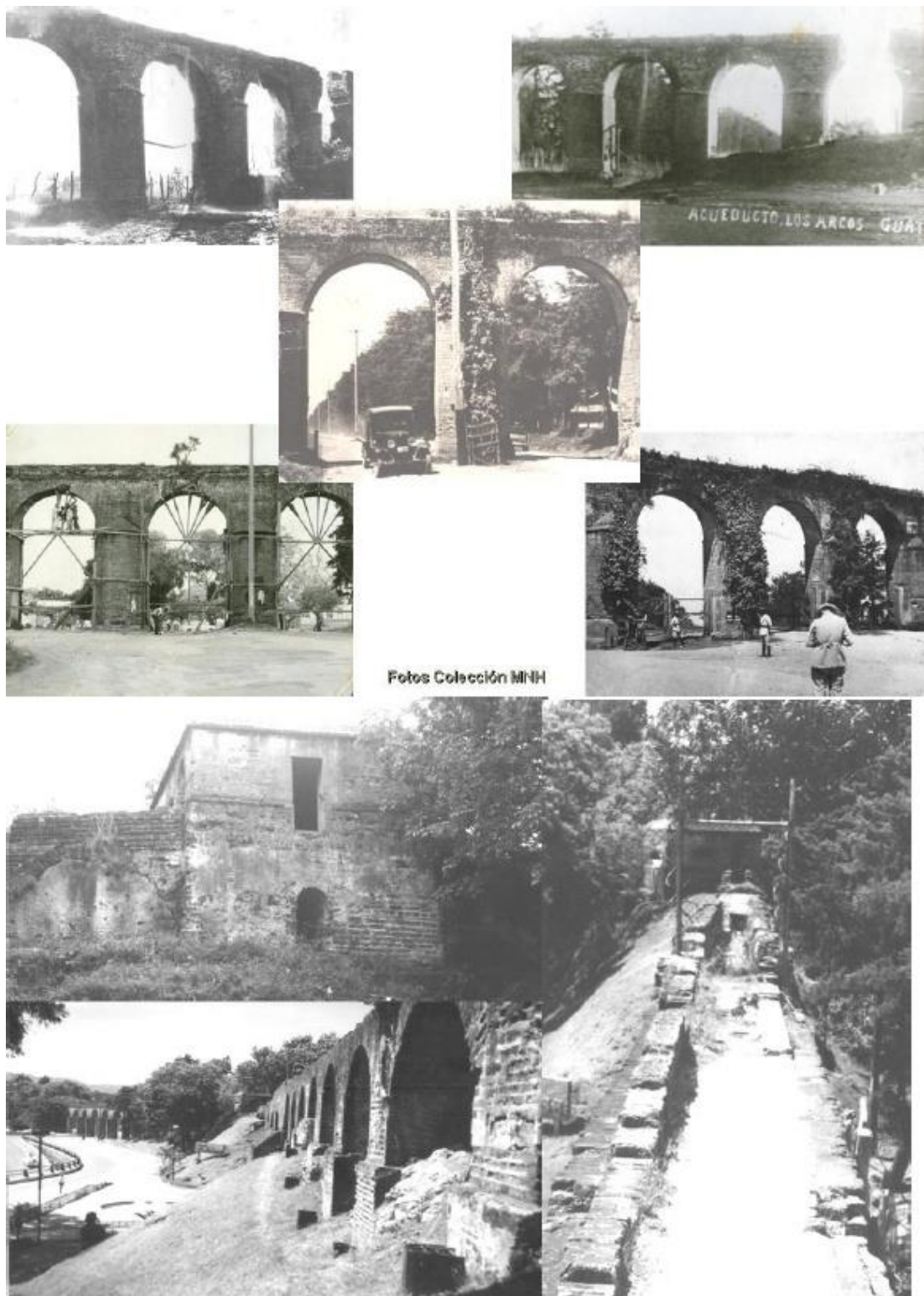


Figura 2. a. Fotos antiguas de distintos tramos del Acueducto de Pinula entre 1900 y 1970 (MNH) b. Montículo y el acueducto de la Culebra a la altura de la base militar La Aurora (Fuente: Museo Nacional de Historia de Guatemala).

2.2.3 Después de la colonia (1822 – 1900)

El abandono del barro cocido como principal material para la construcción de las tuberías de abastecimiento de agua, así como el paso al uso de hierro fundido, marcó el inicio de una nueva etapa en la distribución del líquido. La tubería de hierro fundido gris y el hierro galvanizado, cuyo uso se introdujo en 1897, permitió reducir el consumo de tuberías de barro cocido (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

La tubería de hierro no eliminó el uso de la de barro, aunque ésta pasó a un segundo plano. Por ello, algunas instalaciones de tuberías de barro siguieron operando, ya que ambos sistemas de distribución domiciliar permitían el acceso al servicio mediante el uso de las denominadas “flautas” (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

Cada nueva instalación efectuada desde la tubería principal dio lugar a que se formara una “telaraña” de conexiones de agua bajo tierra, que posteriormente quedaron bajo el pavimento de las calles y las banquetas de las residencias, lo que dificultaba su posterior ubicación, al no haberse levantado planos de las mismas. Este cambio en el sistema de distribución de agua, con la creación de nuevas redes de tubería de metal en sustitución de las de barro cocido, coincidió con el crecimiento de la ciudad y la preocupación de las autoridades municipales del momento por mejorar el sistema de abastecimiento (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

Entre 1889 y 1897, el Gobierno central, con el fin de atender la creciente presión a las autoridades edilicias para solucionar el problema, decretó la intervención del servicio de suministro de agua y promovió la incorporación de nuevos caudales. La intervención del sistema de agua permitió, en aquel entonces, renovar la mayor parte de la red de distribución, y el barro y mampostería dieron paso al hierro fundido gris y el galvanizado (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

2.2.4 Inicio del agua entubada y planes de purificación (1930 – 1939)

Junto a la instalación de una nueva red de hierro, en sustitución de la antigua tubería de barro cocido, la municipalidad estableció las primeras plantas de purificación de agua, así como su transmisión a mayor presión, para que llegara a más hogares. Dicho proceso, que se mantiene hasta nuestros días, surgió después que la empresa J. Chite Engineering Co. y el ingeniero León Yela hicieran los estudios pertinentes para la introducción de los caudales de El Mariscal y el río Teocinte, respectivamente (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

Entonces, el cambio a los sistemas de agua entubada y la purificación se llevó a cabo entre 1930 y 1938 (aunque los estudios habían iniciado en 1926) permitió la creación de las dos primeras empresas privadas de distribución del líquido, conocidas como Agua de Teocinte y Agua del Mariscal. En julio de 1931 las autoridades ediles decidieron establecer un sistema de medición del caudal: una “paja de agua” equivaldría a dos metros cúbicos, volumen que se suministraría diariamente a cada usuario y sería denominado “dotación” (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

Lo anterior coincidió con la implementación de un sistema de financiamiento para ejecutar las obras de conexión, con la venta de “pajas de agua” o fracciones, que se podía pagar en efectivo o por abonos. Esto dio origen al acuerdo del 9 de julio de 1941, por medio del cual se creó el “Título de Agua Municipal”, que otorgaba el derecho a utilizar 2,000 litros de agua por día (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

2.2.5 Nuevos proyectos de agua para la ciudad (1940 – 2000)

Hasta el año 1948 el sistema de distribución de agua de la Ciudad de Guatemala se efectuaba y se continúa construyendo a base de “flautas” a excepción de pequeños ensayos de conexión directa. A Partir de 1949 en todos los nuevos trabajos de distribución de agua se implementó la “conexión directa”, se elaboró un plano de la red de tuberías principales de distribución y se implantó el programa de instalación de contadores de consumo de agua (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2017).

En octubre de 1961, el gobierno de Guatemala con el fin de ayudar a enfrentar la escasez de agua potable decidió hacer estudios para traer a la ciudad capital el agua de los ríos Xayá y Pixcayá. Para el efecto se encargó a ingenieros guatemaltecos la preparación de un anteproyecto, que fue terminado a principios de 1962. La Municipalidad de Guatemala, por otra parte, había preparado otros estudios traer agua de los mismos ríos a la Ciudad Capital, pero en diferente ruta. Después de tres años de deliberaciones para escoger el proyecto más conveniente y de otros cuatro en que estas se prolongaron se inició la obra a principios de 1971.

El Acueducto Xayá lo constituyen la presa de derivación La Sierra, la presa de derivación El Tesoro y líneas de conducción. La Planta de tratamiento Lo de Coy es donde se recibe el agua conducida y consta de un canal de entrada, tres floculadores, cuatro sedimentadores y seis filtros.

El agua captada del río Xayá (cota 2,085 msnm) se deriva en su totalidad, y se conduce mediante un túnel hacia el río Balanyá (cota 2,020 msnm); aguas abajo del río Pixcayá, en la finca El Tesoro (cota 1,780 msnm), se realiza la derivación total del caudal superficial de este río hacia la planta de purificación Lo de Coy (Mixco). La línea de captación – conducción, tiene 49 km de longitud, intercalándose canales, sifones invertidos y túneles y la producción inicial era de 2 m³/s (DIGEGR, 2016).

En el año 1969 se iniciaron los trabajos del proyecto El Atlántico, que consistía en la introducción de 2 mil m³ de agua con el fin de abastecer de forma eficiente los requerimientos de la ciudad. Los caudales introducidos al sistema provenían de los ríos Bijague, Los ocotes y Teocinte con lo cual se beneficiaron los vecinos de las zonas 6, 16, 17 y 18.

La Empresa Municipal de Agua de Guatemala EMPAGUA fue creada por acuerdo municipal del 28 de noviembre de 1972. Desde su creación tiene la función de dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de Guatemala.

En 1978, el balance hídrico para las subcuencas norte y sur del área de la ciudad era negativo. Se menciona el descenso de los niveles de agua de los distintos pozos existentes. Dentro del Proyecto de Rehabilitación del Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Guatemala (REAGUA) se elaboró un mapa de diferencias de niveles entre los años 1968 y 1988 que mostró diferencias de niveles de hasta 30 metros en algunos puntos. En promedio, el descenso de niveles era de 0.9 metros por año (INSIVUMEH, 1978).

En 1982, fue concluido el Plan Maestro de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Guatemala (PLAMABAG), en el que se estableció que el acuífero en el valle de la Ciudad de Guatemala poseía una recarga de unos 100 a 120 millones de m³ por año y se definió que una explotación de 1 m³/s, durante un período de diez a quince años sería recomendable desde el punto de vista hidrológico y técnico (Coló, 2014).

Debido a la creciente demanda de agua de la ciudad, durante el año 2000 EMPAGUA ejecutó el plan de Emergencia I, que consistió en la apertura de 34 nuevos pozos profundos. Los pozos que componen el sistema se encuentran ubicados en las zonas 6, 10, 15, 16, 17, 18 y 24, identificados como sectores: Norte, Vista Hermosa, Canalitos I y II, Lavarreda y El Rodeo (Coló, 2014). Actualmente, EMPAGUA ha identificado algunos pozos como pozos críticos en los que no ha sido posible continuar la extracción o ha disminuido considerablemente el nivel freático.

En lo que respecta a la red de pozos privados, no se monitorea el aprovechamiento del agua subterránea a través de ellos. Hace un par de años la municipalidad de Guatemala comenzó a registrar los pozos nuevos en el municipio, pero continúa sin realizar monitoreo alguno³.

El aprovechamiento no planificado ni controlado sobre el agua en los últimos años, ha llevado a tensiones sociales, como diversas manifestaciones en diversos municipios de la RMG, en el 2016 una marcha y diálogos sobre el agua, a nivel nacional.

En el siguiente apartado se describe y analiza la situación actual del agua en la RMG con base a la información disponible de agua superficial y subterránea y los factores que afectan a la disponibilidad de este recurso.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA

En este apartado se describe a la región metropolitana de Guatemala, desde la limitación del área en estudio, hasta las características desde la perspectiva social, económica, biofísica (recursos naturales), ambiental, política e institucional. Además, se enfatiza principalmente en las características que están vinculadas con la oferta y demanda de la recarga hídrica.

3.1 CUENCAS PRIORIZADAS POR FUNCAGUA

La Fundación para la Conservación del Agua para la Región Metropolitana de Guatemala, FUNCAGUA, para cumplir con sus objetivos y basados con soporte científico, prioriza trabajar a nivel de cuenca. Según el estudio de IARNA (2012) son 16 microcuencas las priorizadas de acuerdo con la recarga hídrica que aportan a los acuíferos que abastecen de agua a la Región Metropolitana.

La extensión total de las 16 microcuencas es de 122,660 ha (1,242 km²); estas son Aguacapa, Amatitlán, El Cangrejal, El Zapote, La Cuya, Las Cañas, Las Flores, Las Vacas, Lo de Diéguez, Los Ocotes, Michatoya, Paxot, Rustrian, Sactzi, Teocinte y Villalobos, y se describe la extensión y ubicación de cada una en el cuadro 1.

Dichas microcuencas están en la administración política de 12 municipalidades principalmente, que son parte de la región: Guatemala, Chinautla, Amatitlán, Villa Canales, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Fraijanes, San José Pinula, Santa Catarina Pinula, San Juan Sacatepéquez, San Pedro

³ La información de este párrafo ha sido proporcionada en un evento (taller para la identificación de presiones y medidas, dirigido a representantes de gobiernos municipales; celebrado el 17 de mayo de 2017 en Villa Nueva).

Sacatepéquez y Mixco, como se observa en la figura 3. Estas microcuencas, aunque en menor porcentaje, también abarcan áreas en otros municipios aledaños⁴.

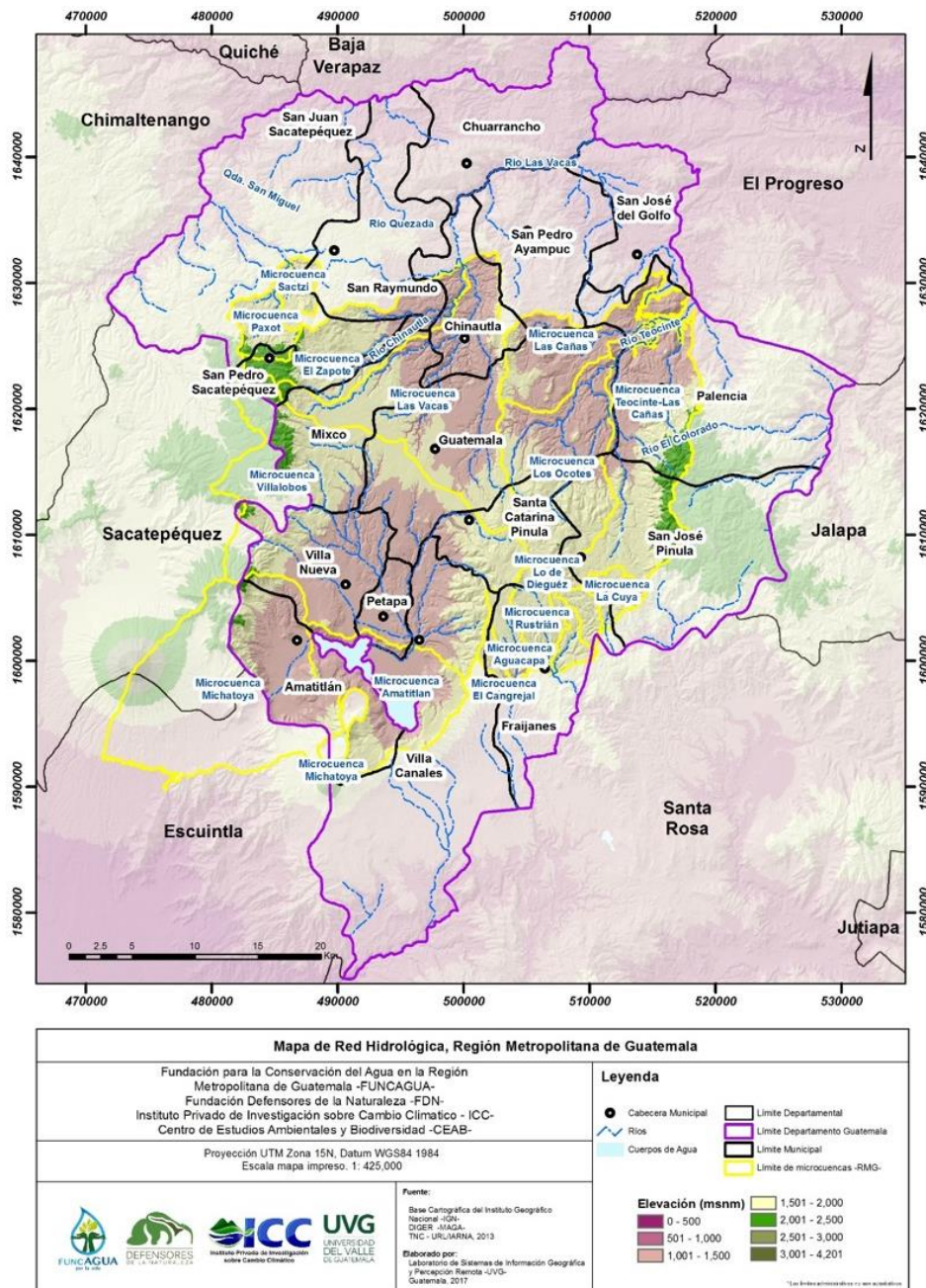


Figura 3. Cuencas y municipios priorizados para la FUNCAGUA dentro de la Región Metropolitana.

⁴ Otros municipios del departamento de Guatemala son Palencia (8,207 ha), San José del Golfo (28 ha), San Pedro Ayampuc (600 ha) y San Raymundo (1842 ha); y otros municipios de los Departamentos de Sacatepéquez (9,186 ha.), Escuintla (8,660 ha.) y Santa Rosa (66 ha).

Cuadro 1. Cuencas priorizadas para FUNCAGUA dentro de la Región Metropolitana, áreas y municipios de influencia.

Microcuenca	Cuenca	Cuenca Mayor	Área (ha)	Municipios
Aguacapa	Aguacapa	María Linda	1,621.5	Fraijanes, Villa Canales
Amatitlán	Michatoya	María Linda	8,451.0	Amatitlán y Villa Nueva
El cangrejal	María Linda	María Linda	660.1	Fraijanes
El Zapote	Las Vacas	Motagua	7,255.5	San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, San Raymundo
La Cuya	Pinula	Los Esclavos	1,340.6	Fraijanes, San José Pinula
Las Cañas	Plátanos	Motagua	6,330.3	Guatemala
Las Flores	Pinula	Los Esclavos	884.5	Fraijanes
Las Vacas	Las Vacas	Motagua	15,870.3	Guatemala, Mixco, Chinautla
Lo de Diéguez	Las Cañas	Los Esclavos	15,222.4	Fraijanes
Los Ocotes	Plátanos	Motagua	10,331.8	Guatemala, Santa Catarina Pinula y San José Pinula
Michatoya	Michatoya	María Linda	20,673.4	Amatitlán, Palín, Escuintla, San José Pacaya, Antigua Guatemala, Santa María de Jesús.
Paxot	Pixcayá	Motagua	2,217.8	San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez
Rustrián	Las Cañas	Los Esclavos	2,015.0	Fraijanes
Sactzi	Pixcayá	Motagua	1,251.1	San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez
Teocinte	Plátanos	Motagua	12,781.1	San José Pinula, Palencia,
Villalobos	Villalobos	María Linda	31,012.5	Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Mixco, Guatemala, Santa Catarina Pinula, Magdalena Milpas Altas, San Bartolomé Milpas Altas, San Lucas Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas, Santiago Sacatepéquez.

Fuente: IARNA 2012

Además de las cuencas priorizadas, que fueron citadas con anterioridad, otra área de influencia para la RMG se encuentra dentro del territorio hidrológico de las subcuencas Xayá y Pixcayá (ubicadas en el Departamento de Chimaltenango). El cuadro 2 muestra información descriptiva sobre las microcuencas que conforman esta área de influencia, y la figura 4, a modo ilustrativo, un mapa con dicha información.

Cuadro 2. Área de influencia en las subcuencas Xayá y Pixcayá.

Microcuenca	Subcuenca	Cuenca mayor	Área (ha)	Municipios
Balanyá	Pixcayá	Motagua	3915.5	Santa Cruz Balanyá y Zaragoza
Pacorral	Pixcayá	Motagua	7543.6	Tecpán San Juan Comalapa
Pixcayá	Pixcayá	Motagua	4749.5	Santa Cruz Balanyá y Zaragoza, San Martín Jilotepeque
Alto Xayá	Xayá	Motagua	5687.7	Tecpán Guatemala Santa Apolonia Patzún

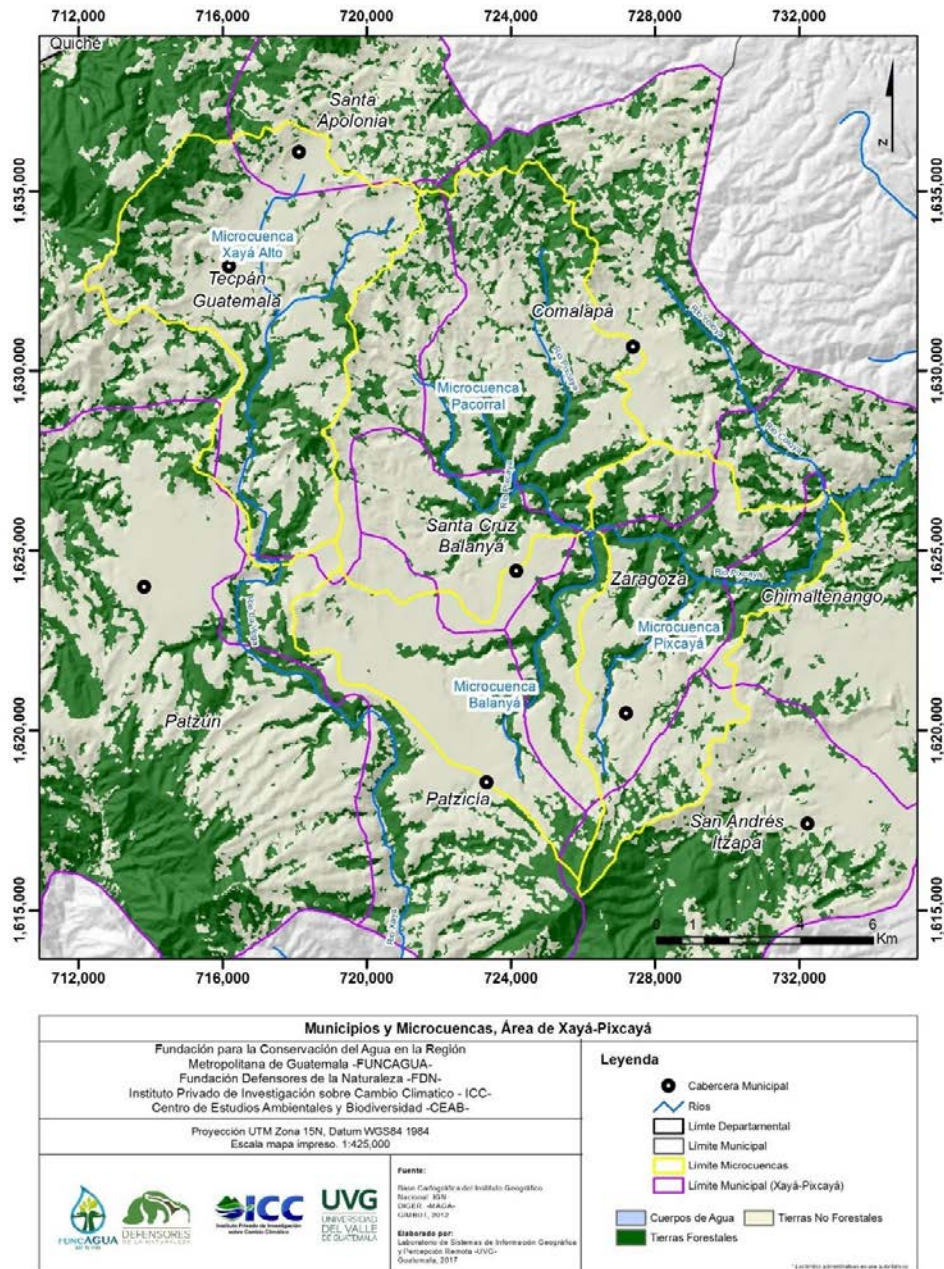


Figura 4. Microcuencas y municipios de la subcuenca Xayá y Pixcayá priorizados por FUNCAGUA.

3.2 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA RMG

En este capítulo se hace una descripción de las características sociales y económicas de la RMG, incluye índices demográficos, estadísticas educativas y de salud, identificación de actores y tenencia de la tierra. La mayor parte de esta información es descriptiva.

3.2.1 Demografía

A nivel de población, los últimos datos generados a partir de censos poblacionales datan del año 2002, y a partir de dicho año se han actualizado los datos anualmente en base a proyecciones. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), para el año 2017, todo el departamento de Guatemala tiene 3,445,320 habitantes, de los cuales 3,241,301 están concentrados en los 12 municipios priorizados (cuadro 3).

En el cuadro 3 se muestra el comportamiento de la población en los 12 municipios priorizados, cuya población total se incrementó en 215,472 habitantes en un periodo de cinco años, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual del 1.39%⁵.

Por ser el centro y el espacio en donde se fundó la ciudad, el municipio de Guatemala es el más poblado, con una población proyectada para 2017 de 994,604 habitantes. En contraste, es el municipio que presenta la tasa de crecimiento anual más baja, únicamente de 0.04%. En el otro extremo, tenemos al municipio de San Miguel Petapa, cuya población se espera que haya pasado de 169,054 habitantes en 2012, hasta los 201,384 habitantes en 2017, lo cual representa un incremento anual de 3.56%, el más alto de los municipios priorizados.

Cuadro 3. Estimaciones de población total para los municipios prioritarios (periodo 2012-2017).

Municipio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Crecimiento anual (%)
Guatemala	992,541	993,552	993,815	994,078	994,341	994,604	0.04
Amatitlán	110,556	112,912	115,230	117,511	119,753	121,953	1.98
Chinautla	126,780	129,454	132,084	134,670	137,210	139,701	1.96
Fraijanes	45,167	46,448	47,730	49,012	50,292	51,570	2.69
Mixco	483,705	487,830	491,619	495,079	498,211	501,017	0.71
Petapa	169,054	175,331	181,704	188,172	194,733	201,384	3.56
San José Pinula	72,161	74,395	76,640	78,896	81,161	83,433	2.95
San Juan Sacatepéquez	219,905	225,821	231,721	237,245	242,394	247,173	2.37
San Pedro Sacatepéquez	41,860	42,740	43,605	44,455	45,291	46,109	1.95
Santa Catarina Pinula	89,876	92,150	94,410	96,656	98,885	101,096	2.38
Villa Canales	147,050	150,823	154,577	158,309	162,017	165,698	2.42
Villa Nueva	527,174	539,909	552,535	564,686	576,363	587,563	2.19
Total	3,025,829	3,071,365	3,115,670	3,158,769	3,200,651	3,241,301	1.39

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Instituto Nacional de Estadística (2016).

⁵ Para eso se utilizó la fórmula de Tasa de Crecimiento Demográfico (Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial, 2015).

La figura 5 y cuadro 3 muestran el comportamiento de la población y las respectivas tasas de crecimiento. En ellos se evidencia que existe un incremento poblacional superior en los municipios periféricos a la Ciudad de Guatemala; inclusive, más del 50 por ciento de los municipios presentan valores anuales superiores al promedio nacional (2.024%). Además, este índice nacional se ubica entre los más altos de América Latina (Word Bank, 2015).

Este incremento poblacional es más marcado especialmente en los municipios al sur de la Ciudad de Guatemala, donde San Miguel Petapa, San José Pinula, Fraijanes, Villa Canales, Santa Catarina Pinula y Villa Nueva presentan tasas de crecimiento poblacional anual superiores al 2%. A priori, esto da indicios de las zonas donde en el futuro la necesidad de servicios básicos será más alta, y, por consiguiente, las áreas en donde los recursos naturales se podrían ver sometidos a mayor presión. Las causas de esta mayor concentración de población en los municipios del sur no están claras, y se podría deber a factores económicos como el coste de la vivienda, la disponibilidad de espacio o a la facilidad de movimiento desde y hacia la Ciudad de Guatemala.

A manera de resumen, basados en las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística, para el año 2017, más del 60% de la población de todo el departamento de Guatemala está concentrado en únicamente tres municipios: Guatemala, Villa Nueva y Mixco.

A nivel de la segregación poblacional (atendiendo a aspectos como género, población joven, rural e indígena) la estimación más reciente la elaboró el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) para el año 2014, tomando como referencia los datos del INE del 2002 (no se tuvo acceso a información disponible y actualizada al año 2017). Esta información se podría actualizar con datos que manejan municipalidades, centros y puestos de salud, y Organizaciones No Gubernamentales dedicadas a atención materno-infantil, entre otros.

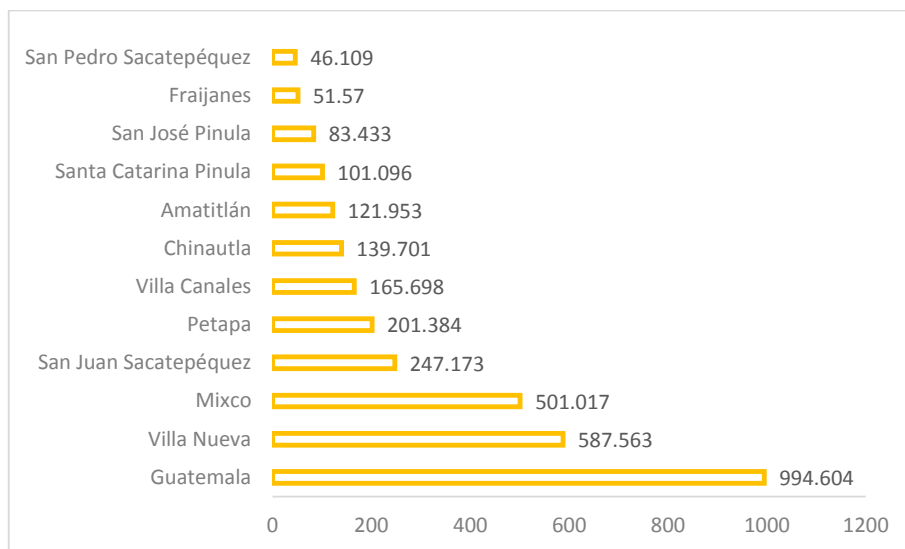


Figura 5. Proyección del número de habitantes para el año 2017 para los municipios prioritarios.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Instituto Nacional de Estadística (2016).

Cuadro 4. Población segregada según características seleccionadas para los municipios prioritarios para el año 2014.

Año de la información	2014					
Región, departamento y municipio	Población total	Hombres	Mujeres	Población joven ⁶	Población rural	Población indígena
Guatemala	993,815	468,140	525,675	272,620	0	96,811
Amatitlán	115,230	56,896	58,335	31,610	30,870	3,670
Chinautla	132,084	65,310	66,774	36,233	25,658	21,534
Fraijanes	47,730	25,789	21,941	13,093	15,820	2,035
Mixco	491,619	237,045	254,574	134,859	27,093	69,638
San José Pinula	76,640	38,147	38,493	21,024	22,284	2,560
San Juan Sacatepéquez	231,721	116,502	115,219	63,565	99,870	140,457
San Miguel Petapa	181,704	90,987	90,717	49,845	9,866	8,965
San Pedro Sacatepéquez	43,605	21,867	21,738	11,962	26,487	36,642
Santa Catarina Pinula	94,410	46,161	48,249	25,898	26,435	3,649
Villa Canales	154,577	77,457	77,120	42,403	41,040	4,891
Villa Nueva	552,535	275,096	277,439	151,570	75,894	37,982

Fuente: Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, 2014.

La Figura 6 muestra la división de población rural⁷, llamando la atención que, para el municipio de Guatemala, se considera que no la hay mientras que San Juan Sacatepéquez y Villa Nueva son los Municipios que presentan la mayor población viviendo en área rural, con 99,870 y 75,894 habitantes respectivamente.

⁶ Población Joven: toda aquella población menor a los 30 años de edad (Instituto Nacional de Estadística, 2014).

⁷ Área Rural: Se definen a los lugares poblados que se reconocen oficialmente con la categoría de aldeas, caseríos, parajes, fincas, etc., de cada municipio. Incluye a la población dispersa, según Acuerdo Gubernativo del 7 de abril de 1938 (Instituto Nacional de Estadística, 2016a).

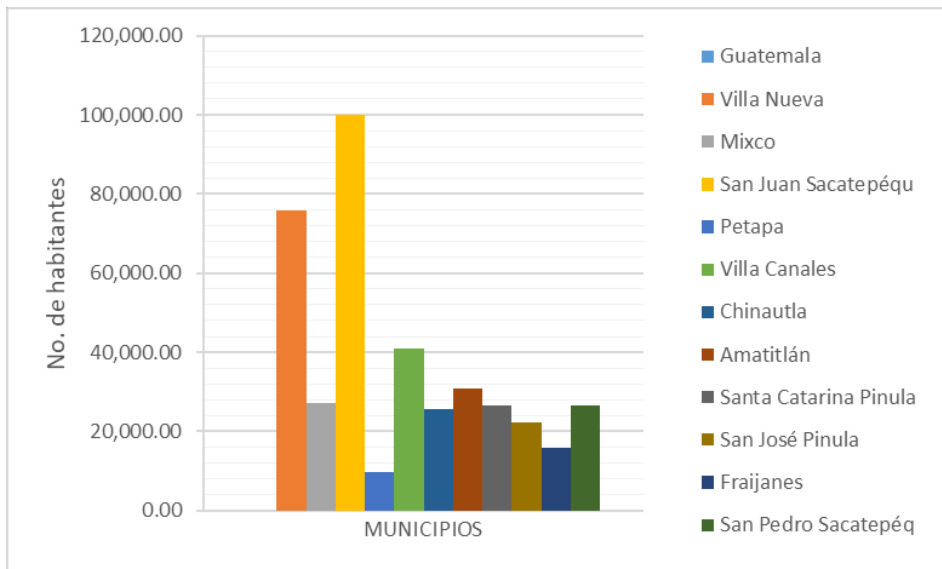


Figura 6. Población rural para los municipios priorizados para el año 2014.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (2014).

En cuanto a la población indígena, para el año 2014 se estimaba que el municipio con mayor población indígena era San Juan Sacatepéquez con 140,457 habitantes, seguido de Guatemala con 96,811 y Mixco con 69,638 habitantes; mientras que San José Pinula y Fraijanes reportaban la menor cantidad de población indígena, ambos con menos de 2600 habitantes (Figura 7). Sin embargo, en porcentaje, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez son los que tienen una mayor población indígena.

Si bien se buscó información, no se pudo encontrar estudios que detallaran las dinámicas de migración a lo interno del departamento de Guatemala, en donde se indicaran los movimientos, no sólo a nivel temporal, por fines educativos y laborales, sino también de forma permanente. En este sentido, los Planes de Desarrollo Municipales de algunos municipios señalan esta situación, mas no entran en detalle a discutir y a analizarlo.

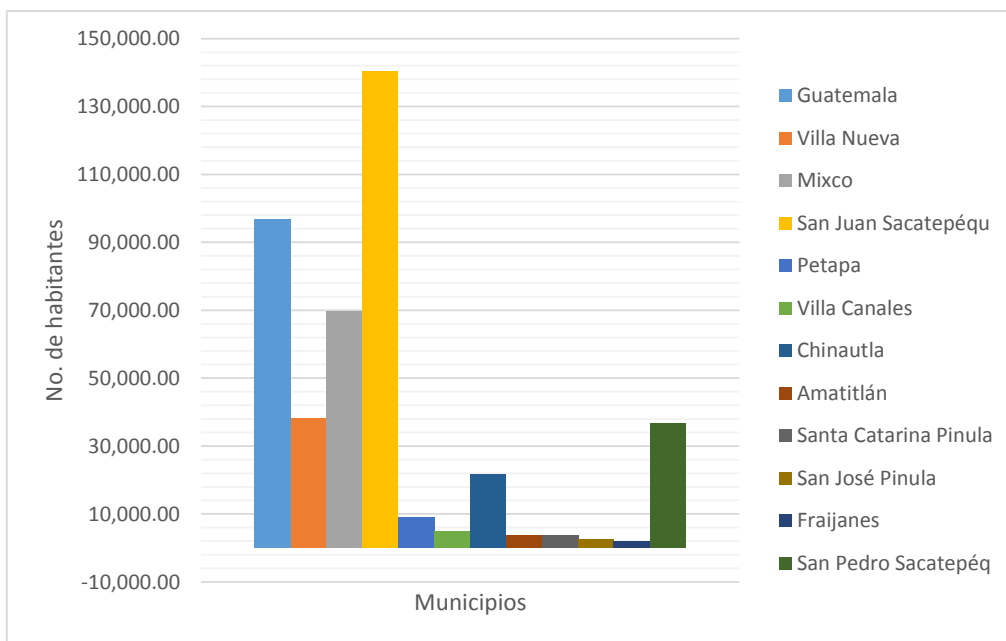


Figura 7. Población indígena para los municipios priorizados para el año 2014.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (2014).

3.2.2 Actores relevantes relacionados al agua

A pesar de que en la RMG hay abundante oferta hídrica, existen problemas de acceso al recurso para distintos usuarios, y no se cubren las necesidades existentes. Esto evidencia la falta de un manejo integrado del agua, para la cual un componente vital es la gobernanza a diversos niveles: local, regional y nacional. El manejo y la gestión integrada del recurso hídrico atañe a todos los actores: población, gobierno, sector privado, prestadores de servicios, organizaciones no gubernamentales, academia, entre otros (puesto que es esencial para todos los procesos biológicos, económicos, sociales e, incluso, los culturales). Por ello es necesario reunir esfuerzos de manera estratégica, balanceada e inclusiva para la gobernabilidad del agua. Existen ejemplos en donde se ha logrado la participación e inclusión de diversos tipos de actores (sector público a nivel local, sector privado y sociedad civil) para la gestión del agua. Este es el caso de lo alcanzado en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

Algunos autores dividen a los actores vinculados al recurso hídrico según su rol dentro de la sociedad. Con esta idea central, Colom y Morán (2004) dividen a estos en dos grupos, actores públicos y actores sociales, los cuales se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación de actores vinculados al recurso hídrico.

Actores públicos

Entre los actores públicos se encuentran los tres poderes del Estado: Legislativo, Ejecutivo y Organismo Judicial, representados por los diputados, el presidente con su gabinete y los magistrados y jueces, respectivamente. Aquí también se incluyen las municipalidades y los consejos de desarrollo.

Actores sociales

Se compone de actores privados y de la sociedad civil, tanto a nivel local como nacional. A nivel local, se incluyen actores tales como asociaciones de usuarios, empresas encargadas de la provisión de agua, comités locales de agua y/o riego, mesas de diálogo, ONG, etc.

A nivel nacional, se incluyen empresas privadas, y gremios (p.ej. asociaciones agrícolas, industria, construcción y de exportadores), entre otros.

Fuente: Colom y Morán (2004)

Un ejercicio similar, pero específico para la RMG fue realizado por Córdova et al. (2015), para The Nature Conservancy. En este estudio se clasifican los actores vinculados a la gestión del recurso hídrico de la RMG en siete grupos temáticos (cuadro 6).

Los más de 3 millones de personas que habitan en la RMG representan un actor de gran peso en cualquier iniciativa o toma de decisiones relacionada al agua. Los usuarios finales son quienes estarán directamente afectados por los cambios a nivel de suministro, legislación o tarifas ligadas a la gestión.

El sector público también es muy relevante dado que son las instituciones del Estado las que establecen y deben de hacer cumplir las leyes. Además, tienen la capacidad para establecer instituciones estatales ligadas a dicho recurso (tales como los ministerios), quienes tienen facultades de rectoría, regulación, planificación, otorgamiento de derechos, de permisos y sanción.

A nivel de los prestadores de servicio, estos pueden ser privados, municipales o comunitarios, sin fines de lucro, comités específicos, COCODE, asociaciones de vecinos y otras figuras jurídicas. A pesar de esta gran variedad y de su peso a nivel del manejo del recurso, aún no existe un sistema legal común que regule su funcionamiento, lo cual pone tanto al consumidor como al recurso agua en una posición frágil e insegura.

El sector privado organizado considera al CACIF como el principal representante político de sus intereses. Específicamente, una de las industrias que más dependen del agua es la industria de agua embotellada a cualquier nivel, desde las aguas gaseosas, hasta las cerveceras; este sector también engloba a las perforadoras de pozos y los fabricantes de alimentos, entre otros.

La importancia de las ONG recae en las labores de conservación que llevan a cabo en el área metropolitana, entre ellas: ARNPG y UICN; mientras otras (p.ej. TNC o WWF) apoyan la gestión integrada de los recursos. La academia ha realizado aportes en materia de investigación científica en la RMG, además de tener ciertos espacios de concertación social. Los medios de comunicación son otro actor clave, no solo a nivel de investigación periodística, sino también de sensibilización, fomento a la cultura del agua y denuncia de delitos ligados este recurso.

Cuadro 6. Clasificación de los actores relacionados a la gestión del agua en la RMG.

Grupo temático	Atribución	Actores principales	Marco Legal ⁸
Población	Usuarios domésticos	Usuarios domésticos	Constitución
	Propietarios de terrenos	Propietarios de terrenos	Constitución
Gobierno	Rector	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Constitución, Ley Organismo Ejecutivo
	Asistencia técnica	INFOM (Instituto de Fomento Municipal), Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPPLAN), Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH.	Ley Orgánica INFOM y SEGEPPLAN
	Conservación	Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), MARN	Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental
	Autoridad cuenca	Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Amatitán (AMSA)	Ley Creación AMSA
Proveedores del Servicio de Agua	Municipal	Municipalidad	Código Municipal
	Organización Mancomunada	Empresas municipales	Código Municipal, Código de Salud
	Empresas	Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE), Asociaciones	Acuerdos y Código Municipal
Sector Privado	Gestión Política	Empresas particulares	Código Mercantil
	Gestión Política	Cámara Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF), Cámaras, Gremiales	Constitución, Código Civil

⁸ El marco legal que rige a cada uno de estos actores define aspectos tales como sus derechos y obligaciones en relación con el recurso hídrico.

	Empresas Usuarías	Consumo de Agua para fines comerciales	Embotelladoras, Hoteles, etc.	Código Civil, Código Mercantil
	Proveedores Servicios/ Equipos	Equipos, servicios suministros, etc.	Empresas proveedoras	Código Mercantil
	Urbanizadores	Construcción-desarrollo de proyectos	Desarrolladores inmobiliarios	Código Mercantil, Acuerdos Municipales
	Áreas Protegidas	Conservación ambiental	Asociación de Reservas Nacionales Privadas de Guatemala ARNPG.	Ley de Áreas Protegidas
ONG	Conservación Ambiental	Gestión ambiental relacionada al Agua	e.g. TNC, UICN, etc.	Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental, Ley de ONG
	Administración Conjunta	Coadministración de Áreas Protegidas	Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación FUNDAECO, Cerro Alux, etc.	Ley de Protección y Mejoramiento Ambiental, Ley de ONG
	Participación Ciudadana	Representación de intereses ciudadanos	COCODE, Asociaciones, etc.	Ley de ONG, Ley Consejos Desarrollo
Administración financiera	Banca y administración de recursos	Gestión de recursos para conservación	Bancos	Ley de Bancos, Código Mercantil
Conocimiento	Academia	Educar, investigar, plantear propuestas	Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR), Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), Instituto de Investigación y Proyección de Ambiente natural y Sociedad (IARNA), Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad (CEAB)	Constitución
	Medios de Comunicación	Investigar, informar comunicar	Prensa y redes sociales	Ley de Medios de Comunicación

Fuente: Córdova et al. 2015.

3.2.3 Tenencia de la tierra

Hacer investigación sobre la tenencia de tierra en cualquier región del país es complicado y la región metropolitana no es la excepción dado que implica revisar las relaciones de los propietarios con la tierra dentro de todos los municipios, incluyendo la distinta problemática casi siempre ligada a este recurso.

Con base en los Planes de Desarrollo Municipal, que contienen información de la tenencia de la tierra, se pudo determinar de forma general para los 12 municipios se describen tres tipos de acceso a la tierra: a) tierra privada con certeza jurídica de propiedad, b) de uso comunal y c) tierras municipales, especialmente el caso de los nacimientos y fuentes de agua.

Muchos de los municipios en la RMG presentan conflictos por el uso de la tierra en áreas críticas para el recurso hídrico (nacimientos de cuerpos de agua y territorios aledaños a las riberas de los ríos), derivados de presiones por el establecimiento de asentamientos domiciliarios y agrícolas. Las anteriores presiones se producen a pesar de que varias áreas críticas para el recurso hídrico presentan certeza sobre la tenencia de la tierra (p.ej. tierras de propiedad privada, áreas del estado, municipales y áreas protegidas).

Un ejemplo de lo anterior es La Cerra en el municipio de San Miguel Petapa. Esta es un área protegida, en donde, además, las áreas aledañas son de propiedad privada, que durante varios años han sufrido la invasión de personas que requerían áreas para vivienda y/o cultivos.

Otras situaciones similares a la anterior se dan en las áreas de Playa de Oro, Las Palmas, Paraje Concepción y Villa Hermosa (todas ubicadas en el municipio de San Miguel Petapa). Estas áreas son de propiedad privada (terratenientes y residencias multifamiliares), y también se ven afectadas por la ocupación de tierras.

Además de San Miguel Petapa, otros municipios que son fuertemente afectados con este tipo de conflictos son: Amatitlán, Villa Nueva, Guatemala, San José Pinula, Fraijanes y Mixco. Tales municipios presentan una alta tasa de crecimiento poblacional.

Para ampliar y detallar la información contenida en este apartado, se recomienda tener un vínculo continuo con el Registro de Información Catastral (RIC), lo cual proporcionará información sobre cambios a nivel de catastro en la RMG, y permitirá conocer, con mayor detalle, la tenencia de la tierra. En el proceso de formulación de este diagnóstico se realizó un primer acercamiento al RIC, aunque de él no se obtuvo información.

Así mismo, las municipalidades cuentan con un registro en libros, de las propiedades existentes en su jurisdicción; a futuro, es importante hacer una búsqueda detallada de esta información para la ejecución de proyectos que formen parte del Plan de Conservación. En el Plan de Conservación las tierras municipales son clave, tanto las que cuentan con cobertura boscosa como las que no la tienen.

3.2.4 Población económicamente activa

Según el Instituto Nacional de Estadística (2016), la Población Económicamente Activa (PEA) son todas aquellas personas de 15 años o más, que trabajan y buscan trabajo. Según la encuesta nacional de empleo e ingresos de 2014, la PEA representa el 41 por ciento de la población total. Respecto a la población en edad de trabajar, la población económicamente activa constituye el

60% (ODHAC, 2017). De acuerdo con la encuesta nacional de empleo e ingresos (INE, 2016), la población económica activa presentó un crecimiento durante la primera encuesta de 2016, de un total de 61605,276 personas, que representan un 40 por ciento de la población total.

Para el caso del área de estudio, de acuerdo con estimaciones del El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad para el año 2014, en 12 municipios de la RMG existían 1,472,588 de habitantes económicamente activos, lo cual representaba el 47.3% de la población total (ver figura 8).

Según el cuadro 7, los municipios que presentan menor porcentaje (32%) de población económicamente activa son San José Pinula, San Juan Sacatepéquez y San Miguel Petapa. Por el contrario, por la concentración de industrias y empresas, los municipios de Guatemala y Mixco tienen 62 y 53 por ciento su población como económicamente activa, respectivamente.

Cuadro 7. Población económicamente activa para los municipios prioritarios para el año 2014.

Año de la información		2014	
Municipio	Población total	PEA	PEA (%)
Amatitlán	115,230	45,284	39.30
Chinautla	132,084	54,385	41.17
Fraijanes	47,730	17,287	36.22
Guatemala	993,815	613,597	61.74
Mixco	491,619	259,880	52.86
San José Pinula	76,640	25,080	32.72
San Juan Sacatepéquez	231,721	75,000	32.37
San Miguel Petapa	181,704	58,840	32.38
San Pedro Sacatepéquez	43,605	18,598	42.65
Santa Catarina Pinula	94,410	38,865	41.17
Villa Canales	154,577	54,066	34.98
Villa Nueva	552,535	211,706	38.32
Total	3,115,670	1,472,588	47.26

Fuente: Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, 2014.

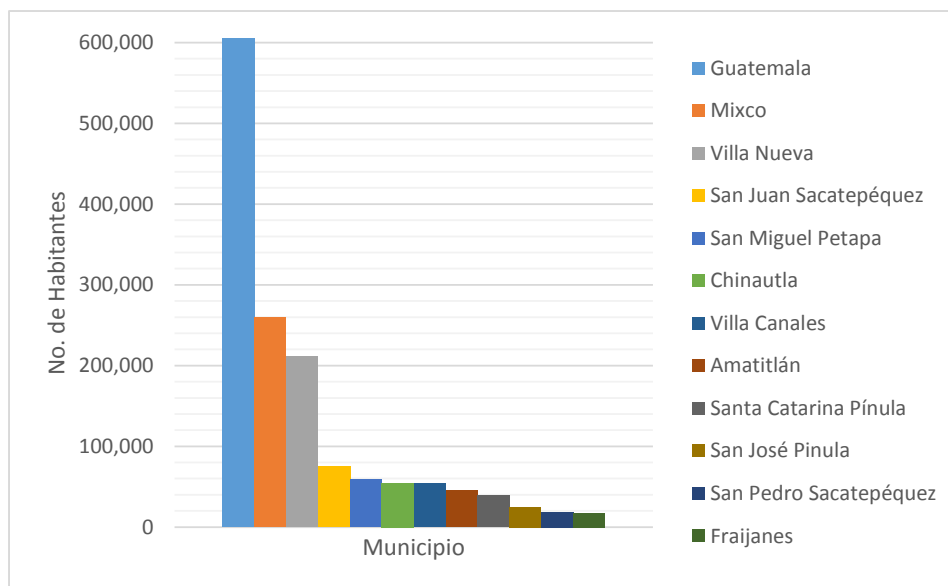


Figura 8. Población económicamente activa para los municipios priorizados para el año 2014.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (2014).

3.2.5 Escolaridad por municipio

A continuación, se describe por municipio la información de tasas de escolaridad, así como, el número de establecimientos educativos. Esta información será útil para proponer el desarrollo de la estrategia de desarrollo de capacidades y educación ambiental, que se formulará para el plan de conservación.

3.2.5.1 Amatitlán

Para el año 2010 el Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Amatitlán, basados en datos del Ministerio de Educación del 2009, reportó que existían 77 establecimientos oficiales que atendían la población estudiantil, distribuidos de la siguiente forma: 30 a nivel pre-primario, 39 a nivel primario, 4 a nivel básico y 4 a nivel diversificado, los cuales representan únicamente el 17.95% de los 429 centros educativos existentes en el municipio. Esto demuestra la importancia que el sector privado representaba para el 2009 a nivel educativo.

Estos datos se traducían en una cobertura mayor al 100% en la educación primaria, en contraste al año 2007 cuando se reportó una cobertura a este nivel de 126%, lo que representaba una sobreoferta a nivel de educación primaria.

Por otro lado, la cobertura educativa a nivel básico y diversificado es mucho menor, abarcando el 60% y el 32% respectivamente (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Amatitlán. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010) lo cual puede deberse al poco interés en esta oferta educativa a estos niveles, lo cual obliga a la población joven a trasladarse a otros municipios.

3.2.5.2 Chinautla

Para el municipio de Chinautla en el año 2009, a nivel educativo existía cobertura de educación en los cuatro niveles; preprimaria, primaria, básico y diversificado, y que son atendidos tanto por el sector público como privado, inclusive existe institutos a nivel básico por el sistema de cooperativas y municipalidad.

Basados en datos del Ministerio de Educación del 2008, el Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chinautla en 2010 reportó que una cobertura del 100% para el nivel primaria, 35.89% a nivel básico y únicamente el 1.36% a nivel diversificado.

A nivel de infraestructura, se reportaban 171 establecimientos educativos, 52 destinados a la educación preprimaria, 60 para la primaria, 3 de primaria por madurez; 30 establecimientos de educación básica, de los cuales 7 funcionan por cooperativa, 4 administrados por la municipalidad y 15 centros educativos de nivel diversificado. En cuanto a la oferta educativa acorde al sector público y privado, el primero cuenta con 80 establecimientos repartidos en todos los niveles educativos, mientras que el sector privado tiene 77 establecimientos con una clara predominancia a nivel pre-primario y primario.

3.2.5.3 Fraijanes

Con la base de datos del Ministerio de Educación para el año 2010, se determinó que el municipio de Fraijanes tenía una escolaridad para el nivel primario de 94.11%, para el nivel secundario de 36.32% y a nivel diversificado únicamente del 15.3%. Esta brecha educativa puede deberse a diversos factores, entre la falta de oferta educativa a este nivel o la preferencia de buscar instituciones con mayores niveles de enseñanza en municipios aledaños, especialmente a la Ciudad de Guatemala (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Fraijanes, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.5.4 San Juan Sacatepéquez

Según datos del Ministerio de Educación para el 2009, y reportados por el Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Juan Sacatepéquez et al., se inscribieron un total de 45,511 alumnos en todos los niveles, donde 12.06% pertenecían a primaria; 2.45% al nivel básico; 1.88% en el nivel pre-primario y 6.88% para diversificado.

En cuanto a la infraestructura, se cuenta con 346 establecimientos abiertos y 207 establecimientos oficiales en todos los niveles, esto quiere decir que la mayor parte de la educación a nivel diversificado es de carácter privado, habiendo 139 establecimientos de este tipo en el municipio.

A nivel de cobertura a todos los niveles, la preprimaria y primaria tiene una cobertura de 40% y 38% respectivamente; mientras que el nivel básico y diversificado se quedaban muy rezagados con 20% y 7% de cobertura (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Juan Sacatepéquez. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.5.5 San Miguel Petapa

Basados en datos del Ministerio de Educación del 2009, y reportados por el Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Miguel Petapa, existen 32 establecimientos educativos abiertos abarcando los niveles desde preprimaria hasta diversificado.

3.2.5.6 Santa Catarina Pinula

El municipio de Santa Catarina Pinula, para el año 2009 reportaba con 72 establecimientos educativos a nivel pre-primario, de los cuales 25 eran oficiales y 47 privados; 74 de nivel primario (26 oficiales y 48 privados); 41 establecimientos de educación básica (3 oficiales, 31 privados y 7 por cooperativa) y 22 de ciclo diversificado (1 oficial, 20 privados y 1 por cooperativa (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Catarina Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2011).

Estos centros brindan sus servicios en diversos centros poblados del municipio. A nivel de cobertura educativa este municipio tiene altos índices, para el año 2010, a nivel primario existía una oferta mayor a la demanda educativa, la cobertura neta de fue 106.04%; a nivel básico de 75.95% y a nivel diversificado se reduce hasta el 24.47%.

Además, existe una oferta universitaria que, si bien es mínima, no se había reportado en los otros municipios. En este sentido tanto la Universidad de San Carlos de Guatemala como la Universidad Galileo tienen extensiones universitarias que imparten Ciencias Sociales y Ciencias Jurídicas, respectivamente.

3.2.5.7 San José Pinula

Para el año 2010, el municipio de San José Pinula reportaba un total de 145 centros educativos, de los cuales 18 pertenecían al área urbana y 127 al área rural. A nivel preprimaria, había 41 establecimientos de los cuales 24 eran oficiales; a nivel primario había 54 establecimientos, de los cuales 33 eran oficiales; a nivel básico se reportaban 33, de los cuales 17 eran oficiales; y a nivel diversificado había 8, de los cuales uno era oficial (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San José Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.5.8 San Pedro Sacatepéquez

Basados en datos del Ministerio de Educación, se determinó que para el año 2009 se inscribieron en el municipio un total de 9,793 alumnos en todos los niveles, donde: 3.78% correspondieron a primaria; 25.48% para nivel básico; 22.67% de párvulos y 2.05% para diversificado. Como ya se mostró en el apartado de población indígena, existe una gran población de origen indígena, en la mayoría de estos establecimientos la educación es bilingüe, impartándose clases en español y kaqchiquel. El Consejo Nacional de Alfabetización ha sido de gran ayuda en contra del analfabetismo, que ascendía al 27.6% de la población.

A nivel de infraestructura, en 2010, el municipio contaba con 77 establecimientos educativos, de los cuales 21 eran de nivel preprimaria, 6 de preprimaria bilingüe, 26 establecimientos de

primaria, 16 establecimientos a nivel básico y 8 a nivel diversificado (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Pedro Sacatepéquez. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial., 2010).

3.2.5.9 Villa Nueva

El municipio de Villa Nueva, según datos reportados por Ortiz Alvarado et al. 2010 tenía 131,022 habitantes en edad escolar a nivel de primaria, lo cual representaba casi el 37% de la población del municipio para dicho año. También contaba con 49 escuelas entre preprimaria, primaria, básica y diversificado, algunas llegando a funcionar inclusive en tres jornadas y fines de semana. A nivel de preprimaria, en 2010 había 747 aulas para dar atención a la población a nivel pre-primario; 257 aulas para atender a la población estudiantil a nivel primaria y a nivel básico había 989 aulas para atender a dicha población estudiantil.

3.2.6 Establecimientos educativos

Tal y como se pudo observar, la información específica de cada municipio a nivel educativo es variable e inconsistente, cuando ésta existe. Para este caso se utilizó la información contenida a nivel de los Planes de Desarrollo Municipales, la gran mayoría de ellos generados entre 2010 y 2011, a excepción de los Municipios de Guatemala, Mixco y Villa Canales, cuyos planes no fueron encontrados.

Para solventar esta situación se utilizaron los datos presentados en el Anuario Estadístico de la Educación, Guatemala 2015. Aquí se encontraron los datos más recientes relacionados a educación, pudiendo actualizar mucha de la información en cuanto al total centros educativos de cada municipio, así como el número real de establecimientos que funcionaron por sectores (figura 9).

Se muestra gráficamente los datos de todos los establecimientos de los municipios priorizados que reportaron datos para el ciclo escolar 2015. En ella se puede apreciar que los tres municipios más poblados (Guatemala, Villa Nueva y Mixco) son los que tienen la mayor oferta educativa, siendo el municipio de Guatemala el que más ofrece a nivel diversificado, seguido de Mixco y Villa Nueva. Hay que resaltar que, en la mayoría de los municipios, se ve una tendencia decreciente del número de establecimientos educativos acorde al nivel, reduciéndose drásticamente en todos los municipios al llegar a la educación diversificada.

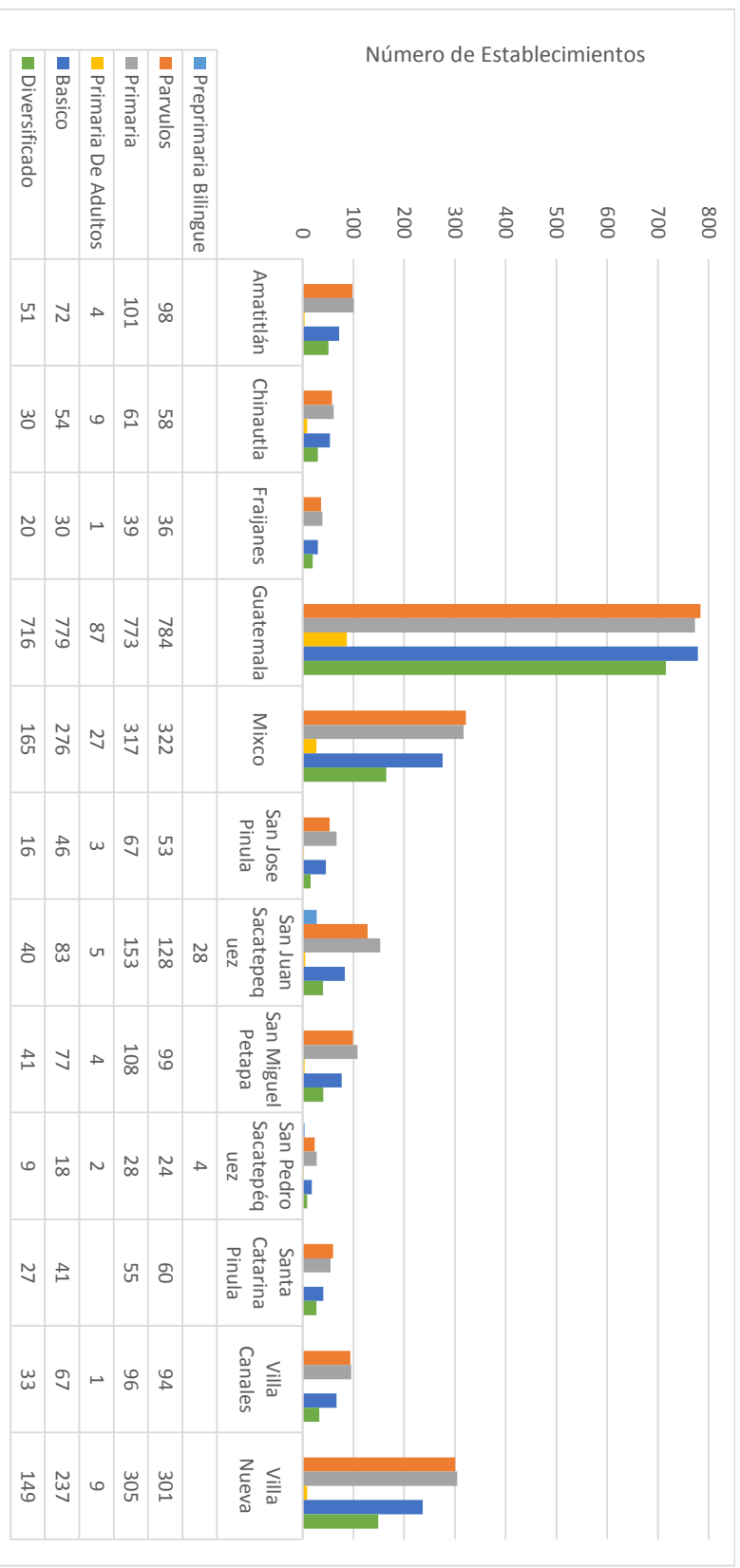


Figura 9. Número de establecimientos que reportaron información para el ciclo escolar 2015 en los municipios prioritarios.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ministerio de Educación (2015)

3.2.7 Principales actividades socioeconómicas

De acuerdo con el documento llamado “Guatemala: Perfiles de medios de vida”, los municipios de la RMG, a excepción de San Juan Sacatepéquez, se encuentran dentro de la “Zona 10: Agroindustria y Maquilas” (zonificación propia del documento). Esta zona se caracteriza por predominancia de maquilas de textiles y agricultura, esta última actividad centrada en flores y vegetales. Estas actividades se favorecen por la buena infraestructura vial, así como su cercanía con otras ciudades y mercados importantes a nivel nacional (SESAN, USAID, MFEWS, & FAO, 2009).

En Guatemala, las actividades económicas vinculadas a la industria son relativamente estables en esta zona. Debido a la alta relación con el mercado internacional, la producción industrial se ve fuertemente influenciada por el comportamiento de la economía a los países a donde se exporta y de su respectiva demanda. Esto condiciona la seguridad laboral de las personas que dependen de estas fuentes de ingresos. Asimismo, los eventos extremos climáticos son una amenaza constante para las actividades agrícolas de esta zona. A pesar de esto, dada la importancia de los mercados existentes, es difícil que haya déficits en los suministros alimentarios, debido a que se trata de una zona de acopio más que de producción (SESAN et al. 2009).

En esta zona, los grupos más pobres dependen principalmente de la venta de su mano de obra no calificada en actividades agrícolas, mientras que los grupos medios dependen de maquilas textiles, hortalizas y flores. Para el año 2009, el salario promedio mensual era de 1,500 quetzales y no incluía ninguna prestación de ley. Generalmente son las mujeres, jóvenes y los mayores quienes trabajan en estas áreas, aunque existe una demanda creciente de hombres.

La producción pecuaria es otra de las fuentes importantes de ingresos a nivel medio. A nivel del grupo de los acomodados, los ingresos provienen en un 80% del comercio formal en negocios como farmacias, ferreterías y otros, el 10% del trabajo asalariado por prestación de servicios profesionales y el 10% restante del arrendamiento de tierras a los otros grupos (figura 10).

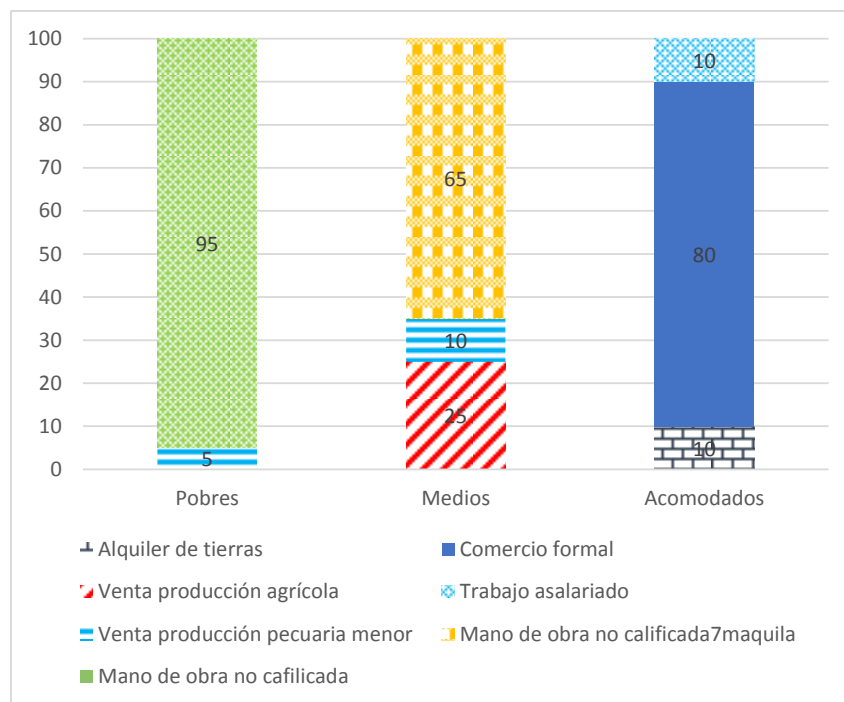


Figura 10. Dependencia de los Grupos Económicos para la Zona 10: Agroindustria y Maquilas.

Fuente: SESAN et al. 2009.

3.2.7.1 Amatitlán

A nivel de producción, la economía del municipio de Amatitlán presenta características únicas, dado a que contiene en su territorio una gran diversidad de industria, lo cual se traduce en una Población Económicamente Activa del 40% para el 2010, del cual, casi una tercera parte son mujeres. A pesar de esto, hay un gran camino por recorrer para eliminar la desigualdad laboral entre géneros, lograr el empleo pleno y trabajo decente.

También se produce una gran cantidad de productos agrícolas dentro del municipio, lo cual obedece a que la gran mayoría de fincas productivas tienen áreas menores de una manzana. Dentro de esta actividad, se deben de elaborar estudios relacionados a productividad y rentabilidad a fin de determinar la viabilidad de los mismos y establecer núcleos comunitarios de producción agrícola.

Si bien ya existe un complejo industrial ya establecido, se debe de procurar la expansión del mismo, a fin de ampliar la oferta laboral, disminuir la pobreza y aumentar la PEA dentro del municipio (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Amatitlán. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial., 2010).

3.2.7.2 Chinautla

El municipio de Chinautla basa su economía principalmente en actividades comerciales, producción de artesanías y actividades industriales; mientras que la ganadería, la agricultura y el

comercio informal aportan a la economía en menor escala. La agroforestería sería una buena opción de desarrollo económico, dado que los suelos son propicios para dicha actividad y que a largo plazo podría verse comprometido debido al amplio desarrollo urbanístico a nivel medio dentro del municipio, lo cual se ha evidenciado con el incremento considerable del número de lotificaciones. Esta actividad requiere que se fortalezcan las normativas y la coordinación entre instituciones que intervienen en el proceso de autorización, a fin de lograr un mejor ordenamiento territorial y mejorar los ingresos tributarios que se traduzcan en mejoras en infraestructura y servicios para estos nuevos habitantes.

Los niveles de pobreza y pobreza extrema son significativos, por lo que se debe trabajar para reducir estos niveles y lograr mayor inclusión de la mujer en las actividades económicas.

A nivel agrícola, la mayoría de la producción se da en terrenos con áreas menores a una manzana, por lo que se puede considerar producción de subsistencia, la cual necesita de mayor apoyo para lograr implementar una producción asociativa o de núcleos comunitarios de producción agrícola.

Además, se debe de propiciar el fomento a la instalación de áreas industriales y comerciales, para que este proceso genere la contratación de mano de obra local, para contribuir a la disminución de la pobreza (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chinautla Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.7.3 Fraijanes

En este municipio, la agricultura, el comercio y la industria son las actividades económicas más importantes respecto al mercado laboral, donde, además, hay una base industrial y de fábricas de diferentes productos que van desde alimentos hasta materiales para la construcción.

A nivel agrícola, esta actividad se desarrolla principalmente a nivel de subsistencia, aunque algunas fincas sí cuentan con los terrenos suficientes para producir algunos productos a nivel extensivo, lo cual representa una buena fuente de empleos, donde la participación de la mujer es fuerte. A nivel forestal, el aprovechamiento se centra más en leña y madera. A nivel turístico, existen únicamente 3 sitios turísticos, de los cuales solo dos se encuentran en funcionamiento.

La mayoría de los pocos servicios financieros se concentran en el casco urbano del municipio, especialmente en centros comerciales y nuevas urbanizaciones (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Fraijanes, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.7.4 San José Pinula

La actividad económica principal en el área urbana del municipio se basa principalmente en el comercio y la venta de servicios, aunque en los últimos años se ha visto un incremento en las actividades inmobiliarias. En contraste, en el área rural son la agricultura y la ganadería los principales motores económicos, de los cuales se generan productos secundarios como lácteos, carnes y otros productos que se comercializan en los mercados locales, nacionales e internacionales.

A nivel de los cultivos agrícolas, el maíz, la papa, el frijol y algunos otros, son cultivados principalmente por pequeños productores con fines de subsistencia principalmente. Esto conlleva

malos manejos con el consecuente bajo rendimiento, dado que mucha de esta producción se lleva a cabo en áreas de vocación forestal. A nivel extensivo y de exportación, la arveja china, col de Bruselas, brócoli y zanahoria son producidos en el municipio.

Dada la limitada oferta laboral y comercial, mucha de la población de este municipio se ve en necesidad de emigrar al municipio de Guatemala para encontrar trabajo (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San José Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial., 2010).

3.2.7.5 San Juan Sacatepéquez

El municipio de San Juan Sacatepéquez cuenta con varios motores a nivel económico, el cual abarca varias ramas a nivel productivo, transformación y comercialización. La floricultura, agricultura de subsistencia, elaboración de muebles, la elaboración de artesanías, turismo, comercio y producción menor de juegos artificiales, son actividades económicas que aportan al desarrollo municipal. Sin embargo, todas estas actividades pueden mejorar mediante la integración de nuevas tecnologías, así como de programas y proyectos innovadores que permitan aumentar la productividad.

Un problema que limita las actividades y el crecimiento económico es la falta de empleo local y la poca cobertura educativa a nivel diversificado y universitario, provocando que la población pase a ser económicamente activa a temprana edad, e inclusive, tengan que emigrar a otros municipios o a otros países. Esta problemática también ha acrecentado la utilización de mano de obra infantil, especialmente en la elaboración de fuegos artificiales, que algunas veces han conllevado a accidentes con saldos trágicos.

El municipio cuenta con ciertas áreas de turismo que atraen a locales, nacionales e internacionales y que presenta una gran oportunidad de desarrollo. Probablemente las mayores fuentes de desarrollo económico a nivel del municipio sean la floricultura y la fabricación de muebles, cuya producción se da a gran escala.

3.2.7.6 San Miguel Petapa

Este municipio se caracteriza por tener a la industria, comercio y agricultura como las actividades más importantes a nivel laboral. Dentro del territorio existen fábricas e instalaciones industriales de diferentes productos como hornos industriales, pinturas industriales, estructuras metálicas, maquilas, loza sanitaria, carpintería industrial, industria de calzado, industria talabartera y de elaboración de elementos envasados. A pesar de esto, el mercado laboral es tan bajo que muchos de sus habitantes se ven obligados a viajar a la Ciudad de Guatemala para encontrar trabajo.

Como en el resto del país, también se practica la agricultura en el municipio, principalmente a nivel de subsistencia, siendo algunas fincas las excepciones en donde se produce de forma extensiva, lo cual constituye una importante fuente de empleo donde la participación de la mujer es significativa. Por otro lado, el aprovechamiento forestal se limita principalmente a la producción y comercialización de leña y madera.

Entre las actividades económicas se encuentran la elaboración de artesanías y piscicultura; mientras como actividad terciaria están los comercios y servicios que sirven de apoyo a las actividades productivas (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Miguel Petapa

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial, 2010).

3.2.7.7 San Pedro Sacatepéquez

Este municipio se caracteriza por tener varios motores económicos principales, entre los cuales están: la elaboración de muebles, maquilas de textiles, ecoturismo, comercio formal; y, en menor escala, está la floricultura y producción pecuaria. Estas actividades representan un gran aporte al desarrollo económico, donde aún existen grandes oportunidades para mejorar, innovar e integrar nuevas tecnologías, programas y proyectos destinados a mejorar la productividad.

Similar a los otros municipios, la falta de empleo y la reducida cobertura educativa condicionan las oportunidades de la PEA, provocando que empiecen a laborar a edades tempranas, migraciones u optar por la economía informal. También existe un gran problema respecto a la poca o nula regulación y normativas que rigen la seguridad de los empleados de las maquilas, así como la necesidad de la tecnificación para una mejor producción de hortalizas y otras actividades productivas. A nivel de turismo, es un área con alto potencial dadas las sus características arqueológicas, por lo que se debe de impulsar a nivel nacional e internacional.

Además, se considera que las alianzas público-privadas pueden ser una buena opción para gestionar cooperación internacional dedicada a mejorar el desarrollo tecnológico a nivel productivo, reducir desempleo y lograr mayor inclusión (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Pedro Sacatepéquez. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial., 2010).

3.2.7.8 Santa Catarina Pinula

Santa Catarina Pinula es un municipio que presenta en los últimos años un alto crecimiento urbano y una inversión inmobiliaria dirigida principalmente a sectores sociales medio-alto y alto. Esto obliga a implementar políticas, programas y proyectos que fomenten el ordenamiento territorial, a fin de definir adecuadamente las áreas para producción, protección de los recursos naturales y áreas urbanas.

A nivel de industria y de producción agrícola, la producción es baja, a pesar de que presenta áreas con alto potencial para desarrollo de actividades agroforestales, dado que las características de suelo favorecen estas actividades. Al igual que en los municipios anteriores, la producción agrícola se limita a pequeñas fincas menores a una manzana, por lo que se limita a una producción con fines de subsistencia.

En cuanto a la pobreza y la pobreza extrema, es de los municipios del departamento de Guatemala con los valores más bajos para estos indicadores, por lo que se debe seguir trabajando en este apartado para que la situación no se revierta. A pesar de esto, se debe hacer mucho trabajo respecto a la igualdad laboral por género, empleo pleno y trabajo decente para todos los habitantes.

En conjunto al desarrollo urbanístico se debe fomentar la instalación de áreas industriales y comerciales para que este proceso genere empleo para la mano de obra local (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Catarina Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial., 2011).

3.2.7.9 Villa Nueva

A nivel de la dependencia laboral, en el municipio de Villa Nueva el 94% (138,968) de la población tiene relación de dependencia laboral del tipo ocupacional, es decir, no profesional. Y solamente el 6% (8,101) tiene dependencia directamente como un patrono, dado que son individuos con mayor preparación académica y con especialidad en diversas ramas (Ortiz Alvarado et al. 2010).

La figura 11 muestra la distribución de la población según el nivel del tipo de empleo, la mayoría de la población del municipio trabaja en la iniciativa privada (61.95%), seguido por los negocios propios (22.74%), empleados públicos (6.79%) y empleados no pagados (amas de casa) (2.69%).

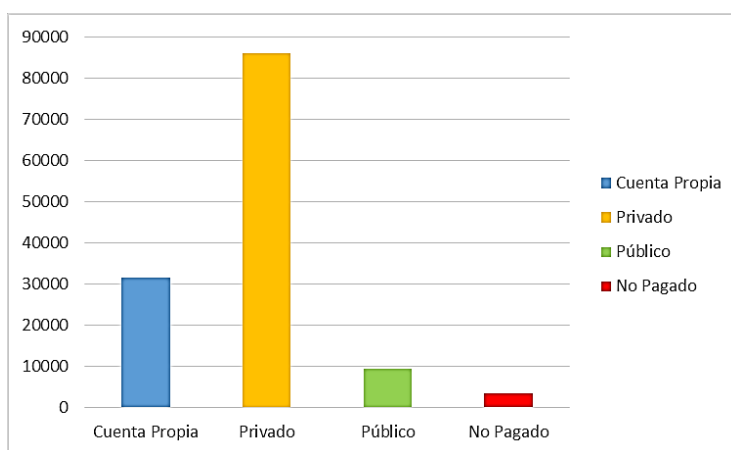


Figura 11. Tipos de empleo de acuerdo con el empleador para el municipio de Villa Nueva.

Fuente: (Ortiz Alvarado et al., 2010)

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

3.3.1 Flora y fauna presente en los municipios

La información relativa a la flora y fauna del departamento de Guatemala es escasa. Datos generales como las zonas de vida según Holdridge, el cual está basado en tres indicadores (biotemperatura media anual, precipitación total anual y la tasa media de evapotranspiración potencial anual), puede dar ideas generales del tipo de formas de vida que habitan en el área (Holdridge, 1947).

En la figura 12 se muestra la distribución de las zonas de vida en el departamento de Guatemala.

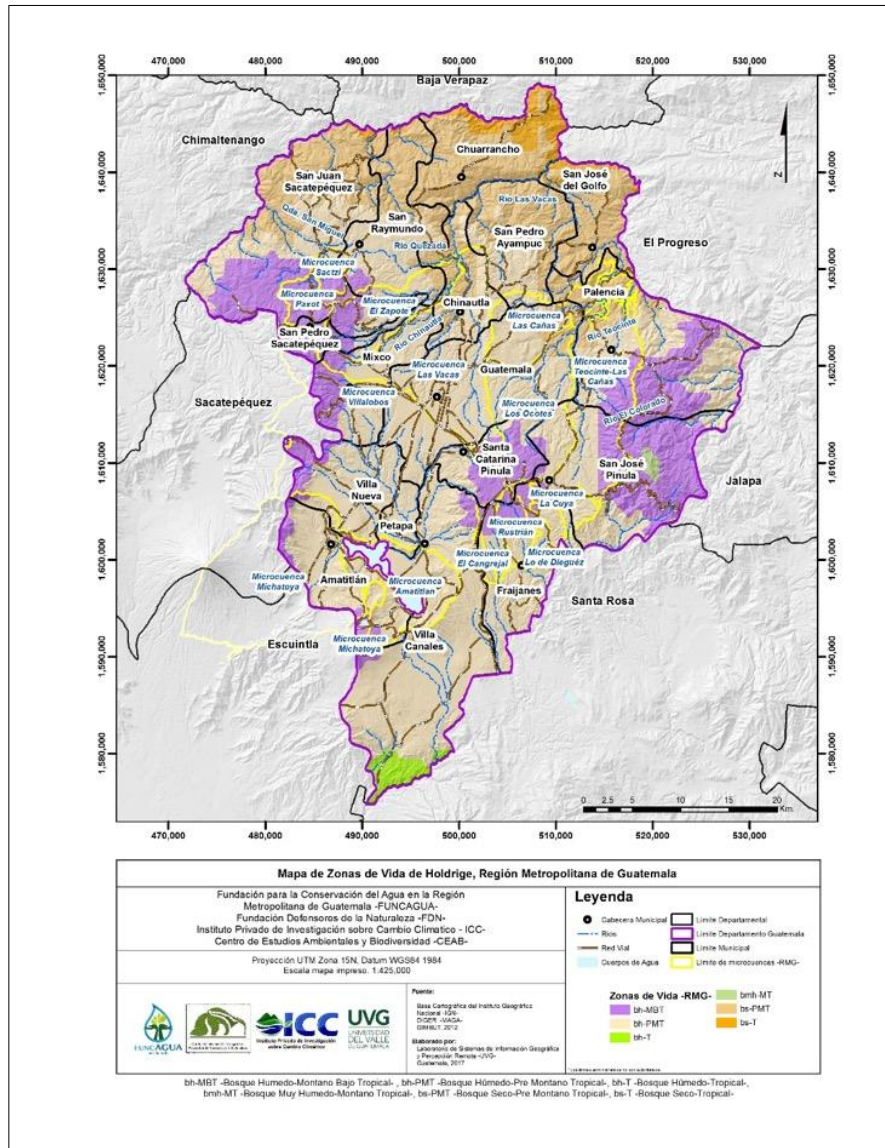


Figura 12. Mapa de zonas de vida para le región metropolitana.

Fuente: UVG, en base a datos de GIMBUT (2013).

A nivel más específico, la información relacionada a la biodiversidad es muy limitada para el departamento de Guatemala, debido al deterioro ambiental, al incremento poblacional, a la pérdida acelerada de los recursos naturales y al mismo desconocimiento de la diversidad dentro del departamento. Teniendo esta problemática, y como base para la creación del Cinturón Ecológico Metropolitano, Ixcot Yon et al. 2007 llevaron a cabo una investigación destinada a estudiar la diversidad biológica en área donde no existe información o la misma es limitada, a fin de llenar los vacíos de información básica y que pueda ser usada como base para la toma de decisiones y propuestas de conservación.

A nivel vegetal pudieron identificar alrededor de 3 especies de encino, algunas especies de pino, algunos especímenes de las familias Araliacea, Mimosacea, Bombacacea, Bromeliacea, entre otras. Esto indica que a nivel de vegetación es necesario hacer estudios más detallados sobre la flora del departamento.

A nivel de insectos del orden lepidóptero, consideran que en la zona metropolitana se pueden encontrar alrededor de 200 de las 1000 especies posibles. Entre las familias de insectos encontradas, los autores reportaron 7 especies de Passalidae y 55 especies de Scarabaidae; 101 especies de mariposas diurnas. A nivel de anfibios y reptiles, pudieron coleccionar 32 especies diferentes durante las fases de campo, distribuidas en 14 familias y 25 géneros.

En cuanto a las aves, fueron observadas 110 especies diferentes; distribuidas en 28 familias. De estas, 14 especies son endémicas regionales, mientras que 17 especies son reportadas como indicadoras de perturbaciones.

Respecto a los mamíferos, coleccionaron 17 especies de murciélagos, las cuales se consideran de mucha importancia debido a los servicios ecológicos que prestan como polinizadores, dispersores de semillas y control biológico de algunos insectos. Además, reportaron mamíferos de talla media, llegando a registrar especímenes de las siguientes especies: yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), tucacín (*Didelphis marsupiales*) y mapache (*Procyon lotor*), que, de forma general, se consideran especies muy tolerantes a la intervención humana.

A pesar del reporte de todas estas especies, hay que tomar en cuenta que el estudio no se realizó en todo el departamento de Guatemala, sino únicamente en 6 de los 12 municipios priorizados (cuadro 8), por lo que estos datos deben tomarse como una primera aproximación de la diversidad y riqueza biológica del departamento. Debido a esto, los autores señalan la necesidad de continuar con las colectas, ampliar el área de muestreo e implementar programas de monitoreo de vida silvestre, con énfasis en especies que pueden ser de beneficio a la población o que pudieran afectar la salud humana (Ixcot Yon et al. 2007).

Cuadro 8. Municipios muestreados para el estudio de diversidad biológica del departamento de Guatemala.

Municipios donde se realizaron muestreos del estudio de diversidad biológica		
1. Guatemala	7. San Pedro Ayampuc	13. Fraijanes
2. Santa Catarina Pinula	8. Mixco	14. Amatitlán
3. San José Pinula	9. San Pedro Sacatepéquez	15. Villa Nueva
4. San José del Golfo	10. San Juan Sacatepéquez	16. Villa Canales
5. Palencia	11. San Raimundo	17. Petapa
6. Chinautla	12. Chuarrancho	

Fuente: Ixcot Yon et al., 2017.

Por último, vale la pena mencionar que según AMSA (1998), en el Lago de Amatitlán habitan pocas especies de fauna acuáticas nativas, y hay predominancia de especies introducidas como la Tilapia (*Tilapia mossambica*) y la lobina negra (*Micropterus salmoides*).

3.3.2 Principales cuerpos de agua

Esta sección se centra en presentar los principales cuerpos de agua que se encuentran en la RMG. Entre ellos encontramos (INSIVUMEH et al., 1978; Coló, 2014; AMSA, 2016; UICN-Mesoamérica, 2011): los ríos Las Vacas y Villalobos (tomando en cuenta su ubicación y extensión); el río Pinula y los ríos que aportan al embalse Teocinte -ríos Teocinte, San Antonio, Las Pilas, La Manguita, La Piedrona, la Iglesia y Acatán- (por el aprovechamiento que se hace del agua de ellos); y el Lago de Amatitlán (por su potencial para el uso de su agua en la RMG). Según IARNA (2012; 2013), otros ríos importantes tanto, para recarga hídrica, cómo para el abastecimiento de agua a la población son: río Paxot, río Chinautla, río El Zapote, río Quezada, riachuelo Santa Rosita, río Negro, río Aguacapa, río Las Cañas, río Michatoya, río Molino, río El Cangrejal y río Rustrían.

En su mayoría, los ríos mencionados en el párrafo anterior carecen de bosque en sus riberas y transportan altos volúmenes de aguas residuales; esto reduce la oportunidad de aprovechamiento del agua como fuente de abastecimiento para la RMG (UICN-Mesoamérica, 2011).

A continuación, se describen los cuatro ríos principales para la RMG (según lo planteado con anterioridad). El río Las Vacas se encuentra al norte de la RMG, en los municipios de San José del Golfo, San Raymundo, Chuarrancho, Chinautla y Guatemala. Las principales presiones a las que se enfrenta este río son: los altos niveles de contaminación⁹, causado por el mal manejo de aguas residuales y desechos sólidos; y la disminución de la cobertura forestal en sus fuentes de agua por la el cambio de uso del suelo para uso domiciliario y actividades productivas; así como el crecimiento del área urbana que agrava las presiones anteriores (SEGEPLAN, 2010b; FCG, 2012).

El río Villalobos, al sur de la RMG, fluye a través de 14 municipios ubicados en los Departamentos de Guatemala y Sacatepéquez¹⁰. Este río se enfrenta a presiones similares a las descritas para el río Las Vacas (AMSA, 2016). Por ejemplo, en términos de contaminación del recurso hídrico, AMSA (2016) indica que el río transporta 2,500 litros de aguas residuales por segundo. La erosión es otro problema que se da en este río, ya que recibe 1.5 millones de toneladas de sedimento al año (AMSA, 2016). Los desechos y sedimentos que transporta este río se depositan en el Lago de Amatitlán.

Por su parte, el río Pinula se encuentra en los municipios de San José Pinula y Santa Catarina Pinula. Según Guzmán (2013), desde la fundación de la Ciudad de Guatemala el río Pinula fue la principal fuente de abastecimiento de agua para su población. El agua de este río era transportada a la ciudad por medio del acueducto denominado Culebra¹¹. De acuerdo con EMPAGUA (2016), en la actualidad este río (junto al río las Minas) constituye la fuente de agua superficial para el sistema de agua denominado El Cambray, administrado por EMPAGUA. De acuerdo con Manzo (2008), desde el punto de vista hidrogeológico, la microcuenca del río Pinula tiene una alta

⁹ Todos los ríos que drenan hacia el Motagua están fuertemente contaminados por desechos sólidos, desechos de aguas servidas y residuos químicos. La deforestación de las laderas agrava el problema de la erosión (UICN-Mesoamérica, 2011).

¹⁰ Departamento de Guatemala: San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, Mixco, Guatemala, Santa Catarina Pinula, Fraijanes, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Villa Canales y Amatitlán; Departamento de Sacatepéquez: Santiago Sacatepéquez, San Bartolomé Milpas Altas, San Lucas Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas.

¹¹ Descrito en la sección 2.2.2

capacidad de infiltración (por el material geológico por el que está formada), por lo que contribuye al incremento de ciertos mantos acuíferos de los que se abastece la RMG¹².

Según EMPAGUA (2016), el embalse Teocinte proporciona agua a parte de la Ciudad de Guatemala, a través de un sistema denominado Santa Luisa que administra la propia EMPAGUA.

El Lago de Amatitlán, al sur de la RMG, está ubicado en los municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Amatitlán. Según AMSA (2016), el lago tiene una extensión de aproximadamente 15 km² y 30 metros de profundidad, siendo un humedal importante y un reservorio natural de agua. Por ello, se considera que este cuerpo de agua presenta un potencial importante para el abastecimiento del recurso en la RMG. Sin embargo, en la actualidad, éste se utiliza principalmente para riego y ciertos usos domésticos en comunidades vecinas, además de considerarse un área de recreo para la población (UICN-Mesoamérica, 2011). Dada la importancia del Lago de Amatitlán, en la sección 4.1.3, se presenta otra información relevante sobre este (principalmente sobre la calidad de su agua).

El cuadro 9 presenta los ríos principales, así como la longitud de su cauce, de cada municipio de la RMG. Se muestra que los ríos con mayor longitud son Aguacapa, El Zapote, Las Vacas, Chinautla, Villalobos, Teocinte y Molino.

Cuadro 9. Principales ríos de los municipios priorizados.

Municipio/Ríos	Longitud (Kilómetros Lineales)	Municipio/Ríos	Longitud (Kilómetros Lineales)
Amatitlán	2.49	Mixco	11.21
Río Michatoya	2.49	Otros no identificados ¹²	11.21
Chinautla	71.72	Petapa	2.79
Río Chinautla	16.01	Río Villalobos	2.79
Río El Zapote	17.95	San José Pinula	1.72
Río Las Vacas	16.65	Río Teocinte	1.72
Río Quezada	16.36	San Juan Sacatepéquez	22.33
Otros no identificados ¹³	4.75	Otros no identificados ¹²	22.33
Fraijanes	42.24	San Pedro Sacatepéquez	14.38
Río Aguacapa	17.33	Otros no identificados ¹²	14.38
Río Las Cañas	9.1	Santa Catarina Pinula	3.58
Río Pinula	4.55	Río Pinula	3.58
Otros no identificados ¹²	11.26	Villa Canales	32.93
Guatemala	90.99	Río Pinula	5.52
Riachuelo Santa Rosita	5.89	Río Villalobos	8.04
Río Chinautla	1.51	Otros no identificados ¹²	19.37
Río Negro	4.26	Villa Nueva	39.63

¹² Esta información se amplía en la sección 4.3

¹³ Para la elaboración de este cuadro se utilizaron bases de datos sobre ríos procedentes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del MAGA. En dichas bases de datos ciertos ríos no estaban nombrados, por lo que en este cuadro se les denominó como “otros no identificados”.

Río Pinula	6.54	Río Villalobos	10.79
Río Teocinte	11.96	Río Molino	0.63
Río Molino	10.41	Otros no identificados ¹²	28.21
Otros no identificados ¹²	50.42		

Fuente: UVG, en base a datos del IGN (2006), MAGA (2014) y GIMBUT (2013).

Además de los cuerpos de agua anteriormente mencionados, en la RMG se encuentran otro, como la Laguna de Calderas, ubicada en el municipio de Amatitlán y también es un humedal importante para la RMG. Similar a lo que sucede con el Lago de Amatitlán, el agua de la Laguna se utiliza principalmente para riego y ciertos usos domésticos en comunidades vecinas (UICN-Mesoamérica, 2011). Sin embargo, la Laguna presenta una presión importante como es la alta tasa de deforestación anual (4.2%), principalmente para usos energéticos por parte de la población aledaña (UICN-Mesoamérica, 2011).

3.3.3 Cobertura forestal y uso de la tierra

La cobertura forestal es una variable que tiene gran importancia a muchos niveles: regula microclimas, es un componente vital en las zonas de recarga hídrica, fuentes de alimentos y materias primas, hábitats para la fauna, etc. Basado en los cálculos del Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosque y Uso de la Tierra (GIMBUT, 2012; GIMBUT, 2013), se pudo determinar la dinámica de la cobertura forestal en los municipios de la RMG y también la cobertura y uso de la tierra para distintos periodos.

En el cuadro 10 se muestra que 7 de los 12 municipios bajo estudio presentaron pérdidas en la cobertura forestal entre 2006 y 2010¹⁴, siendo el municipio de Amatitlán el más afectado, con una pérdida neta de 1,021.41 ha de bosque durante dicho período; en segundo lugar, está el municipio de Guatemala, con una pérdida neta de 573.49 ha; y en tercer lugar está el municipio de San José Pinula con 330.93 ha de bosque perdido.

Sin embargo, dos de los que municipios que más ganancia en bosque han tenido, han logrado reportar saldos positivos en el cambio de cobertura, es decir, durante el periodo 2006-2010 han logrado aumentar las áreas de bosque, ya sea mediante reforestaciones o propiciando la conservación las zonas de regeneración natural.

Así, los municipios de Guatemala, Santa Catarina Pinula y Fraijanes, fueron los tres municipios que más área boscosa recuperaron en dicho período, 899.82 ha, 849.06 ha y 735.03 ha respectivamente. En total, para los 12 municipios priorizados, durante el período 2006-2010 hubo una pérdida neta de 7,940.88 ha.

¹⁴ Si bien existen datos de cobertura forestal para el año 2012 (GIMBUT 2013), estos no fueron incluidos en este análisis de dinámica forestal, porque la información para el año 2012 fue generada con diferente metodología a la de los años 2006 y 2010 (GIMBUT 2012), y por lo tanto los resultados no son comparables.

Cuadro 10. Dinámica de cobertura forestal para los municipios priorizados (periodo 2006-2010).

Municipios RMG	Bosque 2006 (Ha)	Bosque 2010 (Ha)	Pérdida (Ha)	Ganancia (Ha)	Cambio (Ha)
Total	33,091.11	31,742.64	7,940.88	6,592.41	(1,348.47)
Amatitlán	2,719.98	1,698.57	1,247.67	226.26	(1,021.41)
Chinautla	1,257.84	1,324.98	261.72	328.86	67.14
Fraijanes	2,275.65	2,750.58	260.10	735.03	474.93
Guatemala	4,751.46	4,178.07	1,473.21	899.82	(573.39)
Mixco	3,092.04	3,144.24	471.96	524.16	52.20
San Miguel Petapa	361.17	193.41	203.85	36.09	(167.76)
San José Pinula	3,998.34	3,667.41	960.66	629.73	(330.93)
San Juan Sacatepéquez	1,863.90	2,017.26	301.23	454.59	153.36
San Pedro Sacatepéquez	906.93	1,243.44	80.37	416.88	336.51
Santa Catarina Pinula	3,176.64	3,575.88	449.82	849.06	399.24
Villa Canales	3,385.53	3,192.48	648.72	455.67	(193.05)
Villa Nueva	1,541.16	1,215.54	619.56	293.94	(325.62)

Fuente: UVG, INAB, CONAP, URL, 2012

Por su parte, la figura 13 ilustra en un mapa la información anterior sobre la dinámica de cobertura forestal en la RMG para el periodo 2006-2010. Así mismo en el mapa se puede observar dicha dinámica a nivel de microcuencas¹⁵.

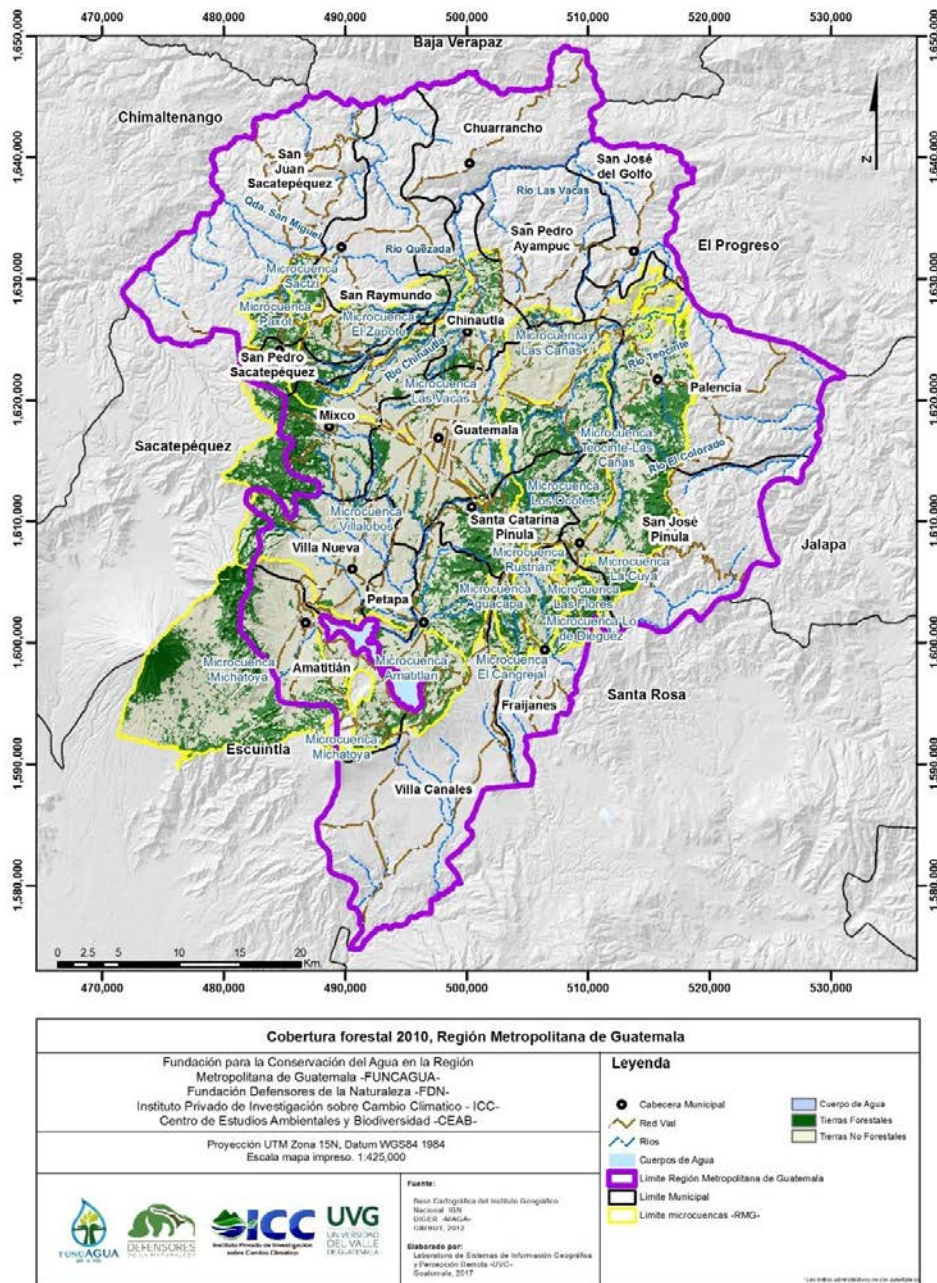


Figura 13. Mapa de la dinámica forestal en la RMG para el periodo 2006-2010.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del GIMBUT (2012).

¹⁵ Debido a que la base de datos que se utilizó para elaborar tanto el cuadro 10, como la figura 13 (GIMBUT 2012) presenta la información por municipio, y no por microcuenca, no se tiene el dato de extensión (o área) de dinámica a nivel de lo segundo (sólo en forma gráfica en el mapa). En los cuadros siguientes, sin embargo, ya se dispone de información a nivel de microcuenca.

Respecto a la cobertura forestal y uso de la tierra en la RMG y áreas de influencia, se presenta la información generada por GIMBUT (2013); figura 14. Esta información se presenta tanto a nivel de municipio, como de microcuena. Así mismo, se muestra la extensión de la cobertura forestal y uso de la tierra en los cuadros 11 (a nivel de municipio) y 12 (a nivel de microcuena).

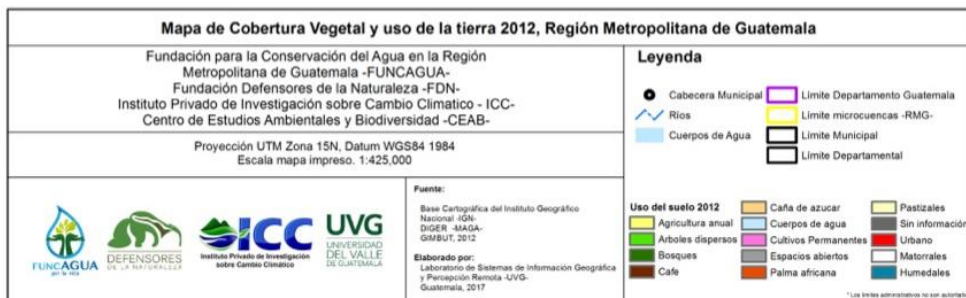
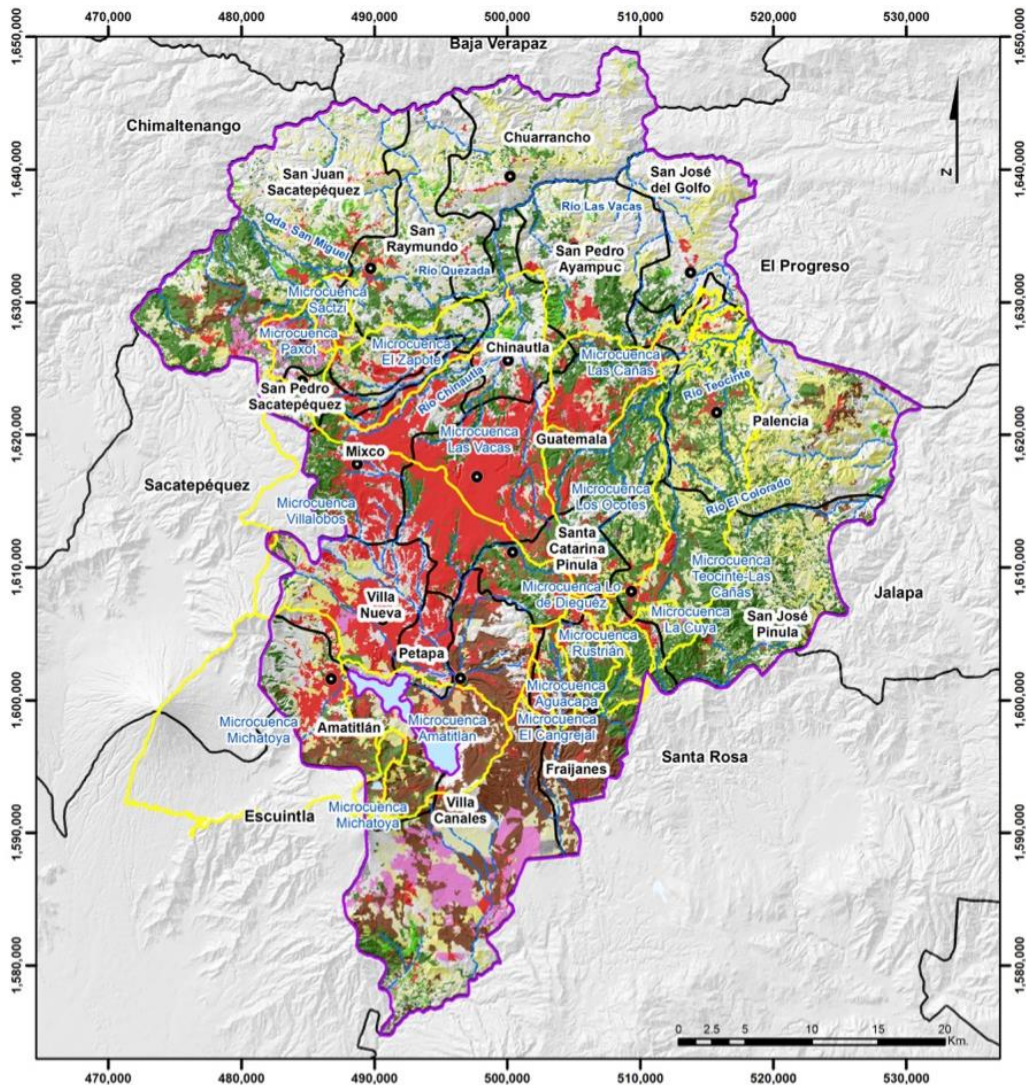


Figura 14. Cobertura vegetal y uso de la tierra en la RMG en el año 2012.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del GIMBUT (2012).

Cuadro 11. Áreas de cobertura vegetal y uso de la tierra por municipio de la RMG en el año 2012.

Cobertura y uso/ Municipio	Urbano (Ha)	Bosques (Ha)	Agricultura anual (Ha)	Pastizales (Ha)	Espacios con poca vegetación (Ha)	Cultivos permanentes herbáceos (Ha)	Cultivos permanentes arbóreos (Ha)	Matorrales (Ha)	Árboles dispersos (Ha)	Café (Ha)	Caña de azúcar (Ha)	Total (Ha)
Amatitlán	1,473	1,186	829	1,070	10	0	36	1,773	0	2,495	0	8,872
Chinautla	590	1,325	109	361	17	0	0	2,065	202	0	0	4,669
Fraijanes	1,125	2,931	519	451	0	0	63	687	0	914	0	6,689
Guatemala	10,748	6,878	673	665	24	0	0	2,418	9	39	0	21,454
Mixco	4,444	2,262	73	75	0	6	0	2,146	0	0	0	9,006
Petapa	1,375	116	24	75	1	0	42	496	0	192	0	2,322
San José Pinula	672	4,724	1,690	860	0	42	41	468	0	77	0	8,575
San Juan Sacatepéquez	1,259	1,641	467	127	0	558	7	1,330	0	48	0	5,438
San Pedro Sacatepéquez	507	730	472	10	0	66	0	904	0	0	0	2,688
Santa Catarina Pinula	1,813	3,583	233	261	0	18	3	814	0	0	0	6,724
Villa Canales	1,413	266	206	416	0	10	7	1,741	0	3,847	547	8,454
Villa Nueva	3,552	527	1,483	535	10	0	255	2,392	0	1	0	8,756
Total (Ha)	28,972	26,170	6,778	4,906	62	699	454	17,236	212	7,612	547	93,647

Fuente: Elaboración propia basada en datos del GIMBUT (2012).

Cuadro 12. Áreas de cobertura vegetal y uso de la tierra por microcuencas de la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá en el año 2012 (en hectáreas).

Microcuenca	Urbano	Bosques	Cuerpos de agua	Agricultura anual	Pastizales	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	Cultivos permanentes herbáceos	Cultivos permanentes arbóreos	Vegetación arbustiva baja (guamil-matorral)	Arboles dispersos	Café
Aguacapa	267	360	-	28	164	-	15	-	309	-	478
Amatitlán	738	498	1,593	416	643	-	-	-	1,017	-	2,985
El Cangrejal	221	8	-	15	36	-	-	47	138	-	194
Villalobos	12,390	5,816	38	2,778	892	11	25	347	6,371	-	2,281
El Zapote	1,661	1,855	4	729	221	1	66	11	2,618	75	5
La Cuya	160	608	-	356	54	-	39	39	73	-	9
Las Cañas	1,754	2,278	0	216	960	24	-	-	1,003	-	86
Las Flores	83	614	-	121	21	-	-	-	45	-	0
Las Vacas	7,896	3,642	80	96	453	17	-	-	3,496	161	6
Lo de Diéguez	247	904	-	139	112	-	-	-	17	-	101
Los Ocotes	1,536	5,870	-	1,184	175	-	-	18	1,525	-	8
Michatoya	2,297	4,699	0	2,323	1,809	40	-	80	4,120	-	5,265
Paxot	451	795	-	98	-	-	481	7	372	-	10
Rustrán	443	872	-	240	135	-	-	-	139	-	184
Sactzi	138	533	-	95	0	-	77	-	374	0	32
Teocinte-Las Cañas	852	6,361	20	2,898	1,296	-	3	0	1,110	-	221
Balanjá	241	728	0	2,704	15	-	59	8	157	-	-
Pacorral	361	2,598	0	3,805	7	-	102	6	620	38	2
Pixcayá	233	1,507	6	1,979	6	1	143	20	850	-	-
Xayá Alto	475	1,924	-	2,405	72	17	35	16	665	63	11

Fuente: Elaboración propia basada en datos del GIMBUT (2012).

3.3.4 Áreas protegidas, reservas naturales privadas y sitios de interés cultural

Dada la importancia que las áreas protegidas tienen en el manejo del recurso hídrico, en esta sección se citan aquellas que se ubican en la RMG o su área de influencia. El cuadro 13 y la figura 15 muestran las áreas protegidas que están registradas en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), de acuerdo con su categoría de manejo.

Cuadro 13. Áreas protegidas dentro de los municipios priorizados.

Nombre	Categoría de Manejo	Área (ha)
Chagüite	Reserva Natural Privada	139
Cordillera Alux	Reserva Forestal Protectora de Manantiales	3,384
Astillero Cerro Nimachay	Parque Regional Municipal	43
Chuya	Parque Regional Municipal	58
Corral Viejo	Reserva Natural Privada	53
Finca el Porvenir	Reserva Natural Privada	7
Finca El Socorro	Reserva Natural Privada	29
El Barretal	Reserva Natural Privada	45
Guardabarranca	Reserva Natural Privada	6
La Barranca	Reserva Natural Privada	3
Las Vegas	Reserva Natural Privada	34
Naciones Unidas	Parque Nacional	350
San Francisco de Asis	Reserva Natural Privada	28
Volcán Agua	Zona de Veda Definitiva	1,206
San José el Yalú	Reserva Natural Privada	41
Volcán Pacaya y La Laguna de Calderas	Parque Nacional	331
Volcán Pacaya	Zona de Veda Definitiva	1,057
Total		6,814

Fuente: Elaboración propia basada en datos de IARNA (2016), MAGA (2014) y GIMBUT (2013).

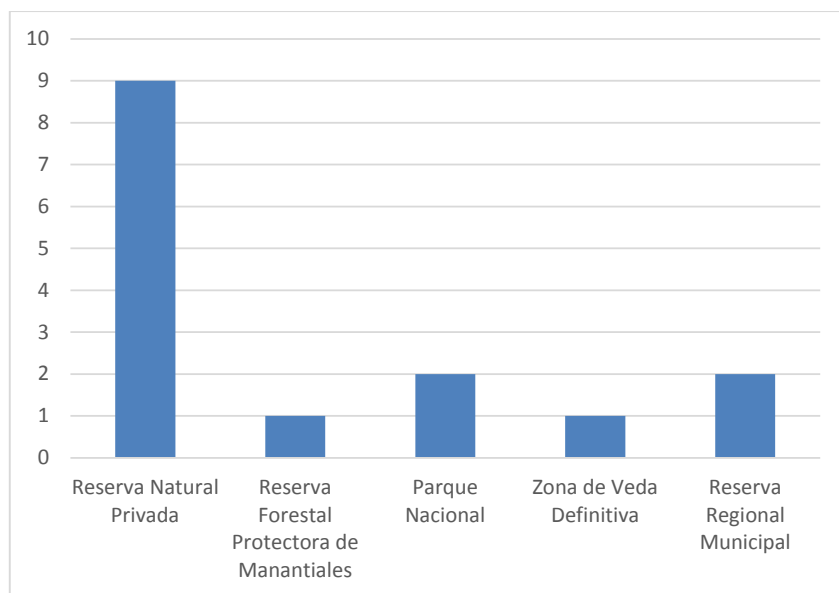


Figura 15. Número de áreas protegidas en la RMG y su área de influencia.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de IARNA (2016), MAGA (2014) y GIMBUT (2013).

Como se observa en el cuadro 13, diez de las áreas protegidas, en la RMG y su área de influencia, son reservas naturales privadas. Sin embargo, existen otras reservas naturales privadas que no están inscritas en el SIGAP. Según Alvarado (2017), existen 29 reservas de este tipo en la RMG (cuadro 14).

Cuadro 14. Reservas naturales privadas de la RMG asociadas a la ARNPG.

Nombre de la reserva	Municipio	Nombre de la reserva	Municipio
Mariscal Zavala	Guatemala	Cerro Tamastepeq	Palencia
Finca El Rincón		El Garrobo	
Parque la Jungla		Pie del Cerro	
Residenciales La Montaña		Cerro La Campana	
Residenciales San Lázaro		Rincón San Nicolás	
San Jorge Muxbal		La Villa	
La Cebadilla		Las Margaritas	
Granja El Rincón		El Socorro	
El Bosque		Corral Viejo	
RNP Guardabarranca*		Los Conejos	
Campo Alto	Villa Canales	Cruz del Milagro	San Pedro Sacatepéquez
Morán		Astillero Municipal de San Pedro Sacatepéquez	
San Agustín - Las Minas		El Resbalón	Mixco

RNP San Francisco de Asis *	El Encinal	
	San José Buena Vista (Administrada por CONAP)	Villa Nueva

*Reservas Naturales Privadas registradas en el SIGAP.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de la Alvarado (2017).

Por otro lado, en lo que respecta a los sitios de interés cultural, el departamento de Guatemala cuenta con una amplia gama de sitios arqueológicos coloniales y pre-coloniales que resultan de gran atractivo para el turismo nacional e internacional (cuadro 15), que si bien no ha sido tan explotado ni son tan famosos como otros departamentos, esto no demerita la gran cantidad de historia y legado que el departamento aún conserva, mucho del cual aún no ha sido debidamente investigado, ya que la mayoría de las investigaciones arqueológicas realizadas en el departamento se han delimitado a estudiar el Valle de Guatemala (Corado Mena, 2008).

Cuadro 15. Sitios arqueológicos dentro de los municipios priorizados.

Municipio	Sitio Arqueológico
Amatitlán	Amatitlán, Los Jicaques, Contreras, Los Cerrillos (Jocotillo) y Mejicanos.
Chinautla	Chinautla, Chuarrancho y Chillaní.
Guatemala	Villalobos, El Rodeo, Garland, El Mulato, Las Charcas, Eureka, Kaminaljuyú (la Palangana), Santa Rosa, El Portillo, Reformita, Naranjo, Pelicano (Pelikan), Betania, Aeropuerto, Cristina, Cementerio, La Aurora, La Cruz, Molina, Los Arcos, Zapote, Cantón 21, Campo Marte, La Palmita, Colonia Abril, Concepción, Lavarreda, Acatán, Colonia Progreso, Cruz de Cotiío, Minerva, Piñol, Rodeo Naranjo, Ross, La Reforma San Rafael, Santa Clara, Vuelta Grande.
Mixco	La Brigada, La Zanja, El Bálsamo, Guacamaya, Aycinena, Lo de Fuentes, Dales, Alux, Lo de Bran (Bran), Cotiío, Lenhsen, Cristina, Guías
San José Pinula	Santa Isabel, Cieneguilla.
San Miguel Petapa	Petapa
San Juan Sacatepéquez	Castillo, Realgüite, Sacsuy
Santa Catarina Pinula	Pilar, Jorgia, Canchón, Piedra Parada, Graciela, Los Cipreses, Darío.
Villa Canales	Guayabo, Los Cerrillos, Virginia, Santa Octavia, La Montaña, Santa Marta, San Vicente, El Rosario.
Villa Nueva	La Falda, Los Cerritos, Cerrito, Los Eucaliptos, Bárcenas, La Ruina, Clara, Solano, Villa nueva, Zarzal San Antonio Sánchez, San Antonio Frutal, Taltic, Clara

Fuente: Corado Mena, 2008.

Dentro de los municipios priorizados, 10 de los 12 que forman parte de la zona de interés, contienen por lo menos un sitio arqueológico identificado, siendo los municipios de Guatemala, Villa Nueva y Mixco los que más sitios contienen, 38, 14 y 13 respectivamente.

De acuerdo con Corado Mena, para 2008 el 53.77% de los sitios evaluados habían desaparecido, estando ubicados la mayoría de ellos en la región central, este, oeste y suroeste del Departamento de Guatemala, principalmente en los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Santa Catarina Pinula. La autora concluyó que el 18.87% de los sitios existentes se encuentran bajo amenaza por actividades agrícolas y por el crecimiento urbanístico.

El 16.04% de los sitios arqueológicos se encontraron parcialmente destruidos. Estos se localizaron en las regiones oeste, este, sur y sureste del departamento, específicamente en los municipios de Amatlán, Villa Nueva, Guatemala, Mixco, Santa Catarina Pinula y San José Pinula. Los sitios dentro de esta categoría se caracterizan por tener estructuras mutiladas, erosionadas y saqueadas, inclusive, algunos de estos sitios fueron encontrados dentro de proyectos urbanísticos en curso o dentro de colonias y utilizados como áreas verdes.

Del total, esta autora encontró que únicamente el 2.83% de los sitios que logró investigar se encontraban en buen estado, especialmente en los municipios de Mixco, San José Pinula y Santa Catarina Pinula. Esta conservación se debe principalmente a las condiciones propias de su ubicación, más que a esfuerzo enfocados directamente en la preservación de los sitios, como en el caso del sitio Alux, que convenientemente se encuentra dentro de un área protegida en el municipio de Mixco. En San José Pinula, el sitio Santa Isabel se encuentra en excelentes condiciones.

A nivel general, la mayoría de los sitios arqueológicos del departamento presentan un alto grado de deterioro, donde la principal amenaza y causa de esta destrucción es el crecimiento urbano (Corado Mena, 2008).

Esto ha provocado que más de la mitad de los sitios arqueológicos del departamento se encuentren total o parcialmente destruidos, por lo que se detalla la cantidad y estado de conservación de los mismos en el anexo I. En la figura 16 se muestra la ubicación geográfica de los sitios arqueológicos más importantes para los municipios priorizados.

Entre los sitios arqueológicos más representativos dentro de la zona de estudios está Kaminaljuyú, que originalmente contaba con aproximadamente 200 montículos, que abarcaban un área de casi 4.5 km², el cual ha sido intensamente investigado desde 1926. El sitio es muy importante, dado que, en base a su información, ha sido posible reconstruir gran parte de la historia de la ocupación precolonial en el Valle Central de Guatemala. Abarcaba un territorio tan extenso como el que actualmente ocupan las zonas 7, 8, 9, 11, 12, 13 y 14 de la Ciudad de Guatemala, así como las zonas 4, 7 y 11 de Mixco. Actualmente únicamente se conserva la parte central del Parque Kaminaljuyú, lo cual es el área que antiguamente ocupaba el centro ceremonial del sitio.

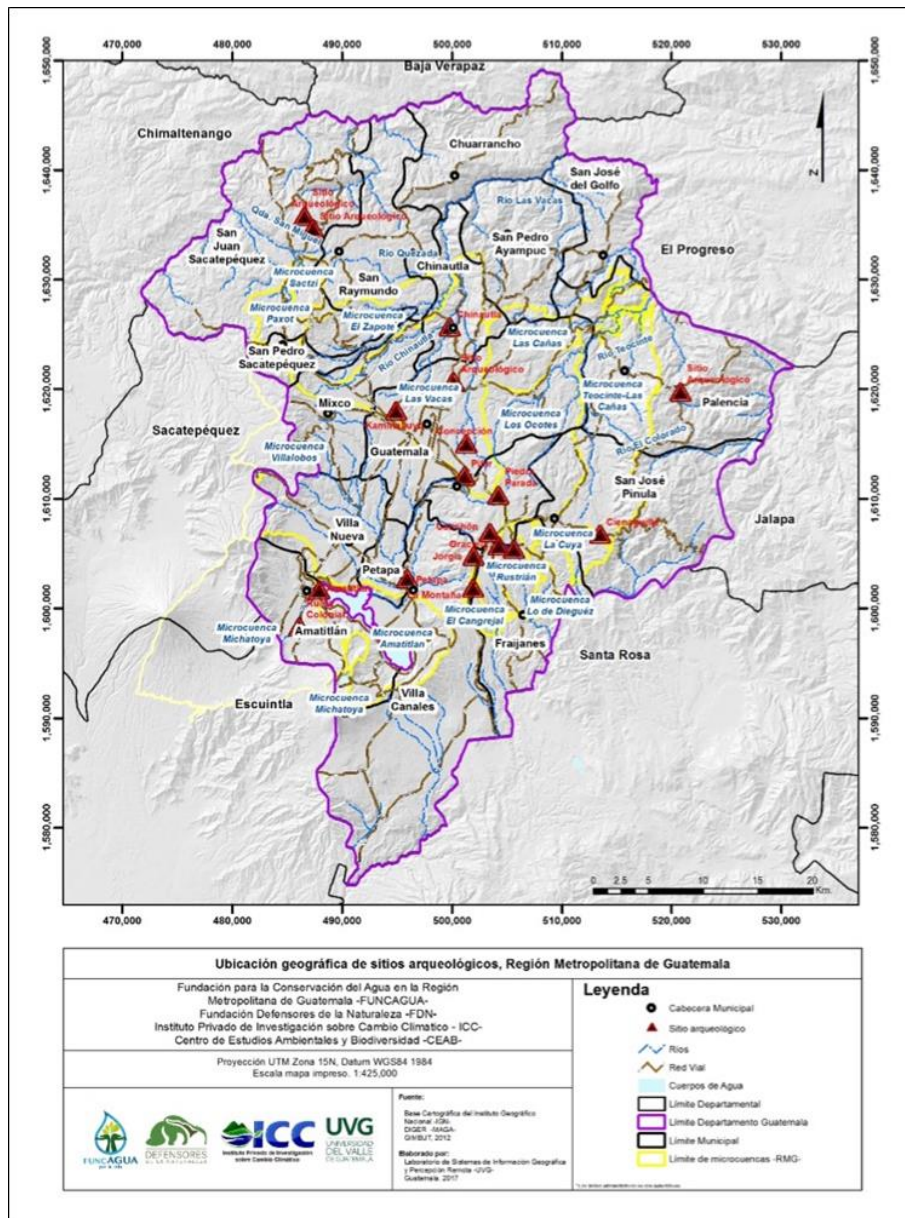


Figura 16. Ubicación geográfica de los sitios arqueológicos más importantes para los municipios priorizados.

Fuente: UVG, en base a datos del MAGA (2014) y GIMBUT (2013).

3.3.5 Gestión de residuos sólidos

El Área Metropolitana tiene varios vertederos o depósitos de desechos sólidos urbanos (DSU), siendo los principales los ubicados en la Zona 3 de Ciudad de Guatemala y en el km. 22 CA-09 Sur del municipio de Villa Nueva.

El vertedero en donde se depositan la mayoría de los DSU generados en los municipios de la RMG se ubica en la zona 3 de la Ciudad de Guatemala, cuyo volumen diario asciende a 3,740 toneladas.

Como se describe en el cuadro 16, la mayor parte de los DSU proceden de los municipios de Mixco (760 Ton) y Guatemala (1,500 Ton).

Cuadro 16. Cantidad de desechos sólidos urbanos depositados diariamente en el vertedero de la zona 3 de la Ciudad de Guatemala.

Municipios	Vertedero	Ton DSU/Día	% DSU
Municipio de Mixco	Zona 3, Ciudad Guatemala	760	20.21
Municipio de Guatemala	Zona 3, Ciudad Guatemala	1500	39.89
Otros municipios aledaños a la Ciudad de Guatemala ¹⁶	Zona 3, Ciudad Guatemala	1500	39.89
Total		3760	100

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (2016).

Por su parte, el cuadro 17 muestra la cantidad de desechos sólidos urbanos depositados diariamente en el vertedero del km 22 CA-09 Sur (según datos del año 2012), la cual asciende a 780 Ton DSU/día. En este vertedero, la mayoría de DSU (aproximadamente 710 Ton/día; equivalente al 91% del total del vertedero) son aportado por los municipios que conforman la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Otros municipios de la RMG, que no forman parte de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, aportan un menor volumen de DSU a dicho vertedero (aproximadamente 24 Ton DSU/día; equivalente al 3% del total del vertedero).

Llama la atención el elevado número de toneladas métricas de DSU diarias que el municipio de Villa Nueva envía a este vertedero (468 en promedio). Si bien, la referencia utilizada (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2016) no explica los motivos por los que esto es así, a continuación, se plantea un breve análisis de posibles razones para ello. Un motivo podría ser porque es uno de los municipios más poblados. Así mismo, como se explicó con anterioridad, otros municipios altamente poblados (Guatemala y Mixco) envían la mayor parte de sus desechos al vertedero ubicado en la zona 3 de la Ciudad de Guatemala. La presencia del CENMA en el municipio de Villa Nueva probablemente explique en parte el elevado volumen de DSU generados en dicho municipio.

Cuadro 17. Cantidad de desechos sólidos urbanos depositados diariamente en el vertedero del km 22 CA-09 Sur.

No.	Municipio	Departamento	Ton DSU/Día	%DSU
1	Amatitlán *	Guatemala	125	16%
2	Mixco *	Guatemala	16	2%
3	San Miguel Petapa *	Guatemala	23	3%
4	Santa Catarina Pinula *	Guatemala	16	2%
5	Villa Canales *	Guatemala	62	8%
6	Villa Nueva *	Guatemala	468	60%
7	Guatemala **	Guatemala	16	2%
8	San Pedro Sacatepéquez **	Guatemala	8	1%
9	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez	8	1%
10	San Lucas Sacatepéquez	Sacatepéquez	16	2%

¹⁶ No se dispone de un desglose del volumen de DSU para la categoría calificada como "otros municipios aledaños", ni tan siquiera de los municipios que esta categoría compone.

11	San Bartolomé Milpas Altas	Sacatepéquez	8	1%
12	Santa Lucía Sacatepéquez	Sacatepéquez	8	1%
13	Magdalena Milpas Altas	Sacatepéquez	8	1%
Total			780	100%

*Municipios de la RMG y la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.

** Municipios de la RMG que no conforman la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.

Fuente: Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2016.

Es importante mencionar que además de la cantidad de toneladas de DSU mencionadas con anterioridad, existen vertederos ilegales o clandestinos. La Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (2016) identificó, para el año 2002, la existencia de 170 basureros ilegales.

Los DSU del vertedero del km.22 CA-09 Sur, proceden en un 56.52% de origen domiciliario, el 30.43% de origen agroindustrial, mientras que el 13.05% proviene de los mercados. Por su parte, el 63.22% de los desechos de este vertedero son de tipo orgánico, 36.66% son cartón, 0.037% plásticos, 1.5% materiales no reciclables y 1.25% corresponde a tierra u otros materiales (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2016). Puesto que más de la mitad de los desechos que llegan al vertedero son de tipo orgánico, si éstos fueran separados con anterioridad a su ingreso al vertedero, pudieran ser reciclados.

La mayoría de vertederos existentes causan la contaminación de los mantos freáticos, y fuentes superficiales, entre otras problemáticas medioambientales.

Al ritmo actual, la capacidad de almacenamiento de DSU del vertedero del km.22 CA-09 Sur no sería suficiente. Para solucionar esta problemática, se está diseñando un proyecto de Manejo Integral de DSU, el cual se espera se construya sobre los cuatro ejes siguientes:

Regulación y reglamentación para el manejo de desechos sólidos en los municipios de la Mancomunidad.

- Construcción y habilitación de un nuevo relleno sanitario.
- Generación de recursos provenientes del buen manejo de los DSU.
- Utilización de recursos provenientes del buen manejo de los DSU.

Este plan conlleva la necesidad de invertir en nuevas tecnologías y equipo, que van desde la recolección hasta el manejo adecuado de los desechos; y del apoyo de la población en general, desde la clasificación de los desechos hasta el pago de tarifas de recolección y manejo de la basura acorde al servicio.

Además de crear un nuevo vertedero con mejores estándares de manejo, la Mancomunidad espera poder obtener beneficios monetarios del mismo, de tal manera que esperan poder crear un Fondo Mancomunado para la Limpieza y el Ornato.

Actualmente, la Mancomunidad ya cuenta con un documento de diagnóstico y propuesta de un "Sistema de gestión para el manejo de los desechos sólidos de la Gran Ciudad del Sur, alrededor de la Cuenca del Lago de Amatitlán". Además, la Municipalidad de Villa Nueva ya adquirió un terreno de 20 manzanas para la construcción y habilitación de un nuevo relleno sanitario, lo cual evidencia la voluntad política y administrativa de las municipalidades que conforman la Mancomunidad para la ejecución del proyecto.

3.4 CARACTERIZACIÓN POLÍTICO-INSTITUCIONAL DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA

La gobernabilidad se define como la capacidad que tiene el Estado para responder a la demanda de acciones de la sociedad, que lleven a la toma de decisiones por un bien común con legitimidad y eficacia (Mayorga y Córdoba 2007). Y la gobernanza es el ambiente propicio que requiere marcos jurídicos adecuados, procesos políticos, de gestión y administrativos eficientes, así como mecanismos, directrices y herramientas que permitan al gobierno local responder a las necesidades de los ciudadanos (Organización de las Naciones Unidas, 2017; Mayorga y Córdoba 2007; Colom, 2016).

La falta de gobernabilidad del agua en la RMG tiene como efecto la escasez del recurso que actualmente se vive no sólo como región, sino como país, a nivel local y global; no solo se trata de cuestión hidrológica y financiera, sino también de gobernanza. La cual, implica la gestión del agua, así como la adaptación de los riesgos asociados al cambio climático, basados en instituciones sólidas y esfuerzos de cooperación entre diversos sectores (estado, privado, autónomo, académico) y a todos niveles (nacional, regional, local).

El reto de la gestión integral del agua en la RMG únicamente puede ser afrontada por la gobernanza, que implica: (1) Inclusión de todos los involucrados (gobierno, sector privado, academia, gobierno local y población en general); (2) incidencia en políticas privadas y públicas que busquen el desarrollo en común; (3) Empoderamiento de las municipalidades, comunidades y los ciudadanos; (4) Identificación de problemas comunes y acciones en común para minimizar sus efectos; (5) Medir y divulgar los efectos que las acciones en común tengan a futuro.

3.4.1 Gobernanza y legislación de los recursos hídricos a nivel nacional

De acuerdo con Global Water Partnership (GWP, 2002) se puede definir a la gobernanza o gobernabilidad de los recursos hídricos como: "Conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos implementados para el desarrollo y gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de saneamiento en los diferentes niveles de la sociedad". A continuación se presentan varios elementos de la gobernanza de Guatemala y de la Región Metropolitana.

La gobernanza del agua en Guatemala no es efectiva en cuanto a que no se cubren las necesidades hídricas de la población y los distintos sectores a pesar de contar con abundante agua. Los impactos por la variabilidad y cambio climático a través de fenómenos relacionados al agua, tanto en exceso como en escasez, son otra evidencia de las deficiencias en la gobernanza. Un factor que afecta es que no se cuenta con la sensibilización de actores relevantes y ciudadanos.

Un componente vital para la buena gobernanza del agua es la legislación y en Guatemala es una debilidad. En primer lugar, no se cuenta con una Ley General del agua y la legislación existente es fragmentada y tiene vacíos, así como contradicciones. En los cuadros 18 y 19 se presentan los temas principales relacionados al agua y las leyes que los rigen. Ha habido numerosos proyectos e iniciativas de ley general del agua desde el año 1957 pero hasta 2017 ninguna llegó a ser aprobada.

En el cuadro 20 se mencionan las iniciativas de ley presentadas al Congreso de la República a partir del año 1991.

Cuadro 18. Temas relacionados al agua, instituciones encargadas y normativa existente.

Tema	Institución	Normativa
Dominio	Registro General de la Propiedad Corte de Constitucionalidad	Constitución (1985) Código Civil 1932 Código Civil 1963
Limitaciones al Dominio servidumbres y expropiación	Voluntarias Administrativas Tribunales de Justicia	Código de Notariado Ley de Expropiación Código civil Código Procesal Civil y Mercantil Ley de Reservas Territoriales del Estado
Uso Común	Municipalidades	Código Civil 1933 y 1963 Ordenanzas Municipales
Aprovechamientos Especiales Doméstico Agrícola, Agroindustrial, Industrial Energético Minero Recreativo Navegación	Municipalidades MAGA MEM MSPAS MARN CIV	Código Civil 1933 Código Municipal Código de Salud Ley del Organismo Ejecutivo Ley de Minería Ley de hidrocarburos Ley de Acuicultura y Pesca COLREG
Conservación, protección y restauración del bien natural	MARN CONAP INAB Tribunales de Justicia	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Ley de áreas Protegidas Ley Forestal Código Penal
Administración Pública del Bien	Gobierno Central, a través de ministerios rectores CONAP e INAB Municipalidades Autoridades de cuenca	Ley del Organismo Ejecutivo Código Municipal Ley de Descentralización Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural Leyes, creación autoridades de cuenca Convenio 169
Gestión de riesgos Ordinarios y extraordinarios- Sequías, inundaciones y fenómenos asociados, y deslizamientos	Presidencia MARN INAB CONAP CONRED	Constitución (1985) Ley de Orden Público Ley de CONRED

Fuente: Colom, 2015.

Cuadro 19. Atribuciones de distintas instituciones en cuanto al agua y su fundamento legal.

Atribución	Institución	Fundamento Legal
Política Pública, Política Gubernamental Planificación Presupuesto	Congreso de la República Gabinete General de Gobierno Gabinete específico 2008-2013 SEGEPLAN MINFIN Sistema de Consejos de Desarrollo	Constitución Ley del Organismo Ejecutivo Ley Orgánica del Presupuesto Ley de los Consejos de Desarrollo
Investigación	INSIVUMEH INAB	Ley del Organismo Ejecutivo Ley Orgánica del INDE

	CONAP	Ley Forestal
Dirección/Rectoría	MARN MAGA MEM Autoridades de Cuenca	Ley del Organismo Ejecutivo Leyes, creación autoridades de cuenca Ley General de Electricidad
Regulación	MARN MAGA MEM MSPAS CIV Municipios	Ley del Organismo Ejecutivo Ley de Acuicultura y Pesca Ley de Protección y Mejoramiento del Medio ambiente Código de Salud Código Municipal
Otorgamientos de Derechos	MAGA MEM Municipalidades	Constitución Código Civil 1933 Ley de Acuicultura y Pesca Ley General de Electricidad
Vigilancia del ejercicio de los derechos otorgados	MARN MEM MSPAS	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Código de Salud Ley General de Electricidad
Conservación	MARN CONAP INAB Autoridades de cuenca	Ley de Protección y Mejoramiento del medio Ambiente Ley Forestal Ley de Áreas protegidas Leyes creación Autoridades de cuencas
Participación	Municipio Consejos de Desarrollo Urbano y Rural Ministerio de trabajo	Código Municipal Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y rural Convenio 169
Vigilancia Administrativa	MARN MSPAS	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Código de Salud
Protección del patrimonio hídrico nacional	Ministerio Público Procuraduría General de la Nación	Código Civil Código Penal

Fuente: Colom, 2015.

Cuadro 20. Iniciativas de Ley en el régimen de agua registradas en el Congreso de la República desde 1991 a 2016.

Fecha	Registro	Denominación	Observaciones
1991.08.29	677	Ley de Aguas	
1992.11.28	993	Ley de Aguas	
1993.01.12	1001	Ley de Aguas	
1996.09.24	1621	Ley de Aguas	
2003.05.15	2865	Ley de Aguas	Resultado de 2 años de negociación del Expresidente Portillo y el Congreso, pero no continuó su trámite por causa de la abierta oposición por parte del CACIF.
2005.01.26	3118	Ley de Aguas	

2005.04.13	3228	Ley que declara el Día del Agua	
2007.09.26	3418	Ley que pone bajo la rectoría del MARN a las diferentes autoridades a cargo de cuerpos de agua.	
2006.02.01	3337	Ley de Protección de Cuencas Hidrográficas de Guatemala	
2007.09.26	3702	Ley para el Aprovechamiento y Manejo Sostenible de los Recursos Hídricos.	
2008.04.22	3797	Ley para el tratamiento de descargas y reúso de aguas residuales.	
2008.05.14	3815	Ley que pone bajo la rectoría del MARN a las diferentes autoridades a cargo de cuerpos de agua.	Aprobada pero vetada por el Expresidente Óscar Berger.
2008.06.17	3820	Ley para la Autoridad del Río Motagua y Afluentes	
2016	5067	Ley de Aguas y Recursos Hídricos	
2016.05.04	5070	Ley de Marco de Agua	
2016	5161	Ley para el aprovechamiento y manejo integral, sostenible y eficiente del recurso hídrico en Guatemala (5161)	Recibió dictamen favorable con enmiendas en noviembre de 2017.
2016	5253	Ley del Sistema Nacional del Agua	

Fuente: Congreso de la República (2017).

La legislación existente presenta algunas oportunidades porque define responsables y da lineamientos en temas específicos como es el caso del forestal, generación de energía hidroeléctrica y la provisión de agua y saneamiento, por ejemplo. La legislación existente también crea condiciones que desfavorecen el manejo del agua y que han incidido en el deterioro del recurso tanto en calidad como en cantidad. Por ejemplo, no hay un ente rector a nivel nacional y no se regula el uso y aprovechamiento del agua. En cuanto a calidad sí ha existido legislación a través del Acuerdo Gubernativo 236-2006 que se enfoca en aguas residuales y disposición de lodos. Éste es un ejemplo de que, a pesar de que exista legislación, si no existen otros mecanismos para que se cumpla, no hay un impacto positivo en el manejo de los recursos.

3.4.1.1 Constitución política y sus artículos sobre el agua

De la constitución política de la República de Guatemala, se refieren al agua varios artículos. Uno de ellos es el artículo 126 que “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 resinas, gomas productos vegetales, silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de protección especial.”. De este artículo nace la Ley Forestal (Decreto Legislativo 101-1996) que entró en vigencia en 1996 y fue sustituida por la Ley PROBOSQUE (Decreto Legislativo 2-2015).

EL artículo 122 establece que son reservas territoriales del estado aquellas áreas comprendidas hasta “doscientos metros alrededor de las orillas de los lagos, de cien metros a cada lado de las riberas de los ríos navegables, de cincuenta metros alrededor de las fuentes y manantiales donde nazcan las aguas que surtan a las poblaciones”.

El 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.”

El 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 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.”

3.4.1.2 Código Municipal Decreto 12-2002 y sus reformas (mayo, 2010)

Ante el mandato de la Constitución Política de la República de Guatemala en su Artículo 253.- Autonomía Municipal, las Municipalidades tiene la competencia de dirigir sus recursos para el abastecimiento del agua como un servicio público, crear cargos para ello y para el ordenamiento territorial dentro de su municipio, y también crear la normativa que regule el uso de sus servicios, principalmente el agua. De acuerdo con el código municipal Decreto 12-2002, se establece de manera más clara las competencias y obligaciones que tienen las municipalidades referentes a la cobertura de agua y saneamiento ambiental, en sus artículos 5, 6 y 68.

Los artículos referentes al régimen de agua están establecidos en los siguientes artículos:

- “Artículo 35, inciso b). El ordenamiento territorial y control urbanístico de la circunscripción municipal. inciso i). La emisión y aprobación de acuerdos, reglamentos y ordenanzas municipales, inciso v) La creación del cuerpo de policía municipal. inciso y). La promoción y protección de los recursos renovables y no renovables del municipio”.
- “Artículo 36, numeral 4. Fomento económico, turismo, ambiente y recursos naturales”. numeral 5. Descentralización, fortalecimiento municipal y participación ciudadana”. 6. Atribuciones de alcalde comunitario o alcalde auxiliar.
- “Artículo 58, inciso I). Velar por la conservación, protección y desarrollo de los recursos naturales de su circunscripción territorial.”
- “Artículo 68, inciso a). Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos”.

3.4.1.3 Código de salud. Decreto No. 90-97 del Congreso de la República

El código de salud, según Decreto No. 90-97 del Congreso de la República, contiene varias secciones y/o artículos relacionados con el recurso hídrico, por lo que estos deberán ser tomados en cuenta por la FUNCAGUA. En el Capítulo IV de este código, la sección I se enfoca en calidad ambiental, la II en el agua potable y la tala de árboles, la III regula la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales (indicando que es responsabilidad de las municipalidades construir

obras de tratamiento) y la IV se refiere a los desechos sólidos, hospitalarios e industriales. Esta información se incluye en el anexo III.

3.4.1.4 Leyes y reglamentos relacionados al agua

Las leyes y sus reglamentos que regulan el uso de los recursos naturales y el ambiente en el país son las siguientes:

- Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Decreto 68-86 del Congreso de la República.
- Ley de creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Decreto No.90-2000 del Congreso de la República.
- Reglamento orgánico interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo Gubernativo No. 186-2001 de la Presidencia de la República.
- Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
- Normativa sobre la política marco de gestión ambiental.
- Ley general de pesca y acuicultura. Decreto No. 80-2002 del Congreso de la República.
- Ley reguladora de las áreas de reservas territoriales del Estado de Guatemala. Decreto No. 126-97 del Congreso de la República.
- Ley para la protección del patrimonio cultural de la nación. Decreto No. 26-97 del Congreso de la República.
- Ley de fomento de la educación ambiental. Decreto No. 74-96 del Congreso de la República.
- Ley de Fomento a la difusión de una conciencia ambiental. Decreto No. 116-96 del Congreso de la República.
- Ley de áreas protegidas. Decreto No. 4-89 del Congreso de la República.
- Ley de Hidrocarburos. Decreto No. 109-83 el Congreso de la República
- Reglamento de la ley de hidrocarburos. Acuerdo Gubernativo No. 1034- 83 de la Presidencia de la República.
- Ley de Minería. Decreto No. 48-97 del Congreso de la República.
- Ley general de descentralización. Decreto No. 14-2002 del Congreso de la República.
- Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural. Decreto No. 13-2002 del Congreso de la República.

Además, el Acuerdo Gubernativo 238-92, que crea la Secretaría de Recursos Hidráulicos. También el Acuerdo Gubernativo 265-2004, por medio del cual el Acueducto Xayá- Pixcayá se declara como área de alto riesgo, este es importante y de influencia para la RMG, pues de este proviene el 34 por ciento del agua que administra EMPAGUA para abastecer a la Ciudad de Guatemala.

En cuanto a la calidad del agua, únicamente existen las Normas sanitarias para purificación de agua (A.M. 1148-09) y Reglamento de calidad de agua para consumo humano (A.G. 178-2009) de la COGUANOR.

3.4.1.5 Políticas, sus estrategias y planes de acción

Las políticas en el país referentes al agua son: Política Nacional del Agua- SEGEPLAN, Política Nacional y estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos- SEGEPLAN, Política Promoción

del Riego 2013-2023 (AG-185-2013) y la Política del Estado en materia de Cursos de Aguas (Acuerdo Gubernativo 117-2012).

A continuación se mencionan y describen las acciones realizadas por diferentes actores y sectores para la gestión y gobernabilidad del agua en los 12 municipios de la RMG y las subcuencas Xayá-Pixcayá, esto principalmente como producto de la revisión de información secundaria.

3.4.2 Gobernabilidad del recurso hídrico en la Región Metropolitana de Guatemala y su área de influencia

Según el Código Municipal, las municipalidades tienen la obligación de dar cobertura del servicio de agua al municipio de su jurisdicción, bajo este mandato las municipalidades de la RMG han institucionalizado oficinas y puestos para la dotación de agua, algunas más fortalecidas que otras. Por ejemplo, el Municipio de Guatemala cuenta con la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA), quien abastece el 90% de usuarios de este municipio y el resto es cubierto por Agua Mariscal y otras empresas privadas. Además, EMPAGUA cubre algunas áreas de Villa Nueva, Mixco, Chinautla y Santa Catarina Pinula (EMPAGUA, 2016).

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula se ha destacado del resto por tener actividades como campañas de divulgación, capacitaciones y charlas para el uso adecuado del agua. También han dado apoyo a actividades de la Dirección de Medio Ambiente de la municipalidad, creación de reglamento para el uso del agua en el municipio e iniciativas para una política del agua del municipio.

Por el contrario, existen algunas municipalidades con menos fortalecimiento en las capacidades de gestión sobre el aprovechamiento del agua, quienes únicamente cuentan con operadores y fontaneros.

Todas las municipalidades cuentan con una oficina encargada del abastecimiento del agua (denominada de forma diversa: Servicios Públicos; Departamento de Agua; Dirección de Agua; Dirección de Agua y Saneamiento). En el Cuadro 21 se detalla información relacionada con la oficina encargada del abastecimiento de agua para cada municipio.

Cuadro 21. Administración del agua en los municipios de la RMG.

Municipio	Existe oficina encargada de Agua	Nombre de la oficina	Empleados en la oficina del agua	Cuenta con reglamento de agua
Amatitlán	Sí	Departamento De Aguas	20	Sí
Chinautla	Sí	Servicios Públicos		No
Fraijanes	Sí	Departamento De Agua Y Drenajes	DND ¹⁷	Sí
Guatemala	Sí	EMPAGUA	DND	Sí

¹⁷ Dato no disponible

Mixco	Sí	Dirección de Aguas y Drenajes	352	No
San José Pinula	Sí	Servicios Públicos Municipales	15	No
San Juan Sacatepéquez	Sí	Oficina Sección de Agua Municipal	8	Sí
San Miguel Petapa	Sí	Servicios Públicos	47	Sí
San Pedro Sacatepéquez	Sí	Oficina de Servicios Públicos Municipales	15	No
Santa Catarina Pinula	Sí	Servicios Públicos	24	Sí
Villa Canales	Sí	Coordinador de Servicios Públicos	37	Sí
Villa Nueva	Sí	Dirección de Agua y Saneamiento	89	Sí

Fuente: Fuente: Elaboración propia

En el anexo II se sistematiza y amplía la información citada con anterioridad en esta sección.

Además, la mencionada “Mancomunidad Gran Ciudad del Sur” contribuye a la gobernabilidad del recurso en el territorio. Ésta se encarga de formular y ejecutar proyectos con base en sus ejes: movilidad y transporte, educación universitaria, desarrollo económico local, ordenamiento territorial, prevención a la violencia, manejo de aguas residuales, el rescate del lago Amatitlán, programas de reforestación, la cooperación internacional, salud, cultura y deporte, tratamiento de desechos sólidos e infraestructura.

La mancomunidad tiene como misión contribuir a dar solución a problemas de las municipalidades afiliadas a través de suministrarles servicios profesionales y técnicos especializados en diversas materias. Su visión es promover el desarrollo económico y sostenible de la región sur del departamento de Guatemala. La presidencia de la entidad es desempeñada con carácter rotatorio y en turnos por cada uno de los alcaldes miembros. Actualmente la Junta Directiva está presidida por el Ingeniero Julio Daniel Marroquín Ordoñez, alcalde de Villa Canales (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2017).

Entre las acciones realizadas por la mancomunidad relacionadas al manejo y gestión del recurso hídrico se mencionan las siguientes:

- A. Se generó una base de datos de información geográfica actualizada de los centros poblados y equipamiento urbano bajo administración municipal y se elaboró el estudio de prefactibilidad del macro circuito de distribución de agua potable de las zonas 4, 5 y 10 del municipio de Villa Nueva. También se generó información del equipamiento urbano y centros poblados mediante un mapeo (Abascal, 2016).

- B. Presentación pública de la "Propuesta para la Formulación del Plan Maestro para la Recolección y Tratamiento de las Aguas Residuales en la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del Departamento de Guatemala.
- C. Gestión Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales en el Área Metropolitana Sur del Departamento de Guatemala.
- D. Proyecto Captación y Tratamiento de las Aguas Servidas en puntos de descarga de todos los municipios de la cuenca del Lago de Amatitlán.
- E. Inversión del 5% presupuesto anual municipal para sistemas de tratamiento. Regulación municipal y aplicación de una tasa por el servicio de tratamiento de aguas servidas.
- F. La Mancomunidad ejecuta su programa de Forestación y Reforestación. Cada municipalidad tiene el compromiso de la siembra de árboles recibidos en donación de parte de AMSA (30,000) y del INDE (144,780).
- G. Cooperación Técnica no Reembolsable del Banco Centroamericano de Integración Económica -BCIE- para el diseño un proyecto de Manejo Integral de los Desechos Sólidos en la MGCS.
- H. Creación de la dirección regional de desarrollo urbano rural para promover el ordenamiento territorial.

Gobernabilidad del recurso hídrico en las subcuencas Xayá y Pixcayá

Por la importancia que tiene el acueducto Xayá-Pixcayá para la RMG, se han tomado acciones técnicas, sociales y legales en el contexto del manejo de las subcuencas Xayá-Pixcayá. A pesar de esto, la cantidad y calidad del agua que abastece a la planta de tratamiento Lo de Coy está en deterioro. Algunas de las acciones son las siguientes:

El Organismo Ejecutivo, a través de la Presidencia de la República, según Acuerdo Gubernativo Número 265-2004, se acuerda declarar sector de alto riesgo toda la longitud del Acueducto Nacional Xayá- Pixcayá, desde sus orígenes en los ríos Xayá y Pixcayá hasta la planta de tratamiento de agua potable ubicada en la Aldea Lo de Coy del municipio de Mixco del departamento de Guatemala y el área de las cuencas que atraviesan los ríos: Xayá, Pixcayá, Guacalate y Villalobos.

Según el decreto antes mencionado, las instituciones gubernamentales (CONRED, MARN, EMPAGUA) deberán de velar y priorizar sus acciones para la protección y conservación de los recursos naturales y la población de este sector. El mismo, establece que no podrán desarrollarse proyectos públicos o privados que pongan en riesgo la estructura del Acueducto. Además, futuros proyectos tendrán que realizar estudios de impacto ambiental y de riesgo, que deberán ser aprobados por las autoridades correspondientes.

En la Microcuenca del río Xayá existió un mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (PSA) bajo el Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Al finalizar el proyecto PARPA, de las 2,611 ha de bosque en la microcuenca del río Xayá, 1,941 contaban con un incentivo económico proporcionado por dicho proyecto. El incentivo recibido ascendió de Q2,000,000 -Q400,000 al año durante cinco años (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación et al., 2007).

Además de las hectáreas de bosque incentivado, como principal resultado a mediano plazo, se dio la creación¹⁸ de la Asociación Civil Ambiental Xayá (ACAX), integrada por representantes de diversos actores (consejos comunitarios de desarrollo, municipalidad de Tecpán y fincas privadas entre otros). Los actores que conforman ACAX se han apropiado de este proceso. Por todo ello, el citado PARPA ha contribuido de forma sustancial a lograr tales resultados (López, s.f.).

Este empoderamiento de actores y la gobernanza liderada por ACAX, puede ser un ejemplo de procesos de negociación para el trabajo inicial que tiene FUNCAGUA, además de constituirse esta asociación como actor relevante del área de influencia de la RMG.

Por otro lado, la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y de Gestión de Riesgos del MAGA (2016) hizo una propuesta de acciones que se llevarían a cabo desde el 2016 para las áreas de captación hídrica en las subcuencas, la cual contiene las siguientes líneas de acción:

- Manejo de bosque con incentivos PROBOSQUE 3 microcuencas: 1,700 ha
- Reforestación producción con incentivos PROBOSQUE 3 microcuencas: 470 ha
- Reforestación protección con incentivos PROBOSQUE 3 microcuencas: 630 ha
- Manejo de bosque con incentivos ambientales REDD+ 3 microcuencas: 1,100 ha
- En las Laderas Plantación de frutales con asistencia del PAFFEC y apoyo del VIDER
- Promoción de actividades arqueológicas, artesanales, culturales, artísticas y ecoturísticas.
- Creación de una red de estaciones hidrometeorológicas a cargo del INSIVUMEH que permitan el monitoreo de la cantidad y calidad de agua generada en las 3 microcuencas.
- En los Valles, Fomento del riego para diversificar e intensificar la producción agrícola y fomento de prácticas de manejo en la ganadería.

3.4.3 Abastecimiento del agua municipal

La información sobre el abastecimiento del agua en las municipalidades que conforman la RMG, se ha recopilado a través de la revisión de fuentes secundarias y mediante información primaria (información proporcionada en consultas y talleres). Solamente para el municipio de Chinautla no se obtuvo este tipo de información. Las consultas se realizaron a través de visitas a las oficinas relacionadas con el agua de las municipalidades. Las visitas a municipalidades, además de para la obtención de información, contribuyeron a que las municipalidades conozcan el trabajo de FUNCAGUA, y buscó ser un aporte estratégico para que, con posterioridad, se puedan integrar esfuerzos.

3.4.3.1 Municipalidad de Amatitlán

La municipalidad de Amatitlán tiene 11 pozos y 1 nacimiento para abastecer 8,600 usuarios. Además, cuenta con dos pipas para abastecer a los sectores, que por diversas razones se quedan sin abastecer por el sistema de agua entubada (INE, 2015).

3.4.3.2 Municipalidad de Fraijanes

Según SEGEPLAN (2010b), existen dentro del municipio cuatro nacimientos de agua los cuales son: Las Crucitas, San Antonio, La Presa y la Pena, de los cuales los dos primeros son de propiedad municipal y sirven para abastecimiento de agua a la población y para lavado y el segundo lo

¹⁸ ACAX está legalmente constituida.

utilizan para riego y piscicultura. La Peñona es de propiedad comunal y lo utiliza la misma comunidad, se menciona que el nacimiento de agua Las Crucitas tiene focos de contaminación.

Esta municipalidad tiene a su cargo la administración de 24 pozos y un nacimiento, se monitorea cada mes, tanto en cantidad como calidad, y se tiene que la producción mensual en cada año varía de 3,800 a 16,800 litros, según la época del año (Martínez, comunicado personal, 7 de marzo de 2017)¹⁹.

Según Solano (comunicación personal, 2 de marzo de 2017)²⁰ desde hace aproximadamente 5 meses la provisión del agua municipal es deficiente y actualmente es nula. La oficina municipal de agua argumenta que se secó la fuente de agua y no dan solución, a pesar de que la municipalidad continúa cobrando el canon mensual del agua.

3.4.3.3 Municipalidad de Guatemala

De acuerdo con EMPAGUA (2016) el suministro, que se mantiene durante el curso del año, se logra por el adecuado funcionamiento de los sistemas de producción que se operan en diferentes puntos de la capital.

Para la utilización del agua de superficie, EMPAGUA dispone de las plantas Lo de Coy, Santa Luisa, El Cambray y Las Ilusiones, mientras que, en el caso del líquido subterráneo, cuenta con campos de extracción y bombeo como Ojo de Agua, y los pozos que han sido perforados en diferentes zonas de la ciudad (EMPAGUA, 2016).

Con esta producción de diez millones de m³ mensuales, que equivaldrían a unos diez mil millones de litros de agua embotellada, EMPAGUA satisface las necesidades de más de dos millones y medio de personas que efectúan alguna actividad económica en la urbe. Además, brinda el suministro a pobladores de varios sectores de los municipios cercanos, lo que convierte a EMPAGUA en la empresa regional que más personas atiende con agua apta para el consumo humano, a bajo precio (EMPAGUA, 2016).

3.4.3.4 Municipalidad de Mixco

El sistema de agua municipal cuenta con 98 fuentes, principalmente provenientes de agua subterránea²¹.

3.4.3.5 Municipalidad de San José Pinula

La distribución del agua es por parte de la municipalidad, diariamente se envían tres tiempos de aproximadamente una hora cada uno. Existen actualmente 8 tanques de captación y distribución luego va para la red en toda la cabecera y sus acometidas para cada residencia, la Municipalidad controla esto, el servicio domiciliario tiene un precio de 2,500 quetzales y aparte por el canon se pagan 30 quetzales mensuales y aparte se usan contadores, cada servicio tiene 30,000 litro

¹⁹ Alex Martínez era el encargado del departamento de agua de la Municipalidad de Fraijanes.

²⁰ Esta información fue proporcionada por una ciudadana del municipio de Fraijanes.

²¹ Esta información ha sido proporcionada en un evento (taller para la identificación de presiones y medidas, dirigido a representantes de gobiernos municipales; celebrado el 17 de mayo de 2017 en Villa Nueva). En algunos casos, esta información se complementa con la procedente de otras fuentes.

mensuales con el contador si alguien se pasa de los 30,000 litros paga exceso y cada metro cubico de exceso se cobra a 5 quetzales, luego los recibos no llegan a las casas sino que cada persona llega a la municipal a pagar su servicio, antiguamente que no habían pozos se utilizaban pozos de Ciénega Grande y Santa Inés Pinula y se distribuía por gravedad, pero hubo necesidad de perforar pozos para abastecer a la creciente población (Rosales, comunicación personal, 8 de mayo de 2017)²².

3.4.3.6 Municipalidad de San Juan Sacatepéquez

El sistema de agua municipal está conformado por 4 pozos y un nacimiento. Se tiene el monitoreo mensual de estos pozos, ya que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se los solicita, a través del Centro de Salud (INE, 2015).

3.4.3.7 Municipalidad de San Miguel Petapa

El Municipio de San Miguel Petapa cuenta con un nacimiento de agua denominado “El Ojo de Agua”, donde se obtiene el agua que es distribuida entre la población local y la ciudad capital. Además, el sistema de agua municipal cuenta con 24 pozos (INE, 2015).

3.4.3.8 Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez

El sistema municipal de agua en este municipio está conformado por 12 fuentes entre nacimientos, pozos artesanales y mecánicos; con una cobertura total de 4,218 usuarios, no se cuenta con contadores y la municipalidad subsidia el costo de establecimiento y mantenimiento del agua potable (INE, 2015; Cotzoyay, comunicación personal, 18 de septiembre de 2017)²³.

3.4.3.9 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Según INE (2015)²⁴, para el año 2013 el sistema municipal de agua para este municipio contaba con 22 pozos mecánicos, 5 de estos en área urbana y 17 en área rural.

3.4.3.10 Municipalidad de Villa Canales

Según INE (2015), para el año 2013 el sistema municipal de agua para este municipio contaba con 43 fuentes, 38 pozos mecánicos y 2 nacimientos en área urbana y 3 nacimientos en área rural.

3.4.3.11 Municipalidad de Villa Nueva

Según INE (2015) y Saravia (comunicación personal, 17 de mayo de 2017)¹⁹, para el año 2013 el sistema municipal de agua para este municipio contaba con 43 fuentes, 42 pozos mecánicos de estos en área urbana y 1 nacimiento en área rural.

3.4.4 Normativa del agua en la región metropolitana de Guatemala

²² Alex Sandro Rosales era el encargado de servicios públicos de la Municipalidad de San José Pinula al momento de la comunicación.

²³ Alfonso Cotzoyay era el encargado de Servicios Públicos de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez al momento de la comunicación.

²⁴ Esta información se encuentra en el anexo IV (archivo Excel).

En Guatemala, la legislación y normativa en el régimen del agua se encuentra dispersa en ministerios como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación; y demás entidades gubernativas como SEGEPLAN, así como las municipalidades. Además, que existen vacíos en la regulación de este bien. Por ello, se fundamenta la necesidad de actualizar y unificar las disposiciones legales en un solo documento legal, la ley de agua, que, a pesar de sus múltiples esfuerzos, no se tiene ningún resultado.

A continuación, se describen de manera general las disposiciones legales existentes del régimen del uso y manejo del agua, a nivel nacional y de la región metropolitana, de acuerdo con el orden de jerarquía jurídica.

3.4.4.1 Normativa municipal

Es responsabilidad de las municipalidades o de los usuarios de las cuencas o subcuencas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas para evitar la contaminación de las aguas y el Ministerio de Salud brinda asistencia técnica. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales ha establecido que todas las municipalidades del país deberán de contar con plantas de tratamiento para el 06 de mayo de 2019 (Acuerdo Gubernativo 270-2016).

Algunos regímenes y normas complementarias sobre el manejo del agua que compete en la Región Metropolitana están los Acuerdos de EMPAGUA y algunos pozos privados, la creación de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (2012) y reglamentos y ordenanzas municipales como los que se muestran en el cuadro 22 para los municipios de Guatemala y Santa Catarina Pinula.

Cuadro 22. Normatividad del agua por municipio.

Municipalidad	Normativo
Guatemala	Acuerdo COM-028-2002 Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos para el Municipio de Guatemala. Modificación de cobros por servicios públicos relacionados con agua potable, alcantarillado y drenajes ACUERDO COM 002-06. Reglamento Forestal, Municipalidad de Guatemala 1965 Reglamento de drenajes para la Ciudad de Guatemala 1964 Conservación, abundamiento y adecuada Utilización del recurso de agua subterránea en el municipio de Guatemala y su área de influencia 1973 Reglamento del Servicio Público y Alcantarillado 1989.
Santa Catarina Pinula	Acta Número. 19-2014 Reglamento del servicio público de agua a cargo de la municipalidad de Santa Catarina Pinula del departamento de Guatemala.
Fraijanes	Reglamento del uso del agua a cargo de la municipalidad de Fraijanes departamento de Guatemala.

Fuente: Municipalidad de Guatemala (2017); Municipalidad de Santa Catarina Pinula (2017); Martínez (comunicación personal, 7 de marzo de 2017)²⁵.

²⁵ Esta información fue proporcionada a través de comunicación personal por Alex Martínez, encargado del departamento de agua de la Municipalidad de Fraijanes.

3.4.5 Marco Institucional

En Guatemala existen diferentes organismos, instituciones y entidades administrativas con competencia a nivel nacional encargadas específicamente de la gestión ambiental, en sus diferentes temáticas.

Las principales instituciones para el manejo, gestión, monitoreo, control e investigación del recurso hídrico a nivel nacional y en la RMG, y una breve descripción de sus funciones, se muestra continuación, en el cuadro 23.

Cuadro 23. Funciones de las Instituciones vinculadas a la gobernabilidad del agua en la RMG.

Institución	Funciones
INSIVUMEH Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología e Hidrología	Desarrolla estudios básicos e hidrológicos de cuencas, modelaje de caudales y prevención de inundaciones, calidad de agua, monitoreo de ríos del país. Posee una base de datos meteorológicos e hidrológicos del país. Se encarga del control y medición de parámetros climáticos e hidrológicos de las cuencas hidrográficas del país y todos los eventos geológicos que ocurren a escala nacional. Actualmente se necesita fortalecer la institución para ampliar el programa de registro en casi toda la red nacional e implementar sistemas de control en otros.
CONRED Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.	Desarrolla esfuerzos para introducir el componente de prevención al nivel de cuencas hidrográficas, a pesar de que en un alto nivel sus acciones son mitigadoras o de reconstrucción rehabilitación en zonas de desastres. Implementó el sistema de alerta temprana para la Cuenca María Linda.
Ministerio de Salud Pública	Desarrolla esfuerzos para garantizar la calidad del agua para consumo humano, dan capacitación e insumos para que la población tenga agua apta para consumo.
Instituto de Fomento Social	Autónomo y descentralizado. Fue creado para apoyar el desarrollo económico-social de las municipalidades del país. Estas unidades únicamente se encargan de los estudios básicos de las fuentes de agua, detectan necesidades de dotación de agua de la población y asesoran la construcción de los proyectos de captación, conducción y distribución.
Municipalidades	Autónomas. Las Corporaciones Municipales coordinan sus funciones con el Consejo de Desarrollo Urbano y Rural que integra a todas instituciones estatales y no gubernamentales que operan dentro del Municipio. Aguas servidas, desechos sólidos, saneamiento. Las municipalidades tienen potestad de prestar y administrar los servicios públicos (agua potable, aguas servidas, electricidad, y otros) y le da competencia para establecerlos, mantenerlos, mejorarlos y regularlos. Bajo este principio, casi todas las municipalidades administran el abastecimiento de agua potable a su población y también se tienen ejemplos de injerencia municipal en el servicio eléctrico desde la generación hasta la distribución con el cobro de tarifas. Ejemplos de éstas son las Empresas Eléctricas Municipales de Zunil I y II en Quetzaltenango, Puerto Barrios en Izabal y La Castalia en San Marcos. Estos últimos desarrollan acciones de manejo de la microcuenca con el apoyo de NRECA (Programa de Apoyo para la Electrificación Rural de Centro América).

<p>MAGA Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación</p>	<p>Ministerio de Gobierno, rige la producción agrícola, pecuaria, hidrobiológica y el control Fito zoosanitario. Responsable de la Política, régimen jurídico, autorizaciones de uso y aprovechamiento. Debe coordinar con el MARN el ordenamiento territorial y de administración de tierras nacionales y con otras instituciones la educación agropecuaria ambientalmente compatible, política de comercio exterior agropecuario y de hidrobiológicos y Desarrollar mecanismos y procedimientos que contribuyan a la seguridad alimentaria del país.</p>
<p>MARN Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales</p>	<p>Desarrolla el Sistema Nacional de Evaluación Ambiental (Estudios de impacto ambiental, monitoreo ambiental, auditorías ambientales y riesgo ambiental), como instrumento para el ordenamiento ecológico y ambiental del país. La ley del Organismo Ejecutivo le faculta para formular la política de conservación, protección y mejoramiento de los recursos naturales, la política para el manejo del agua en materia de contaminación y la de manejo de cuencas.</p>
<p>AMSA Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (Decreto 64-96 del Congreso de la República y Acuerdo Gubernativo 186-99).</p>	<p>Depende directamente de la Presidencia de la República. Integrada por CONAP, CONAMA (actualmente MARN), INGUAT; MAGA; ONG conservacionistas, Gobernación Departamental, Procuraduría del Medio Ambiente, ANAM y un representante de las comunidades asentadas en la cuenca. Su fin es planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema de la cuenca y mejorar la calidad de vida de las poblaciones.</p>
<p>Mancomunidad Gran Ciudad del Sur</p>	<p>Creada según estructura constitución No. 36 de fecha 02 de agosto de 2012, inscrita en el registro de personas jurídicas del Ministerio de Gobernación. La conforman seis municipios del Sur del Departamento de Guatemala: Amatitlán, Ciudad de Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva.</p> <p>Es una entidad autónoma, de carácter no lucrativa y de naturaleza esencialmente solidaria, apolítica, subsidiaria, gremial en el ámbito municipal, que busca contribuir a dar solución a problemas de la Municipalidades afiliadas a través de suministrarles servicios profesionales y técnicos especializados en diversas materias.</p>
<p>INAB Instituto Nacional de Bosques</p>	<p>Regulador del manejo forestal sostenible orientado hacia un desarrollo forestal nacional. Enfoca sus políticas también a otros beneficios que genera el bosque como servicios ambientales en la protección del suelo, regulador de zonas de recarga hídrica y oferta de agua, biodiversidad y conservación del paisaje, entre otros y parte del ordenamiento de la cuenca hidrográfica.</p>
<p>SEGEPLAN Secretaría de Planificación y Programación</p>	<p>Todo proyecto de manejo de cuencas hidrográficas o iniciativas afines, deben ser avalados por esta institución para su gestión financiera y cooperación externa. El proceso también implica un análisis técnico, institucional, social y económico del proyecto.</p>
<p>URL Universidad Rafael</p>	<p>A través del IARNA, investigación técnico - científica, la capacitación y la transferencia de información en los ámbitos de la agricultura sostenible,</p>

Landívar	el manejo de los recursos naturales y las condiciones ambientales.
USAC Universidad de San Carlos de Guatemala	A través de: La Dirección General de Investigación –DIGI-realiza investigación en recursos naturales, y específicamente en el tema de recursos hídricos. ERIS Monitoreo continuo de calidad y disponibilidad del agua, conservación del recurso y recarga de agua subterránea en diferentes cuencas. FAUSAC Generación de información básica para el manejo de los recursos naturales renovables en cuencas hidrográficas.
UVG Universidad del Valle de Guatemala	Estudio de recarga hídrica
Fundación solar	Políticas y legislación en tema hídrico y energía.
CONCYT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	A solicitud de los centros de investigación pueden financiar investigaciones relacionadas al tema.
EMPAGUA Empresa Municipal de Agua para la Ciudad de Guatemala	Estudios y monitoreo de agua subterránea, control de calidad y cantidad de agua para la Ciudad de Guatemala y áreas aledañas.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de SEGEPLAN (2006).

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA (LÍNEA BASE)

El contenido de este apartado consiste en la recopilación de información secundaria relacionada a aguas superficiales y subterráneas que abastecen a la RMG, generada por varios investigadores e instituciones interesadas en conocer el estado actual de preservación y explotación del recurso hídrico.

De acuerdo con el taller celebrado el 17 de mayo de 2017, en el cual participaron representantes de seis municipalidades (Amatitlán, Chinautla, San José Pinula, San Miguel Petapa, Mixco y Villa Nueva), de las 12 que componen la RMG, la escasez del agua ha impactado a estos municipios. Los participantes de dicho taller también indicaron que esta carencia es producto de la ineficiencia en el uso del recurso, la degradación de su calidad resultado de efectos de contaminación, la sobreexplotación y el aumento de la demanda del recurso para suplir diversas necesidades urbanas e industriales. Todo ello evidencia la falta de un manejo integrado del agua.

4.1 DEMANDA DEL AGUA PARA USO DOMICILIAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA

La dotación de agua domiciliar que indica el Instituto de Fomento Municipal es de 90 a 150 litros por persona por día (l/p/día) para el área rural y de 150 a 250 l/p/día para el área urbana (INFOM, 2010). La misma fuente indica que las variaciones dependen de las condiciones de cada lugar pero que dichos rangos son los recomendables. Tomando en cuenta la población rural y urbana proyectada para el año 2014 en los doce municipios de la Región Metropolitana (ver Cuadro 4), la demanda teórica de agua domiciliar asciende a 738,786 metros cúbicos por día o 269.6 millones de metros cúbicos por año. Esos datos fueron calculados tomando el límite superior de los rangos arriba mostrados, considerando que siempre existen pérdidas por fugas en los sistemas de distribución. Faltaría agregar el volumen utilizado para las instituciones y las empresas que operan en la Región Metropolitana, de los cuales no hay datos disponibles. Tomando el crecimiento de la población proyectado al año 2030 y 2050 (INE, 2015a) y asumiendo que se mantiene la proporción de población urbana y rural en los doce municipios, la demanda teórica de agua domiciliar sería de 348 millones de metros cúbicos en el año 2030 y de 419 millones de metros cúbicos en el 2050. Los caudales anuales antes mencionados, corresponderían a caudales (promedio) de 8.55 m³/s para 2014, 11.04 m³/s para 2030 y 13.29 m³/s para 2050.

La utilidad de la demanda teórica es tener una manera de comparación con los recursos que se aprovechan en el presente y el grado al que dicha demanda podría ser cubierta con los mismos, si se administrara de manera efectiva.

4.2 OFERTA DE AGUA

De los 12 municipios de la región metropolitana, solamente se encontró registros de producción del agua de la Municipalidad de Guatemala (abajo descritos), administrada por EMPAGUA; también se tiene conocimiento del número de fuentes para abastecimiento municipal (mostrado en la sección 3.4.2) y de la oferta de agua municipal de otros municipios (INE 2013), como los de: Santa Catarina Pinula, 0.45 m³/s; Mixco, 0.76 m³/s; Fraijanes, 0.57 m³/s; y San Juan Sacatepéquez, 2.43 m³/s.

Las fuentes de abastecimiento de agua en la RMG son superficiales y subterráneas; este apartado se enfoca principalmente en estudios de los ríos y acuíferos de la Ciudad de Guatemala,

manejados por EMPAGUA. Vale la pena mencionar que, aparte de los registros de EMPAGUA, existe un número indeterminado de pozos privados para la provisión de agua para uso industrial, para oficinas y para uso industrial. Según el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (2000), en las áreas urbanas, el agua subterránea proporciona la mayor parte del suministro del agua para uso doméstico. En el mismo estudio se indica, sin embargo, que muchos acuíferos poco profundos, están contaminados debido a la contaminación superficial lo que está causando la dependencia de pozos y fuentes de agua más profundas para proporcionar agua potable.

Para tener antecedentes sobre el registro de caudales (de aguas superficiales y subterráneas) que abastecen a los sistemas de agua bajo la administración de EMPAGUA, se presenta la dinámica de caudales totales por mes para los años 2005, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014 (figura 17). Los caudales mensuales varían de 3.28 a 4.29 metros cúbicos por segundo, se muestra que el caudal total disminuye en el período de enero a mayo y aumentan un 24 por ciento de julio a octubre.

Este aumento se debe a que sube la escorrentía en las fuentes de agua superficial (ríos Xayá y Pixcayá, embalse Teocinte alimentado por los ríos San Antonio, Las Pilas, La Manguita, La Piedrona, la Iglesia; río Acatán; río Canalitos; río los Ocotes; río Pinula y río las Minas.

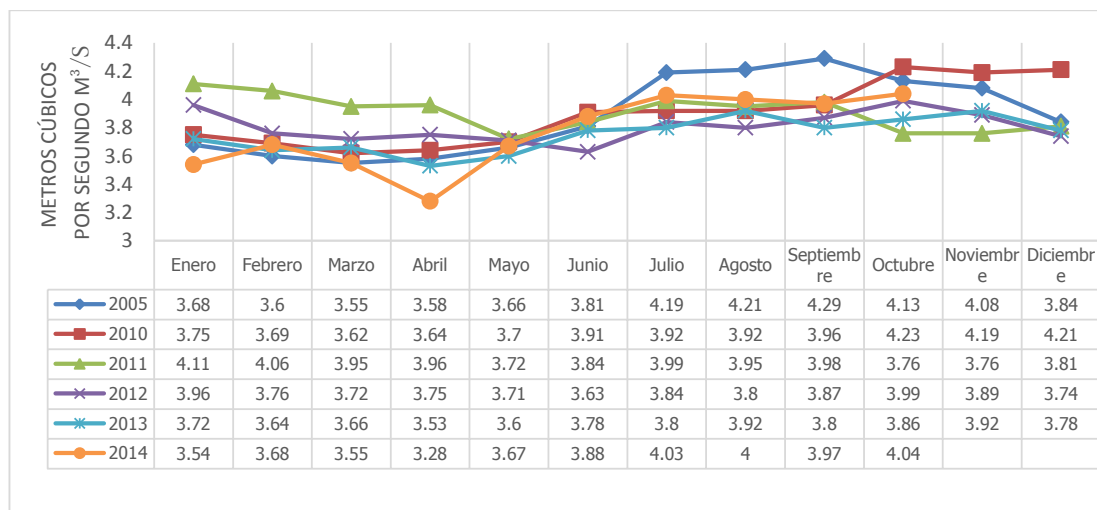


Figura 17. Registro histórico de la producción total de agua por mes en metros cúbicos por segundo (incluye fuentes superficiales y subterráneas).

Fuente: EMPAGUA 2016

Actualmente EMPAGUA abastece del vital líquido a los vecinos de la Ciudad de Guatemala y parte de los municipios aledaños: Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Chinautla, Palencia y San José del Golfo (EMPAGUA 2016). Abastece un 50.4 % de fuentes superficiales y el resto de subterráneas, a través de los sistemas de producción y plantas de tratamiento mostrados en el cuadro 24. En este cuadro, también se describen los nueve sistemas de producción de agua que administra EMPAGUA, algunos conformados únicamente por estructuras de captación y otros, además, con planta de tratamiento. De estos, los que tienen fuentes superficiales son Lo de Coy, Santa Luisa, Las Ilusiones, El Cambray y La Brigada, esta última sin aporte en 2016. Y los que tienen fuentes subterráneas son Ojo de agua, Pozos de la ciudad, agua en bloque, y pozos de Emergencia 1.

De acuerdo con estos registros de EMPAGUA, se considera importante el aporte del sistema de captación y planta de tratamiento Lo de Coy, con el 29 % del caudal total anual para 2016. Este caudal proviene de las subcuencas Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango, consideradas como área de influencia para el abastecimiento de agua de la región metropolitana de Guatemala.

Cuadro 24. Producción de agua por sistema de captación y planta de tratamiento de EMPAGUA.

Sistema	Fuente	Zonas que abastece	Producción 2016 (m ³ /s)
Lo de Coy	Ríos Xayá y Pixcayá	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11 y 19 4 y 18 parcialmente	1.209
Santa Luisa	Embalse Teocinte (ríos San Antonio, Las Pilas, La Manguita, La Piedrona, la Iglesia), Pozos a lo largo de la línea de conducción, río Acatán, río Canalitos (y pozo)	5 y 6 en su totalidad 1, 4, 10 y 17 parcialmente	0.249
Las Ilusiones	Río los Ocotes (estación de bombeo El Atlántico)	17 y 18	0.170
El Cambray	Río Pinula (estación de bombeo Hincapié), río las Minas	9, 10, 13, 14, 15	0.065
Ojo de Agua	Campo de pozos Ojo de Agua y Diamante	1, 3, 8, 9, 12, 13, 14, 21 y caserío El Frutal, San Miguel Petapa.	0.859
Pozos de la ciudad	Acuífero	1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 8, 19, 21 parcialmente	0.308
Agua en bloque	Pozos electromecánicos, acuífero.		0.912
Pozos de Emergencia I	Acuífero nororiente del valle de la Ciudad		0.338
La Brigada	Río Brigada, Milagro, Yumar, las Flores, Pansalic	7, 11 y 19	0.000
	TOTAL		4.110

Fuente: EMPAGUA, 2016; Guzmán, 2011.

4.3 ESTADO DEL AGUA SUPERFICIAL Y SU APROVECHAMIENTO

En 1999 EMPAGUA obtenía el 55 % del agua de caudales superficiales y el 45 % restante subterránea.

En la Figura 18 se muestra el registro de producción de agua superficial de EMPAGUA de los años 1992 al 2015. En el período 2001-2004 la producción de agua superficial para el consumo tiende a

disminuir. Por este último motivo, EMPAGUA realizó la perforación de 34 pozos²⁶ para el abastecimiento de agua, en el territorio bajo su competencia²⁷, por medio de agua subterránea (EMPAGUA, 2016). Después de este período la producción de agua para abastecimiento por medio de aguas superficiales se incrementó (solo siendo considerablemente menor en el año 2014, debido a la disminución de los días de lluvia registrados en la región).

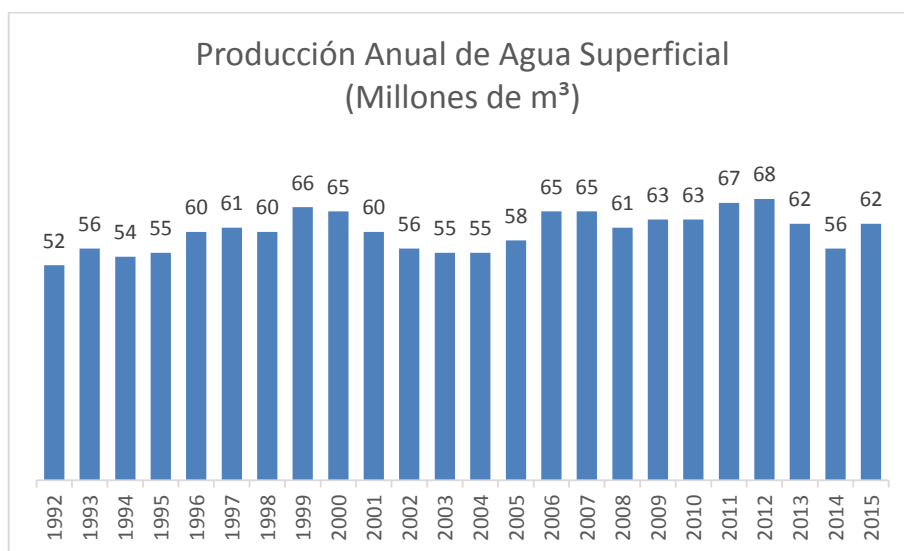


Figura 18. Registro histórico de la producción anual general de agua superficial.

Fuente: EMPAGUA 2016.

4.3.1 Precipitaciones en la región metropolitana y subcuencas Xayá y Pixcayá

Las dos principales fuentes de abastecimiento de agua para la RMG son agua subterránea y agua superficial, de esta última, el caudal aporte del Acueducto Xayá- Pixcayá es notablemente importante, por lo que el estudio realizado por IARNA (2012) sobre la oferta total del agua para el área metropolitana toma en cuenta estas dos fuentes para hacer el análisis de la disponibilidad de este recurso para esta región tan importante para el país.

De acuerdo con el registro de precipitaciones en las subcuencas de la Región Metropolitana más las de las subcuencas Xayá y Pixcayá la oferta total de agua son 1909 millones de metros cúbicos al año (IARNA, 2012), la cual se detalla en el Cuadro 25. En donde se observa la precipitación distribuida en 298 millones de metros cúbicos al año para Xayá-Pixcayá según las sumatoria de las precipitaciones registradas en las cuatro subcuencas (Balanyá, Pacorral, Pixcayá y Xayá Alto); y 1611 millones de metros cúbicos en las subcuencas de la Región Metropolitana.

Cuadro 25. Estimación de la precipitación en la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá.

Escenario	Oferta total (precipitaciones) Millones de m³ por año
RMG	1611

²⁶ Estos pozos pertenecen al Sistema de Emergencia I de la red de pozos mecánicos administrados por EMPAGUA.

²⁷ Esto se indica en la sección 4.2.4

Fuente: IARNA, 2012

4.3.2 Rendimiento hídrico y escorrentía superficial hacia los ríos del RMG y subcuencas Xayá y Pixcayá en el presente y bajo un escenario de cambio climático

Los escenarios que fueron evaluados en IARNA (2012) son: situación para el año 2003, escenario 2020 sin reforestar y escenario 2020 con reforestación. En el caso del escenario A2 del IPCC, se espera el aumento de 1.5°C en la temperatura promedio mensual y la disminución del 9.3% de la precipitación promedio mensual en el área metropolitana de Guatemala para el año 2020.

Para evaluar la contribución del paisaje hacia los ríos, se tomaron en cuenta las subcuencas de la Región Metropolitana de Guatemala y las de Xayá-Pixcayá, con el uso de la tierra en el año 2003 se determinaron que la contribución de la precipitación a los ríos es de 789 millones de metros cúbicos. En la RMG es de gran relevancia el lago de Amatitlán por ser un embalse natural, y se describe en la siguiente sección, principalmente las características sobre calidad de agua.

Un estudio más reciente (Gondor et al., 2017) presenta estimaciones de rendimiento hídrico (RH) en el presente y proyecciones de acuerdo al cambio climático, como se ve a continuación. En la Región Metropolitana existe un RH total de 839.5 millones de m³/año (Figura 19 y Cuadro 26). El mayor rendimiento bruto se genera en las cuencas Teocinte, Las Vacas y Villalobos por ser las de mayor tamaño. Sin embargo, en términos de producción por hectárea, el mayor rendimiento se tiene hacia el suroeste, en las cuencas La Cuya, Las Flores, Lo de Diéguez y Rustrián donde el rendimiento hídrico es de 11,126 -12,535 m³/ha/año. Asimismo, al norte se localizan las cuencas con menor rendimiento hídrico por hectárea: El Zapote, Las Cañas y las Vacas (6,035-7,224 m³/ha/año).

Por su parte, la región Xayá-Pixcayá, presenta un rendimiento hídrico superficial total de 207.5 millones de m³/año (Figura 20 y Cuadro 26). El mayor rendimiento bruto se genera en la cuenca Pacorrall por ser la de mayor tamaño. Sin embargo, en términos de producción por hectárea, el mayor rendimiento se tiene al sur, en las cuencas Balanyá y Pixcayá donde el rendimiento hídrico es de 9,521-9,735 m³/ha/año (Gondor et al., 2017).

Cuadro 26. Estimación del rendimiento hídrico en la RMG y Subcuencas Xayá y Pixcayá.

Cuenca	Área (ha)	RH actual (m ³ /año)	RH con CC (m ³ /año)	Diferencia m ³ /año	RH actual (m ³ /ha/año)	RH con CC m ³ /ha/año	Diferencia m ³ /ha/año
Región Metropolitana							
Aguacapa	1,658	17,868,594	12,738,685	-5,129,909	10,776	7,682	-3,094
Amatitlán	9,521	73,992,626	54,215,442	-19,777,184	7,771	5,694	-2,077
El Cangrejal	621	6,226,327	4,485,447	-1,740,880	10,025	7,222	-2,803
El Zapote	7,214	49,972,280	36,217,470	-13,754,810	6,927	5,050	-1,878
La Cuya	1,300	16,267,444	11,407,433	-4,860,011	12,514	8,776	-3,739
Las Cañas	7,285	45,731,543	33,178,686	-12,552,856	6,277	4,554	-1,723
Las Flores	894	11,077,305	7,820,676	-3,256,629	12,392	8,749	-3,643

Las Vacas	15,467	97,908,187	74,584,268	-23,323,920	6,330	4,825	-1,505
Lo de Diéguez	1,535	17,789,466	12,646,699	-5,142,767	11,589	8,239	-3,350
Los Ocotes	10,209	96,874,977	68,534,021	-28,340,957	9,489	6,713	-2,776
Paxot	2,399	20,043,963	14,493,333	-5,550,630	8,357	6,044	-2,313
Rustrián	2,036	22,546,007	16,075,737	-6,470,270	11,073	7,896	-3,177
Sactzi	1,120	8,471,251	6,076,177	-2,395,074	7,565	5,426	-2,139
Teocinte	12,885	131,943,560	94,159,279	-37,784,281	10,240	7,308	-2,932
Villalobos este	14,484	102,029,647	77,621,888	-24,407,759	7,044	5,367	-1,677
Villalobos oeste	16,894	120,724,321	90,302,764	-30,421,556	7,146	5,345	-1,801
Total	105,522	839,467,499	614,558,006	-224,909,493	7,955	5,824	-2,131
Región Xayá-Pixcayá							
Balanyá	4,212	40,643,106	29,944,545	-10,698,561	9,650	7,110	-2,540
Pacorral	7,264	67,052,176	49,480,826	-17,571,350	9,254	6,829	-2,425
Pixcayá	4,701	43,813,702	32,475,137	-11,338,565	9,321	6,909	-2,412
Xayá Alto	6,368	55,993,908	41,588,699	-14,405,208	8,793	6,531	-2,262
Total	22,544	207,502,892	153,489,208	-54,013,684	9,204	6,808	-2,396

Fuente: Gondor et al., 2017

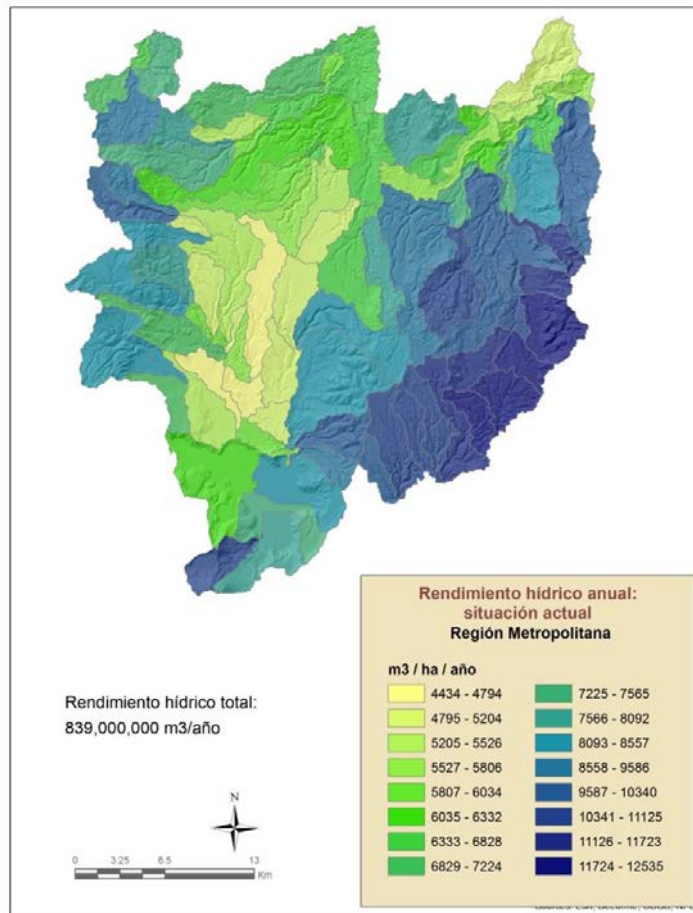


Figura 19. Rendimiento hídrico anual actual en la Región Metropolitana. Fuente: Gondor et al., 2017

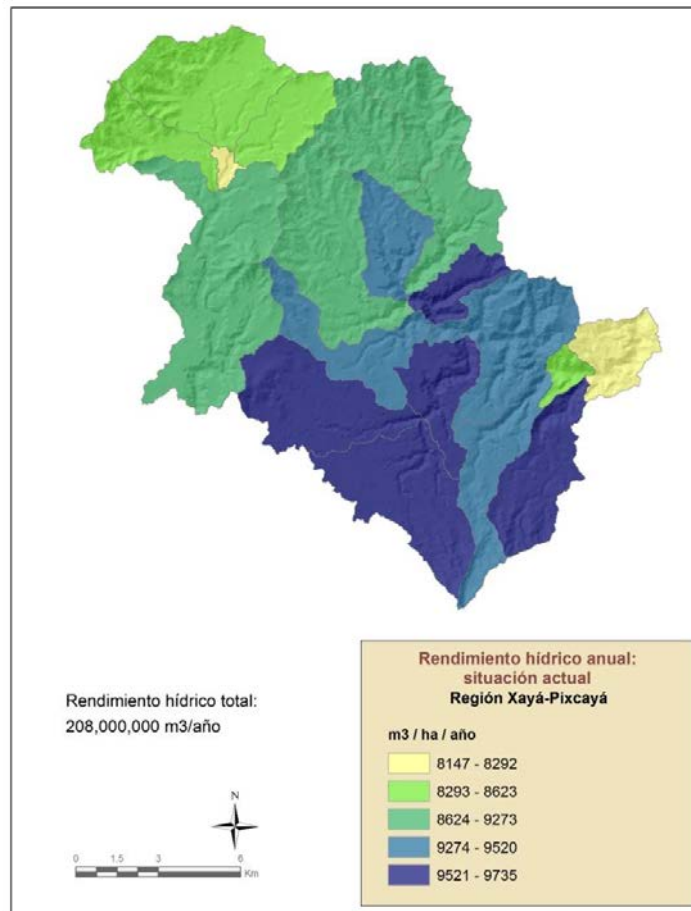


Figura 20. Rendimiento hídrico anual actual en las subcuencas Xayá y Pixcayá.

Fuente: Gondor et al., 2017

La modelación de las condiciones actuales comparada con el escenario de cambio climático en el que no se aplican políticas de conservación ni climáticas, muestra que los efectos del cambio climático podrían provocar una de reducción en el rendimiento hídrico de aproximadamente 26.8% y 26.0% en las regiones metropolitana y de Xaya-Pixcayá, respectivamente, tanto a escala de cuencas, de subcuencas como por hectárea (Gondor et al., 2017). En las siguientes figuras se muestra la diferencia (reducción) en la Región Metropolitana y las subcuencas Xayá y Pixcayá según un escenario de cambio climático.

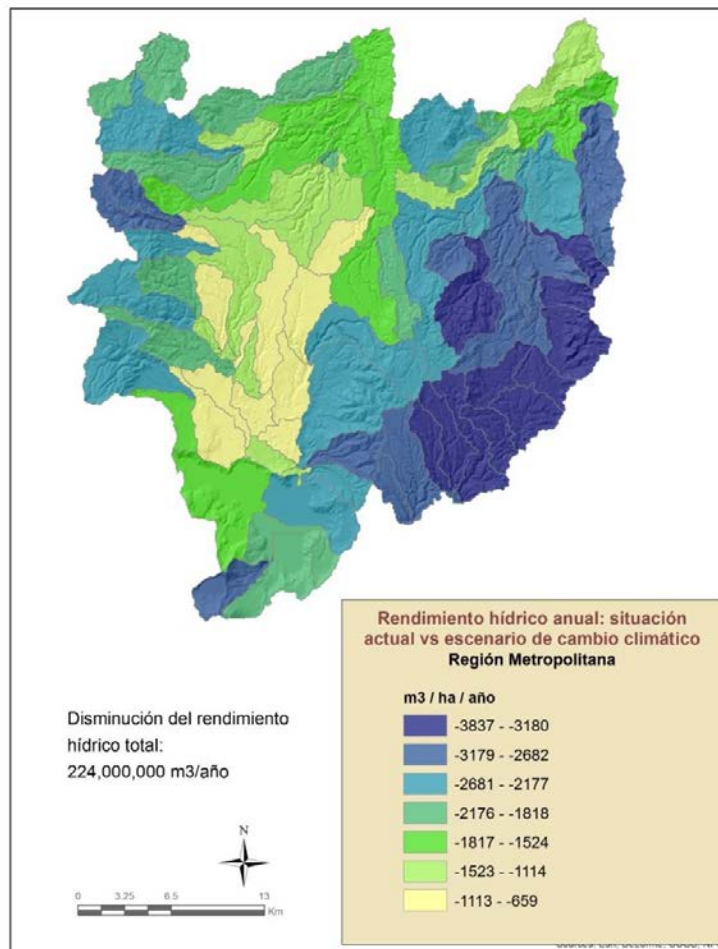


Figura 21. Diferencia en rendimiento hídrico según un escenario de cambio climático y la situación actual en la Región Metropolitana.

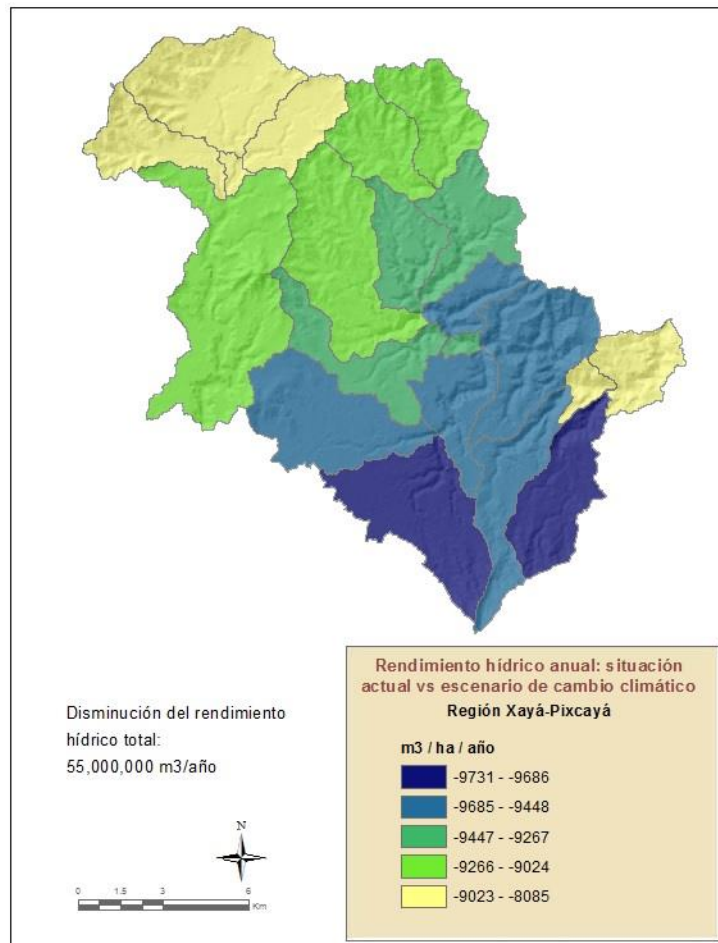


Figura 22. Diferencia en rendimiento hídrico según un escenario de cambio climático y la situación actual en las subcuencas Xayá y Pixcayá.

Los aportes de este estudio sugieren que bajo dicho escenario de cambio climático, que coincide con otros estudios en cuanto a disminución en lluvias, habrá una mayor presión en la Región Metropolitana y en las subcuencas Xayá y Pixcayá por la reducción en el rendimiento hídrico.

4.3.3 Lago de Amatitlán

El Lago de Amatitlán es uno de los cuerpos de agua más contaminados del país, ya que recibe contaminación de los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales, parte de Santa Catarina Pinula y Amatitlán, lo cual representa casi 2.2 millones de habitantes descargando de una u otra forma desechos que drenan a los ríos y finalmente al lago (AMSA, 2016). Esta situación se ha visto agravada por el crecimiento poblacional y el surgimiento de nuevos núcleos de población en las cercanías del lago. Además de las descargas de tipo doméstico, malas prácticas agrícolas y la industria contribuyen a degradar la calidad del lago.

Dentro del análisis fisicoquímico realizado por AMSA (2016) se ha determinado que existen metales pesados en peces comerciales del lago de Amatitlán: tilapia, guapote y cirica. Además, en

el lago existen altas concentraciones de coliformes fecales localizadas del centro al oeste. También se encuentran altas concentraciones de clorofila, fósforo y nitrógeno total, que son indicadores del grado hipertrófico que tiene el lago. El cuadro 27 muestra una descripción general de los datos relevantes del lago de Amatitlán.

Cuadro 27. Datos generales del lago de Amatitlán.

Indicador	Registro
Localización geográfica	14°28' lat. norte/90°37' Long oeste
Altitud	1,186 msnm
Profundidad máxima	30 metros
Longitud máxima	11 km
Ancho máximo	3.4 km
Extensión aproximada	15 km ²
Volumen de agua	286 millones de metros cúbicos
Variación nivel agua	1.5 a 2.3 m
Temperatura superficial	25°C - 27 °C
Temperatura profundidad (25 m)	22.5 °C
Transparencia	0.451 – 0.781
Sólidos totales	1,000-1,400 mg/lit
pH Superficie	8.5 - 9
pH profundidad(20m)	7.75-8.25
DQO	3838 - 49320 Kg/día
DBO	1881- 19074 Kg/día
Porcentaje de Saturación de Oxígeno	125 – 180 %
Porcentaje de Saturación de Oxígeno (20 m)	0%
Fósforo Total (ppb)	366 (media) 209-543 (rango)
Nitrógeno Total (ppb)	1925 (media) 1200-2600 (rango)
Clorofila (ppb)	70 (media) 37 - 94 (rango)

Fuente: AMSA, 2016.

Figura 23. Carga de desechos sólidos vertidos al lago de Amatitlán.

Fuente: AMSA, 2016.





Figura 24. Lago de Amatitlán y centros urbanos alrededor.

El Lago de Amatitlán (al igual que sucede con otros cuerpos de agua de la RMG) está amenazado por una urbanización creciente y desordenada. Este fenómeno debería ser objeto de mayor investigación, y ser tenido en cuenta a la hora de llevar a cabo acciones de protección del recurso hídrico.

En este territorio existen tres instituciones que trabajan por disminuir la contaminación del Lago de Amatitlán. Estas son la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán (AMSA), la Fundación Defensores de la Naturaleza (con la administración del Parque Naciones Unidas) y la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (conformada por los municipios de Amatitlán, San Miguel Petapa, Villa Canales, Villa Nueva y Santa Catarina Pinula y Mixco).

En 2017 AMSA tenía a cargo siete plantas de tratamiento, de las cuales seis estaban en operación. A pesar de estos esfuerzos, no tienen la capacidad de dar tratamiento a las aguas residuales que recibe el lago; aproximadamente 360 mil m³/día (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, s.f.). Por este motivo, la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur tiene la intención y está gestionando esfuerzos para el establecimiento de nuevas plantas de tratamiento, a través de un proyecto integral para el tratamiento de aguas grises en las cabeceras municipales o en partes altas de la cuenca (previo a su descarga en el río Villalobos). También se desea ejecutar un proyecto (con inversión público-privada) para remover, principalmente, fosforo y nitrógeno, ya que estos nutrientes son los causantes del proceso de eutrofización -tipo de contaminación- del Lago (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, s.f.)

4.3.4 Acueducto Xayá-Pixcayá

Según datos de la Municipalidad de Guatemala (2017), el acueducto Xayá-Pixcayá fue terminado en 1978, y hasta 2017 se consideraba la obra más grande en materia de abastecimiento de agua en Guatemala, el cual abastece a la planta de tratamiento Lo de Coy ubicada en el km 17.5 Carretera Interamericana Mixco. Como se observa en la Figura 25, el agua captada del río Xayá (cota 2,085 msnm) se deriva en su totalidad, y se conduce mediante un túnel, hacia el río Balanyá (cota 2,020 msnm); aguas abajo del río Pixcayá, en la finca El Tesoro (cota 1,780 msnm), se realiza la derivación total del caudal superficial de este río, hacia la planta de purificación Lo de Coy (Mixco). La línea de captación – conducción, tiene 49 km de longitud, intercalándose canales, sifones invertidos y túneles (DIGEGR, 2016).



Figura 25. Línea de captación y conducción del acueducto Xayá-Pixcayá.

Fuente: EMPAGUA, 2016.

Se consultaron diferentes fuentes de información para conocer el caudal de aporte del acueducto Xayá-Pixcayá, y producción de la planta de tratamiento Lo de Coy. De los datos encontrados se observa una dinámica abrupta de este caudal, desde el inicio hasta la actualidad. Se resumen en el siguiente cuadro 28.

Cuadro 28. Dinámica de caudales que ingresan a la Planta lo de Coy

Año	Caudal (m ³ diarios)
1979	172,800
2001	100,000
2009	43,226
2016	103,689

Fuente: Álvarez et al. (2001), Guzmán (2009), EMPAGUA (2016).

En el inicio del acueducto se presentó un caudal de 172,800 m³ diarios (2m³/s); después de cuatro décadas el caudal ha disminuido en 32,800 m³, es decir, el 19% de su producción inicial. Sin embargo, en un estudio realizado en el 2001 se reportó una producción de aproximada 100,000 m³ diarios según Álvarez, López y Mendoza (2001).

Otra fuente establece que, el Sistema y Planta Lo de Coy en el año 2009 abasteció a EMPAGUA un volumen de 43,226 m³ de agua potable, representando un 68% del total de sus fuentes superficiales y el 34 % del abastecimiento total (superficial y subterránea) para ese año (Guzmán 2009). Según EMPAGUA y sus registros para el año 2016, el caudal que llega a la Planta Lo de Coy, proveniente de los ríos Xayá y Pixcayá, es de 103,689 m³ diarios (1.2 m³/s).

Según datos reportados para 2002 al 2005 el caudal de entrada a la planta de tratamiento Lo de Coy no es potable, en los sedimentadores es tratada pero el agua aún no es potable; en el área de filtros y en el tanque de distribución el agua es tratada y desinfectada, por lo tanto, el caudal de salida de la planta es potable (Tabarini, 2007).

Referente a la microbiología del caudal de ingreso a la planta que proviene de los ríos de las subcuencas Xayá y Pixcayá, según estudios realizados, se pudo mostrar que el agua no es apta para consumo humano, por presentar recuentos bacterianos con niveles muy altos de Coliformes totales y *Escherichia coli* (Álvarez, López, y Mendoza 2001).

4.4 ESTADO DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SU APROVECHAMIENTO

La Ciudad de Guatemala se abastece por medio de fuentes subterráneas y superficiales, siendo las aguas subterráneas el 49.6 % para el año 2016 según EMPAGUA (2016). De las fuentes subterráneas, se tienen registros de las que son administradas por EMPAGUA (puesto que esta información es pública), en otros casos la información está en propiedad de las respectivas municipalidades o particulares (aunque en ninguno de estos casos, esta información ha sido proporcionada).

De acuerdo con información recopilada del Foro de Agua llevado a cabo en octubre 2016, en colaboración con EMPAGUA, la información histórica del abastecimiento de dicha institución describe que la producción anual de agua potable de agua subterránea para la red abastecida ha sido del orden de 64 millones de m³ promedio en la década del 2001 al 2010, y con un comportamiento semi-estable en los años 2011 al 2014 en alrededor de 54 millones de m³ promedio para los años 2011 al 2014. Estos datos se muestran en la Figura 26 con información de referencia proporcionada en el foro en mención para el área de la Ciudad de Guatemala.

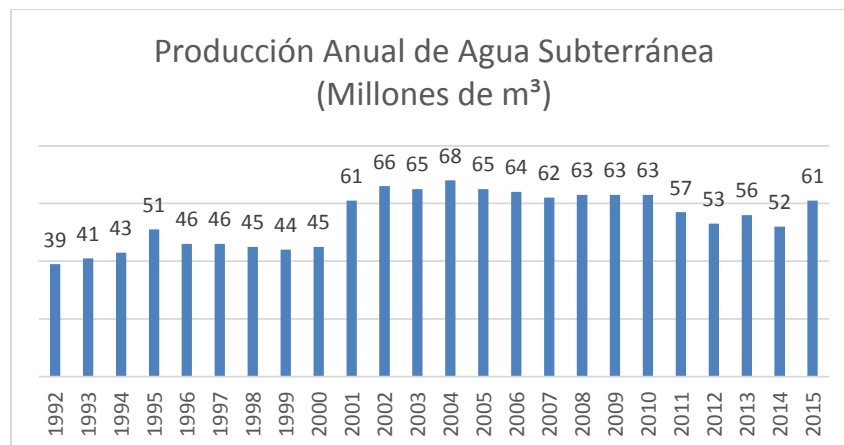


Figura 26. Producción anual de agua subterránea de la Ciudad de Guatemala atendido por EMPAGUA.

Fuente: EMPAGUA, 2016.

Estudios antiguos como INSIVUMEH (1978), JICA (1986), SOGREAH (1989) y REAGUA (1990) son aportes valiosos a la descripción hidrogeológica del Valle de Guatemala, tomando en cuenta las divisorias de aguas superficiales, subcuencas río Las Vacas al norte, con 180 km², Villalobos y Lago Amatitlán al sur, con 325 km², y la subcuenca del río Los Ocotes al noreste, con 80 km², para un total de aproximadamente 585 km² de área, en lo que respecta al Valle de Guatemala y 1,242 km² tomando en cuenta las 16 microcuencas consideradas (22,660 ha) y los 12 municipios, según lo indicado en la caracterización de la región metropolitana de Guatemala de este documento.

En las siguientes sub-secciones se describe el régimen hídrico subterráneo actual en la RMG tomando en cuenta a todas las municipalidades involucradas. Se describe la geología regional del área de interés, detallando el tipo de roca y suelo presente en la zona, así como la situación hidrogeológica en términos de los acuíferos superior e inferior presentes, lo cual representa la distribución de corrientes subterráneas. Adicionalmente, se presentan referencias del régimen de recarga hídrica y aspectos de explotación en los acuíferos de la región metropolitana, acompañado de diferentes casos de estudio realizados en áreas específicas dentro de la RMG.

4.4.1 Geología regional

En Guatemala se encuentran dos terrenos geológicos distintos, al norte las rocas metamórficas y sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico, y al sur, principalmente rocas ígneas recientes del Terciario y Cuaternario. Esta geología está en correspondencia a dos placas tectónicas, la de Norteamérica y la del Caribe, separadas por sistemas de fallas de Motagua, Chixoy-Polochic y Jocotán (Martens et al, 2007).

En el departamento de Guatemala específicamente se han identificado las rocas más antiguas (metamórficas) que incluyen: esquistos, filitas y gneis; estas forman el basamento abarcando edades desde el Paleozoico hasta Mesozoico, los principales afloramientos están en el valle del río Motagua (Herrera, I. I., 2012).

Al norte de Guatemala se observan rocas del Mesozoico y Cenozoico, de tipo sedimentarias detríticas: areniscas y limolitas depositadas sobre una plataforma marina somera del Cretácico, así

como depósitos calcáreos en amplios espesores. Al sur de la ciudad se localiza centros eruptivos volcánicos de edad Terciaria y Cuaternaria.

Tomado como referencia el documento de Herrera (2012), en general, la estratigrafía del departamento de Guatemala comprende en orden ascendente de más antigua a más reciente:

- Rocas metamórficas (Paleozoico superior a Terciario inferior)

Las rocas metamórficas se presentan al norte del departamento de Guatemala y pertenecen al Grupo Chuacús, Formación San Diego y Formación El Tambor. La litología está compuesta de filitas, esquistos, gneises, migmatitas, mármol y anfibolitas. Hacia la parte norte de la Falla Motagua afloran serpentinitas.

- Rocas intrusivas (Mesozoico y Terciario)

Las rocas intrusivas afloran al norte, en San Raimundo, San Antonio Las Flores y San Pedro Ayampuc, siendo principalmente granitos y dioritas.

- Carbonatos (Cretácico)

Los carbonatos se presentan al norte de la Ciudad de Guatemala hacia la Carretera del Atlántico (Zonas 6 y 18) y están compuestas por una secuencia de espesor variable de calizas y dolomías cretácicas.

- Rocas clásticas (Cretácico superior)

Las rocas clásticas afloran al norte de la Falla del Motagua y están representadas por conglomerados, areniscas y lutitas.

- Rocas volcánicas antiguas (Terciario superior)

Las rocas volcánicas antiguas afloran principalmente hacia los costados de la Ciudad de Guatemala, al este en San José Pinula y Santa Catarina Pinula, y al oeste en Mixco y Villa Nueva, es decir, constituyen las estructuras de "Horst" del valle de Guatemala. Estas rocas son principalmente andesitas, basaltos, riolitas y dacitas.

- Rocas volcánicas recientes (Cuaternario)

Las rocas volcánicas recientes son principalmente flujos de basaltos con algunas cúpulas de andesitas y dacitas, que se presentan al sur del área, producto del Volcán de Pacaya, que originó, además, flujos piroclástico constituidos por tobas y depósitos de pómez que rellenaron parte del graben de la ciudad

- Depósitos aluviales (Cuaternario)

Material que ha sido erosionado, acarreado y vuelto a depositar mecánicamente por una corriente de agua, formando lechos, capas o estratos sedimentarios. Principales capas que los forman son gravas, arenas, limos y arcillas.

Dentro del marco geológico regional (figura 27), las formaciones que se encuentran presentes en las diferentes microcuencas de la zona metropolitana y están constituidas por rocas volcánicas (extrusivas e intrusivas) y rocas sedimentarias, (IARNA, 2012), se describen brevemente a continuación:

KSD: roca sedimentaria (Cretácico). Caliza gris. Lutitas calcáreas. Conglomerados. Caliza café grisáceo. Lutitas inter estratificadas. Brechas.

Tv: rocas ígneas (Terciario). Rocas volcánicas. Tobas, Coladas de Lava. Material lahático. Sedimentos volcánicos.

I: rocas ígneas (Cuaternario). Rocas intrusivas. Principalmente granito. Diorita. Granodiorita.

Qp: rocas ígneas (Cuaternario). Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez.

Depósitos Piro clásticos.

Qv: rocas ígneas (Cuaternario). Rocas volcánicas. Coladas de lava. Material lahático. Tobas. Edificios volcánicos.

Qa: rocas sedimentarias (aluviones cuaternarios). Aluvión Cuaternario.

Este tipo de descripción geológica permite reconocer el tipo de roca predominante del área, reconociendo Qp, Rellenos de ceniza pómez y I, rocas intrusivas (Granito y Diorita).

4.4.2 Hidrogeología

La RMG en general se divide en dos formaciones principales que contienen los acuíferos predominantes, el Valle Norte conformado por su basamento en rocas carbonatadas y el Valle Sur constituido por rocas volcánicas o flujos de lava.

Muñoz (1998) y Herrera (2002) exponen que los factores más importantes que definen las zonas de recarga hídrica son, los geológicos, geomorfológicos, hidro-meteorológicos y la cobertura vegetal, por ser factores directamente relacionados al transporte de agua desde la superficie a los mantos freáticos.

Tomando esto en cuenta, y analizando la condición climatológica en Guatemala, las lluvias están regidas por la Zona de Convergencia Intertropical, respetando el régimen lluvioso alto (mayor de 1000 mm anual), durante los meses de mayo a octubre y régimen no lluvioso meses de noviembre a abril. Adicionalmente aunque la RMG cuenta con un aporte de precipitación abundante para recarga hídrica ideal, en términos generales los acuíferos no se recargan localmente, sino en zonas externas, y las pocas zonas de captación de agua, no reúnen condiciones para la infiltración; la mayor parte de la RMG cuenta con un uso de suelo predominantemente urbano (poco permeable a impermeable), donde la cobertura forestal es limitada y las zonas de recarga disponibles son cada vez más escasas; por ende no existe recarga local para los acuíferos.

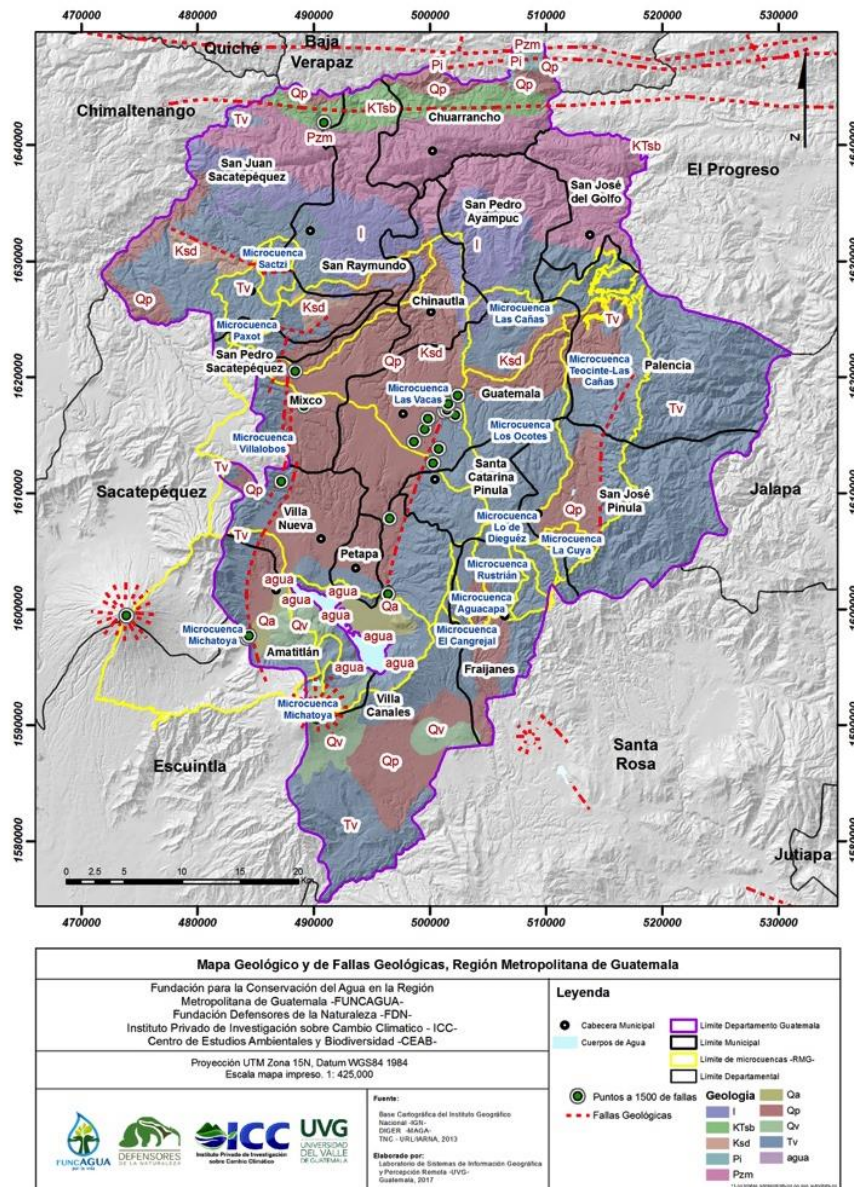


Figura 27. Mapa geológico superficial y fallas de la región metropolitana.

Fuente Elaboración propia basada en datos de IARNA (2012).

Según la clasificación de sus estratos y período de evolución, los acuíferos de la región Metropolitana de Guatemala se dividen en tres grupos en términos del tipo de formación geológica que los constituye:

- Acuífero constituido por relleno volcánico cuaternario (Sur): aluviones fluviales cuaternarios (gravas, arenas, limos y arcillas) cuyo material ha sido erosionado, acarreado y vuelto a depositar mecánicamente por una corriente de agua, formando lechos, capas o estratos sedimentarios. Depósitos volcánicos cuaternarios, formados por una gran

acumulación de fragmentos de rocas resultantes depositadas por distintas erupciones, de ceniza y diversos flujos de lava (relleno piro clástico). Sedimentos fluido-lacustres cuaternarios, se encuentran distribuidos dentro de los flujos de lava y los depósitos de caída de ceniza, se ubican al Sur de la divisoria continental de aguas, cerca de Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva y Amatitlán.

- Acuífero constituido por andesita fracturada, sedimentos fluviales y lavas volcánicas del terciario (valle de la ciudad capital): Lavas volcánicas del terciario son lavas coladas de variada composición mineralógica generalmente fracturadas (andesitas, riolitas y basaltos).
- Acuífero constituido por calizas del cretácico, las cuales tienen diferentes niveles de aguas subterráneas (Norte): calizas del cretácico se encuentran localizadas en la región Norte de la cuenca del río Las Vacas (metamórficas). Los afloramientos existentes muestran una intensa fracturación y en algunos casos presentan indicios de karstificación (Chuo, 1995).

Las aguas subterráneas constituyen parte del ciclo hidrológico y son aguas que fluyen a través de estratos geológicos capaces de contenerlas y de permitir su movimiento, el espesor de la zona de saturación varía de acuerdo con diferentes factores como la geología local, la presencia de poros o vacíos en las formaciones, así como la tasa de recarga y el movimiento o desplazamiento del agua desde las áreas de recarga hasta las de descarga.

Debido a que el agua de lluvia llega a formar parte del agua subterránea por infiltración y percolación de corrientes y lagos, la percolación directa es el proceso más significativo en la recarga del agua subterránea cuando se trata de suelos altamente permeables o donde la capa freática está cerca de la superficie del terreno.

La hidrogeología en la RMG al noreste cuenta con un terreno de gran relieve, fuertemente delimitado por los afluentes del río Motagua, cuyo curso se caracteriza por presencia de las fallas Motagua y San Agustín. Este sistema de fallas respetando un rumbo O-E desde Chichicastenango hasta el Progreso, para luego continuar con rumbo N-E hacia el mar Caribe (Figura 28).

La morfología del terreno entre este sistema de fallas del Motagua y la cadena volcánica, ha sido influenciada por un sistema de fallas de bloque; cuyo rumbo Norte-Noreste hasta Norte-Noroeste forma una serie de bloques levantados y bloques hundidos, de los cuales el valle de Guatemala es un ejemplo.

Esta depresión topográfica forma un valle de fondo plano. La divisoria continental de aguas pasa en dirección Noroeste a través de la ciudad capital; desde la colonia Florida en el Noroeste (elevación 1,620 metros sobre el nivel del mar) a Vista Hermosa en el Sureste (elevación mínima 1,510 metros sobre el nivel del mar) (Ramírez, 2003).

Al sur de la divisoria la planicie desciende gradualmente hasta los 1,280 metros sobre el nivel del mar; al norte del lago de Amatitlán (pendiente de casi 2 por ciento). Hacia el norte la planicie desciende hasta los 1,300 metros sobre el nivel del mar, al norte de Chinautla (pendiente de casi 2.5 por ciento) (Ramírez, 2003).

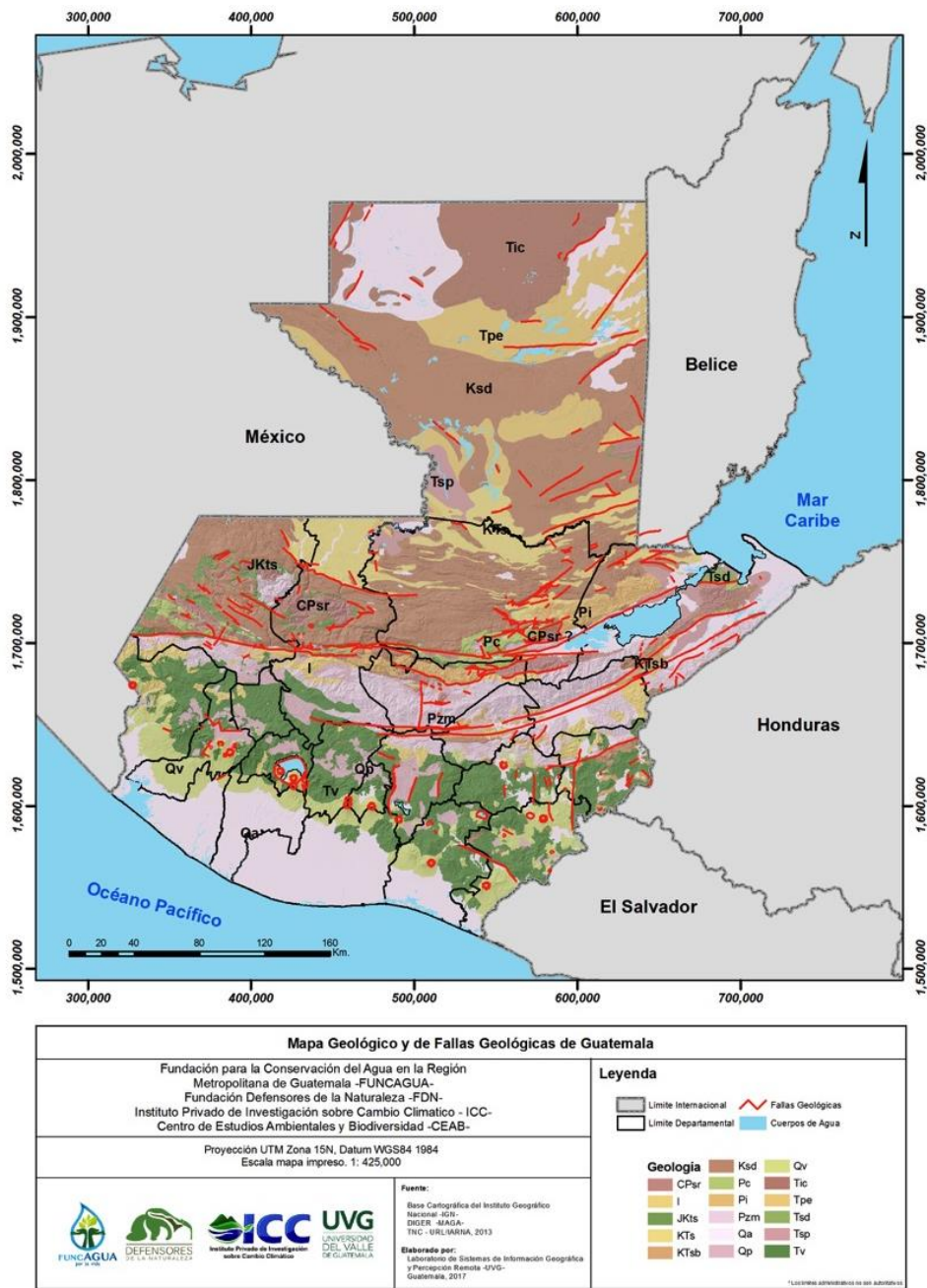


Figura 28. Mapa de ubicación de fallas principales de la República de Guatemala.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de INSIVUMEH (1978).

4.4.3 Acuíferos en la región metropolitana

El agua subterránea en la ciudad capital se encuentra en escurrimiento y almacenada en los materiales que constituyen el relleno de una depresión tectónica o graben, conocida como valle de Guatemala. Los materiales que conforman el relleno son preponderantemente de origen volcánico, con excepción de algunos depósitos aluviales.

En base al uso del agua subterránea presente en la zona, se distinguen principalmente dos acuíferos en la RMG, el superior y el inferior; los cuales por sus características geológicas tienen buena conexión hidráulica entre sí.

De acuerdo con el estudio realizado por INSIVUMEH, IGN, ONU (1978) y IARNA (2012), las formaciones geológicas, constituidas por un relleno volcánico, se encuentran sobre formaciones de lavas volcánicas y rocas sedimentarias que forman el basamento de la zona metropolitana. Estas formaciones pueden tener una permeabilidad primaria o una permeabilidad secundaria (fracturas, fisuras o karstificación).

4.4.3.1 Acuífero superior

Constituido por potentes depósitos cuaternarios de piroclastos pomáceos compactos hasta sueltos, mal clasificados y mal estratificados, en los cuales existen localmente intercalaciones de sedimentos fluvio-lacustres, paleosuelos y lavas. Se han incluido dentro del acuífero superior los sedimentos aluviales depositados en la parte media e inferior de los valles de los ríos Villalobos, Pinula y Las Minas.

El agua subterránea contenida en el acuífero superior se encuentra en su mayor parte bajo condiciones libres o freáticas. En los piroclastos pomáceos el confinamiento está provocado por la intercalación de sedimentos lacustres finos y horizontales con abundante ceniza pumítica y polvo volcánico algo descompuesto (INSIVUMEH, IGN, ONU, 1978).

Los piroclastos pomáceos forman potentes acumulaciones de cenizas finas a gruesas con lapilli, bombas, pómez y fragmentos líticos de lava andesítica o dacítica. Los piroclastos pomáceos más compactos se encuentran hacia la parte norte del área, mientras que los piroclastos cuaternarios se encuentran hacia el sur.

En total los piroclastos ocupan en el área extensa de la región Metropolitana, con espesores en la parte central del área del valle, donde generalmente sobrepasa los 200 metros, con tendencia a disminuir en los extremos. La granulometría de los piroclastos disminuye de sur a norte, estos están saturados en un promedio de 38 metros (Coló, 2014).

Los piroclastos tienen permeabilidad primaria, la cual en su mayoría es baja debido a la presencia de abundante material fino y a su composición misma. Los sedimentos tienen buena permeabilidad, pero debido a su reducido espesor no ejercen mayor influencia sobre el valor total de la permeabilidad del acuífero superior. Los sedimentos lacustres, también en intercalación con los piroclastos, actúan debido a su carácter arcillo limoso, a manera de acuicludos.

Por encima del depósito piroclástico se encuentran los sedimentos aluviales, que están compuestos de cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas, teniendo de buenas a regulares características de permeabilidad. De acuerdo con el estudio realizado por INSIVUMEH, IGN, ONU

en el año 1978, el acuífero superior tiene una transmisividad de los depósitos piroclásticos que varía entre 50 m³/día/m y 750 m³/día/m.

Los piroclastos no consolidados tienen mayores valores de transmisividad que los consolidados, en general disminuye desde sur hacia norte, debido a la disminución de su granulometría en el mismo sentido. Los sedimentos aluviales del delta de río Villalobos tienen transmisividad de 2500 m³/día/m y esto aplica a depósitos sedimentarios de ríos Villalobos, Pinula y Las Minas.

Para poder entender el marco general de la situación de aguas subterráneas de la región metropolitana de Guatemala para el acuífero superior, es necesario conocer las características de las rocas que lo conforman y que influyen en el movimiento del agua subterránea. La transmisividad es una propiedad básica que permite determinar el potencial de transporte de agua del acuífero y el grado de almacenamiento de agua que éste posee. En general de acuerdo con el tipo de roca presente en los acuíferos de la RMG se pueden distinguir rangos de valores típicos de las propiedades en mención, las cuales se resumen en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Transmisividad en el acuífero superior de la Región Metropolitana de Guatemala.

CARACTERÍSTICA	Piroclastos	Sedimentos aluviales	Rocas volcánicas fracturadas
Transmisividad (m ² /día)	50 - 750	150 - 2,000	500 - 5,000

Fuente: Elaboración propia con datos de INSIVUMEH, IGN, ONU, 1978.

Como se puede observar con los valores de transmisividad del acuífero presente en la RMG estos se tratan de acuíferos bajo la condición libre y semiconfinada, característica que permite que la recarga de los mismos lo alimente a través de la capa permeable inmediata superior por medio de la filtración del agua.

La transmisividad es la propiedad que tienen los suelos o las rocas para circular el agua subterránea horizontalmente, de esta propiedad se valen los pozos mecánicos de extracción de agua para obtener buenos o malos caudales de explotación del recurso. Entre más espesor tenga el acuífero explotado, mayor será el grado de transmisividad presente en el mismo.

En general en la RMG debido a que se trata de varios tipos de formación geológica presente, los valores de transmisividad también son variables, sin embargo, en algunas zonas más altas que otros lo cual favorece las condiciones de explotación de los acuíferos en términos de caudales elevados de explotación. Valores entre 250 y 500 m²/d indican en general que este tipo de acuífero puede producir un caudal entre 40 y 80 galones por minuto (GPM), por ejemplo.

4.4.3.2 Acuífero inferior

Los sedimentos aluviales y los depósitos piroclásticos que conforman el acuífero superior, descansan en gran parte del área primordialmente sobre lavas andesíticas y tobas vítricas soldadas terciarias, y en pocos lugares sobre calizas y granitos cretácicos. Las lavas principalmente y las tobas vítricas soldadas en menor grado, forman el acuífero inferior, el que, por sus características de permeabilidad secundaria, extensión y espesor por fracturación y figuración, constituye el principal acuífero del área.

Los afloramientos de lava ocupan un área de aproximadamente 84 km², siendo esporádicos en los extremos este y oeste del valle de Guatemala y continuos en la margen norte y sur del lago de Amatitlán. El espesor total de las lavas y tobas terciarias no es conocido, pero con información obtenida de algunas perforaciones, al parecer es mayor de 220 metros, estando saturadas aproximadamente en los primeros 200 metros.

El acuífero inferior se encuentra también bajo condiciones libres y de semiconfinamiento, lo cual se debe principalmente a que sobre este acuífero yacen los piroclastos pomáceos compactos y en menor grado sedimentos aluviales, los cuales tienen una permeabilidad más baja que las lavas fracturadas del acuífero (INSIVUMEH et al., 1978).

La permeabilidad de las lavas y tobas es secundaria y alcanza valores altos, especialmente en la parte sur del área de estudio, debido a que están intensa y profundamente fracturadas. Estas fracturas están abiertas y tienen buena comunicación entre sí. Las lavas andesíticas se encuentran hacia el sur del área y están más fracturadas que las lavas andesíticas-dacítica y andesíticas-basálticas del centro y norte, por lo que la permeabilidad de aquellas es mayor que la de estas últimas. Las tobas soldadas vítricas también tienen una buena fracturación, esto permite una buena circulación de agua a través de ellas.

En la zona norte, los acuíferos de mejores características son los que se encuentran en las calizas, hay dos tipos diferentes de calizas, las cuales se mencionan a continuación:

- Calizas de color gris o negro, con capas de esquistos y presencia de sílice, las capas tienen poco espesor y calizas de color claro, con fósiles, características de depósitos en zona de barrera de corales, estas calizas presentan karst.
- En la zona norte, los valores de transmisividad son variables y dependen del grado de karstificación o de fracturación. También en esta zona se puede observar afloramientos de calizas, testimonio de un antiguo relieve, separados por valles donde se ha depositado material volcánico.

Puede deducirse que la transmisividad del acuífero inferior varía entre 500 y 5000 m³/día/m. Los valores altos se han encontrado en las lavas andesíticas del sector de Ojo de Agua, Lago de Amatitlán, Petapa, Villa Nueva y Ciudad Real.

Las lavas andesíticas- dacíticas y andesíticas – basálticas del centro y norte del área tienen una transmisividad que varía entre 500 y 800 m³/día/m debido a que están menos fracturadas que las andesitas del sur (INSIVUMEH et al., 1978).

Dentro del marco general que describe el acuífero inferior y conociendo las características de las diferentes rocas que lo conforman, valores de transmisividad se pueden distinguir en rangos de valores típicos propios de las mismas, las cuales se resumen en el Cuadro 30.

Esos valores de transmisividad y dado que ésta es la propiedad que tienen los suelos o las rocas para circular el agua subterránea horizontalmente, existen valores muy altos como los acuíferos formados por rocas en las que puede encontrarse tasas de transmisividad de hasta 5000 m²/día, áreas en las cuales se pueden obtener caudales de hasta 900 galones por minuto (GPM).

Cuadro 30. Transmisividad en acuífero inferior presentes en el área Metropolitana de Guatemala.

CARACTERÍSTICA	Piroclastos	Sedimentos Aluviales	Rocas Volcánicas Fracturadas	Calizas
Transmisividad (m ² /día)	50 - 750	150 - 2,000	500 - 5,000	500 a 1,000 Poco fracturadas 10 – 80 Moderadamente fracturadas 250 – 500 Muy fracturadas 1,000 – 3,000

Fuente: Elaboración propia con datos de INSIVUMEH et al. (1978).

4.4.3.3 Dirección de flujo subterráneo de la región metropolitana de Guatemala

La extensión de la cuenca hidrogeológica que alimenta la región Guatemala tiene un área que rebasa los límites de la cuenca hidrológica superficial donde principalmente se deben distinguir dos cuencas, al Norte, Las Vacas afluente del río Motagua, y al Sur, Villalobos – Michatoya afluente del río María Linda, de las cuales se derivan a las 16 microcuencas tomadas en cuenta en la regionalización del área metropolitana.

De acuerdo con lo señalado en el estudio realizado por INSIVUMEH, IGN, ONU, en 1978, se puede observar en la figura 29 el movimiento general del flujo subterráneo de agua presente en la Región Metropolitana de Guatemala.

El sentido de escurrimiento del agua subterránea en la cuenca sur es desde los extremos oriental y occidental de la cuenca y desde la divisoria continental hacia el Lago de Amatitlán. Parte de las aguas subterráneas que se generan en la falda oriental del Volcán de Agua y en la falda occidental del Volcán Pacaya así como la descarga subterránea del Lago de Amatitlán fluyen en dirección del valle del Río Michatoya.

El sentido de escurrimiento del agua subterránea en la cuenca norte es desde la divisoria continental de aguas y de los extremos este y oeste de la cuenca en dirección del río Las Vacas.

E son las entradas al sistema:

Precipitación, importaciones de agua, recarga lateral (aguas subterráneas provenientes de otras cuencas).

S son las salidas del sistema:

Evaporación, transpiración, escorrentía, infiltración, descarga (aguas subterráneas hacia otras cuencas), exportación de agua.



Figura 30. Balance Hídrico Flujo.

Fuente: IARNA, 2013.

Con base en datos de referencia se ha creado un modelo de balance hídrico de zona metropolitana, el cual relaciona datos climáticos de la base de datos WorldClim (Hijmans et al., 2005) e INSIVUMEH, uso de la tierra de acuerdo a datos obtenidos de MAGA, al año 2003, y características del agua subterránea, tales como capacidad de campo y conductividad hidráulica; correlacionando la información recopilada con datos de estudios específicos del área de interés (INSIVUMEH et al., 1978), para la mayor parte de la región y Manzo (2008) para el área de Influencia de la Microcuenca del Río Pinula, el diagrama de las regiones tomadas en cuenta dentro del modelo se muestra en la figura 31.

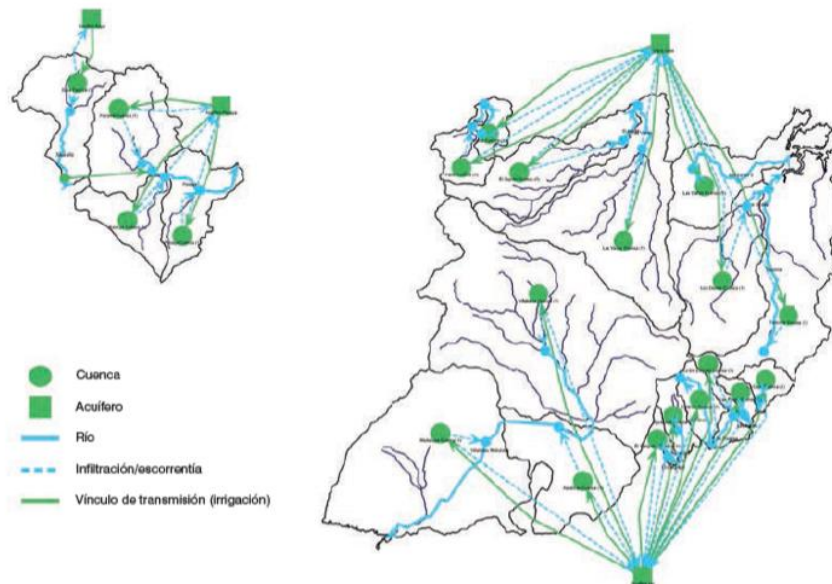


Figura 31. Sistema de oferta hidrológica en WEAP.

Fuente: IARNA, 2013.

4.4.4.1 Recarga hídrica

De acuerdo con varios escenarios del modelo de balance hídrico realizado en el estudio IARNA, 2013, se determinó que el estado actual de oferta total de agua en la zona metropolitana es de 1,611 millones de m^3 y para un escenario tendencial al 2020, de 1,481 millones de m^3 , de acuerdo con la discretización de áreas tomadas en cuenta para el modelo. En este análisis se toma en cuenta la influencia de las Subcuencas Xayá y Pixcayá.

En detalle se muestra el cuadro 31 con resultados específicos de los componentes del Balance hidrológico obtenido, donde para la situación de agua subterránea, interesa concentrarse en el factor de recarga.

Cuadro 31. Balance hidrológico de la zona metropolitana, incluyendo las subcuencas Xayá y Pixcayá.

TIPO DE FLUJO	FLUJOS	Millones de m ³	Peso Relativo (%)
Flujos de Entrada	Precipitación	1,909	86
	Irrigación	34	2
	Agua almacenada en el suelo el año anterior	268	12
	Total de entradas	2,211	100
Flujos de salida	Evapotranspiración	929	42
	Escorrentía superficial	754	34
	Recarga	221	10
	Escorrentía subsuperficial	39	2
	Almacenamiento de agua en el suelo	268	12
	Total de salidas	2,211	100

Fuente: IARNA, 2013

Del balance total, el 10% corresponde a la recarga, es decir percolación a los acuíferos, con 221 millones de metros cúbicos por año.

4.4.4.2 Explotación del agua subterránea

Para el año 1978, de acuerdo con INSIVUMEH *et al* ya había conciencia respecto al uso del recurso hídrico y su aprovechamiento, señalando ya la sobreexplotación de acuífero y la cantidad alarmante de perforaciones para su aprovechamiento. Para ese año, el consumo de agua registrado para la Ciudad de Guatemala era alrededor de 80 millones de m³, para fines de abastecimiento de agua potable domiciliar, uso industrial y riego agrícola. El número de pozos era de 357 (mecánicos) y 2220 artesanales, los cuales actualmente se encuentran en su mayoría secos debido a los descensos de nivel freático y a que la explotación del recurso subterráneo se ha concentrado en explotación del acuífero inferior (más profundo).

En 1982, cuando fue concluido el Plan Maestro de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Guatemala (PLAMABAG), se estimó que el acuífero subterráneo localizado en el valle de la Ciudad de Guatemala poseía una recarga de unos 100 a 120 millones de metros cúbicos por año y se definió que una explotación de un metro cúbico por segundo, durante un período de diez a 15 años sería recomendable desde el punto de vista hidrológico y técnico (Coló, 2014).

Según aproximaciones que hicieron el INSIVUMEH *et al.* (1978), el balance hídrico resultante para las subcuencas norte y sur del área de la ciudad era negativo en aquella época. Se menciona el descenso de los niveles de agua de los distintos pozos existentes como parte de los resultados de dicha investigación.

Dentro del Proyecto de Rehabilitación del Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Guatemala (REAGUA) se elaboró un mapa de diferencias de niveles entre los años 1968 y 1988 que mostró diferencias de niveles de hasta 30 metros en algunos puntos. En promedio, el descenso de niveles era de 0.9 metros por año.

Juntamente con el crecimiento de la población en la ciudad capital, aumenta la demanda de agua, la cual tiene un mayor costo en su aprovechamiento debido a la búsqueda de acuíferos más

profundos. Además, el crecimiento de la ciudad con una marcada tendencia a impermeabilizar las superficies con techos, calles, patios y asfalto impide que la lluvia se infiltre para recargar los mantos acuíferos en el área de la ciudad.

En la actualidad, las empresas encargadas de dar servicio de agua tales como EMPAGUA manejan un conjunto de alrededor de 94 pozos localizados en el área urbana de la ciudad, los cuales incluyen los 34 pozos que conforman el sistema emergencia I en el área noreste de la región, (Microcuencas Las Cañas, Teocinte y Los Ocotes) 12 pozos en el área de Ojo de Agua y Diamante (Microcuenca Villalobos y Amatitlán). Por su parte la Municipalidad de Mixco cuenta con alrededor de 90 pozos (Microcuencas Las Vacas y Villalobos predominantemente).

Sin embargo, según IARNA (2012), existen más de 500 pozos en algunas microcuencas, como es el caso de las microcuencas de los ríos Las Vacas y Villalobos. Para las microcuencas de los ríos Michatoya, Los Ocotes y El Zapote, se estima que hay entre 100 y 500 pozos (en cada una). Por su parte, la microcuenca Amatitlán y las microcuencas de los ríos Teocinte y Cañas tendrían entre 50 y 100 pozos cada una. Por último, las microcuencas de los ríos Aguacapa, El Cangrejal, Las Flores, Lo de Diéguez, Rustrián, La Cuya, Paxot y Sactzi se estima que tienen todas, menos de 50 pozos. Toda esta información sobre el número de pozos registrados por microcuenca se ilustra en la figura 32.

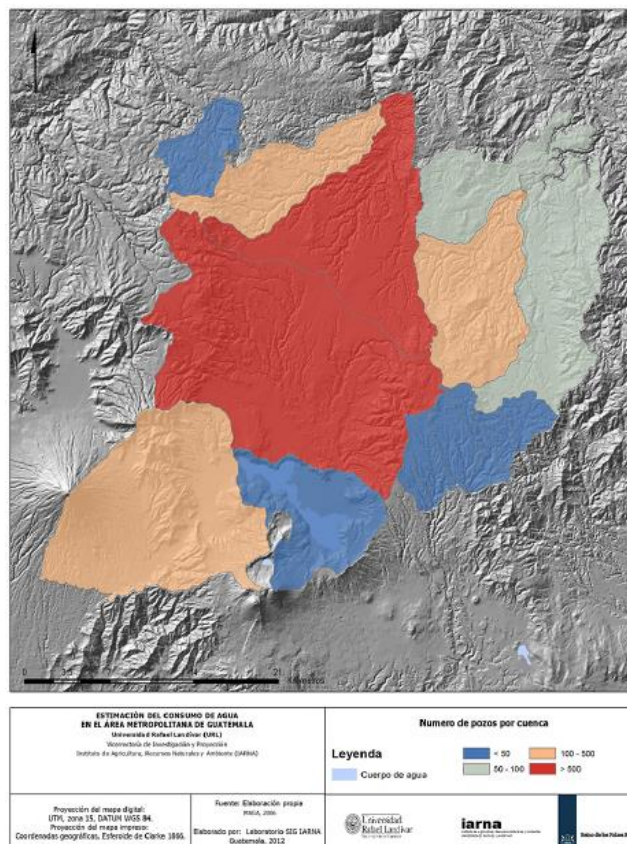


Figura 32. Número de pozos registrados por microcuenca de la región metropolitana.

Fuente: IARNA-URL & TNC, 2012b.

El consumo de agua en la zona metropolitana puede dividirse en: industrial (incluye servicios), doméstico, municipal o agrícola. De acuerdo con la distribución del consumo para las principales cuencas de la zona metropolitana de Guatemala, el agua para consumo humano predomina en las cuencas del municipio de Guatemala, y el uso industrial es más notorio en las cuencas periféricas al mismo. El uso agrícola del agua continúa es predominante en los municipios con mayor población rural.

IARNA-URL y TNC (2012b) muestran que el 61% de las extracciones de agua subterránea son para fines domésticos, el 31% para municipalidades, el 7% para la industria y comercio, y el 2% para el riego (figura 33).

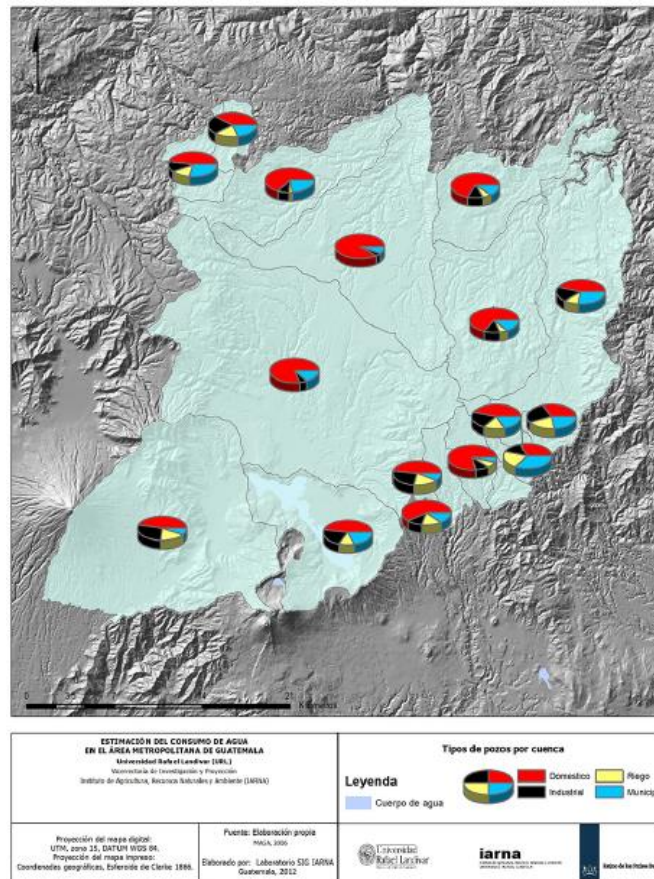


Figura 33. Principales usos del agua subterránea en las microcuencas de la región Metropolitana.

Fuente: IARNA-URL & TNC, 2012b.

Los niveles estáticos de los pozos en la zona metropolitana varían entre 25 hasta más de 600 metros de profundidad, dependiendo del acuífero o acuíferos captados. Como una estimación, se describen los rangos de profundidad de los pozos y los rangos de nivel del agua subterránea por cuenca en el cuadro 32 preparado por IARNA en 2012.

Cuadro 32. Rango de profundidad de pozos y rango de nivel de agua subterránea de la zona metropolitana de Guatemala.

Río	Municipios	Rango de profundidad de los pozos mecánicos (m)	Rango de profundidad del agua subterránea en los pozos (m)
Paxot	San Juan Sacatepéquez San Pedro Sacatepéquez	120 – 180	30 – 60
Sactzi	San Juan Sacatepéquez San Raymundo	270 – 300	120 – 180
El Zapote	San Juan Sacatepéquez San Pedro Sacatepéquez Mixco San Raymundo Chinautla	150 – 600	30 – 270
Las Vacas	Mixco Santa Catarina Pinula Guatemala Chinautla	150 – 210	30 – 240
Las Cañas	San Pedro Ayampuc Guatemala	180 – 390	45 – 320
Los Ocotes	Santa Catarina Pinula San José Pinula Guatemala	120 – 390	30 – 150
Villalobos	San Pedro Sacatepéquez Santiago Sacatepéquez San Lucas Sacatepéquez San Bartolomé Milpas Altas Santa Lucía Milpas Altas Magdalena Milpas Altas San José Sacatepéquez Mixco Guatemala Villa Nueva Santa Catarina Pinula Villa Canales Petapa	30 – 600	12 – 210
Michatoya	Santa María de Jesús Antigua Guatemala Magdalena Milpas Altas Villa Nueva Amatitlán Palín San Vicente Pacaya Escuintla	24 – 330	6 – 240

Teocinte	Fraijanes San José Pinula Palencia Guatemala	90 – 450	30 – 105
Amatitlán	Villa Canales Amatitlán Villa Nueva San Vicente Pacaya	90 – 300	75 – 225
El Cangrejal	Fraijanes	150 – 210	30 – 90
Aguacapa	Fraijanes	150 – 210	30 – 75
Rustrián	Santa Catarina Pinula	90 – 210	30 – 90
Lo de Diéguez	Fraijanes	150 – 315	9 – 135
Las Flores	Fraijanes	150 – 330	12 – 165
La Cuya	San José Pinula	120 – 450	12 – 45

Fuente: IARNA, 2013.

La demanda actual total de recurso hídrico proveniente de la explotación de acuíferos (agua subterránea) de la región metropolitana es de alrededor de 502.3 millones de m³ anuales, de acuerdo con el estudio realizado por IARNA (2013) referente a la demanda del recurso en los diferentes sectores de la región metropolitana.

Esta demanda actual divide en las 16 microcuencas de influencia de la región, donde es evidente que las más explotadas en relación con la recarga hídrica que reciben, en orden de mayor a menor explotación son Las Vacas, Villalobos, Las Cañas, El Zapote, Lo de Diéguez, Los Ocotes y Aguacapa (Cuadro 33).

Al analizar independientemente los datos del cuadro 31, la relación explotación de acuíferos (502.3 millones de m³) y recarga disponible (alrededor de 139.8 millones de m³), se puede determinar que el régimen hidrológico en lo que a explotación de acuíferos se refiere se encuentra en déficit por alrededor de 362.5 millones de m³. Esto sin tomar en cuenta el aporte significativo en alimentación de los acuíferos que tienen las microcuencas subterráneas y el intercambio de flujos entre los pocos afluentes superficiales al agua subterránea de la región, lo cual compone la reserva del acuífero general, sin embargo, de igual manera es una cifra de explotación alarmante.

La razón de explotación del agua subterránea en microcuencas como El Zapote, Las Cañas, Las Vacas y Villalobos es muy alta, a tal grado que en comparación con el régimen de la recarga de acuíferos que existe en dichas zonas, sobrepasa el límite de balance entre la relación extracción y recarga (ver figura 34).

Esta es la explicación del por qué el nivel de agua o nivel freático de los pozos mecánicos ubicados en el área registra descenso anual de varios metros según su ubicación. Tal es el caso de las cuencas ubicadas al noreste de la región, Los Ocotes, Teocinte y Las Cañas, donde para el año 2011, se registró descenso del nivel freático promedio de 9 m anuales en los últimos 10 años de monitoreo.

Cuadro 33. Extracción de agua subterránea por cuencas de la zona metropolitana de Guatemala.

Microcuenca	Extracción m ³ /año	Recarga m ³ /año	Relación Extracción/Recarga	Precipitación total m ³ /año
Aguacapa	2,988,613	1,274,803	2.34	25,451,321
Amatitlán	7,787,756	5,503,459	1.41	88,238,442
El Cangrejal	1,459,761	442,217	3.30	8,723,550
El Zapote	35,312,778	3,756,865	9.40	85,599,032
La Cuya	1,039,548	1,343,194	0.77	23,262,400
Las Cañas	19,218,167	1,960,535	9.80	72,652,176
Las Flores	1,374,726	1,103,299	1.25	15,030,652
Las Vacas	175,917,346	4,386,413	40.10	192,871,826
Lo de Diéguez	3,676,331	1,367,052	2.69	24,993,953
Los Ocotes	15,993,937	6,034,307	2.65	143,260,354
Michatoya	26,006,431	67,520,172	0.38	277,540,497
Paxot	4,910,751	4,248,045	1.16	28,731,240
Rustrián	412,418	1,335,548	0.31	32,536,205
Sactzi	936,562	1,120,792	0.84	14,819,924
Teocinte	14,070,872	21,473,184	0.65	185,584,176
Villalobos	191,203,422	16,884,575	11.30	391,997,292
TOTAL	502,309,428	139,754,466	3.59	1,611,293,040

Fuente: IARNA, 2013.

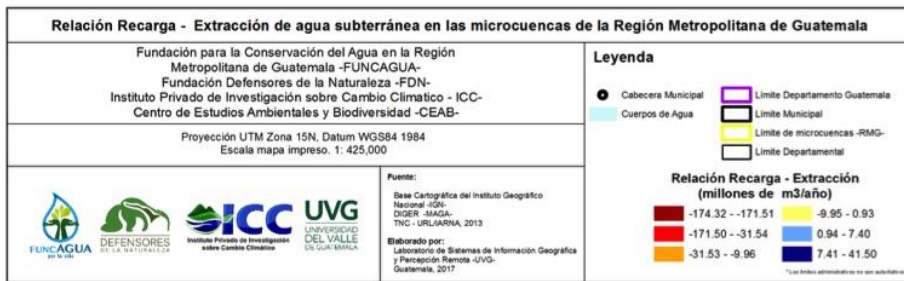
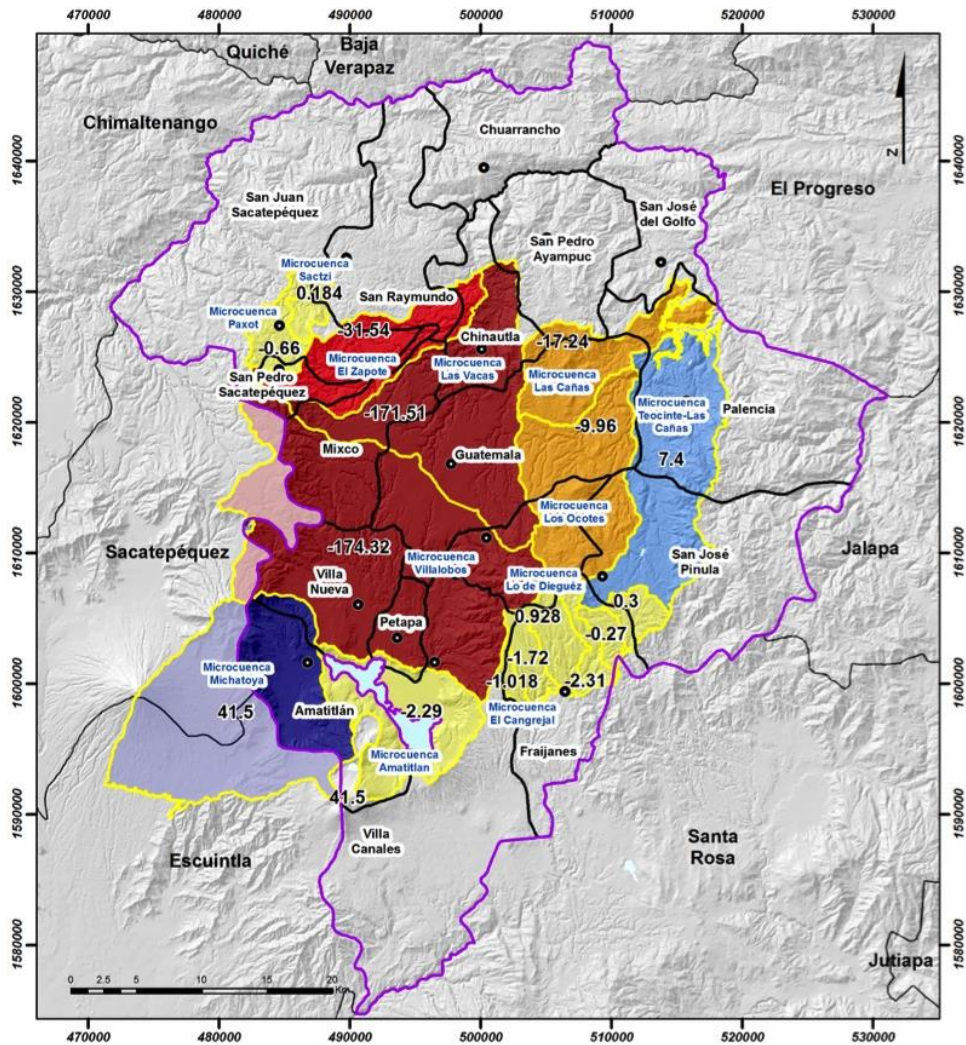


Figura 34. Relación recarga - extracción de agua subterránea en las microcuencas de la región metropolitana.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de IARNA (2013).

4.5 ESTUDIOS REALIZADOS EN MICROCUENCAS ESPECÍFICAS

Con el objeto de conocer el comportamiento del flujo de aguas subterráneas de la RMG a un nivel de detalle más puntual, se presenta a continuación la recopilación bibliográfica de algunos casos específicos de estudios realizados en zonas ubicadas dentro de las microcuencas que forman parte de la región de interés.

4.5.1 Subcuenca río Los Ocotes

Esta subcuenca se describe en la referencia Herrera (2012) y se encuentra localizada en un sistema Horst y graben de San José Pinula, limitado por fallas de rumbo norte-sur y formado por rocas volcánicas terciarias y piroclastos del período Cuaternario, como se puede observar en las figuras 35, 36 y 37. Ocupa un área de 80 km², lo cual abarca a un 14% del área total del valle de Guatemala.

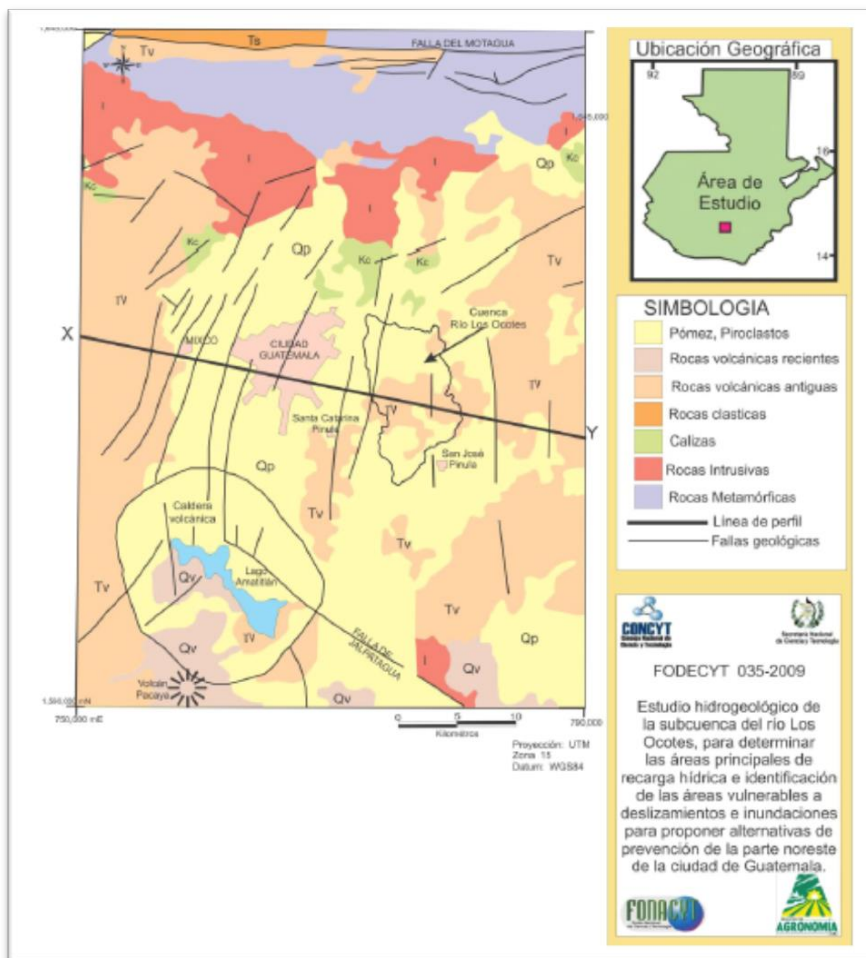


Figura 35. Ubicación de subcuenca Los Ocotes en mapa geológico regional.

Fuente: FODECYT 35-2009.

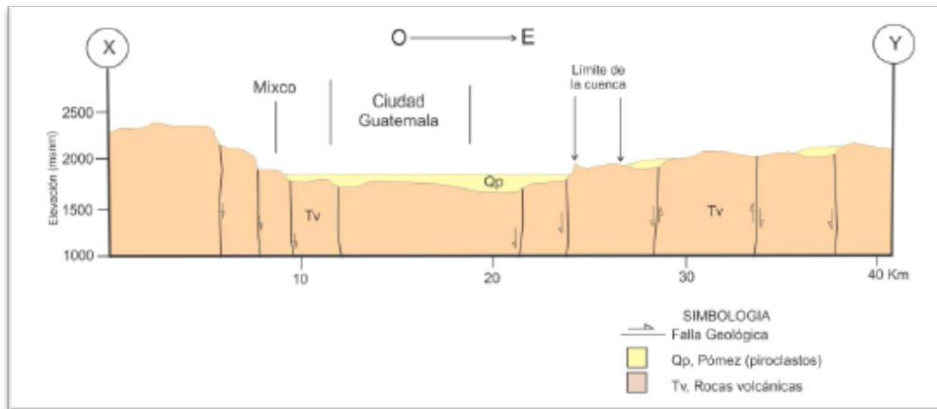


Figura 36. Perfil geológico de la Ciudad de Guatemala.

Fuente: FODECYT 35-2009.

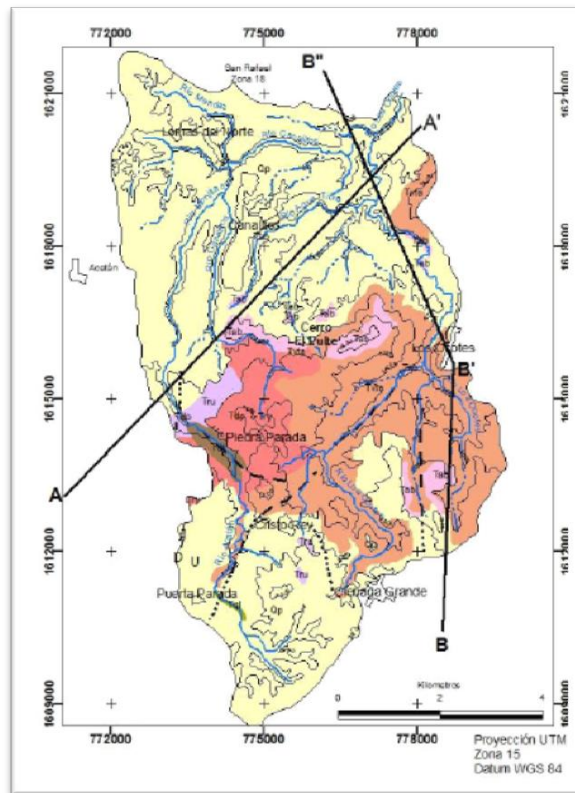


Figura 37. Mapa geológico subcuenca río Los Ocotes.

Fuente: FODECYT 35-2009.

El acuífero según su ubicación respecto a la geomorfología presente en la zona, y de acuerdo con lo mostrado en los perfiles geológicos A-A' y B-B', se encuentra a una profundidad respecto al nivel mar desde 150 m en la región norte de la cuenca, hasta 200 m en la región central de la cuenca y 50 m en la región sur de la cuenca, según lo que puede observarse en los perfiles geológicos mostrados en las figuras 38 y 39.

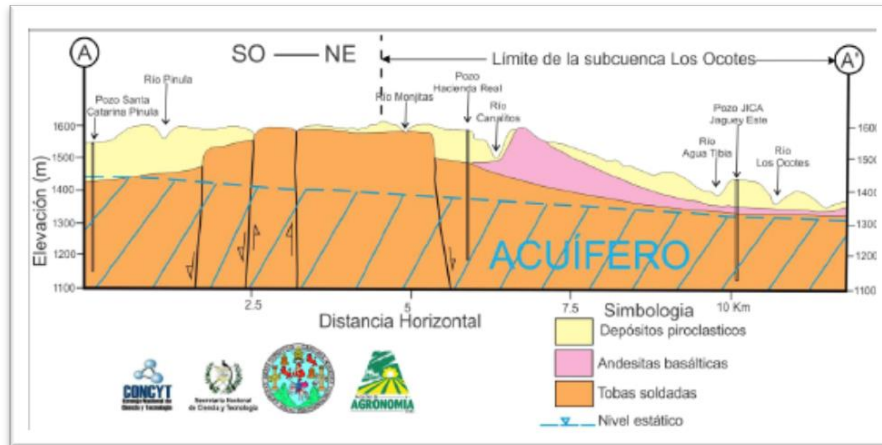


Figura 38. Perfil geológico A-A'.

Fuente: FODECYT 35-2009.

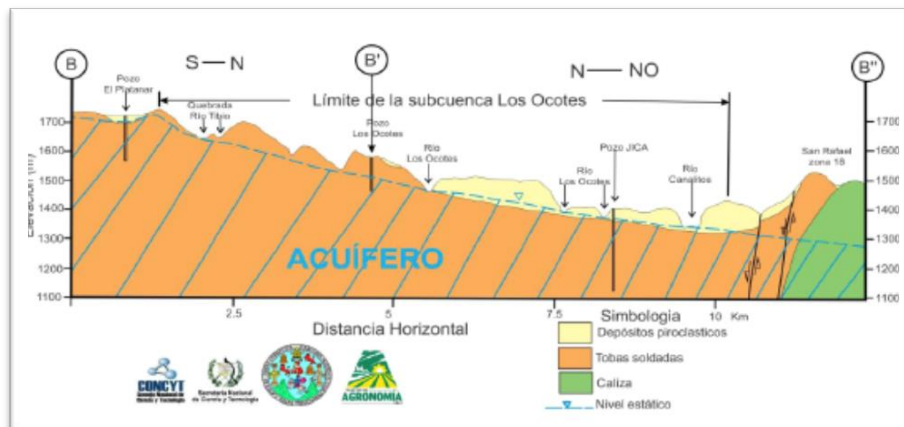


Figura 39. Perfil geológico B-B'.

Fuente: FODECYT 35-2009.

La subcuenca se encuentra conformada por los dos acuíferos predominantes del área metropolitana de Guatemala:

- El acuífero superior constituido principalmente por depósitos cuaternarios de piroclastos pomáceos compactos a sueltos, mal clasificados y mal estratificados, en los cuales existen localmente intercalaciones de sedimentos fluviales, lacustres, paleosuelos y fragmentos de pómez.

Los mayores espesores de este tipo de formación sobrepasan los 100 m. El acuífero se encuentra conectado con las corrientes superficiales y se influencia por cambios estacionales, esto se puede evidenciar en los niveles de agua de los pozos artesanales ubicados en el área.

- El acuífero inferior, constituido por tobas y lavas.

De acuerdo con el estudio realizado se determinó que en los pozos del sector oeste de Kanajuyú (zona 16) y Hacienda Real (puerta de hierro), ubicados dentro de la subcuenca río Los Ocotes, el espesor de lavas es superior a 200m.

En Santa Catarina Pinula se presentan valores de transmisividad de 70 m²/día, coeficiente de almacenamiento de 1x10⁻³ y conductividad hidráulica de 0.24 m/día (Manzo, 2008).

Con los datos de prueba de bombeo (Figura 40) realizado al pozo de poblado Los Ocotes (Finca El Sintul) donde se extrajo un caudal de 100 gpm, y se calculó una transmisividad de 1,190 m²/día, con coeficiente de almacenamiento de 2.6x10⁻², resultado que muestra que se trata de un acuífero semiconfinado.

Asumiendo un espesor de 80 m, 150 m de profundidad total y 70 m de nivel estático registrado en el pozo, se obtiene una conductividad hidráulica (k) de 15 m/día ($k = T/b$) para el acuífero inferior localizado en el área de subcuenca Río Los Ocotes (Herrera, 2012).

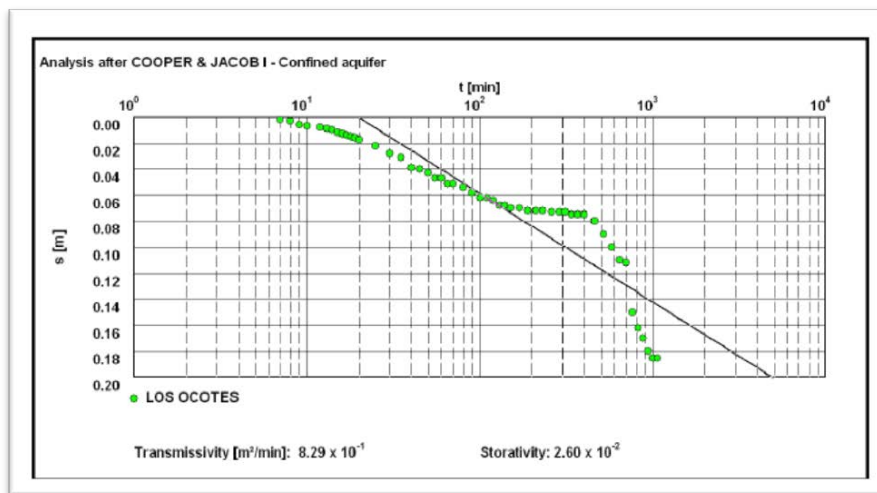


Figura 40. Gráfico de Jacob de prueba de bombeo del pozo Los Ocotes (Finca El Sintul).

Fuente: FODECYT 35-2009.

Los pozos identificados en la zona tienen profundidades de 90 a 430 m, con niveles estáticos de más de 100m en el área de Canalitos y 200 m en Hacienda Real.

La explotación del agua subterránea en la subcuenca por medio de pozos mecánicos oscila entre 5 a 43 l/s por pozo, con un promedio de 20 l/s. Estos pozos trabajan en períodos continuos y algunos trabajan 24 horas por día.

De acuerdo con la investigación realizada, es evidente que la dirección de flujo del acuífero existente en la cuenca del río Ocotes fluye en dirección sur – norte (Figura 41), con cierta tendencia hacia el noreste, debido a la estructura geológica de fallas orientadas con rumbo NE-SO y N-S, descargando gran cantidad de agua subterránea a los ríos Las Vacas, Los Ocotes y Teocinte, con desembocadura hacia Vertiente del Mar Caribe.

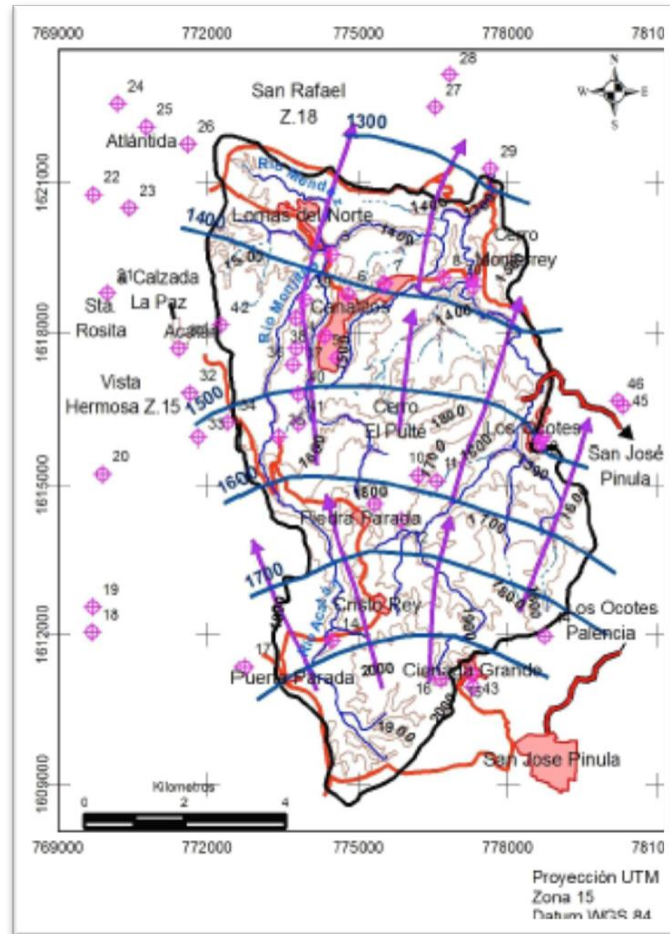


Figura 41. Diagrama de flujo de aguas subterráneas de subcuenca río Los Ocotes.

Fuente: FODECYT 35-2009.

El cálculo de la extracción de agua actual del acuífero en $m^3/año$ para el monitoreo realizado en los años 2009 y 2010 es de aproximadamente 5.14 millones; tomando en cuenta las horas de bombeo y caudal de extracción por pozo de referencia de los que se tiene información, existe gran cantidad de pozos privados a los que no se tiene acceso.

De acuerdo con el monitoreo en nivel de agua (estático) de tres pozos ubicados dentro de la subcuenca, se ha podido determinar que la variación de nivel de agua, bajo una explotación constante de los pozos es de un metro por año, este parámetro será variable dependiendo de la condición de lluvia en el año de evaluación.

El volumen total de recarga en la subcuenca del río Los Ocotes es de 4.18 millones de m³/año, lo cual comparado con la explotación de agua subterránea de 5.14 millones de m³/año, muestra un déficit en el balance hídrico de la subcuenca de 0.96 millones de m³/año.

Esto indica que existe una sobreexplotación del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca, de alrededor del 23%, lo cual indica que en el área posiblemente se está consumiendo gradualmente la reserva del acuífero, en este caso, la explotación de este recurso hídrico debe restringirse y crear un plan integrado de explotación del mismo.

Dentro del análisis referente a la calidad de agua realizado en varios puntos (pozos) de la red evaluada, se determinó que el agua es óptima para consumo humano, con datos de pH que se encuentra entre 7 a 7.5 con conductividad eléctrica de 142 a 246 micros/cm, lo cual respeta los valores permisibles de acuerdo con Hem, 1985; Jenkins, 1997.

Dentro de los componentes químicos disueltos en el agua, los resultados describen aguas de tipo bicarbonatada – cálcico magnésica, de acuerdo con el diagrama de Piper (Escudier et al., 2009; Herrera, 2011). Los contenidos de nitratos en las aguas de los pozos son menores a 3 mg/L (NO₃-), por lo que están bajo la norma (45 mg/L de NO₃-). Esto indica que la subcuenca no tiene problemas de contaminación por nitratos en las aguas subterráneas.

De acuerdo con el análisis bacteriológico, las aguas subterráneas del área de subcuenca Los Ocotes se encuentran clasificadas como agua 1, cuyo tratamiento de desinfección es simple cloración.

4.5.2 Cuenca río Pinula

El estudio comprende el análisis hidrogeológico de La Microcuenca Río Pinula (Figura 42), bajo jurisdicción del municipio de Santa Catarina Pinula, ubicada en la parte este de la cuenca del Lago de Amatitlán; y fue realizado por Manzo, 2008 en su Tesis de Licenciatura.

De acuerdo con las figuras 43 y 44, el flujo del agua subterránea del acuífero presente es Este hacia Oeste, distinguiendo nivel freático que oscila entre 120 m en la parte baja de la subcuenca, 180 m en la parte media de la subcuenca y 100 m en la parte alta de la subcuenca, dependiendo de la topografía presente en la zona y del tipo de formaciones geológicas.

Hidrogeológicamente la subcuenca del río Pinula, se encuentra conformada por dos acuíferos importantes, el acuífero superior y el inferior.

El acuífero superior está constituido esencialmente por depósitos cuaternarios de piroclastos pomáceos compactos hasta sueltos, mal clasificados y mal estratificados, en los cuales existen localmente intercalaciones de sedimentos fluvio-lacustres, paleosuelos y pómez. Se incluye dentro de este acuífero superior los sedimentos aluviales depositados en el río Pinula.

Los mayores espesores de los piroclastos se encuentran en la parte central y noroeste de la subcuenca, donde generalmente sobrepasan los 100 metros, tendiendo a disminuir al sureste y parte alta.

El acuífero inferior está constituido por lavas andesíticas, toba soldada y andesítica, las cuales subyacen al acuífero superior. Las características de permeabilidad alta por fractura (secundaria), extensión y espesor, constituyen el principal acuífero del área. Tanto así, que en los pozos del sector el espesor de lavas es superior a 200 metros.

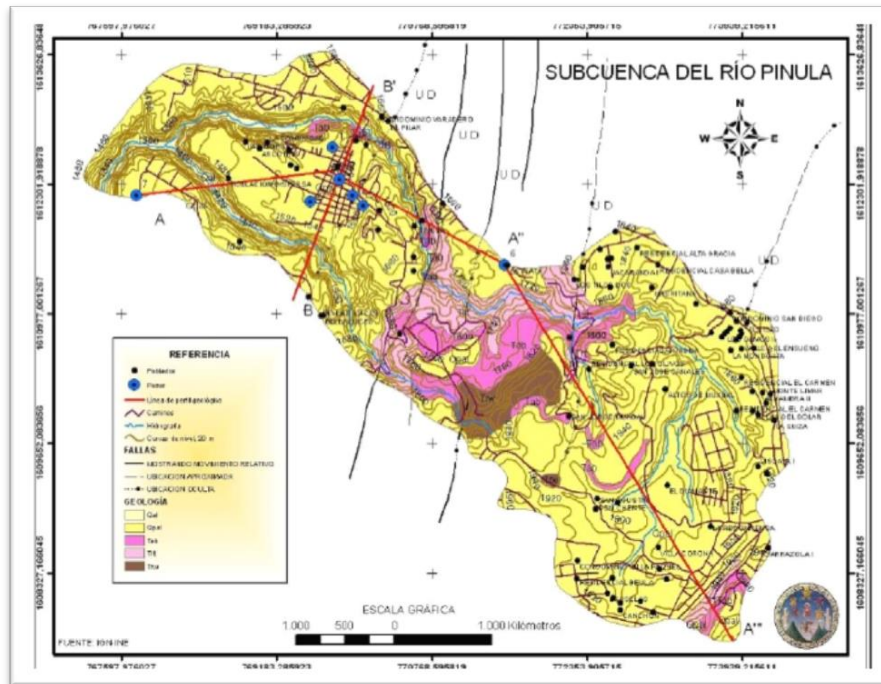


Figura 42. Mapa geológico microcuenca río Pinula.

Fuente: Manzo 2008.

Los valores de transmisividad generalmente varían de menos 12 hasta 12,000 m²/día. Un acuífero cuya transmisividad sea menor de 12 m²/día, puede únicamente suministrar agua para usos domésticos, mientras si la transmisividad es del orden de 100 a 12,000 m²/día o mayor, el rendimiento será adecuado para propósitos industriales, municipales o de riego, (Johnson, 1975).

Para la microcuenca Río Pinula se por el método de Jacob una transmisividad de 4.74 x10⁻² m²/min (26 m²/día), con lo cual se concluye que la explotación de dicho acuífero tiene la capacidad para abastecer el sector de uso doméstico, de acuerdo con la clasificación de valores de transmisividad de Johnson, 1975.

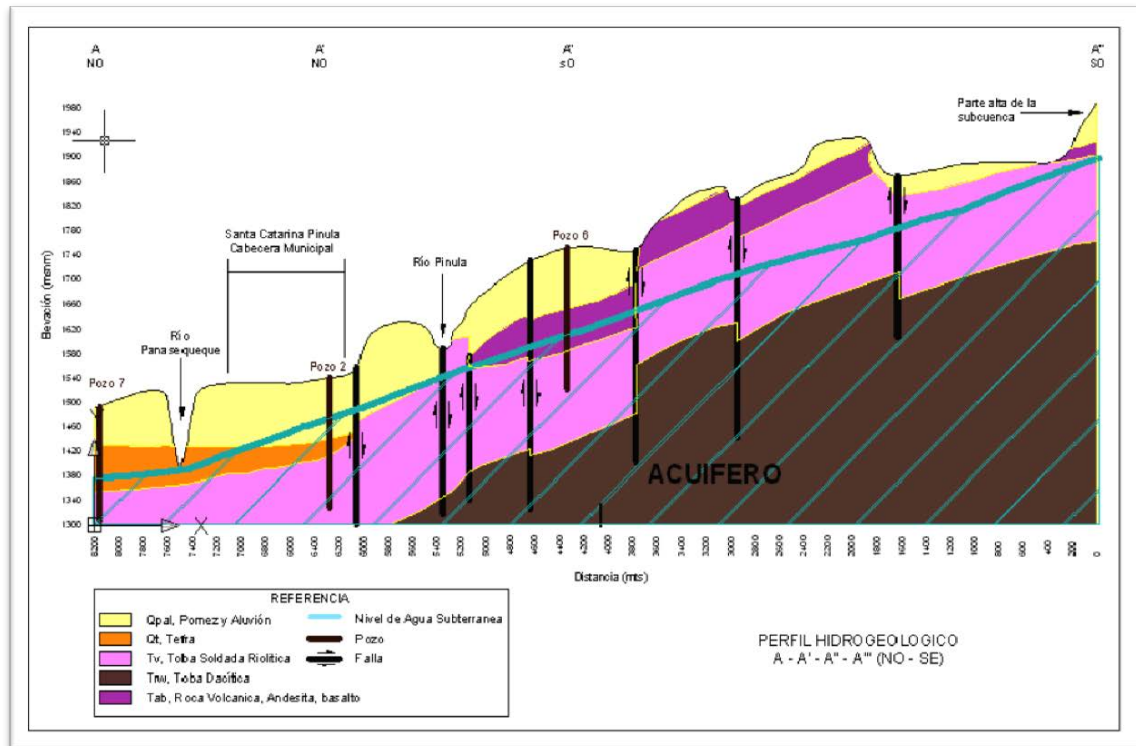


Figura 43. Perfil hidrogeológico A – A' - A'' – A''' Microcuenca Río Pinula.

Fuente: Manzo 2008.

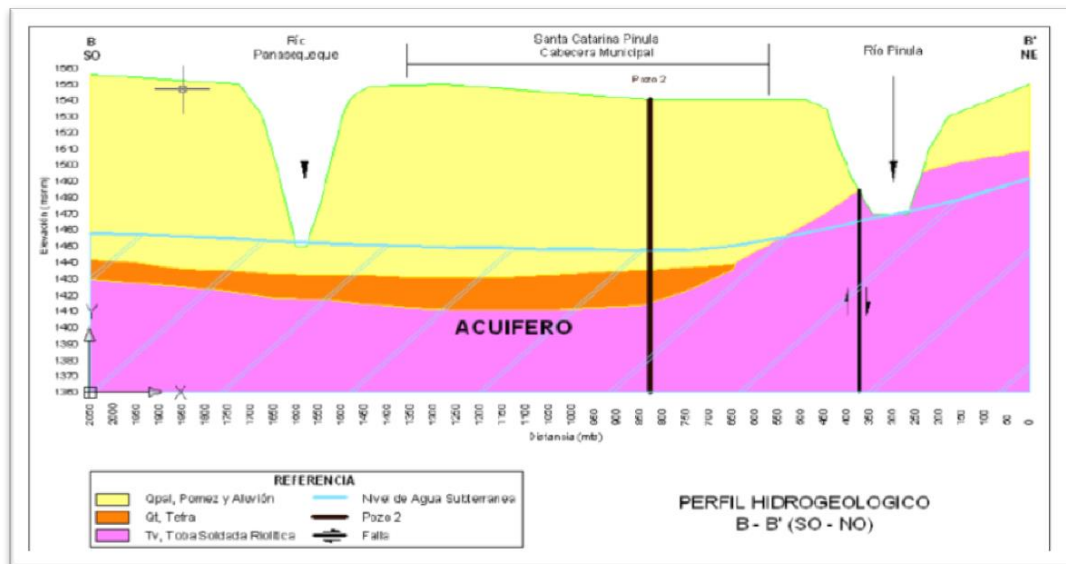


Figura 44. Perfil hidrogeológico B – B' microcuenca Río Pinula.

Fuente: Manzo 2008.

4.5.3 Ojo de agua

El estudio realizado en el área conocida como Ojo de Agua en el año 2007 por Herrera y Orozco, publicado en 2010, se describe detalladamente en términos hidrogeológicos el área de estudio (Figura 45). Esto permite un mejor entendimiento del comportamiento del flujo del agua subterránea de la zona de interés.

En el estudio se marcó que la estratigrafía de los alrededores del sector está constituida por lavas andesíticas del Terciario, los depósitos fluvio-lacustres con tetra y diamictitas pumítica cuaternarios, las tefras o piroclastos del Cuaternario y aluviones (Koch & McLean, 1977).



Figura 45. Ubicación del sector Ojo de Agua.

Fuente: Herrera y Orozco, 2010.

En términos hidrogeológicos, el área de estudio se encuentra conformada por los dos acuíferos predominantes Acuífero Superior y Acuífero Inferior. Estos acuíferos están delimitados en la parte sur del área, donde se localizan los depósitos aluviales de los ríos Villalobos y Pinula, los sedimentos fluvio-lacustres y las lavas andesíticas en la base (figuras 46 y 47).

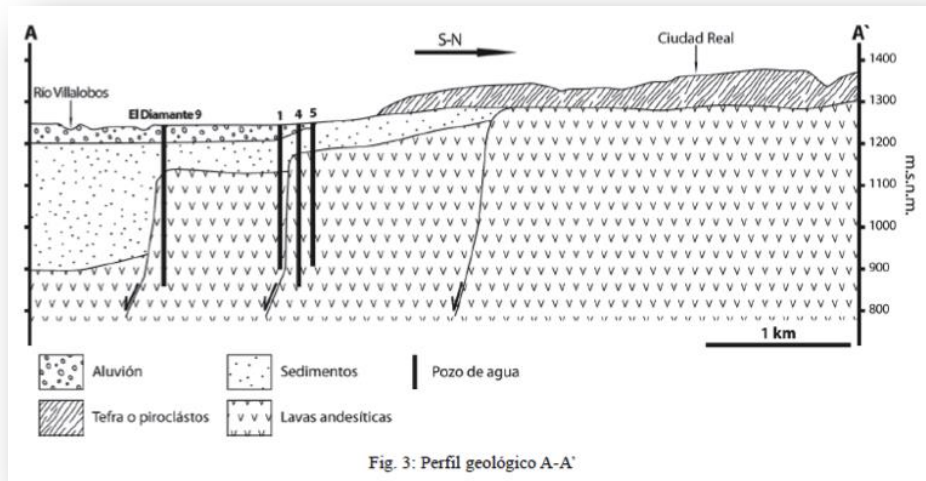


Figura 46. Perfil geológico A-A'.

Fuente: Herrera y Orozco, 2010.

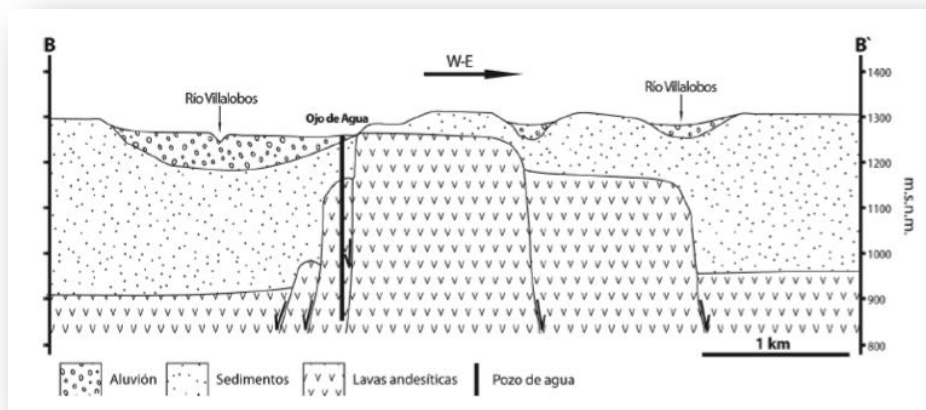


Figura 47. Perfil geológico B-B'.

Fuente: Herrera y Orozco, 2010.

El acuífero superior es de tipo libre o no confinado y está constituido esencialmente por sedimentos aluviales depositados en las partes media e inferior de los valles de los ríos Villalobos y Pinula que tienen una extensión de 60 km² y un espesor de 10 a 30 m. Existen localmente intercalaciones de sedimentos fluvio-lacustres, paleosuelos y pómez que presentan espesores de más de 300 m, actuando en algunas partes como acuicludos, debido a su granulometría arcillo-limosa.

Se incluye dentro de este acuífero superior los depósitos cuaternarios de piroclastos pomáceos compactos hasta sueltos, mal clasificados y mal estratificados. Abajo de estos sedimentos se

encuentran las lavas terciarias que forman la base del valle sur de ciudad Guatemala con una extensión mayor de 200 km² (Herrera, 2002).

El acuífero inferior es de tipo confinado y está constituido principalmente por lavas andesíticas, las cuales subyacen al acuífero superior. Las lavas por sus características de alta permeabilidad (porosidad secundaria), fracturación, extensión y espesor (mayor de 400 m), constituyen el principal acuífero del área (GEOCONSA, 1999). En algunos pozos de Ojo de Agua, el espesor de lavas es superior a 200 m. Se asume que los pozos del Diamante están captando el acuífero superior, repercutiendo esto en la entrada a los pozos de una gran cantidad de sedimentos, mientras que los pozos del sector Ojo de Agua, la explotación se realiza en el acuífero inferior de lavas.

Por pruebas de bombeo efectuadas por EMPAGUA y empresas consultoras, se determinaron los valores de transmisividad oscilan que entre 1600 a 9500 m²/día en los pozos de Ojo de Agua y entre 22 a 1300 m²/día en el sector de El Diamante.

Adicionalmente se compararon los niveles medidos en ocho pozos al momento de la terminación de los mismos (1968, 1970 y 1976) hasta la última medición reportada en mayo de 1996 para los mismos ocho pozos, ya que no todos los pozos de Ojo de Agua y El Diamante han sido medidos.

Los niveles estáticos de los pozos descendieron en promedio de 9 metros en el sector Ojo de Agua. Mientras que en el sector de El Diamante descendieron un promedio de 25m en más de 30 años. Sólo un pozo, El Diamante 7, ubicado más próximo al río Villalobos ha tenido un menor descenso del nivel estático.

En base a los perfiles geológicos y el monitoreo de niveles de pozos en el sector, la dirección de flujo de las aguas subterráneas es de norte a sur y noreste a suroeste limitado por las fallas de la quebrada del Frutal y río Pinula, que definen un pequeño horst entre los ríos Villalobos y Pinula, separando dos flujos de aguas subterráneas del acuífero sur del valle, esto puede observarse en la figura 48.

Los principales flujos de aguas subterráneas provienen del oeste y tienen su recarga en los alrededores de Mixco (López, 1989) y el otro flujo de aguas subterráneas (menor que el primero), se recarga en las partes montañosas de Santa Catarina Pinula (GEOCONSA, 1999), siendo la causa que los dos flujos están separados tectónicamente y se unen en el sector de Ojo de Agua (figura 48).

En el período de los años 1976 a 1996 se realizó monitoreo del comportamiento del nivel freático de los pozos que componen el sector Ojo de Agua, registrando un descenso máximo en 9 años de monitoreo de 13 metros. Para el caso del área Diamante, dicho comportamiento en 28 años de monitoreo ha tenido un descenso de 31 metros.

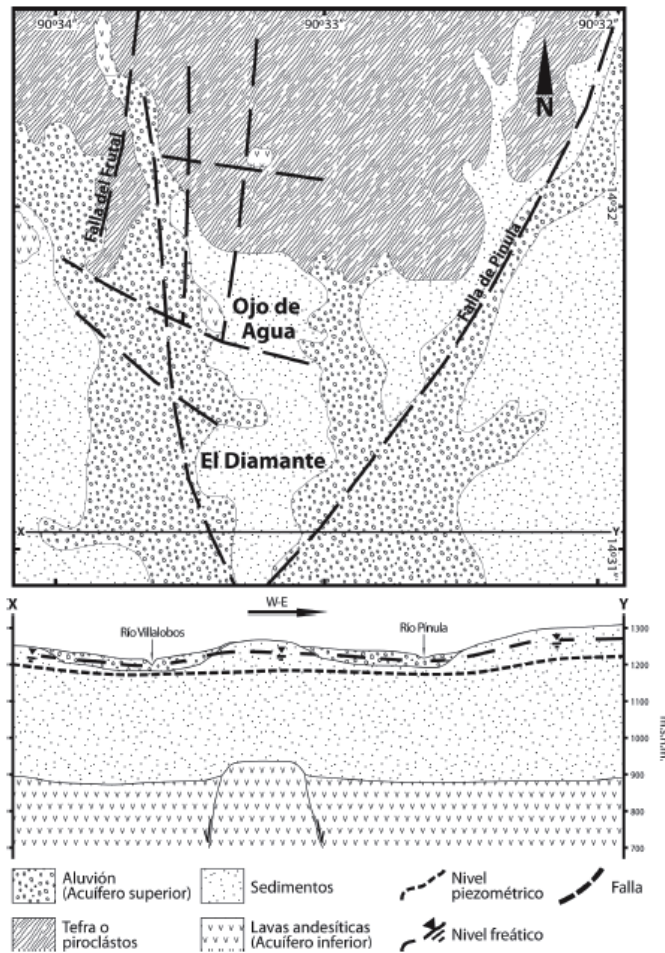


Figura 48. Perfil hidrogeológico del sector Ojo de Agua.

Fuente: Herrera y Orozco, 2010.

4.5.4 Acuífero superior norte

En base al documento Morales (2012), en el municipio de Guatemala el agua subterránea cubre alrededor del 60% del suministro de agua. Es por ello por lo que en la actualidad se han realizado proyectos de perforación de pozos mecánicos de profundidades variables que permitan la explotación del recurso hídrico para abastecer la demanda de la población.

Este estudio tiene como objetivo describir la situación actual de la explotación del acuífero y describir una proyección de su comportamiento en base a la explotación de los pozos mecánicos de referencia ubicados en el área de influencia evaluada.

El área de influencia evaluada, corresponde a la cuenca Norte (río Motagua), donde se ubican los cuatro sectores de pozos, específicamente en las sub-cuencas de los ríos: Las Vacas donde se encuentran dos sectores: el sector Vista Hermosa con 7 pozos, ubicado en zona 15 y el sector Norte con 6 pozos, ubicado en zona 6; en la sub-cuenca del río Los Ocotes se encuentra el sector Canalitos que tiene 10 pozos y se ubican en las zonas 16 y 17; y en la sub-cuenca del río Los Vados

se localizan el sector Lavarreda y sector El Rodeo con 9 pozos ubicados en la zona 18, totalizando 32 pozos para el estudio de investigación. Estos sectores son denominados por la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA) como Proyecto Emergencia I, desde el año 1995.

La cuenca del río Motagua en la vertiente del Atlántico comprende tres sub-cuencas siendo la sub-cuenca del río Los Ocotes, Los Vados, y Las Vacas (Figura 49) en las cuales se encuentra el área de influencia de este estudio, aproximadamente tienen un área de 169 km².

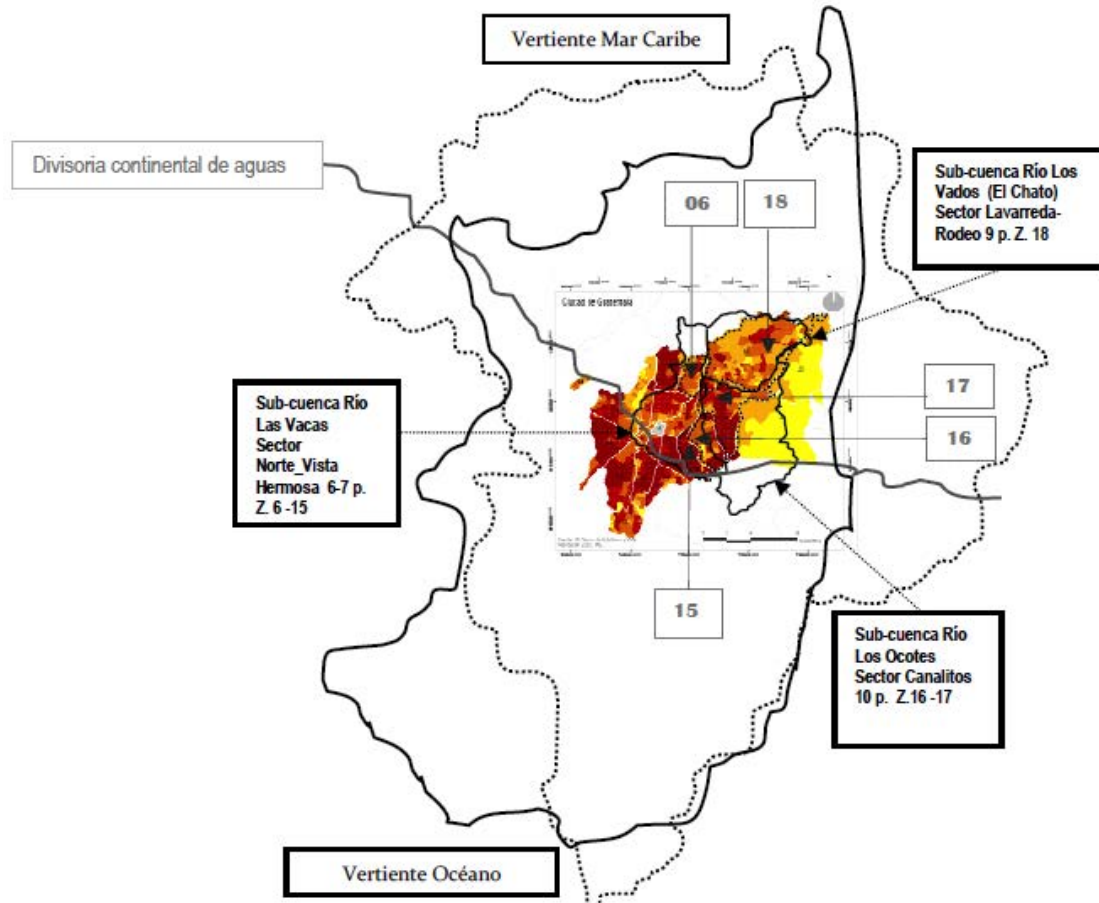


Figura 49. Localización de las zonas monitoreadas del acuífero norte.

Fuente: Morales, 2012.

Los sectores de la capital que presentan mayor problema de abastecimiento están en la región norte y este, región del área Metropolitana donde se ubica el Proyecto Emergencia 1, de EMPAGUA, con 32 pozos ubicados en el área norte y este de la ciudad.

De acuerdo con el análisis del comportamiento de los niveles de agua y la reducción de la producción en cada pozo, en el período de los años 2000 a 2011, del sistema (Lavarreda-Rodeo, Vista Hermosa, Canalitos y Norte) se estableció que existe un descenso promedio de 8 metros por año para el sector Lavarreda-Rodeo, 11 m por año para los sectores Vista Hermosa y Canalitos, y 7 metros por año en el sector Norte. Los caudales promedio explotados al año son respectivamente

4.7, 3.09, 6.69 y 3.59 millones de m³ para un total de explotación de recurso de los 4 sectores de 18.07 millones de m³ anuales.

El área tiene un aporte en infiltración de 31.6 millones de m³/año de agua, y la explotación de acuíferos por medio de los 32 pozos registrados por EMPAGUA, es de 18.07 millones de m³/año. Sin embargo, el comportamiento del nivel freático de la zona tiene un descenso promedio de 9 m al año, lo cual no concuerda con el principio de mayor volumen de infiltración que de explotación, esto se debe a que en la zona existen varios proyectos residenciales, industriales, privados los cuales cuentan también con pozos mecánicos que explotan el mismo acuífero.

Es por ello por lo que el comportamiento monitoreado en los pozos de EMPAGUA del sector, lo cual describe no solo el comportamiento de pozos de EMPAGUA sino de los privados localizados en la zona.

4.5.5 Municipio de Mixco

De acuerdo con información no oficial obtenida con personal de fontanería y control de la Municipalidad de Mixco, se conoce que el municipio, se cuenta con alrededor de 112 pozos mecánicos (incluyendo los pozos de Ciudad San Cristóbal explotando caudales desde 40 gpm hasta los 600 gpm mediante turnos de bombeo de hasta 24 horas, para un caudal de explotación anual actual (al año 2016) de 30 millones de m³.

4.5.6 Análisis de comportamiento nivel freático del acuífero noroeste de la RMG

Con datos del comportamiento de las aguas subterráneas presentes en la RMG a través de la recopilación de casos de estudio de referencia expuestos en el apartado de Aguas Subterráneas y con el objetivo de evaluar el comportamiento del manto freático o acuífero presente en la RMG dentro de un período de tiempo establecido, se recolectó información de un área en específico donde se contaba con datos de pozos mecánicos, esto en un área de la microcuenca Las Vacas, de alrededor de 8,600 Ha, ubicada al noreste de la RMG.

Los datos consistentes en ubicación geográfica y nivel estático de agua de cada uno se utilizaron para realizar una distribución del nivel estático (msnm) del área mediante interpolación. Esto se realizó para datos del año 1978, con información del estudio realizado por IGN, del cual se tomaron 10 pozos mecánicos. Ver figura 50.

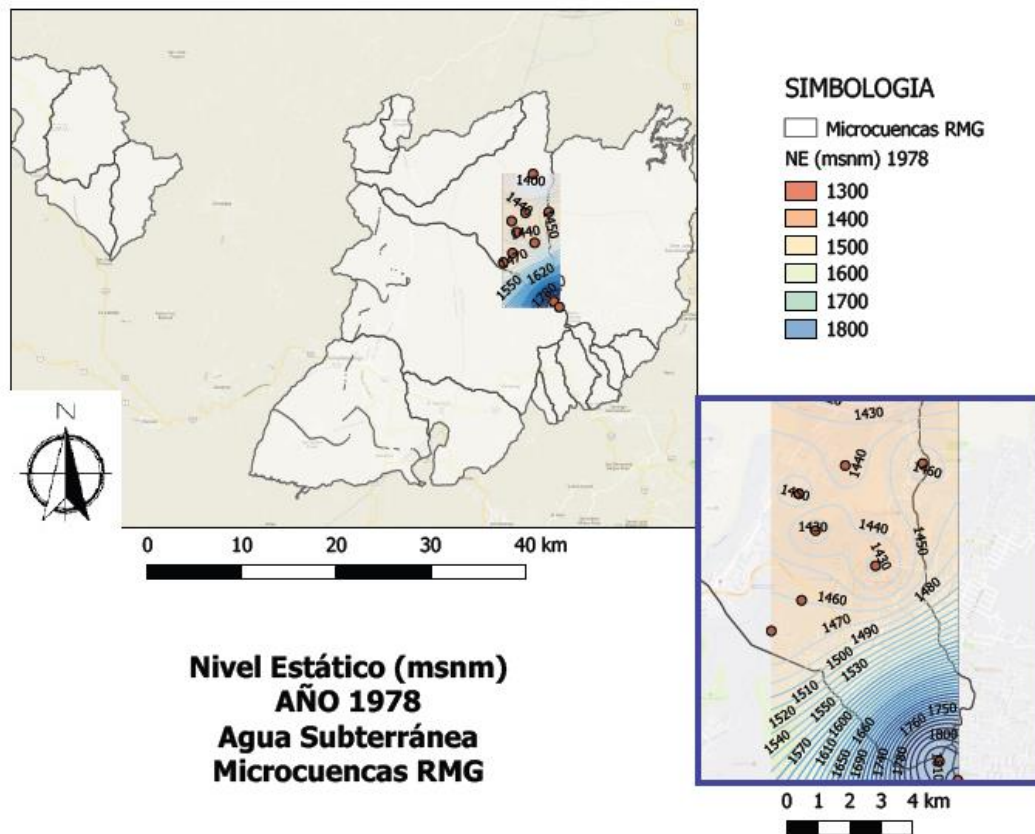


Figura 50. Mapa de distribución nivel estático (msnm) del año 1978.

Fuente: Elaboración propia basada en datos del INSIVUMEH (1978).

Con dicho análisis se procedió a construir un perfil longitudinal con detalle del nivel estático registrado, Figura 51, teniendo como nivel máximo de nivel estático en el área 1790 msnm y 1420 msnm como nivel mínimo en la distribución de agua subterránea para el año 1978.

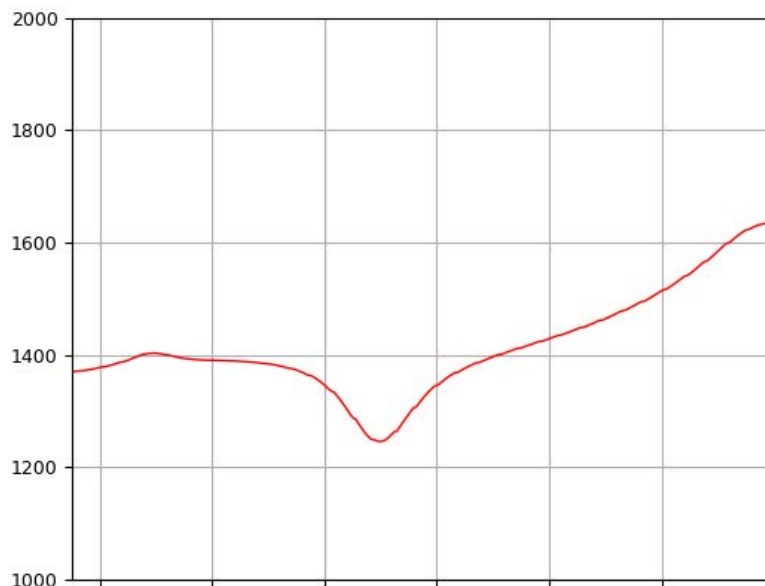


Figura 51. Perfil longitudinal de distribución nivel estático (msnm) del año 1978.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de INSIVUMEH (1978).

Para poder relacionar datos del nivel estático obtenidos del año 1978 y así evaluar el comportamiento del nivel de aguas subterráneas del área, se realizó una distribución, con datos recopilados de pozos mecánicos para el año 2009, datos del estudio realizado por Herrera, 2012, consistente en data de 26 pozos. Ver figura 52.

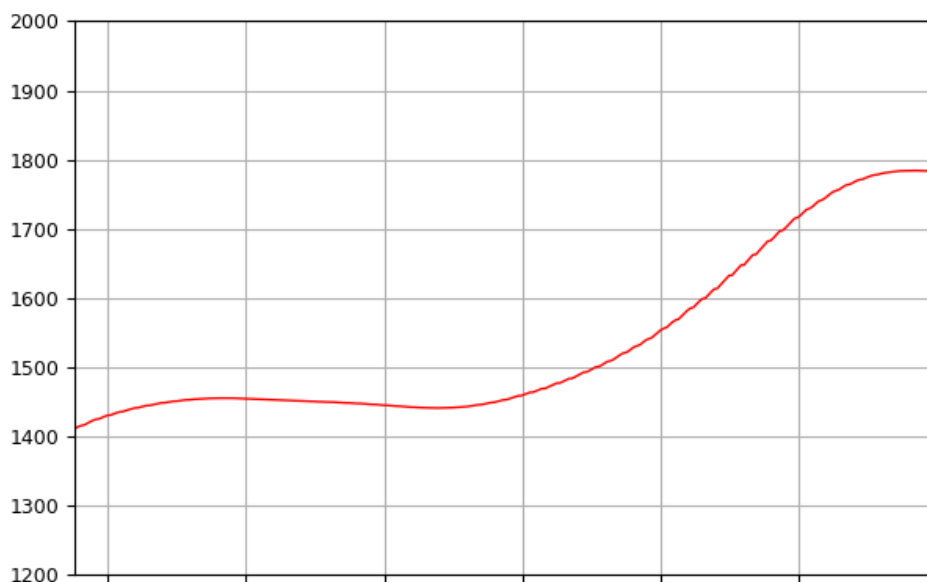


Figura 52. Mapa de distribución nivel estático (msnm) del año 2009.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Herrera (2012).

Para este período de tiempo también se construyó un perfil longitudinal con detalle del nivel estático registrado, teniendo como nivel máximo de nivel estático en el área 1630 msnm y 1230 msnm como nivel mínimo como puede observarse en figura 53.

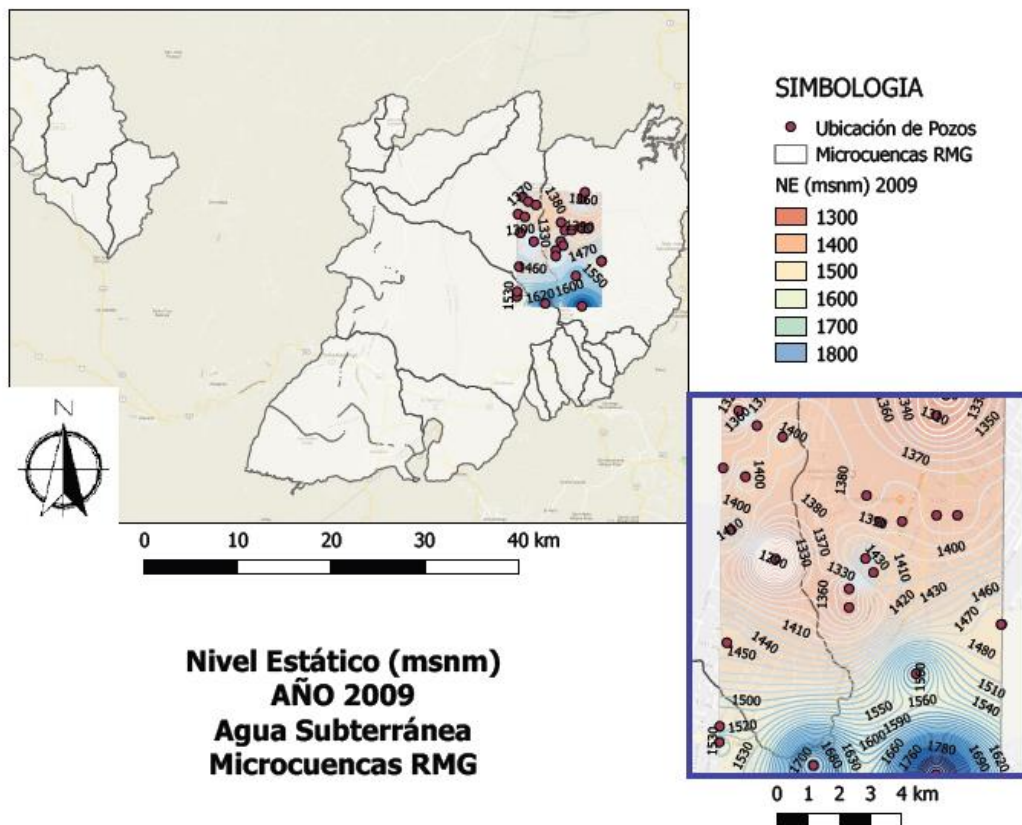


Figura 53. Perfil longitudinal de distribución nivel estático (msnm) del año 2009.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de Herrera (2012).

Con ambos perfiles, se puede demostrar que en el área (de la cual se tuvo acceso a información) existe un descenso en el nivel estático del acuífero de alrededor de 90 m entre los años 1978 (línea en color azul) y 2009 (línea en color rojo) para un período de 30 años aproximadamente, como se aprecia en figura 54.

Esto como resultado de la sobreexplotación de los acuíferos que se ha mencionado a lo largo de esta sección del documento.

Un análisis de este tipo es lo que se recomienda realizar para toda la RMG una vez se cuente con datos disponibles.

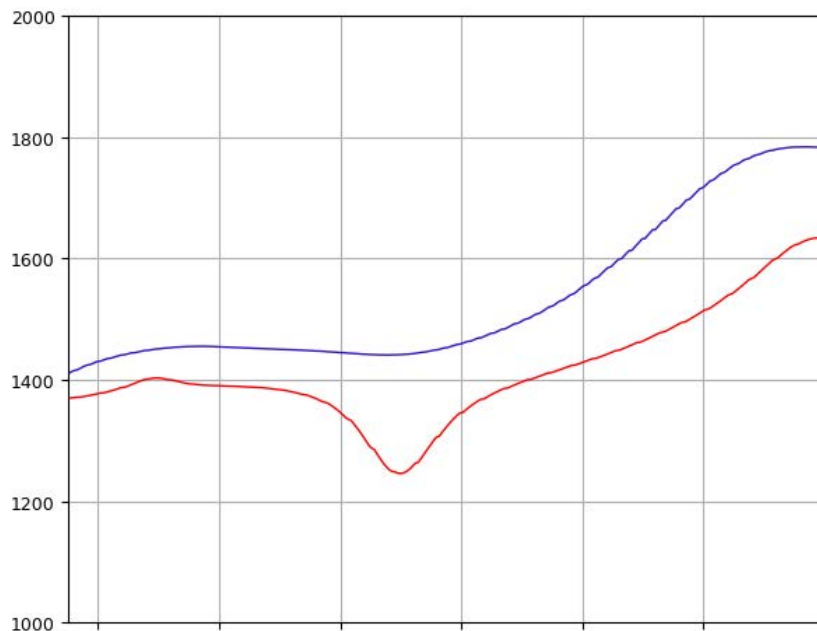


Figura 54. Comparación de perfiles longitudinales de distribución nivel estático (msnm) años 1978 (rojo) y 2009 (azul).

Fuente: Elaboración propia basada en dato de INSIVUMEH (1978) y Herrera (2012).

4.6 ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA.

Según el estudio de IARNA (2012), sobre la oferta de agua en las 16 microcuencas priorizadas en la Región Metropolitana existen áreas de recarga hídrica ($m^3/km^2/año$) de categoría Muy Alta ($>300,000$), Alta ($150,000 < x < 300,000$), Media ($50,000 < x < 150,000$), Baja ($<50,000$) y Nula (0), distribuidas en 17, 39, 36, y 8 por ciento respectivamente. Como se muestra en el cuadro 34, del territorio, 20,786 hectáreas (17%) de alta recarga hídrica está ocupado por bosque mixto (22%), cultivos de granos básicos (32%), Matorral (23%) y el resto de bosque latifoliada (11%) y cultivos perennes (10%).

La explotación no controlada del agua subterránea en la RMG ha provocado que el comportamiento del nivel freático de la zona descienda, causando una tasa negativa de la recarga hídrica anual, en la mayor parte del territorio (figura 34).

De acuerdo con la demanda en el abastecimiento de agua potable en la región que suministra EMPAGUA (2016), como información de referencia de la mayor red de distribución de agua de la RMG, históricamente en lo que a profundidad de pozos mecánicos respecta se conoce que durante los años 1965 y 1968 en área de Ojo de Agua y Diamante se construían pozos mecánicos de no más de 450 pies de profundidad. Para los años 1976 y 1978, debido al incremento en demanda de consumo de agua potable, se construían pozos de alrededor de 700 pies de profundidad. En el año 1981, se registran pozos de profundidad promedio en el orden de 900 pies en el área urbana. Para los años 90, en referencia al proyecto Emergencia I, de EMPAGUA, con la planificación de perforación de más de 30 pozos en el área de zonas 15, 16 y 17, los pozos alcanzaron profundidades mínimas de 1,300 pies.

Con ello se observa la tendencia de explotación de acuífero inferior presente en la zona (en una profundidad de 400 m) con presencia de pozos de profundidades que en la actualidad dependiendo de su ubicación pueden alcanzar hasta 2,000 pies en el área Noroeste, 1,700 en el área del noreste y en el orden de los 1,500 pies en el área sur de la RMG, debido a que, según registro de pozos, el nivel estático regional se encuentra alrededor de 850 a 900 pies de profundidad.

Cuadro 34. Cobertura y uso de la tierra en las áreas de recarga hídrica.

Cobertura	Área de Recarga Hídrica (Ha)					Total
	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Nula	
Agua					233	233
Arbustos matorrales	426	4.713	16.903	3.753	6	25.801
Área urbana				42.073	55	42.129
Bosque de coníferas	2	82	209		1	294
Bosque de latifoliadas	1.362	2.309	2.613	92	7	6.383
Bosque mixto	121	4.535	9.152	6	0	13.815
Cultivos perennes	4.647	1.978	9.945	81	10	16.660
Granos	2.896	6.550	5.806	1.295	8	16.556
Hortalizas	2	619	19	146	4	790
Total	9.456	20.786	44.647	47.448	324	122.660

Fuente: Elaboración propia basada en datos del IARNA (2012).

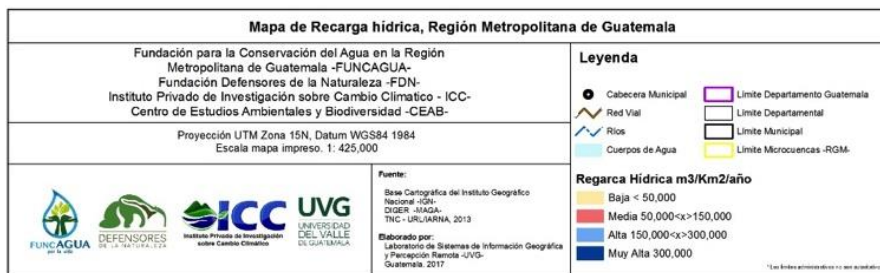
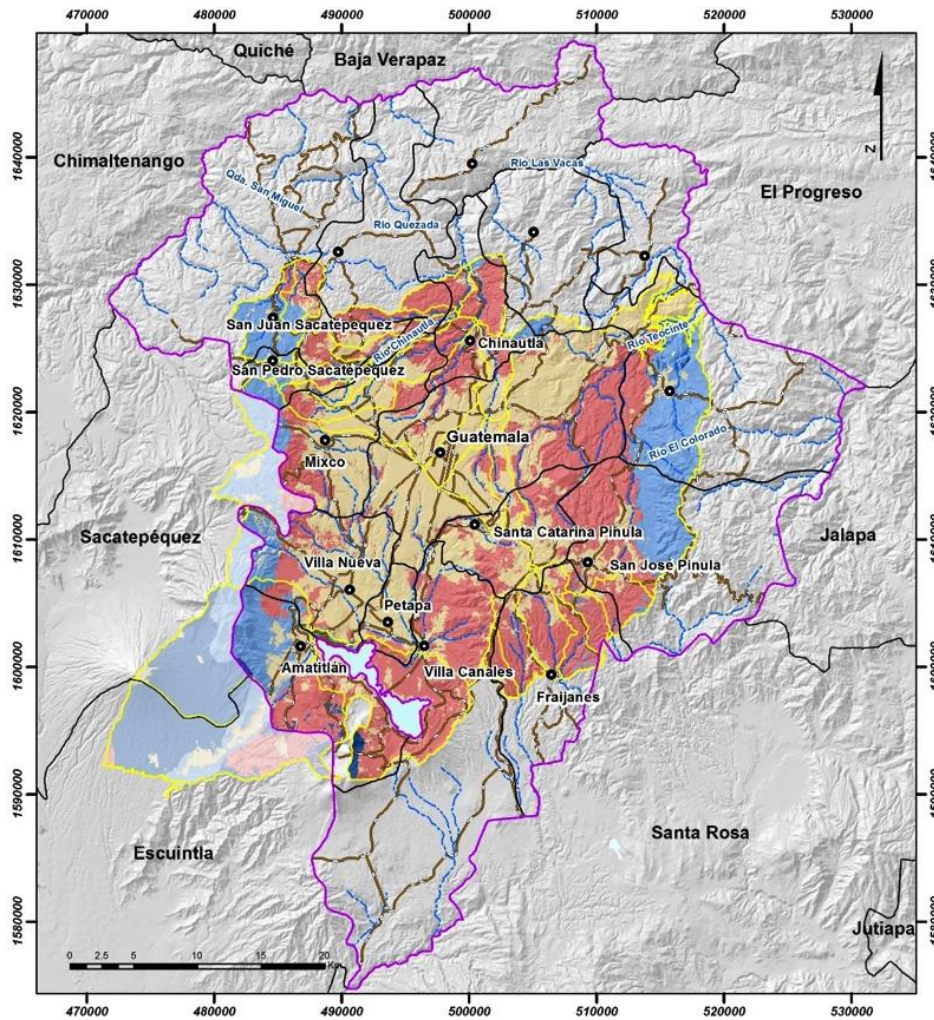


Figura 55. Mapa de Recarga hídrica de la Región Metropolitana.

Fuente: IARNA, 2012.

5. PRESIONES GENERALES SOBRE EL RECURSO HÍDRICO

Los acuíferos regionales se abastecen de la recarga hídrica proveniente de lluvias. En el Valle de la Ciudad de Guatemala, la recarga natural ocurre anualmente durante la estación lluviosa, (generalmente de mayo a octubre) lo cual causa un ascenso significativo en los niveles de agua.

Esta recarga se ha visto en la actualidad afectada por varios factores tales como:

- La deforestación, ocasionando mayor escurrimiento superficial y menor infiltración en el suelo (Figura 56 y 57).
- La impermeabilización de terrenos por construcción y urbanización de áreas. Actualmente, en el área de interés alrededor de 70% está cubierto por desarrollos urbanos e industria.
- Cambio climático, donde la época lluviosa presenta eventos con alta intensidad de lluvia en corto tiempo, y períodos de sequía prolongados. A futuro se espera disminución significativa de las lluvias para la RMG y su área de influencia (Gondor, et al., 2017).
- Sobreexplotación de acuíferos por entes privados y públicos para proyectos propios, sin control ni monitoreo.



Figura 56. Deterioro de los ecosistemas: cobertura vegetal y suelos (microcuenca Los Ocotes).



Figura 57. Pérdida de cobertura forestal por incendios (parte alta microcuenca Teocinte).

5.1 CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN

Si se considera que en los últimos 30 años la mayoría de los migrantes que han llegado buscando las oportunidades económicas que la Ciudad de Guatemala ofrece se han asentado en municipios vecinos al municipio de Guatemala (Mixco, Villa Nueva y Petapa en el suroeste, Amatitlán y Villa Canales al sur, Santa Catarina Pinula al sureste y Chinautla al norte) se pone de manifiesto que la dinámica poblacional ha superado por mucho la capacidad de gestión y planificación de la principal ciudad del país.

En la figura 58 se evidencia que los habitantes se concentran en 7 de las 25 zonas. Según esta información las zonas prominentes son la 18, 7 y 21. Estas tres últimas tienen vastas áreas residenciales. En el mapa resaltan las concentraciones más densas y permiten evidenciar las coronas de población que contrastan el vacío del centro de la ciudad. Las zonas de mayor crecimiento son la 24 y 25 según las tasas de crecimiento poblacional por zona. Junto con éstas las zonas 16, 17 y 18 están en un proceso de aumento de su densidad debido al número de proyectos residenciales que se han desarrollado en la última década.

En la actualidad las zonas de la ciudad que experimentan las tasas de crecimiento más altas se localizan a la periferia mientras que aquellas ubicadas dentro de la Zona Central de la ciudad mostraron tasas negativas en el último período censal. Entonces, la expansión de la población se concentra en los municipios de Mixco, Villa Nueva y San Miguel Petapa principalmente, que compiten con las concentraciones en la ciudad capital. Este crecimiento poblacional implica mayor demanda de agua, ejerciendo mayor presión sobre las fuentes superficiales y subterráneas y también implica más aguas residuales, con una doble presión sobre los ríos de la zona.

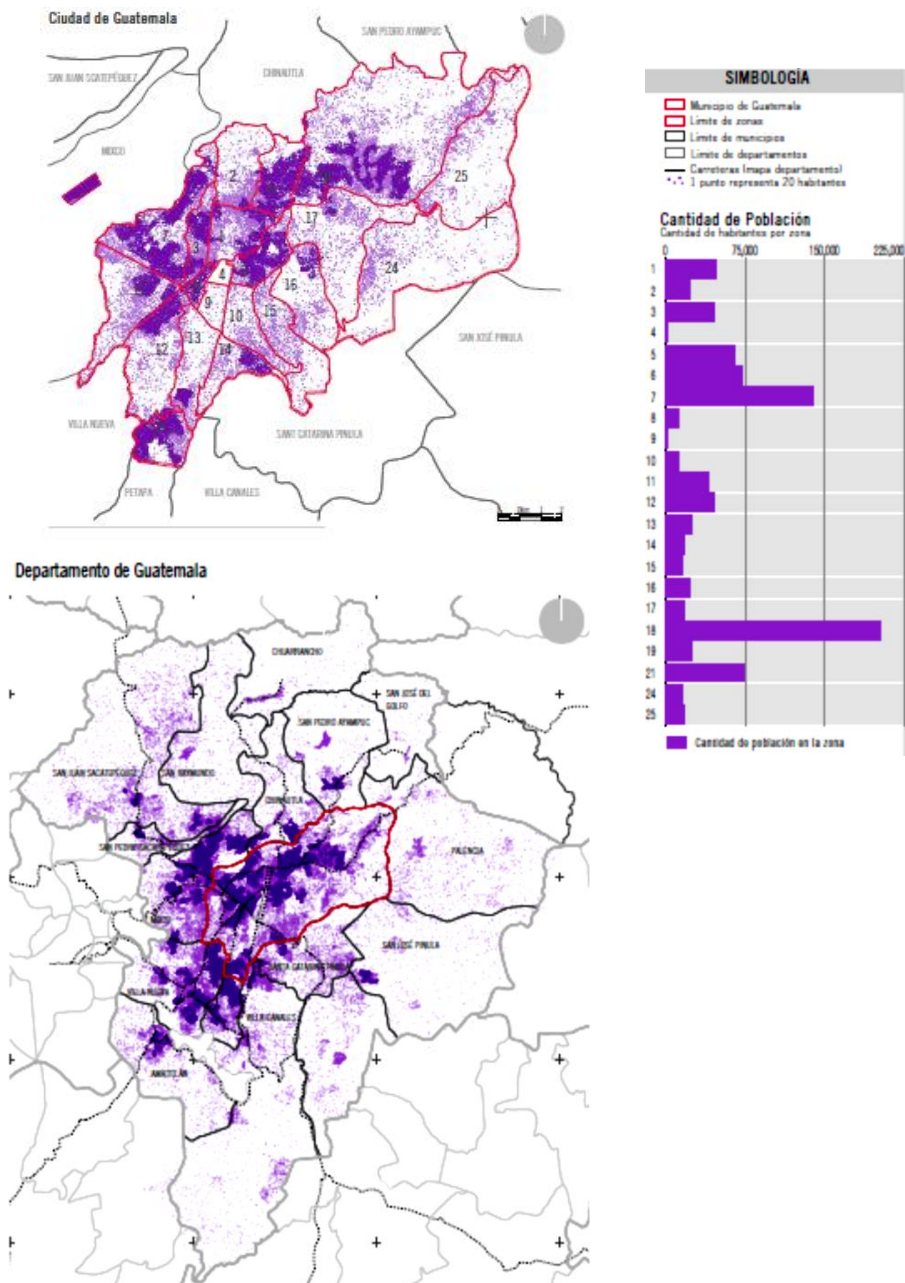


Figura 58. Concentración de la Población en la Región Metropolitana de Guatemala con los datos del VI Censo Poblacional 2002.

Fuente: IX Censo de Habitación y VI Censo de población 2002. INE, Municipalidad de Guatemala.

5.2 AGUAS RESIDUALES

En el país existe una línea divisoria de aguas que agrupa las cuencas en tres grandes bloques que son las cuencas del Pacífico, las del Caribe y las del Golfo de México hacia el occidente. Las dos principales cuencas que componen el departamento de Guatemala son la del río Motagua hacia el Atlántico y la del río María Linda hacia el Pacífico. Dentro de esta última se ubica la subcuenca del río Villalobos que desemboca en el lago de Amatitlán y es la vertiente más importante del sur. La línea divisoria del Pacífico y del Caribe pasa sobre la Calzada Roosevelt (en la Ciudad de Guatemala) y continúa todo el Boulevard liberación. A partir de ella se distribuyen los ríos de la ciudad y por lo tanto la distribución de las aguas residuales.

De acuerdo con el Plan Marco de Aguas Residuales 2003-2020 EMPAGUA de la Municipalidad de Guatemala, la vertiente del Motagua recibe al río Las Vacas que inicia su recorrido a inmediaciones de la zona 15 (municipio de Guatemala) cerca del Campo Marte. Corre de sur a norte y atraviesa Chinautla y Chuarrancho hasta confluir al Motagua. Es utilizada por más de 170 sistemas de riego con fines agrícolas. No obstante, al recibir la vertiente del río Las Vacas incorpora altas cantidades de contaminantes (fosfatos, nitratos, coliformes fecales etc.).

En la parte sur de la RMG, se tiene el principal almacenamiento natural de agua, el Lago de Amatitlán, que lamentablemente es conocido por el deterioro ambiental que ha sufrido. Este presenta tres problemas principales que lo afectan: vertido de carga contaminante, sedimentos y desechos sólidos. Estos son originados por la presión de las actividades antrópicas resultantes del crecimiento acelerado y desordenado de la urbanización y población en la cuenca.

La Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (s.f.) estima que (puesto que sus 3 millones de habitantes tienen una dotación diaria de 150 litros por persona, de los cuales el 80% de esta agua retorna como agua residual) el volumen de aguas residuales que se generan en su territorio es de 360 mil m³ diarios. Este es un caudal bastante alto, para el cual la capacidad de las plantas de tratamiento existentes no es suficiente. Por este último motivo, la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur está gestionando fondos para la construcción e implementación de nuevas plantas de tratamiento.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales vertidas al lago, la Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Amatitlán (AMSA) tiene en funcionamiento seis plantas de tratamiento. Se da tratamiento primario por biodigestores (1), secundario (3) y terciario (1), una de las plantas de tratamiento no se monitoreó por considerarse en alto riesgo. Con estas se han dado tratamiento a 7 millones de metros cúbicos al año, de agua proveniente de un sector de Mixco, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa y Ciudad de Guatemala.

La principal causa del deterioro ambiental de los cuerpos de agua superficial en la RMG es incumplimiento de los mandatos del reglamento de las descargas y el reúso de aguas residuales y la disposición de lodos (AG-No.236-2006). El incumplimiento se ha dado en diferentes vías, por parte de municipalidades, industrias, residenciales y condominios, e incluso de las autoridades por falta de control y monitoreo.

5.3 SÍNTESIS DE LAS PRESIONES SOBRE EL AGUA EN LA RMG

A nivel poblacional, el municipio de Guatemala es el más poblado de la RMG con una población estimada de 994,604 habitantes para el año 2017. Este dato contrasta con las proyecciones de

crecimiento, donde con una tasa del 0.04% presenta el valor más bajo de toda la RMG, mientras que otros municipios sobrepasan inclusive la media nacional.

Si bien a nivel educativo deben hacerse mejoras, especialmente a nivel medio y superior, los municipios de la región bajo estudio cuentan con una amplia cobertura primaria y básica. Es necesario trabajar juntamente con el Ministerio de Educación para revisar los pensum de estudios a fin de implementar y/o mejorar lo relativo a educación ambiental, especialmente en los niveles escolares iniciales.

Existe un gran vacío de información respecto a las migraciones internas, si bien algunos reportes mencionan que debido al conflicto armado y a la situación económica del país, muchas personas han migrado a la Ciudad de Guatemala, no proporcionan datos numéricos. Además, existe aún menos información disponible sobre las movilizaciones a lo interno de la RMG, pues si bien es sabido que diariamente muchas personas se movilizan hacia la Ciudad de Guatemala desde las llamadas ciudades dormitorio, no se pudo encontrar información detallada al respecto.

Se identificó que la RMG tiene una gran diversidad de actores relacionados al agua, de forma directa e indirecta. A pesar de esto, no hay un liderazgo que aglutine en un frente común los esfuerzos por la conservación del recurso, lo cual puede obedecer a la misma diversidad de actores y a los consecuentes intereses particulares ligados al agua.

Para fortalecer la gobernanza del recurso hídrico (en materia de calidad de agua, saneamiento, conservación de áreas de recarga, etc.), se debería priorizar trabajar en conjunto con actores públicos a nivel local (p.ej. municipalidades y consejos de desarrollo). Esto es debido a que es con este grupo de actores con los que sería más factible obtener resultados positivos (p.ej. políticas a nivel local sobre recurso hídrico).

En los municipios de San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, Mixco, San José Pinula y Fraijanes la actividad económica principal es la agricultura, lo cual supone una gran presión al agua, además de suplir la demanda de consumo para los casi 4 millones de habitantes de la RMG, y las necesidades industriales que son especialmente altas en los municipios de Guatemala, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Amatitlán.

Dentro de los municipios de la zona bajo estudio existen más de 25 ríos además del lago de Amatitlán que, si bien pudieran funcionar como fuentes y embalse para distribución de agua respectivamente, los altos niveles de contaminación han convertido dicha red hídrica en vertederos de aguas servidas de origen doméstico e industrial.

La pérdida de cobertura forestal es un problema presente en siete de los municipios, siendo el municipio de Guatemala el más afectado durante el período 2006-2010, llegando a una pérdida neta 1,473.21 ha de bosque; seguido del municipio de Amatitlán, con una pérdida de 1,247.67 ha. La mayoría de dicha pérdida ha sido para dar paso al crecimiento urbanístico, dejando relegados los bosques a las áreas de alta pendiente y a las pocas áreas protegidas principalmente. En muchos casos, el bosque es reemplazado por áreas de construcción, que es el cambio de uso más radical en cuanto a alterar el ciclo hidrológico.

Dentro de la RMG, hay 7,686 ha identificadas como áreas protegidas bajo distintas categorías de manejo siendo las categorías de Reserva Protectora de Manantiales y de Parques Nacionales las que cuentan con mayor área, representando más del 50% del área total protegida.

Referente a la gestión de residuos, el municipio de Guatemala es el que tiene más información al respecto, donde el 85% de la recolección de la basura está a cargo por una institución ajena a la Municipalidad. Mientras que para el resto de los municipios la información es escasa, mencionando que en algunos casos existen trenes de aseo y algunos vertederos. A pesar de esto, la información respecto sobre el destino final de la mayoría de dichos desechos es incierta.

Según el resultado obtenido a través del modelaje del balance hídrico, la oferta hidrológica anual actual, en términos de recarga es de 140 millones de m³ para el área metropolitana sin tomar en cuenta las subcuencas Xayá y Pixcayá. Pero esto no representa un beneficio directo al abastecimiento de agua en la RMG, ya que el agua que se aprovecha de estas subcuencas es agua superficial.

El río Villalobos y sus ríos tributarios se caracterizan por ser vertederos de aguas residuales domiciliarias e industriales para el lago de Amatitlán, a la vez son sumideros de desechos sólidos en toda su extensión, dándole características de calidad de aguas residuales y no aptos para la presencia de vida acuática.

Se logró obtener información de tarifas de agua, administración del sistema municipal, empresas privadas, para todos los municipios, con información secundaria consultada, la visita a las 12 municipalidades y entrevista a personas encargadas del agua; aunque las visitas y entrevistas no se contemplaron en el plan de trabajo aprobado para este proyecto. Esta información se estableció en anexos I de este documento.

La relación explotación de acuíferos (502.3 millones de m³) y recarga disponible (alrededor de 139.8 millones de m³), se puede determinar que el régimen hidrológico en lo que a explotación de acuíferos se refiere se encuentra en déficit por alrededor de 362.5 millones de m³. Esto sin tomar en cuenta el aporte significativo en alimentación de los acuíferos que tienen las microcuencas subterráneas y el intercambio de flujos entre los pocos afluentes superficiales al agua subterránea de la región, lo cual compone la reserva del acuífero general, sin embargo, de igual manera es una cifra de explotación alarmante. Esta es la explicación del por qué el nivel de agua o nivel freático de los pozos mecánicos ubicados en el área registra descenso anual de varios metros según su ubicación.

En el año 2011 para las cuencas ubicadas al noreste de la región, Los Ocotes, Teocinte y Las Cañas, se registró descenso del nivel freático de promedio 9 m anuales en los últimos 10 años de monitoreo. Para las cuencas Villalobos y Amatitlán, conformadas por los pozos del sistema Ojo de Agua y Diamante, con un descenso en nivel freático del acuífero de un metro anual en el registro realizado desde años 1978 a 1996.

La situación de sobreexplotación de acuífero de la RMG es alarmante, y debido a factores que afectan el cambio climático tales como aumento en temperatura, menor cantidad de precipitación, uso del suelo con recubrimiento de materiales impermeables, no colaboran en lograr efectiva la recarga disponible para los acuíferos. Un estudio terminado en el segundo semestre de 2017 indicó que se esperan reducciones en el rendimiento hídrico de las subcuencas de un 26% para la década de 2060 tanto en la RMG como en su área de influencia.

Del último proyecto de EMPAGUA, sistema de pozos Emergencia I, de los 34 pozos iniciales, algunos se encuentran fuera de operación, 3 pozos en el área de Canalitos por conflictos con los habitantes del sector, 2 pozos por daños en los equipos, 1 pozo por recuperación de acuífero y 1 pozo por calidad del agua.

El sistema de pozos de EMPAGUA presenta una serie de riesgos debido a factores externos como deforestación e impermeabilización en zonas de recarga, impermeabilización del valle de la ciudad y áreas vecinas, aumento de la demanda de agua, lo que conlleva el aumento de la explotación de los acuíferos y la inestabilidad en el servicio de suministro de energía eléctrica.

Es necesario contar con información puntual recopilada de los pozos mecánicos existentes, no solo para las empresas que suministran agua, sino de los pozos privados de desarrollos urbanísticos e industriales, con el objeto de modelar aspectos de consumo (caudal de explotación por pozo), nivel de agua y ubicación, esto idealmente tabulado por municipio para relacionarlo con datos de microcuencas con que ya se cuenta.

CAPÍTULO II: PRESIONES SOBRE EL RECURSO HÍDRICO Y MEDIDAS PARA ABORDARLAS

6. INTRODUCCIÓN

Esta sección contiene un análisis de las principales presiones sobre el agua y los recursos naturales relacionados y partió de las conclusiones del capítulo anterior. Para llevarlo a cabo, se desarrollaron consultas a actores clave de la Región Metropolitana y del área de influencia a través de talleres y entrevistas. Se realizaron dos talleres, uno dirigido a las municipalidades (gobierno local) y otro, un taller multisectorial, dirigido a los sectores gubernamental, privado, academia y organismos internacionales. Aparte de validar las presiones identificadas en el diagnóstico, las consultas ayudaron a la identificación de medidas para combatir dichas presiones.

En el caso del taller dirigido a las municipalidades, participaron seis de las 12 municipalidades que integran la RMG: Amatitlán, Chinautla, Mixco, San José Pinula, San Miguel Petapa y Villa Nueva. Las demás municipalidades no pudieron participar y, aunque algunas habían confirmado, no asistieron.

Entre las diversas organizaciones de los sectores gubernamentales, privado, academia y organismos internacionales, que participaron en el denominado taller multisectorial, destaca la presencia de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) (encargada de dotar los servicios de agua potable y alcantarillado para la Ciudad de Guatemala) y de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (quienes son un actor importante que tiene estrecha vinculación con las municipalidades de Amatitlán, Mixco, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Villa Canales, Villa Nueva).

Otros aportes importantes para esta sección fueron la información (mediante entrevistas) de dos actores con presencia en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá, así como la realización (por parte del equipo consultor) de un análisis general de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en relación a los resultados de los citados talleres. El contenido de este capítulo fue la base para el análisis multi-criterio y, por ende, para la priorización de medidas que forman parte del Plan de Conservación de la FUNCAGUA.

7. PROCESO METODOLÓGICO

Esta sección presenta cómo la información generada en los talleres y entrevistas fue analizada y utilizada para validar las presiones sobre el recurso hídrico e identificar las medidas que forman parte del Plan de Conservación.

7.1. METODOLOGÍA PARA EL TALLER DIRIGIDO A GOBIERNOS MUNICIPALES

Se celebró un taller para conocer la opinión de las municipalidades de la RMG sobre las presiones sobre el recurso hídrico, y potenciales medidas para combatirlas. De las 12 municipalidades que componen la RMG, en el taller se contó con la participación de seis de ellas. El Cuadro 35 proporciona información sobre las municipalidades que fueron invitadas al taller y las que participaron en el mismo.

Cuadro 35. Participación de los actores en los talleres realizados.

Actor invitado	Participación
Guatemala	No ²⁸
Mixco	Sí
Villa Nueva	Sí
Villa Canales	No
Chinautla	Sí
Amatitlán	Sí
San Miguel Petapa	Sí
San José Pinula	Sí
Santa Catarina Pinula	No
Fraijanes	No
San Juan Sacatepéquez	No
San Pedro Sacatepéquez	No

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la metodología planteada en el taller, se realizó una dinámica grupal denominada “agua para todos”, el objetivo de esta actividad fue representar lo complicado que resulta administrar una cuenca colectivamente, especialmente cuando no se sabe quiénes son todos los usuarios, para afrontar los retos comunales de la gestión del recurso hídrico. Adicionalmente se realizó una actividad de Mapeo Participativo, tomando como base el conocimiento y las percepciones de los participantes, y obteniendo un diagnóstico breve de los elementos presentes en las unidades administrativas de los participantes. Finalmente se definieron las medidas para la conservación del agua para cada municipio (p.ej. actividades, regulaciones, etc.).

A continuación, se describe la agenda del taller (Cuadro 36), además, se detalla la metodología de cada uno de estos puntos. Las cartas enviadas como invitación al taller y el listado de participantes se muestran en los Anexos.

Cuadro 36 Agenda del taller dirigido a municipalidades para identificar presiones y posibles soluciones para el recurso hídrico.

Actividad	Tiempo	Encargado
Bienvenida y presentación	15 minutos	Carlos Cifuentes
Presentación de Conceptos generales	10 minutos	Onelia Xicay
Dinámica	30 minutos	Onelia Xicay
Presentación FUNCAGUA y Plan de conservación	15 minutos	Onelia Xicay Y Juan Carlos Godoy
Mapa participativo de conflictos	1 hora	Carlos Cifuentes

²⁸ La municipalidad de Guatemala no participó en este taller, pero sí tuvo participación indirecta en el taller multisectorial, celebrado el 23 de mayo de 2017, a través de la presencia de EMPAGUA en el mismo.

asociados al agua y matriz de soluciones	Más 20 minutos de presentación	Oscar Núñez
Cierre del evento	10 minutos	Manuel Basterrechea

A. Bienvenida

Bienvenida al evento
Presentación de los presentes

B. Presentación de conceptos generales sobre Hidrología/hidrogeología

Presentación básica enfocada en dar a conocer aspectos teóricos generales ligados a cuencas, hidrología e hidrogeología, a fin de trabajar en la construcción de propuesta destinadas a la gestión integral del recurso hídrico.

C. Dinámica: Uno para todos

Se realizó una dinámica grupal, a fin de demostrar la relación existente entre los diversos actores del agua dentro de una unidad administrativa, ya sea a nivel municipal, de cuenca o regional, a fin de evidenciar la complejidad existente al compartir un recurso limitado como el agua y de cómo el hacer consensos representa un gran reto en la administración del recurso.

Metodología: Los participantes tomaron el rol de diferentes usuarios de agua (agrícola, industrial, domiciliar, distribuidores, etc.), se realizaron grupos con al menos 6 integrantes, luego en grupo, se trasladaron de un punto a otro un recipiente lleno de agua, sorteando diferentes retos que simularán los obstáculos encontrados dentro de la gestión del recurso agua. La idea fue, representar lo complicado que resulta administrar una cuenca colectivamente, especialmente cuando no se sabe quiénes son todos los usuarios y de cómo actuar de forma conjunta para afrontar los retos comunales de la gestión del recurso hídrico.

Alcances

- ✓ Demostrar que existe relación entre los diversos usuarios del recurso agua dentro de una misma área administrativa como la cuenca o la municipalidad.
- ✓ Representar lo complejo que pueden ser las relaciones entre usuarios del agua.
- ✓ Llegar a un consenso, donde se demuestre que el trabajo conjunto facilita la obtención de resultados.

Desarrollo de la Dinámica

- a) Se asignaron letreros a los participantes que los identifiquen como usuarios de agua: usuario domiciliar, agrícola, industrial, ganadero, recreación, transporte, hidroeléctrica, paisaje, caudal ecológico, etc.
- b) Se amarraron los lazos de cada usuario a la banda elástica colocada en el recipiente con agua.
- c) Se dibujó en el piso un río o cuenca con una cuerda.

- d) Se identificaron comunidades a lo largo de la cuenca (a fin de intercambiar el recipiente con agua en cada comunidad).
- e) Se colocaron cuatro obstáculos dentro de la cuenca: sequía, inundación, contaminación, escasez. Se propone sequía: una cuerda donde las personas tengan que pasar por arriba; inundación: una cuerda donde las personas tengan que pasar por abajo; contaminación: un camino en zigzag; escasez: una cortina de papel u otro material que los participantes deban traspasar.
- f) Se armaron grupos de seis personas aproximadamente.
- g) Cada participante identificó una forma de usar agua dentro de la cuenca.
- h) Se inició en la parte alta de la cuenca, y se pidió al primer grupo que tomen las cuerdas del recipiente con agua y atraviesen el primer obstáculo, para luego pasar el recipiente al grupo de la comunidad 2 y así sucesivamente hasta llegar al océano.
- i) La dinámica concluyó con una reflexión.

Materiales y equipo

- ✓ Una lata de frutas o similar, con agua hasta el 75% de su capacidad.
- ✓ 8 piezas de cordón o rafia de aproximadamente 90 cm
- ✓ Una banda elástica
- ✓ Lazos de 2 metros de largo
- ✓ Sillas
- ✓ Papel para formar una cortina atada a una cuerda
- ✓ Tape o masking tape
- ✓ Marcadores

D. Presentación FUNCAGUA

Se realizó una presentación de la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala, donde a los participantes se les proporcionó información sobre la FUNCAGUA, sus objetivos y la relación esperada con los participantes en el taller.

E. Mapeo participativo

Tomando como base el conocimiento y percepciones de los participantes, se realizó un diagnóstico breve de los elementos presentes en sus unidades administrativas: ubicación y uso de los recursos naturales, infraestructura existente, áreas productivas, áreas conflictivas, focos de amenazas (detallando problemas).

Desarrollo de la actividad

Se dividió a los participantes en 4 grupos de trabajo que estarán a cargo de un facilitador del evento; formando grupos de 5 personas, para ser un total de 20 participantes.

El moderador explicó a todos los grupos el objetivo y la metodología a seguir, se les informó que dispondrán de 30 minutos hora para realizar el ejercicio.

Materiales y equipo necesarios

Mapa base de la RMG con los 12 municipios de interés.

Marcadores de color azul-negro-rojo-verde

Papelógrafo

Lapiceros

El mapa base deberá de incluir:

- El límite del área de estudio que corresponde a los 12 municipios priorizados.
- Algunos poblados principales.
- Las carreteras y algunos caminos secundarios.
- Los principales cuerpos de agua.
- Cobertura forestal
- Límites de las cuencas.

F. Construcción de las medidas de manejo de cuenca

Esta actividad parte del trabajo realizado a nivel de grupo dentro del mapeo participativo. Se usó como base la información generada y se comparó con las características de la cuenca. Se identificaron las actividades y/o regulaciones necesarias que pudieran llevarse a cabo en las diferentes zonas de la cuenca o en los municipios.

Alcance

Se identificaron las actividades que potencialmente pudieran dar solución a los problemas identificados en el mapeo, el cual sirva de base para elaborar un plan integral de gestión del recurso hídrico.

Desarrollo de la actividad

Cada grupo realizó el llenado una matriz, en donde se debía proponer actividades tentativas que puedan dar solución a las problemáticas identificadas en el mapeo participativo, que, además, se complementaron con las siguientes preguntas:

Conflicto/amenaza	Solución	¿En dónde?	¿Qué se necesita?	Entidades responsables
○	○	○	○	○

Presentación de los resultados

Un representante de cada grupo, con el apoyo del resto de los integrantes, presentó los resultados, exponiendo las problemáticas identificadas, así como las medidas propuestas.

G. Cierre del evento y conclusiones

H. Almuerzo



Figura 59 Fotografías de la actividad del taller dirigido a municipalidades (Gobierno Local).

Arriba Onelia Xicay en la presentación de conceptos generales sobre Hidrología/hidrogeología, abajo Juan Carlos Godoy en la presentación de FUNCAGUA.

Fuente: Carlos Cifuentes.

7.2. METODOLOGÍA PARA EL TALLER MULTISECTORIAL

Al igual que el taller dirigido a municipalidades, este taller estaba orientado a ser un aporte para la validación de presiones sobre el recurso hídrico, y la identificación de medidas para combatirlas, a través de consultas realizadas a actores de diversos sectores. Entro los actores participantes, había representación de los sectores gubernamentales (a nivel nacional), privado, academia y organizaciones internacionales. El cuadro 37 presenta información sobre los participantes en el citado taller, así como otros actores que fueron invitados y no asistieron al mismo.

Cuadro 37 Participación de los actores en los talleres realizados.

Sector	Actor invitado	Participó
Gobierno	SEGEPLAN	No
	MARN	Sí
	INSIVUMEH	Sí
	INAB	Sí
	AMSA	Sí
	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur	Sí
	CONAP	Sí
Internacional	PNUD	No
Academia	IARNA	No
Internacional	WWF	Sí
Municipal	EMPAGUA	En representación de Municipalidad de Guatemala
Academia	USAC-ERIS	No
	Universidad Mariano Gálvez	Sí

	Universidad Galileo	No
Privado	AquaCorp	Sí
	CNEE	Sí
	AGEXPORT	Sí
	Agua Mariscal	No
	Pozos Agua Viva	No
	CBC	Sí

Fuente: Elaboración propia.

El taller se realizó en el Hotel Conquistador, Ciudad de Guatemala y se llevó a cabo de 8:30 a 11:50 a.m. del 23 de mayo de 2017.

A continuación, se describe cada uno de los puntos en la agenda de este taller, que se muestran en el cuadro 38. Las cartas enviadas como invitación al taller y el listado de participantes se muestran en los Anexos.

Cuadro 38 Agenda del taller multisectorial para identificar de presiones y posibles soluciones del recurso hídrico.

Actividad	Tiempo	Encargado
Bienvenida y presentación	15 minutos	Óscar Núñez
Presentación de FUNCAGUA	30 minutos	María José Iturbide
Presentación de la Caracterización de la RMG	45 minutos	Onelia Xicay
Formulación de causas efectos y construcción de medidas como solución	1 hora	Todos los participantes
Presentación de los resultados y cierre del evento	30 minutos	Todos los participantes.

Fuente: elaboración propia.

A. Bienvenida

Bienvenida al evento a cargo del representante de la Fundación Defensores de la Naturaleza, Óscar Núñez, seguido de la presentación de FUNCAGUA.

B. Presentación FUNCAGUA

María José Iturbide, Directora Ejecutiva de la FUNCAGUA, llevó a cabo esta sección, en donde se proporcionó información sobre la FUNCAGUA, sus objetivos y la relación esperada con los participantes en el taller.

C. Presentación de la caracterización de la RMG

Se presentó un diagnóstico breve de la Región Metropolitana de Guatemala: ubicación de los municipios y microcuencas priorizados, contexto de la RMG y presencia y aprovechamiento de los

recursos naturales, infraestructura existente, áreas productivas, áreas conflictivas, focos de amenazas (detallando problemas y potenciales soluciones).

Se dividió a los participantes en 4 grupos y se procedió a explicar la metodología de trabajo, cada grupo tuvo a cargo el desarrollo de uno de los cuatro temas siguientes:

- Inseguridad económica del agua.
- Seguridad del agua para uso doméstico.
- Agua en zonas urbanas.
- Agua y Ambiente.

Dichos temas están estrechamente relacionados a la situación del recurso hídrico de la RGM, y para cada uno se analizaron las causas y efectos de los problemas identificados, así como las medidas para mitigar dichos problemas.

E. Presentación de los resultados y cierre del evento

Un representante de cada grupo, con el apoyo del resto de los integrantes, presentó los resultados, exponiendo las problemáticas identificadas, así como las medidas propuestas.



Figura 60 Fotografías de la actividad del Taller (Multisectorial).

Fuente: Carlos Cifuentes.

7.3. ENTREVISTAS A ACTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA, SUBCUENCAS DE XAYÁ Y PIXCAYÁ

Puesto que el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá es un área importante para la provisión del recurso hídrico en la RMG, como parte del acercamiento a actores se visitaron algunos actores del área. Con el fin de tener un contexto de las acciones ejecutadas y planificadas allí, se entrevistó a dos de los actores principales del área. Estos actores son la Asociación Civil Ambiental de Xayá (ACAX) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Por parte de la ACAX se entrevistó al presidente, el Ingeniero Marvin Tomás, y en UICN se

entrevistó al Ingeniero Carlos Rosal, Oficial Regional para Mesoamérica, y la Ingeniera Patricia Alvarado, directora de la Alianza Estratégica para Conservación de la Fundación Simbiosis (organización ligada a UICN en el área). En las entrevistas se consultó sobre las acciones y proyectos que se han ejecutado en esta subcuenca en temática de agua y restauración de paisajes y sobre los proyectos que se tienen planificados. Tanto a UICN como a ACAX también se les solicitó que realizaran sugerencias sobre algunas acciones que en el futuro FUNCAGUA podría llevar a cabo en el área.

7.4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL FODA

Partiendo de los resultados de los talleres celebrados (municipalidades y multisectorial), se procedió al análisis general de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas sobre el manejo y gestión del recurso hídrico en la RMG. El análisis se llevó a cabo por parte del equipo consultor para la elaboración del Plan de Conservación de la FUNCAGUA. El contenido de este análisis es la base para el análisis multi-criterio y, por ende, para la priorización de medidas que serán planteadas en el Plan de Conservación de la FUNCAGUA.

8. RESULTADOS DEL TALLER DIRIGIDO A GOBIERNOS LOCALES (MUNICIPALIDADES) EN EL CONTEXTO DEL PLAN DE CONSERVACIÓN

Esta sección se compone de dos subsecciones, la primera aborda la descripción de presiones e impactos, y la segunda la de medidas y respuestas. Más allá de simplemente mencionar los resultados del taller en lo que respecta a las presiones e impactos, la sección relaciona estos resultados con la información que ya había sido recopilada con anterioridad (durante la fase de diagnóstico), proporcionando, por ende, información más relevante de cara a la elaboración del Plan de Conservación y de la propia FUNCAGUA.

8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRESIONES DE IMPACTOS

Las municipalidades representadas (Amatitlán, Chinautla, Mixco, San José Pinula, San Miguel Petapa y Villa Nueva) indicaron que uno de los principales problemas observados sobre el recurso hídrico es la decreciente oferta de este, debido fundamentalmente a la disminución de los niveles freáticos de los acuíferos (que es el principal suministro del recurso en la RMG). Si bien esta fue una respuesta de los participantes del taller, la disminución de la oferta hídrica es un impacto que es debido a la presencia de diversas presiones²⁹. Los acuíferos de los que se abastece la RMG presentan un déficit promedio anual de 362.5 millones de metros cúbicos -la explotación de acuíferos promedio es de 502.3 millones de metros cúbicos, mientras la recarga disponible es de 139.8 millones de metros cúbicos- (IARNA-URL y TNC, 2012). Además, en el taller se indicó que solo se monitorea los niveles freáticos de los pozos y no se realiza monitoreo de calidad de agua, y, asimismo, los pozos no reciben mantenimiento preventivo (únicamente se sustituye el equipamiento cuando estos fallan).

La contaminación de las fuentes superficiales de agua es otra presión que varias municipalidades (Amatitlán, San Miguel Petapa Y Villa Nueva) mencionaron en el taller. Asimismo, y asociado a esto, municipalidades como Chinautla indicaron la falta de tratamiento de aguas residuales, lo cual contribuye a empeorar la calidad del recurso hídrico. Al igual que como se indicó en el párrafo

²⁹ En la sección 10 (validación de presiones) se aborda este aspecto con mayor grado de detalle.

anterior, la contaminación de las fuentes de agua es un impacto que es debido a algunas presiones (el ejemplo más claro es la anteriormente mencionada falta de tratamiento de aguas residuales)³. En este sentido, dos de los principales ríos de la RMG, las Vacas y Villalobos, están fuertemente contaminados (Coló, 2016; AMSA, 2016; UICN-Mesoamérica, 2011); según AMSA (2016), el río Villalobos transporta 1.5 millones de toneladas de sedimento al año, y su caudal 2,500 litros por segundo, se compone fundamentalmente de aguas residuales. Además, el río Villalobos es el principal afluente del Lago de Amatitlán (el mayor reservorio natural de agua en la RMG), por lo que estos problemas de contaminación están presentes también en dicho cuerpo de agua. Por su parte, la capacidad actual de las plantas de tratamiento existentes en la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur no es suficiente, para el volumen de aguas residuales que se generan en su territorio -360,000 metros cúbicos diarios- (IARNA-URL y TNC, 2013). Por todo ello, el agua superficial no es normalmente usada para consumo humano, disminuyendo la oferta hídrica en la RMG e incrementando la presión sobre los acuíferos.

Otro tipo de presión que se indicó en el citado taller es la falta de reglamentos (p.ej. plan de desarrollo municipal para el manejo del recurso hídrico, regulación sobre el uso del agua, etc.) o la deficiencia de los reglamentos existentes y/o su implementación. Solo tres de los municipios de la RMG (Guatemala, Santa Catarina Pinula y Fraijanes) tienen reglamentos municipales para el uso del agua. En Guatemala, además de a nivel municipal, la legislación y normativa en el régimen del agua se encuentra dispersa en los Ministerios (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación) y sus respectivas delegaciones departamentales, así como, en otras entidades gubernativas como SEGEPLAN. También existen reglamentos para el manejo del recurso hídrico dentro de la RMG. Por ejemplo, la regulación de los acuerdos entre EMPAGUA y varios pozos privados para la explotación del recurso, y la creación de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur y la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA).

En el taller también se observó que la extensión del área urbana y su expansión son una importante presión sobre el recurso hídrico en la RMG. Esto está fuertemente vinculado al crecimiento poblacional. Asimismo, los fenómenos anteriores causan la pérdida de cobertura forestal, lo cual, en última instancia, es una presión sobre el recurso hídrico. Según GIMBUT (2012) los municipios de la RMG con mayor pérdida de cobertura forestal entre 2006 y 2010 son: Guatemala (1,473.21 ha), Amatitlán (1,247.67 ha), San José Pinula (960.66 ha), Villa Canales (648.72 ha) y Villa Nueva (619.56 ha); en el citado taller los representantes de las municipalidades de Amatitlán y San José Pinula indicaron directamente que una presión importante sobre el recurso hídrico era la deforestación. Respecto al crecimiento poblacional, según INE (2016), los que presentan una mayor tasa son: San Miguel Petapa (3.56 %), San José Pinula (2.95 %), Villa Canales (2.42 %), Villa Nueva (2.19 %) y Amatitlán (1.98 %); de los municipios anteriores, a excepción de Villa Canales (que no participó en el taller) y San Miguel Petapa (a pesar de ser el que presenta la tasa de crecimiento poblacional más alta), todos indicaron en el taller que el crecimiento poblacional y/o el crecimiento urbano, eran presiones importantes sobre el recurso hídrico.

Otra presión que surgió en el taller es que la tarifa municipal sobre el consumo de agua es inferior al costo para la provisión del recurso (captación, tratamiento, distribución, etc.)³⁰. Según INE

³⁰ En el cuadro 5 se encuentran las presiones desde el punto de vista de las municipalidades participantes en el taller, en donde se puede observar aquellas relacionadas a ingresos (o pagos de los usuarios) insuficientes para la provisión del recurso.

(2015), varias municipalidades (Amatitlán, Chinautla, Fraijanes, Mixco, San José Pinula, San Juan Sacatepéquez, San Miguel Petapa, San Pedro Sacatepéquez, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva) subsidian el costo de operación y mantenimiento de agua; únicamente la municipalidad de Guatemala indicó no subsidiar este servicio³¹. Según los participantes en el taller dirigido a municipalidades, las tarifas tampoco cubren el costo de tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, se desconoce la relación existente entre el costo total y cuanto se recauda por la provisión del recurso en las municipalidades de la RMG; únicamente se conoce, para el caso de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA en el municipio de Guatemala, que la tarifa del agua el cobro por metro cúbico (USD\$ 0.39)³² es menor al costo asociado (USD\$ 0.42)³³.

Las presiones anteriores fueron aquellas que más actores mencionaron en el taller. Tanto estas como otras presiones sobre el recurso hídrico indicadas por las municipalidades, se recogen en el Cuadro 39³⁴.

Cuadro 39 Presiones (P) e impactos (I) sobre el recurso hídrico, tomando como base la información proporcionada por las municipalidades participantes en el taller celebrado el 19 de mayo de 2017.

Amatitlán
<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la cobertura forestal, se han perdido 1,247.67 ha del 2006 al 2010. Una de las principales presiones es el aumento de la población (índice de crecimiento poblacional 1.98). (P) - No se tiene monitoreo actual de los nacimientos que tiene el municipio. (P) - Insostenibilidad en el abastecimiento de agua por la municipalidad, el sistema de agua municipal no se da abasto. (P) - Conflictos ligados a legislación, inexistencia o poca aplicación de esta. (P) - Reglamento de agua desactualizado y obsoleto. (P) - Falta de pago por el servicio de agua de muchos usuarios. (P) - Falta de conciencia por parte de los usuarios sobre los costos y el valor del agua. - Falta de monitoreo de las fuentes (cantidad y calidad). (P) - Crecimiento demográfico descontrolado del municipio. (P) - Ingresos económicos insuficientes en las instituciones vinculadas al monitoreo, control y manejo del agua (insuficiente personal). (P) - Falta de cooperación interinstitucional (Municipalidades, ONG y Gobierno Central). (P) - Mala calidad del agua del lago de Amatitlán que no permite el uso de agua para actividades domésticas, ni consumo humano, sino únicamente para algunas actividades como la agricultura. (I) - Reducción en la producción de pozos: Uno de los pozos redujo su producción en un 41% en cuatro años. (I)
Chinautla
<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de la cobertura boscosa debido al cambio de uso de la tierra (pérdida de 261 ha de 2006 al 2010), incendios y quema de basureros clandestinos. Del total del territorio del

³¹ Esta información ha sido proporcionada en un evento posterior (taller multisectorial para la identificación de presiones y medidas celebrado el 23 de mayo de 2017 en la Ciudad de Guatemala).

³² Para un consumo de 20 metros cúbicos.

³³ Esta información se amplía en los Anexos.

³⁴ En algunos casos la información presentada en el cuadro 5 se complementa con algunos datos del diagnóstico.

<p>municipio el 13 % está urbanizado y el 22 % destinado a alguna actividad agrícola. Incremento de la erosión debido a las presiones anteriores. (P)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carencia de un programa de incentivos que contribuya a prevenir la erosión y propiciar la recarga hídrica. (P) - Descontrol y nulo tratamiento de las descargas de agua residuales. - Reducción de la recarga hídrica. (P) - Desaprovechamiento del agua de lluvia. (P) - Tarifas por servicio de agua menores a los costos de operación. (P) - No existe control o regulación por el uso industrial del agua. (P) - No hay suficiente inversión en educación ambiental. (P) - Falta de implementación de técnicas de prevención de incendios forestales. (P) - No se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales. Ningún alcalde quiere asumir el costo político de subir las tarifas al agua potable. (P)
San José Pinula
<ul style="list-style-type: none"> - Reglamentos municipales existentes requieren mejoras y actualización. (P) - La parte de educación ambiental de la municipalidad está débil. (P) - Las áreas bajo propiedad privada presentan altas tasas de deforestación, debido al desarrollo inmobiliario. El municipio presenta una tasa de deforestación anual del 0.41 (GIMBUT, 2013). Una de las principales razones de ello es el desarrollo de complejos habitacionales, el crecimiento poblacional anual es de 2.95 % (INE, 2016), uno de los más altos del departamento de Guatemala. (P) - Las tarifas de agua potable no están ajustadas a los costos de operación, mantenimiento y conservación. (P) - Falta de trabajo en conjunto entre vecinos, Municipalidad, INAB, y MARN a través de la unidad de Medio Ambiente y Riesgo. (P) - De la red de pozos, dos ya se secaron completamente, mientras que el resto presenta reducciones significativas de caudal. (P)
San Miguel Petapa
<ul style="list-style-type: none"> - Influencia negativa de los ríos Villalobos, Pinula y Platanitos, dado que llegan contaminados con los desechos de otros municipios. (P) - Un alto porcentaje del municipio está urbanizado. Según GIMBUT (2012) el municipio presenta un 59% de extensión urbana. (P) - Los pozos de abastecimiento presentan reducción en sus niveles freáticos. (P)
Mixco
<ul style="list-style-type: none"> - Es un municipio que presenta un alto crecimiento poblacional y urbanístico. Sin embargo, la deforestación no es una presión importante, en el período del 2006 al 2010 se perdieron únicamente 471 ha, y el municipio presenta una tasa de cambio anual positiva de 0.57 (GIMBUT, 2012). (P) - El tipo la geología del área condicionan la recarga de los mantos acuíferos en algunas zonas específicas. Más de la mitad del territorio del municipio está en categoría de recarga hídrica baja. (P) - La municipalidad no se da abasto para el mantenimiento, monitoreo y control de los 98 pozos municipales registrados, por la falta de recursos técnicos y económicos. (P) - Sobre aprovechamiento del agua subterránea y por ende disminución de los niveles freáticos (se han creado abundantes pozos mecánicos privados). Se indicó que los siguientes presentan reducción de caudal (I):

<ul style="list-style-type: none"> ○ Dos pozos en la zona 11, y cinco pozos en las zonas 1 y 10. ○ Aproximadamente 20 pozos en la zona 8. ○ Varios pozos cercanos al río Salayá en zona 6 (se desconoce el número de pozos). ○ Un pozo en Lo de Fuentes zona 11.
Villa Nueva
<ul style="list-style-type: none"> - El plan de desarrollo municipal, elaborado con el apoyo de SEGEPLAN en el año 2010, requiere ser actualizado. (P) - Poca información científica existente y actualizada de monitoreo. (P) - Falta de un Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio. (P) - Baja producción de caudales de los pozos en la región Central y Norte del municipio, por la sobreexplotación del recurso y/o características hidrogeológicas presentes en la zona; el régimen de recarga es menor que la tasa de explotación de los acuíferos (IARNA-URL y TNC, 2013). (P) - Impermeabilización debido a expansión de las zonas urbanas. (P) - Las personas no quieren que sea medido el consumo real de agua a través de contadores (muchos de los líderes que se oponen a estas iniciativas son propietarios de inmuebles en alquiler). (P) - Morosidad en el pago de la tarifa municipal de agua (aunque se incrementó de Q.25 a Q.75 mensuales, dicha falta de pago implica que no sé cubran los costos de operación y mantenimiento). (P) - Todos los ríos presentan un alto grado de contaminación (p.ej. río Platanitos, río Villalobos,...). (I) - Escasez de agua, puesto que ésta es estadísticamente insuficiente para cubrir las necesidades de la población del municipio. (I)

Fuente: Elaboración propia.

8.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS Y SOLUCIONES IDENTIFICADAS POR LAS MUNICIPALIDADES

Las municipalidades afrontan conflictos por el agua, principalmente relacionados a la mala calidad y escasez de la misma, respondiendo con medidas a muy corto plazo. Sin embargo, sí tienen un conocimiento general de las soluciones a largo plazo.

Entre las medidas más comunes identificadas por las municipalidades están, entre otras, la implementación de plantas de tratamiento para aguas residuales, programas de reforestación y restauración, y alternativas para el aprovisionamiento de agua, como es la captación de agua de lluvia.

Los representantes del gobierno local (municipalidades) que participaron en el taller, manifestaron la necesidad de llevar a cabo educación ambiental para la población, industrias, y comercios. Se identificó que la educación ambiental es un componente transversal de sensibilización, que ayudaría a crear conciencia sobre la importancia del uso eficiente del agua, así como sobre el valor y costo del recurso. Se indicó la importancia de sensibilizar en temáticas que requieran cierto nivel de aceptación por parte de los usuarios del agua, en especial aquellas vinculadas al pago de tarifas por el uso del recurso.

Algunas medidas identificadas para el conjunto de la RMG son:

- Mejorar el ciclo de recuperación de la recarga hídrica.
- Identificar y trabajar en las zonas de riesgo natural y las antrópicas.
- Plantear un proyecto piloto para la reutilización del agua mediante tecnología integral.
- Implementar acciones y estrategias para aprovechar de forma más eficiente el agua superficial, como por ejemplo alternativas para transvasar el agua de una cuenca a otra.
- Identificar como necesidad tener un elemento integrador, de manera que las poblaciones no converjan en un objetivo en común.
- Elaborar propuestas de alternativas innovadoras y eficientes en la captación y uso del agua, que promueva la visión de obtener otras fuentes de agua, por ejemplo, técnicas de cosecha de agua de lluvia y reutilización de aguas grises, con el fin de reducir el aprovechamiento de las fuentes subterráneas.
- Elaborar propuestas técnicas acompañadas de un incremento gradual en las tarifas, a manera de poder pagar las inversiones. Es importante contar con un equipo técnico, que se ocupe de atender los temas prioritarios. “No hacer lo que nos gusta sino lo que nos toca hacer” comentó uno de los participantes al taller.
- Aprovechar la oportunidad que presentan algunas instituciones como INSIVUMEH, AMSA, EMPAGUA, USAC, entre otros, para restablecer y/o rehabilitar las estaciones hidrometeorológicas que están sin funcionamiento actualmente.
- No atenerse a la publicación de la ley general de aguas para la regulación del aprovechamiento del agua, sino tomar decisiones y acciones para gestionar y manejar el recurso hídrico a corto plazo desde la autoridad local.
- Promover el cumplimiento de normas existentes para el correcto manejo y reutilización de aguas residuales.

Por su parte, el Cuadro 40 presenta las medidas identificadas por cada una de las municipalidades, clasificadas según los ámbitos ambiental, social, económico, político-institucional y legal.

Cuadro 40 Medidas identificadas por las municipalidades participantes en el taller celebrado el 19 de mayo de 2017.

Ámbito/ Municipio	Ambiental	Social	Económico	Político-Institucional	Legal
Amatitlán	Incentivos forestales. Crear sistemas de captación de agua pluvial.	Sensibilización en la población con el fin de lograr la valoración del agua.	Conseguir un pago justo por el servicio del agua.	Creación e implementación de un POT. Establecimiento de alianzas público-privadas. Actualizar el registro y monitoreo de las fuentes subterráneas del municipio para conocer las causas de la reducción del caudal en cada una.	Aplicación de la legislación vigente. Actualizar las normas vinculadas al uso del agua y promover el cumplimiento de la regulación y leyes.
Chinautla	Establecimiento de bosques energéticos. Monitoreo de bosques naturales.		Construcción de embalses y demás estructuras de captación de agua de lluvia. Implementación de un programa de incentivos (p.ej. PINPET, PROBOSQUE, PSA, créditos de carbono, etc.).	Establecimiento de plantas de tratamiento municipales.	
Mixco	Implementar programas de reforestación.	Programas de educación ambiental.		Solicitar al Ministerio de Salud que audite la calidad del agua.	Mejor implementación de las leyes existentes.

	Implementar programas de conservación de suelos.			Integración activa de los COCODES al mejoramiento de la calidad del agua. Creación de una dirección de conservación de suelo y agua. Mejorar el trabajo conjunto entre la Municipalidad de Mixco, MSPAS, MARN y CONAP.	
San José Pinula	Reforestación en áreas afectadas por la explotación de madera.	Educación sobre el uso del agua potable. Establecer un plan integrador para la conservación del agua, que contemple el trabajo en equipo de instituciones, gubernamentales, no gubernamentales, gubernamentales, sector privado y vecinos del municipio.		Verificar la aprobación de un reglamento para perforación de nuevos pozos mecánicos privados.	Actualización del reglamento del uso del agua potable acorde a requerimientos actuales.
San Miguel Petapa	Mejorar la gestión local de la recarga	Concientización y educación	Mejorar el manejo de las tarifas de agua	Mejor regulación de las licencias de construcción,	Aplicación del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

	<p>hídrica, a través de reforestaciones, separación y uso del agua pluvial.</p> <p>Sistemas de tratamiento de agua.</p> <p>Mejorar las exigencias de las herramientas ambientales.</p>	<p>ambiental.</p> <p>Restringir cantidad de agua por vivienda, distribución equitativa, contadores.</p>	<p>potable mediante concientización sobre el costo que representa hacer llegar el agua hasta los hogares, eficiencia y uso razonable del agua.</p>	<p>que incluyan áreas verdes y áreas de conservación.</p> <p>Elaboración de un POT con mayor restricción a la industria.</p> <p>Trabajar integralmente con municipalidades cuenca arriba con la creación de una mesa intermunicipal.</p> <p>Creación de una Policía Municipal Ambiental.</p>	<p>Implementación del Plan Maestro de Amatitlán.</p>
Villa Nueva	<p>Controlar y mejorar el tratamiento del agua residual de las industrias en la zona.</p> <p>Acciones encaminadas a mejorar el agua superficial.</p>	<p>Concientización respecto a la importancia y valor del agua.</p>	<p>Implementación de contadores de agua al 100 por ciento de residencias, para garantizar un cobro acorde al consumo real.</p>	<p>Plan de Desarrollo Municipal.</p> <p>Desarrollo y aplicación de un POT.</p>	<p>Aplicación de normativos existentes.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en información del taller multisectorial.

9. RESULTADOS DEL TALLER MULTISECTORIAL SOBRE EL AGUA (SECTOR GOBIERNO, PRIVADO, ACADEMIA, ORGANISMOS INTERNACIONALES)

Se realizó un taller enfocado a los sectores gobierno (a nivel nacional), privado, academia y organismos internacionales para conocer su punto de vista sobre las presiones al recurso hídrico en la RMG, y las medidas para combatirlas. Se contó con la participación de 26 personas de 22 instituciones (ver sección metodológica de este documento).

Como punto de partida se utilizaron los siguientes cuatro temas en el taller: inseguridad económica del agua; seguridad del agua para uso doméstico; agua en zonas urbanas; y agua y ambiente. Los participantes del taller proporcionaron información sobre presiones y medidas relacionadas con cada uno de estos temas.

9.1 INSEGURIDAD ECONÓMICA DEL AGUA

El concepto de Inseguridad Económica del Agua (Economic Water Insecurity - EWI) fue introducido por primera vez a nivel global en la Evaluación Comprensiva de la Gestión del Agua en la Agricultura, por parte del International Water Management Institute (IWMI, 2007).

La inseguridad económica del agua es la escasez de este bien, debido a que el capital humano, institucional y financiero limitan su acceso, a pesar de que exista la disponibilidad por naturaleza, para satisfacer las necesidades humanas (Ballesteros et al., 2015).

Considerando lo anterior, se puede decir que en la Región Metropolitana de Guatemala, existe inseguridad económica del agua, debido principalmente a la mala gestión de este bien y a la falta de infraestructura para garantizar el abastecimiento equitativo del agua a la población y para limpiar el agua servida, además de la presión ejercida en el área por el constante crecimiento poblacional.

El agua se ha considerado un bien renovable, y como lo establece la Constitución, un bien común. Sin embargo, en Guatemala no todos los ciudadanos tienen acceso adecuado a este bien, aunque mundialmente sea reconocido como un derecho humano. Esto por muchas razones, entre ellas, la divergencia de interés de grupos sectoriales, esfuerzos duplicados, falta de educación, cultura y conciencia por el aprovechamiento adecuado del agua, así como la existencia de empresas privadas proveedoras de agua que establecen altos costos (Ballesteros et al., 2015).

Los elementos descritos en el párrafo anterior repercuten en: i) la pérdida de competitividad del país; ii) el desconocimiento de la situación del recurso por parte de la población en general y algunos sectores; iii) el deterioro ambiental y la disminución del acceso a los medios de vida; y, iv) conflictos con las comunidades e ingobernabilidad.

El Cuadro 41 resume las presiones identificadas en el taller multisectorial bajo la temática anteriormente descrita, así como las posibles medidas o respuestas para solucionar la problemática.

Cuadro 41 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “Inseguridad económica del agua”, según los participantes del taller celebrado el 23 de mayo de 2017.

Inseguridad económica del agua	
Presiones/Problemas	Medidas/Respuestas
- Debilidad del marco jurídico integral a diversos niveles.	- Fortalecimiento del marco técnico-jurídico (tomando como ejemplo leyes funcionales, como la ley de electricidad). - Crear unidades de planificación locales.
- Desconocimiento del valor económico del agua. - Incertidumbre respecto a la disponibilidad, acceso, calidad, oferta y demanda de agua.	- Establecer una agenda de investigación hídrica (academia, MARN, MAGA; MSPAS, INAB, INFOM).
- Inexistencia de un ente que regule estos tres temas.	- Crear un ente regulador de la Seguridad Hídrica en la región

Fuente: Elaboración propia con base en la información del taller.

9.2 SEGURIDAD DEL AGUA PARA USO DOMÉSTICO

La seguridad hídrica de este tipo se refiere a la capacidad de una población de garantizar el acceso del agua en cantidad y calidad para ser utilizada en actividades domésticas.

Se ha identificado que el acceso del agua para fines domésticos se ve afectada por las siguientes presiones: 1) el crecimiento desordenado de la urbanización; 2) impermeabilización de áreas de recarga (cambio de uso de la tierra); 3) incremento de demanda del agua y disminución de oferta per cápita (racionamiento de agua); 4) la falta de aplicación de normativo de ocupación urbana (asentamientos); 5) desconocimiento y falta de mantenimiento y protección de los pozos (infraestructura deteriorada y dañada); y 6) gestión aislada del recurso por parte de las municipalidades. Las presiones anteriores provocan: la mala calidad del agua que se consume, lo cual a su vez causa problemas de salud; la mala distribución del recurso hídrico por la cual numerosos usuarios carecen de acceso continuo al recurso; y la existencia de fugas en la red de distribución, según Guzmán (2011), estimadas en 40% en base a lo que se conoce del poco monitoreo existente.

El Cuadro 42 sintetiza las presiones identificadas bajo esta temática, así como las posibles medidas o respuestas para solucionar dichas problemáticas.

Cuadro 42 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “Seguridad del agua para uso doméstico”.

Seguridad del agua para uso doméstico	
Presiones/Problemas	Medidas/Respuestas
- Falta de aplicación de normativas sobre ocupación urbana.	- Establecimiento de una Ley de aguas.
- Disminución de la oferta hídrica per cápita - Impermeabilización de áreas de recarga hídrica por el cambio de uso de la tierra.	- Incentivos para garantizar la restauración en áreas de recarga hídrica.

<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la demanda del agua - Crecimiento urbanístico desordenado 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías para reutilización del agua. - Tecnologías para captar agua de lluvia. - Tecnologías para un uso más eficiente del agua a nivel domiciliario
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conocimiento de los acuíferos y falta de mantenimiento y protección de los pozos (infraestructura deteriorada y dañada) 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis y estudio de pozos (planificación y mantenimiento). - Monitoreo de pozos.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de una visión que estimule el trabajo integrado entre actores para el manejo del recurso hídrico. 	

Fuente: Elaboración propia con base en la información del taller.

9.3 RÉGIMEN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ZONAS URBANAS

Uno de los aspectos más importantes para el abastecimiento de agua es la gobernabilidad del recurso³⁵. La gobernabilidad del agua en la RMG supone un reto debido a que no existe cultura de pago por el recurso y los usuarios desconocen el costo real del agua. Por lo anterior, los ingresos por la provisión del servicio en la RMG (cobrados a través de las tarifas municipales) son inferiores a sus costos (IARNA-URL y TNC, 2013; INE, 2015; Benavides, 2013)³⁶. Además la gobernabilidad del agua, se ve afectada por, entre otros factores, la falta de una legislación integral reguladora, y la falta de monitoreo o actualización para el control de los acuíferos y demás fuentes de agua.

Lo anterior provoca el desperdicio por falta de valoración del agua, renuencia al potencial pago, carencia, reducción de horas y frecuencia de dotación en zonas residenciales, falta de control en el uso y regularización del agua para los diferentes usos: industrial, residencial, y agrícola; y falta de información útil para la toma de decisiones.

El Cuadro 43 resume las presiones identificadas bajo esta temática, así como las posibles medidas o respuestas para solucionar la problemática.

Cuadro 43 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “agua en zonas urbanas”.

Agua en zonas urbanas	
Presiones/Problemas	Medidas/Respuestas
<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de normas dispersas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de una ley de aguas.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de tarifas ambientales e incentivos ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar tarifas que cubran el costo de aprovechamiento y tratamiento.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de educación ambiental que permita el cobro de una tarifa real del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir el tema de educación ambiental a nivel nacional, desde el MINEDUC. - Proveer de más información al usuario.
<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento poblacional y por ende, incremento de la demanda del recurso 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías para almacenamiento de agua de lluvia (reservorios).

³⁵ “La gobernabilidad del agua hace referencia al rango de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que se establecen para desarrollar y manejar los recursos hídricos y el suministro de agua en los diferentes niveles de la sociedad” (GWP, 2002).

³⁶ Ver Anexos para más información sobre las tarifas cobradas por el agua en la RMG.

<p>hídrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hay alternativas de abastecimiento de agua a futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar infraestructuras de captación existentes.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de ordenamiento territorial. - Debilidad en organización e institucionalidad sobre el recurso hídrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitar a las municipalidades en el manejo del recurso hídrico. - Crear un Instituto Técnico del Agua.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de monitoreo continuo de fuentes de abastecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actualizar estudios. - Llevar registros.
<ul style="list-style-type: none"> - Dispersión de esfuerzos relacionados con el agua: IARNA, ICC, INE, TNC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Articular esfuerzos.

Fuente: Elaboración propia con base en la información del taller.

9.4. ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA.

Los participantes en el taller indicaron que las presiones sobre el recurso hídrico en la RMG, desde la perspectiva ambiental, pueden ser clasificadas en tres grupos: la contaminación de ríos; el aumento de la tasa de deforestación por cambio de uso de la tierra; y la desconfianza en el sector público.

La principal causa de la contaminación del agua superficial y subterránea de la RMG está relacionada con el insuficiente tratamiento del agua residual, debido tanto, a la falta de responsabilidad y conciencia, como al hecho que esto representa una gran inversión. Sin embargo, el resultado de no hacer esta inversión se refleja en la morbilidad y mortandad en la población por enfermedades gastrointestinales. Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2016), las enfermedades transmitidas por agua y alimentos comprenden enfermedad diarreica, hepatitis viral, intoxicación alimentaria, rotavirus, fiebre tifoidea y disentería; el grupo de edad principalmente afectado por estas enfermedades son los menores de 5 años. Para el departamento de Guatemala se presentaron 59,900 casos de estas enfermedades en el 2014, y 61,476 casos en el 2015 (MSPAS, 2016). Las diarreas se ubican en las primeras 10 causas de morbilidad y mortalidad a nivel de país (MSPAS, 2016).

Asimismo, en la RMG no existe una visión a largo plazo para garantizar un ambiente sano, no hay acciones sobre un elemento integrador como el agua a través del territorio de cuenca; no existe una estructura educativa para sensibilizar a la población; y hay una falta de aplicación de la legislación existente. Sumado a todo lo anterior, se debe contemplar la amenaza que representa el cambio climático.

Además, el sistema político-institucional actual del país no propicia la coordinación entre jurisdicciones municipales, por el contrario, la falta de credibilidad tanto hacia el gobierno central como las delegaciones departamentales y municipales, causa ingobernabilidad y poca participación ciudadana, en temas que, como éste, son de gran importancia.

Los efectos del inadecuado uso de los bienes naturales, y el ambiente en general, se perciben como aumento de escorrentía superficial, deslizamientos, y deterioro de los ecosistemas. Además, se incrementan las afecciones de salud, debido a que no se cumple con los parámetros de calidad de agua.

La síntesis del análisis de presiones y medidas o respuestas relacionadas a esta temática se presenta en el Cuadro 44.

Cuadro 44 Descripción de presiones y medidas referente a la temática “agua y ambiente”.

Agua y ambiente	
Presiones/Problemas	Medidas/Respuestas
<ul style="list-style-type: none"> - Variabilidad climática - Falta o escaso de trabajo en el manejo integrado de las cuencas. - Deforestación e incendios forestales - Minería y otros usos de la tierra causantes de la deforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar medidas de infraestructura verde/gris.
<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del recurso hídrico por falta o escaso tratamiento del mismo. Sin embargo, se requiere de una elevada inversión para revertir esta situación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar el cobro adecuado por el uso del recurso hídrico, en aras de la sostenibilidad del recurso.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de legislación sobre el agua - Desconfianza del sector público. Falta de coordinación entre jurisdicciones municipales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de la normativa sin excepciones.
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de educación ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar programas de sensibilización y educación.

Fuente: Elaboración propia con base en la información del taller.

10. VALIDACIÓN DE PRESIONES E IMPACTOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA

Tomando en cuenta la opinión de las municipalidades participantes en el taller celebrado el día 19 de mayo de 2017 y la opinión de los actores (representantes de los sectores gobierno, privado, academia y organismos internacionales) participantes en el taller multisectorial celebrado el 23 de mayo de 2017, las principales presiones (P) e impactos (I) sobre el recurso hídrico en la RMG están relacionadas a: la contaminación del recurso hídrico (I); la disminución de la oferta hídrica (fundamentalmente los niveles freáticos de los acuíferos) (I); la expansión del área urbana y el crecimiento poblacional (P); la pérdida de cobertura forestal (P)³⁷; la falta de normativas sobre el recurso hídrico y/o la debilidad de las existentes (P); y el insuficiente pago de los usuarios del agua en relación al costo del recurso (P).

Existe relación entre las distintas presiones citadas en el párrafo anterior, y por ende sobre sus efectos o impactos hacia el recurso hídrico. Los principales impactos son debido a una o varias presiones sobre el recurso hídrico, por ejemplo: i) la disminución de la oferta hídrica sucede como consecuencia de, entre otras presiones, el crecimiento poblacional y el mal manejo del recurso; y ii) la contaminación del recurso hídrico es, fundamentalmente, causada por la falta de tratamiento de aguas residuales y el mal manejo de desechos sólidos, entre otras presiones. Asimismo, el crecimiento poblacional implica, normalmente, una expansión del área urbana y por ende una

³⁷ Aunque puede ser visto también como un impacto de, por ejemplo, el crecimiento poblacional.

mayor presión sobre los recursos forestales, y agrava el problema de la contaminación de los cuerpos de agua (debido al mal manejo del recurso, y la falta de reglamentos efectivos, que causan que las aguas residuales sean vertidas a estos sin ser tratadas). A su vez, la pérdida de cobertura forestal (y vegetal) implica una menor infiltración, y por lo tanto una menor recarga de los acuíferos, así como una mayor contaminación de los cuerpos de agua superficiales con sedimentos resultantes de la erosión.

Las presiones e impactos mencionados con anterioridad son las mismas que se resaltaron en la sección 8.1 (en donde se presentan los resultados de las presiones surgidas en el taller dirigido a representantes municipales). Ello, como se argumenta en dicha sección, ya habían sido identificadas durante la fase de diagnóstico del Plan de Conservación. Dicha sección, además de resaltar tales presiones e impactos, proporciona información del diagnóstico, que evidencia la importancia de estas. Por su parte, en el taller multisectorial, coincide con las presiones e impactos. Por todo ello, se considera que las citadas presiones e impactos son los más importantes (y recurrentes)³⁸, y el Plan de Conservación pretenderá ser un instrumento que guíe el trabajo para combatirlos.

Por último, y aunque no haya surgido en los eventos descritos en esta sección, el cambio climático representa una presión a futuro (aunque con implicaciones ya en el presente) sobre los recursos hídricos de la RMG. De no tomar acciones, el cambio climático tendrá implicaciones negativas en términos de cantidad de agua en épocas secas, y un incremento de la erosión severa y los deslaves en épocas muy lluviosas o con eventos extremos. Es crucial, por lo tanto, tomar en cuenta el cambio climático como una presión importante sobre el recurso hídrico, en conjunto con el resto de las presiones mencionadas con anterioridad.

11. ENTREVISTAS REALIZADAS A ACTORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS SUBCUENCAS XAYÁ Y PIXCAYÁ

El territorio hidrológico de las subcuencas Xayá y Pixcayá representa gran parte del área de influencia de la RMG, ya que de este territorio proviene más del 60 por ciento de agua superficial que es administrada por EMPAGUA. Por ello se hizo un acercamiento a actores de esta área, la información descrita en este ítem fue obtenida con base en entrevistas realizadas a representantes de la Asociación Civil Ambiental ACAX y la Unión para la Conservación de la Naturaleza UICN.

De acuerdo con lo discutido con las organizaciones antes mencionadas, se pudo observar que las principales presiones en el área de influencia son la deforestación, el aumento de población y por ende aumenta la demanda de agua de los ríos Xayá y Pixcayá, así como el volumen de vertido de desechos sólidos y líquidos a estos ríos.

A continuación, se presentan las acciones que se han ejecutado y las que se tienen planificadas por parte de ACAX y UICN, en las subcuencas de Xayá y Pixcayá, así como, las medidas que estos actores identificaron para el futuro trabajo de FUNCAGUA en el área. Por último, en los Anexos se muestra el contenido de ambas entrevistas y, además, se sintetiza información sobre otros actores que tienen presencia en dicha área de influencia (según los entrevistados).

³⁸ De todos modos, el resto de presiones identificadas en este documento pueden ser útiles para consulta y referencia, que ayuden a guiar futuras operaciones de la FUNCAGUA.

11.1. ACCIONES EJECUTADAS POR LA ASOCIACIÓN CIVIL AMBIENTAL, XAYÁ (ACAX) EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS SUBCUENCAS XAYÁ Y PIXCAYÁ.

La Asociación ACAX, fue creada en el año 2007 en respuesta a la contaminación de los ríos por los vertidos de aguas servidas en Tecpán a partir de la organización de varios actores de la cuenca del río Xayá, partiendo de la asesoría del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva y Agroalimentaria -PARPA- entidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- a través del Programa Piloto de Apoyos Forestales Directos –PPAFD. También apoyó un grupo promotor conformado por instituciones como INAB y CONAP, y otros actores como la organización indígena SOTZ’IL, la Asociación para el Desarrollo y Saneamiento Ambiental ADSA, EMPAGUA y CATIE, con el fin de trabajar para el manejo adecuado de aguas residuales, específicamente de la proveniente de la municipalidad de Tecpán.

El trabajo que ACAX realiza desde su inicio, se enfoca en la protección y conservación del agua, principalmente con reforestación y restauración. Inicialmente el área de trabajo era la subcuenca Xayá, pero actualmente se trabaja también en Pixcayá.

Asimismo, la asociación llevó a cabo actividades de conservación del astillero municipal de Tecpán, ya que de este proviene el abastecimiento del agua de Tecpán. El astillero tiene 32 caballerías, se inició con reforestación a través de un proyecto con CATIE, en donde se capacitó al guardabosque y se realizó un plan maestro del astillero.

Los principales proyectos implementados en el área se enlistan en el Cuadro 45.

Cuadro 45 Acciones ejecutadas por ACAX en el área de influencia.

Nombre Proyecto	Donante	Inició y fin
Fortalecimiento de la cogestión para la conservación y restauración del Parque Regional Municipal Astillero de Tecpán Guatemala. (Zona de recarga hídrica de las cuencas de los ríos Madre Vieja, Motagua y Coyolate)	FCA	2011 y 2012
Fortalecimiento de las capacidades locales /comunitarias para la recuperación de la Cobertura Forestal y el uso sostenible de las fincas de las familias de la cabecera de la microcuenca del río Xayá.	Asociación TIKONEL	15/06/2013 al 30/07/2014
Asistencia técnica, capacitación y actividades de Manejo de Bosque natural con fines de protección, manejo de regeneración natural con fines de restauración pasiva, Establecimiento de Plantaciones Forestales, y Sistemas Agroforestales con fines de restauración activa en las microcuencas de los ríos Xayá Alto y Pacorrall en el departamento de Chimaltenango y mantenimiento de las áreas el año 2014 y desarrollo de planes de manejo. (Convenio No. G-GUA-240315ACAX).	TNC/FEMSA COCA-COLA	01/06/2015 al 30/12/2015
Asistencia técnica, capacitación y actividades de Manejo de Bosque natural con fines de protección, manejo de regeneración natural con fines de restauración pasiva, Establecimiento de Plantaciones Forestales, y Sistemas Agroforestales con fines de restauración activa en las	TNC/FEMSA COCA-COLA	15/07/2016 al 30/12/2016

microcuencas de los ríos Xayá Alto y Pacorrall en el departamento de Chimaltenango y mantenimiento de las áreas el año 2014 y desarrollo de planes de manejo. (Convenio No. G-GUA-240315ACAX).		
--	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de ACAX.

Además, ACAX ha tenido la visión de promover un pago por servicios ambientales, por ello ha realizado algunas actividades que incluyen visitas al acueducto Xayá-Pixcayá y la planta Lo de Coy, además, se ha dado un acercamiento con técnicos de EMPAGUA e intentos de reunión con el alcalde de la Municipalidad de Guatemala en el 2010, pero sin éxito. La solicitud que en su momento se tenía a esta municipalidad fue de ayuda económica para la implementación de una planta de tratamiento, esta planta tenía un lugar destinado en la finca Molino Helvetia, después del paso del río Xayá, por el centro urbano de Tecpán. Ha trabajado la conservación de bosques, restauración, reforestaciones, conservación de suelos, educación ambiental. Además, se ha intentado que el proyecto de la planta de tratamiento con el apoyo de la municipalidad de Tecpán. La idea era que la ACAX ejecutara la planta de tratamiento, a través de la búsqueda de fondos, y la municipalidad como solicitante de gobierno local, como solicitante.

La ACAX, ha descrito la siguiente planificación de acciones.

- Actualizar plan estratégico.
- Dar seguimiento al programa de educación ambiental.
- Búsqueda de proyectos para captación de agua de lluvia
- Hacer una comparación de la cobertura de bosques naturales de 2006 con la cobertura actual, hacer una dinámica.
- Formular un plan más interactivo con la gente.
- Identificación de zonas de recarga para priorizar áreas.

11.2. ACCIONES EJECUTADAS POR LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN) EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS SUBCUENCAS XAYÁ Y PIXCAYÁ.

La UICN, se encuentra realizando algunas acciones en dicha área de influencia; a manera de antecedente se menciona que UICN buscó un territorio para replicar el modelo de éxito de manejo de cuenca que realizó en San Marcos. Se evaluaron cinco mancomunidades y algunos territorios para aplicar el modelo, pero se eligió Xayá y Pixcayá por la importancia que tiene para abastecimiento de agua a la Ciudad de Guatemala.

En este territorio lo que UICN busca a largo plazo es conformar una plataforma de trabajo conjunto, con participación de gobierno local, gobierno central, sector privado, organizaciones y sociedad civil. La plataforma debe de trabajar con una visión clara y metas en común, y servirá para: fortalecer el capital social y político de todos los actores, a través de acuerdos de consenso y la creación de normas; promover sistemas de incentivos para la conservación de la cobertura forestal y agroforestal; y reducir la contaminación de las aguas superficiales.

Las subcuencas Xayá y Pixcayá son llamadas por UICN como territorios hidrológicos, que en algunos meses corresponde a más de 34 % de abastecimiento de agua que administra EMPAGUA.

Además, según declararon, hay un proyecto de agua en bloque que se ha agregado al caudal que llega a la planta lo de Coy, con agua subterránea en Chimaltenango.

La asociación SIMBIOSIS es el apoyo ejecutor de UICN para trabajar en las subcuencas Xayá y Pixcayá, esta asociación se originó en el 2012 con programas de reforestación, se empezó en Zaragoza con 35 mil árboles de diferentes especies.

Actualmente se ha conformado la alianza ambiental que une sus esfuerzos para restauración y reforestación en este territorio, conformada por UICN, Cementos Progreso, Fundación SIMBIOSIS, ANAM, CARE La Fundación del Bosque Tropical, las Municipalidades de Zaragoza, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, la Mancomunidad Mankaqchikel, la asociación civil ACAX, agropecuaria Pachoj, el INAB, el Movimiento At Tzuj, CONAP, MARN, grupos de jóvenes ECOSINERGIAS y Movimiento Agua y Juventud, y reforestando Guatemala. Esta alianza tiene como objetivo la gran campaña de reforestación 2013-2017; con el propósito de contribuir a la restauración del paisaje forestal e incrementar los bienes y servicios ecosistémicos de ambas subcuencas.

La alianza ambiental Xayá en la actualidad cuenta con 33 miembros, y el fin principal es unir esfuerzos para promover la restauración forestal en Xayá y Pixcayá, que se ha deforestado en la última década por presión del crecimiento poblacional.

En 2017 se hizo un estudio completo para incidencia política, también para gestión de riesgos. También se tiene un estudio de la proyección de los beneficios de la restauración forestal. Lo pueden compartir para hacer alguna intervención.

Por otro lado, UICN cree que EMPAGUA debería tener su propio fondo, UICN no quiere fondos, quiere apoyo político para EMPAGUA, para buscar una estrategia para contar con fondos financieros para mejorar la calidad y cantidad del agua proveniente de Xayá y Pixcayá. EMPAGUA requiere ayuda para restaurar las cuencas que abastecen, pero no cuenta con recursos financieros, y se debe tener una estrategia financiera para ello. Ya que el acueducto Xayá-Pixcayá es muy importante y actualmente es muy complejo y complicado planificar y ejecutar otro complejo como este, su conservación debe ser un tema estratégico.

Las acciones de UICN para lograr las bases para un futuro mecanismo de pago por servicios ambientales en Xayá-Pixcayá han sido los siguientes:

- Incidencia política, UICN ha tenido reuniones con el Gerente General de EMPAGUA, Fredy Guzmán, entre otros directores, y se ha percibido el interés que EMPAGUA tiene ante este tema.
- Para hacer conciencia de la importancia del agua en la Ciudad de Guatemala está la carrera por el agua.
- Educación ambiental en línea de colegios de la Ciudad.
- Iniciativa de ley para crear la autoridad, la que se desarrolla posteriormente.
- Valoración económica, para mostrar la dinámica a futuro, además de las presiones del cambio climático y población.
- Los alcaldes de Zaragoza, Santa Polonia y San Juan Comalapa, han conocido la experiencia de PSA de Brasil, en 2016. (Estos alcaldes fueron a Brasil y también el alcalde de una ciudad de Brasil, con experiencia en PSA vino a Guatemala).

Por último, mencionar que UICN tiene planificación de ejecutar las siguientes acciones:

- En la Microcuenza Zancán hacer reforestación en el astillero; los primeros años se reforestó en Santa Apolonia, ahora ya no, por cambio de autoridad, pero se espera seguir trabajando en este municipio.
- Reforestación en la aldea Pachoj en Zaragoza y algunas comunidades en San Juan Comalapa.
- Continuar con el trabajo de educación ambiental pero apoyada con otras asociaciones e instituciones, así como las municipalidades de San Juan Comalapa, Tecpán y Zaragoza.
- Iniciar actividades de reforestación con la municipalidad de Patzicía y Patzún.
- Festival del Agua, este año (04/08/2017) por segunda ocasión, en Zaragoza.
- Carrera de agua por el futuro, con el apoyo de la Cervecería Centroamericana, que por 3 años han apoyado la carrera y 5 módulos de capacitación a los voluntarios; apoyan en divulgación, y el personal de la Cervecería participa en la carrera y corre, saben lo que están apoyando.
- Marcha y feria con escuelas, con niños área de juego, juegos educativos, un juego de memoria, tiro al blanco, los niños pagan el derecho a cada juego con ecoladrillos, y estos servirán para construir un salón en la escuela de Zaragoza.
- Con la organización mundial Entreprenural Action Us –Enactus- de la URL, se ha iniciado el desarrollo de proyectos empresariales de jóvenes y mujeres emprendedoras.
- Como parte de las áreas de conservación de recarga hídrica, se pretende desarrollar 3 parques ecoturísticos. Con el fin de utilizarlos como miradores, para yoga, sendero, y demás fines de recreación

11.3. MEDIDAS IDENTIFICADAS PARA LA FUNCAGUA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS SUBCUENCAS XAYÁ Y PIXCAYÁ.

Desde el punto de vista de ACAX y UICN, la FUNCAGUA debería llevar a cabo las siguientes actividades en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá (Cuadro 46).

Cuadro 46 Medidas identificadas para la FUNCAGUA en el área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de financiamiento para proyectos de captación de agua de lluvia en comunidades aledañas al río Xayá y Pixcayá. • Estudio de los Efluentes, Afluentes y su influencia en la cantidad y calidad de agua en los ríos Xayá y Pixcayá. • Reforestación en la aldea Pachoj en Zaragoza y algunas comunidades en San Juan Comalapa. • Apoyar a programas de sensibilización y educación ambiental a las municipalidades de San Juan Comalapa, Tecpán y Zaragoza. Esto en conjunto con las instituciones y asociaciones del área. • Iniciar actividades de reforestación con la municipalidad de Patzicía y Patzún. • Participar en el Festival del Agua que UICN celebra en Zaragoza. • Apoyar la Carrera de agua por el futuro, que se realiza en la Ciudad de Guatemala como iniciativa de la Asociación Simbiosis. • Promover el desarrollo de parques ecoturísticos. Con el fin de utilizarlos como miradores, para yoga, sendero, y demás fines de recreación. |
|--|

Fuente: Elaboración propia con información de ACAX y UICN.

12. MEDIDAS IDENTIFICADAS Y PRIORIZADAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL ANÁLISIS MULTI-CRITERIO

Como parte de la elaboración del Plan de Conservación se efectuó un análisis multi-criterio de las medidas identificadas por varios tipos de actores en la Región Metropolitana. El documento respectivo forma parte de los anexos. Éste permitió priorizar las líneas de trabajo y las medidas que han sido tomadas en cuenta para el plan. A continuación, se listan dichas líneas estratégicas en orden descendiente de prioridad y se incluyen las medidas y algunas consideraciones que resultaron del estudio. Las personas que participaron en el análisis multi-criterio corresponden a cuatro diferentes grupos: miembros del comité técnico de la FUNCAGUA, funcionarios de organizaciones de gobierno, funcionarios municipales y académicos.

Las líneas estratégicas contenidas en el Plan de Conservación incluyen las cinco medidas que se listan a continuación. Sin embargo, no se presentan con el mismo nombre porque se consideró más adecuado usar términos que permitieran un enfoque más integral e incluir algunos aspectos que no surgieron en las consultas para el análisis multi-criterio pero que sí son prioridad para la FUNCAGUA y/o que son recomendados por las instituciones que elaboraron el plan. El orden de prioridad de las medidas (en orden descendiente) sí se mantuvo en el plan.

12.1 PRIORIDAD 1: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Esta línea estratégica probablemente obtuvo la prioridad más alta porque existen muchas incógnitas sobre el estado de los recursos hídricos y de las cuencas de la RMG. Seguidamente se listan los temas que fueron señalados como más importantes de abordar dentro de la línea estratégica. En el Cuadro 47 se describen algunas actividades y medidas puntuales que resultaron de los talleres de consulta.

- Agua subterránea
- Zonas de recarga hídrica
- Estaciones de medición meteorológicas e hidrológicas
- Reservorios y uso del agua del lago de Amatitlán

Cuadro 47. Actividades y medidas para la línea estratégica de investigación y desarrollo

Actualizar el estudio hidrogeológico realizado en 1978.
Investigar sobre recarga natural y artificial de acuíferos, a partir del nuevo mapa a escala 1:50,000.
Investigar sobre las variaciones de los niveles freáticos.
Investigar sobre el diseño de reservorios y obras de retención de agua en barrancos y otros sitios dentro y cercano de la RMG.
Investigar el reúso del agua del lago de Amatitlán.

Investigar sobre los volúmenes de aprovechamiento del agua y su huella hídrica, en sectores diferentes a los de consumo humano.

12.2 PRIORIDAD 2: INFRAESTRUCTURA VERDE (PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSEA)

Bajo esta línea estratégica, que inicialmente se pensó que sería la que tendría la más alta prioridad, se definieron las siguientes tres áreas de intervención y algunas consideraciones resultantes.

Áreas con cobertura arbórea y arbustiva bajo protección

Estas áreas son conservadas por municipalidades, como La Cerra en San Miguel Petapa; privados, con y sin formar parte de la Asociación de Reservas Naturales Privadas y por las organizaciones no gubernamentales como Fundaeco, Fundación Defensores de la Naturaleza, entre otras. FUNCAGUA debería formalizar convenios con todas las entidades que están conservando las áreas con cobertura arbórea y arbustiva en la RMG, a manera de fortalecer sus capacidades y reducir sus amenazas. El CONAP podría formar parte de esta alianza.

Áreas con cobertura arbórea y arbustiva, sin protección

Estas áreas por no tener ningún tipo formal de protección por parte del CONAP, pero sí por el INAB, FUNCAGUA puede ser un mediador entre estos propietarios y el INAB a fin de establecer la posibilidad de que estas áreas puedan beneficiarse de los incentivos para la recuperación y protección de la cobertura forestal que son parte de PROBOSQUE. Además, en los futuros Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de las municipalidades de la RMG, debiera incluirse en la zonificación de las áreas de recarga, algunos criterios para garantizar la infiltración del agua, entre otras medidas. Hay un ofrecimiento verbal de parte de la Municipalidad de Guatemala de apoyar la elaboración de los POTs en el resto de las municipalidades de la RMG y que FUNCAGUA podría apoyar.

Hay aún extensiones considerables con cobertura arbustiva de propiedad privada. Por ejemplo, entre la carretera a Muxbal y la carretera a Villa Canales hay una franja, con partes de café. FUNCAGUA podría contactar a los propietarios privados para cofinanciar los estudios que identifiquen zonas de recarga y medidas para favorecer la infiltración.

Las municipalidades de la RMG podrían poner a disposición sus áreas verdes, incluyendo barrancos, que en su mayoría no están siendo utilizadas, para implementar la infraestructura verde y también la gris (diques, pequeños reservorios). La Municipalidad de Guatemala ofreció verbalmente poner a disposición sus áreas verdes y barrancos.

Cuadro 48. Actividades y medidas para la línea estratégica de infraestructura verde

Incidir en las ONG's que coadministran AP y RNP, continúen su labor de restauración, reforestación y conservación.
Incidir en personas y empresas privadas para que restauren, reforesten o conserven sus bosques o con cobertura vegetal.

Incidir en que las Municipalidades conserven la cobertura forestal y arbustiva en sus ejidos (áreas verdes y barrancos) o que permitan que entidades privadas o ONG's lo hagan.
Adquirir terrenos en las zonas de recarga hídrica con/sin cobertura que aún existen para restaurarlos, reforestarlos o conservarlos, respectivamente.

12.3 PRIORIDAD 3: INFRAESTRUCTURA GRIS

La infraestructura gris es fundamental para el manejo integrado del agua porque éste requiere de captación, conducción, almacenamiento, tratamiento antes y después del uso, distribución y disposición del agua. Muchos lugares, a pesar de contar con abundantes recursos hídricos, sufren de escasez debido a la carencia y/o administración adecuada de la infraestructura. Aunque eso es responsabilidad del gobierno, especialmente los municipales en el caso de la provisión de agua domiciliar y saneamiento, la FUNCAGUA podría jugar un papel facilitador a través de la investigación, desarrollo y planificación de las obras.

Cuadro 49. Actividades y medidas para la línea estratégica de infraestructura verde

Incidir en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales y en la adecuada O&M
Incidir en la construcción de reservorios y obras de retención de agua, luego de estudios previos, en terrenos privados y municipales.

12.4 PRIORIDAD 4: CAPACIDADES, EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

FUNCAGUA, a través de convenios, apoyará a las municipalidades, mancomunidades, entidades del sector público y privado en el fortalecimiento de la gestión integrada de los recursos hídricos. En el **Cuadro 50** se presentan algunas sugerencias puntuales.

Cuadro 50. Actividades y medidas para la línea estratégica de capacidades, educación y sensibilización.

Fortalecer las capacidades en la GIRH de la Mancomunidad de la Gran Ciudad del Sur, AMSA, Municipalidades y otros actores interesados.
Fortalecer las capacidades para la realización de POT, en las municipalidades, facilitando el intercambio de experiencias, a manera que incluyan la zonificación de las áreas de recarga hídrica, entre otros criterios.
Fortalecer las capacidades para el cobro de tarifas escalonadas, en todas las municipalidades, facilitando el intercambio de experiencias exitosas.

Fortalecer la formación de regentes forestales en las OFM y personal de la oficina de licencias y de otras dependencias de las municipalidades, a manera de ampliar los reglamentos de construcción, para incluir la recarga hídrica en áreas verdes, el uso de materiales semipermeables, reúso del agua, entre otros
--

Fortalecer la educación formal en todos los niveles sobre la GIRH.
--

12.5 PRIORIDAD 5: MARCO REGULATORIO Y ORDENANZAS

Los resultados del trabajo de la FUNCAGUA en cuanto a la investigación, monitoreo e insumos de la participación de distintos públicos en eventos de sensibilización y educación pueden servir de base para definir algunos aspectos del marco regulatorio (nacional y municipal) y ordenanzas. De esta manera se puede contribuir a fortalecer la gobernanza del agua. Como se aprecia en el siguiente cuadro, se hicieron tres sugerencias puntuales en cuanto a esta temática.

Cuadro 51. Actividades y medidas dentro de las cinco líneas estratégicas priorizadas

Proponer e incidir en regulaciones que impulsen el modelo de tarifas escalonadas y ordenanzas municipales, incluyendo el reglamento de construcción.
Incidir en la promulgación de Ley de Aguas que contempla canon de aprovechamiento y vertidos entre otros.
Incidencia para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, el Código Municipal y el Código de Salud.

CAPÍTULO III:
PLAN DE CONSERVACIÓN DEL
AGUA DE LA REGIÓN
METROPOLITANA DE
GUATEMALA

13. INTRODUCCION

Este capítulo contiene el Plan de Conservación de la FUNCAGUA y está estructurado en varias secciones que responden a dos componentes principales. El primero sintetiza el Análisis Multi-criterio con Medidas a Implementar y Áreas de Intervención Priorizadas. La parte medular es la sección 17 y contiene las cinco líneas estratégicas planteadas, las cuales incluyen los programas propuestos y unas fichas con la información más importante de la línea estratégica y varias fichas para diferentes proyectos que se plantean. Finalmente, la sección 18 presenta el monitoreo y evaluación del plan.

Antes de las secciones arriba mencionadas se presentan los objetivos del plan y una sección con el marco conceptual. Este último contextualiza el plan en la teoría y avances a nivel mundial sobre la seguridad hídrica, el manejo integrado de los recursos hídricos y el manejo de la recarga de acuíferos, pues son los temas en los que se enmarca el plan y el accionar de la FUNCAGUA. A la vez que le brinda un fundamento sólido al plan, también justifica el enfoque que le han dado las instituciones encargadas de la elaboración del mismo.

Más que tener un carácter prescriptivo y definir exactamente las acciones que debe llevar a cabo la FUNCAGUA, el plan constituye una herramienta básica para definir el alcance del trabajo en función de los recursos que se tengan a disposición, que incluyen los financieros y aquellos resultantes de las alianzas que forme en el camino y las oportunidades que surjan. Por esta razón, el plan no será estático y debe reorientarse en respuesta al cambio en las condiciones externas tanto a nivel nacional como internacional.

14. OBJETIVOS

14.1 OBJETIVO GENERAL

Definir el marco, las líneas estratégicas y los mecanismos para guiar las acciones de la FUNCAGUA de tal manera que alcance sus objetivos y metas establecidas para la conservación del agua en la Región Metropolitana de Guatemala.

14.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las líneas estratégicas para el trabajo de la FUNCAGUA
- Proponer los programas y proyectos dentro de cada línea estratégica
- Establecer procesos de monitoreo y evaluación del trabajo efectuado en el marco del plan

15. MARCO CONCEPTUAL: LA SEGURIDAD HÍDRICA, EL MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EL MANEJO DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS

Es de utilidad situar la problemática y las acciones de intervención propuestas en el marco de las discusiones y abordaje a escala global. Esto permite construir sobre los avances de otros países y evita caer en enfoques limitados u obsoletos. Por tal razón, a continuación, se presentan tres enfoques y paradigmas que son las referencias más importantes a nivel mundial en la actualidad, a

saber: la Seguridad Hídrica, el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos y el Manejo de la Recarga de Acuíferos. Los tres son compatibles y se complementan, por lo que se plantean como el marco conceptual del Plan de Conservación de la FUNCAGUA.

15.1 LA SEGURIDAD HÍDRICA

A escala global se ha hecho un llamado a tratar los problemas del agua en el contexto de la seguridad humana (United Nations University, 2013). La razón principal es que el agua juega un rol medular entre los distintos elementos que intervienen en la seguridad: la política, la salud, la economía, la alimentación, la energía y el medio ambiente, entre otros (Zeitoun, 2011). Visualizar la problemática del agua en este contexto permite justificar cualquier acción que contribuya a que el agua sea un elemento para el bienestar y el desarrollo socioeconómico y no una causa de más pobreza y conflictos. En este contexto es que se plantea el concepto de Seguridad Hídrica, la cual ha sido definida como “la capacidad de la población para salvaguardar el acceso sostenible de agua en cantidad y de calidad adecuada para todos los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socio-económico, garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua y conservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política” (ONU-Agua, 2013; UNESCO, 2014). La definición implica que el agua sea manejada de manera sostenible y que sea analizada desde un enfoque interdisciplinario.

Los elementos principales para alcanzar la seguridad hídrica incluyen: 1) Acceso al agua potable en cantidades suficientes y a un costo razonable para cubrir las necesidades de higiene y saneamiento, así como la salud y el bienestar; 2) Protección de los medios de vida, los derechos humanos y los valores culturales y recreacionales; 3) Conservación y protección de los ecosistemas; 4) Provisión de agua para el desarrollo y actividades socio-económicas como la energía, el transporte, la industria y el turismo; 5) La recolección y tratamiento de las aguas residuales para proteger la vida humana y el ambiente de la contaminación; 6) Enfoques colaborativos en el manejo de las aguas transfronterizas entre países para promover la sostenibilidad del agua dulce; 7) La habilidad de superar las incertidumbres y los riesgos relacionados al agua tales como las inundaciones, las sequías y la contaminación; y 8) La buena gobernanza, responsabilidad y la consideración de los intereses de todos los actores a través de regímenes legales efectivos, instituciones transparentes y confiables, infraestructura planificada, operada y mantenida adecuadamente y el desarrollo de capacidades (United Nations University, 2013:2). Varios de estos elementos son compatibles o están incluidos en el siguiente paradigma

15.2 EL MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Un paradigma más conocido y con origen anterior a la Seguridad Hídrica es el llamado Manejo Integrado de Recursos Hídricos (MIRH). Al respecto, la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés) advierte que no hay una definición exacta, pero propone la siguiente para contar con un marco común: “El MIRH es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.” (GWP, 2000). Aunque esta definición es más general, tiene bastante en común con el concepto de la seguridad hídrica. El MIRH llama a la integración del sistema natural y sistema humano, lo cual es relevante a la FUNCAGUA puesto que se refiere a tomar acciones tanto que aporten al sistema natural, imprescindibles para la disponibilidad en cantidad del recurso hídrico y también a la calidad, como al sistema humano. Este último constituye la demanda de agua y puede ser el más significativo en cuanto la presión ejercida sobre el recurso. Asimismo,

determina la calidad del agua por la producción de desechos y la contaminación. Aunque la prioridad de FUNCAGUA y el enfoque sea el sistema natural, es de vital importancia incidir en el manejo del agua dentro del sistema humano.

En su publicación específica sobre el tema, la GWP presenta y desarrolla una serie de consideraciones y condiciones para la implementación exitosa del MIRH. A continuación, se hace referencia a las más importantes y relevantes al Plan de Conservación.

15.2.1 El rol del gobierno como facilitador y regulador

La GWP plantea que la participación de los distintos actores con intereses en el manejo del agua (incluyendo a las comunidades y las empresas) representa una oportunidad para alcanzar las metas del MIRH. El gobierno debiera actuar como facilitador y crear las condiciones para que los actores puedan involucrarse y entre ellos negociar para encontrar soluciones a la problemática del agua. La responsabilidad del gobierno debe ser la elaboración de políticas, la planificación, la asignación de agua, el monitoreo, la ejecución y la solución final de conflictos (GWP, 2000:36). Es un papel preponderante el que tiene el gobierno, pero se reconoce que solo no puede alcanzar el MIRH y se resalta la importancia de la participación de los distintos actores.

15.2.2 Legislación de aguas

La legislación es parte del marco de acción para un país y es vital para establecer roles y responsabilidades tanto del gobierno como de actores no gubernamentales. La importancia de que exista una ley específica para el agua radica en que, de otra manera, se corre el riesgo de tener legislación dispersa con vacíos, contradicciones e inconsistencias. El GWP advierte que, aunque es necesario contar con una ley del agua comprensiva y coherente, se requiere de tiempo considerable para lograrlo. Al respecto, la siguiente cita es sumamente relevante en el contexto guatemalteco: “En muchos casos el principal problema no es la carencia de una legislación adecuada, sino la carencia de una voluntad política, de recursos y medios para llevar a cabo la aplicación incluso coactiva de la legislación actual.” (GWP, 2000:40). De manera acertada, también se menciona que la falta de una ley del agua no debe ser impedimento para establecer iniciativas encaminadas a solucionar problemas urgentes. Estas consideraciones validan el trabajo de la FUNCAGUA, el cual podría contribuir con insumos técnicos al proceso de discusión de la ley del agua en Guatemala.

15.2.3 Evaluación de los recursos de agua: disponibilidad y demanda

La evaluación de los recursos hídricos es un instrumento básico para su manejo. Ésta debería incluir la disponibilidad de agua en el tiempo y en el espacio, tanto en calidad como en cantidad, superficiales y subterráneas. También es importante evaluar las demandas del recurso tomando en cuenta los diferentes usos, la distribución espacial de los mismos (para determinar la presión sobre el recurso en ciertos lugares) y el impacto de la contaminación por el uso de la misma. Las evaluaciones permiten conocer la problemática en el punto de partida del manejo integrado, el desarrollo a través del tiempo y los impactos (positivos) de las acciones. El componente de la evaluación de los recursos hídricos en la Región Metropolitana puede ser uno de los aportes más valiosos que puede hacer la FUNCAGUA a la implementación del MIRH. Aparte de evaluaciones puntuales será clave establecer programas de monitoreo periódico.

15.2.4 Sistemas de información y comunicación para fomentar la participación

El GWP también indica acertadamente que para propiciar la participación de los distintos actores (incluyendo a los mismos políticos y tomadores de decisión) se requiere que tengan mayor conciencia sobre los retos y la necesidad de actuar. Eso se logra a través de mecanismos de comunicación efectivos y de contar con información relevante de calidad. Un primer paso es que la población conozca el origen del agua que utiliza y el estado de dichas fuentes. En el caso de la Región Metropolitana, hay que resaltar que alrededor de dos tercios del agua es de origen subterráneo y que una fuente importante del agua superficial son los ríos Xayá y Pixcayá (que se encuentran fuera de esta Región), por ejemplo. Así también, es necesario hacer conciencia sobre el destino de las aguas utilizadas y que sin tratamiento se está contribuyendo a la degradación del lago de Amatitlán y del río Motagua. La información y la comunicación es otro de los aportes valiosos que pudiera hacer la FUNCAGUA para la implementación del MIRH. Las estrategias de comunicación debieran ajustarse a los públicos objetivo que sean definidos. Es importante también el intercambio de información y experiencias con otras ciudades dentro del mismo país y extranjeras en las acciones del manejo del agua pues permite autoevaluar el avance y adquirir ideas de otras acciones tomadas en dichas ciudades.

15.2.5 El papel de la tecnología

La tecnología ofrece una gama de herramientas que pueden contribuir al MIRH. Existen opciones para mejorar la oferta y para disminuir la demanda del agua a través de hacer más eficientes los procesos. Por el lado de la oferta, la tecnología puede ayudar a aprovechar dos fuentes de agua pocos utilizados en la Región Metropolitana como lo son la lluvia y las aguas residuales. El GWP comparte que la innovación tecnológica y la adaptación son componentes clave de muchos esfuerzos en el sector hídrico. Menciona ejemplos en cuanto a las predicciones sobre las variaciones temporales y espaciales en la disponibilidad del agua, tecnología para ahorrar agua en la irrigación, métodos para el tratamiento y la reutilización del agua de desecho en las industrias y a nivel domiciliario, tecnologías de recarga hídrica, sistemas de eliminación de desechos, métodos de purificación de agua, entre otros (GWP, 2002). Dar a conocer la tecnología existente podría ser parte importante de promover soluciones para el manejo integrado del agua. Si fuera posible, invertir en la investigación de tecnología y evaluar la adopción de la existente sería un aporte adicional.

15.3 EL MANEJO DE LA RECARGA DE ACUÍFEROS

Debido a los problemas derivados de la sobreexplotación del agua subterránea surgió la necesidad de tomar acciones para recargar los acuíferos. Aunque al principio la intención era solamente permitir que sucediera la recarga natural, se identificaron medidas para aumentar o facilitar dicha recarga. Los beneficios incluyen: 1) el almacenamiento temporal del agua en una capa subsuperficial; 2) el mantenimiento del nivel freático y la prevención del agotamiento para minimizar la salinidad y el anegamiento; 3) el control de inundaciones; y 4) el mejoramiento de la calidad del agua superficial y subterránea (Karimov et al., 2013). Se han utilizado varios nombres como recarga artificial, recarga aumentada, banca de agua (Dillon, 2005 en van Lidth, 2016) y el más utilizado en años recientes, manejo de la recarga de acuíferos (MAR, por sus siglas en inglés) aunque recientemente se ha empezado a utilizar el manejo integrado de la recarga.

Existen diversos métodos para manejar la recarga de acuíferos. ICC (2012) describe numerosos métodos que caen en seis categorías principales: 1) de distribución o de dispersión; 2)

modificaciones en el interior del canal; 3) pozos, túneles y perforaciones; 4) infiltración inducida; 5) recarga basada en sistemas urbanos; y 6) recarga basada en el agua de lluvia. Un estudio por van Lidth (2016) evalúa 14 técnicas de MAR y define 22 oportunidades, así como 22 barreras para su implementación a nivel mundial con base en las condiciones hidrogeológicas, climáticas, socioeconómicas e institucionales. Estas están contenidas en el Cuadro 52, en donde se señalan en verde las que tienen mayor potencial de ser empleadas en la RMG.

Cuadro 52. Oportunidades y barreras para las técnicas de la Manejo de la Recarga de Acuíferos (basado en van Lidth, 2016)

Técnica	Oportunidades	Barreras
Lagunas de infiltración	<ul style="list-style-type: none"> • Rango amplio en capacidad • Relativamente bajo costo • Medidas de prevención de la colmatación simples • Mantenimiento simple 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de cambiar entre etapa seca y llena para mantener las tasas de infiltración • Se requiere un área de tierra relativamente grande • Potencial de contaminación de agua superficial • Potencial alto de evaporación
Tratamiento del suelo del acuífero	<ul style="list-style-type: none"> • Método de tratamiento de agua relativamente simple • Método de tratamiento de agua de relativamente bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad baja comparada con las plantas de tratamiento convencionales • Requiere de área grande de tierra
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Costos bajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de área grande de tierra • Potencial de contaminación de agua superficial • Potencial alto de evaporación
Acequias y canales	<ul style="list-style-type: none"> • Costos bajos • Se infiltra más agua que con áreas planas • Menos problemas de colmatación que con superficies planas • Drenaje controlado • Los drenajes no interfieren con el uso de la tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Las acequias podrían interferir con el uso de la tierra • Las acequias tienen potencial de contaminación de agua superficial y potencial alto de evaporación
Irrigación en exceso		
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño, operación y mantenimiento simple • Puede prevenir la erosión del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • La lluvia es preferiblemente menor a los 1000mm/año

Filtración en dunas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad grande 	
Infiltración en pozos	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere menos tierra que el almacenamiento de agua superficial • No hay pérdidas por evaporación • Menos contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos altos • Baja recuperación posible • No puede usarse en acuíferos con gradientes verticales o laterales altos • Diseño, operación y mantenimiento complejos • Requiere monitoreo cercano
Almacenamiento, transferencia y recuperación de acuíferos		<ul style="list-style-type: none"> • Costos altos
Recarga en pozos someros	<ul style="list-style-type: none"> • La zona no saturada puede mejorar la calidad del agua • Requerimientos de agua bajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor colmatación que con los pozos profundos
Filtración inducida en los bancos o lecho de ríos	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad grande 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos altos • Diseño, operación y mantenimiento complejos • Requiere monitoreo cercano
Presas permeables de recarga		<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de sedimentos
Presas de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Costos bajos • Mantenimiento bajo • Diseño simple • Evaporación baja 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiende a requerir aceptación alta del público • Preferible a escala pequeña
Ampliación del cauce		

Algunos de los países que se han visto en la necesidad de avanzar en el manejo de la recarga de acuíferos debido a la sobreexplotación que han hecho están: India, China, Australia, Estados Unidos, México, España y Nepal. Karimov et al., (2013) listan las lecciones más importantes de las experiencias de dichos países: la planificación con antelación del MAR ha evitado los impactos negativos del uso del agua subterránea; existe una variedad de métodos de MAR que pueden seleccionarse en función de las condiciones hidrogeológicas y socioeconómicas del área de interés; se deben priorizar los métodos MAR más simples sin dejar de considerar los más avanzados y la inclusión de MAR en el manejo integrado de cuencas brinda beneficios a nivel local y a nivel de toda la cuenca.

Tomando en cuenta lo anterior, las instituciones que trabajaron en la elaboración del Plan de Conservación recomiendan impulsar y apoyar diversas técnicas de MAR para distintos usos de la tierra en la Región Metropolitana (bosque, regeneración natural, agricultura y urbano) y no

enfocarse solamente en la recarga natural que pueda ocurrir en bosques bajo conservación o áreas en donde se apoye la recuperación de cobertura forestal. Si el fin último de las inversiones de la FUNCAGUA es aportar a que se recuperen y aumenten las fuentes hídricas subterráneas y superficiales, la ciencia y las experiencias de diversos países presentan opciones para lograrlo de manera más efectiva.

16. DETERMINACIÓN DE LAS MICROCUENCAS CON PRIORIDAD MÁS ALTA DE INTERVENCIÓN DENTRO DE LA RMG

En la sección 3.1 se presentaron las 16 microcuencas que fueron priorizadas por la FUNCAGUA dentro de la Región Metropolitana (Figura 3, Cuadro 1), además de las dos microcuencas en el Área de Influencia (Figura 4, Cuadro 2) para cumplir con sus objetivos. Sin embargo, la información recabada sobre las características y la problemática de las microcuencas permitió identificar aquellas microcuencas que necesitan de una intervención más urgente que otras dentro de la RMG. Esto se presenta a continuación.

Microcuencas con la prioridad más alta

En el Cuadro 53 se sintetiza la información que sirvió de base para la priorización. El criterio más fuerte es la relación entre la extracción de agua subterránea y la infiltración, que se presenta en la columna dos y según la cual se ordenaron las microcuencas en orden descendente de prioridad. Tomando en cuenta que FUNCAGUA se ha propuesto trabajar fuertemente en infraestructura verde, con énfasis en la conservación y la restauración de bosques (incluyendo las reforestaciones), la siguiente columna dentro de este cuadro muestra las tasas de deforestación estimadas según la dinámica entre 2006 y 2010 para los municipios. Cinco microcuencas muestran pérdidas considerables de bosque en dicho período (marcadas en rojo). Se incluyó una columna con el potencial de recarga hídrica de las microcuencas de acuerdo con su geología. La microcuenca Michatoya es la única que presenta lugares con una capacidad de recarga muy alta. Sin embargo, hay seis microcuencas con cierta extensión de capacidad de recarga alta y el resto tienen un predominio de capacidad media, que tampoco es despreciable. Finalmente, en la quinta columna se indica el grado de prioridad de las microcuencas.

De acuerdo a lo anterior, las cinco microcuencas que cuentan con el nivel más alto de prioridad son: Las Vacas, Villalobos, Las Cañas, El Zapote y El Teocinte. La microcuenca Las Vacas es la que presenta la tasa de extracción más alta con relación a la recarga (40 veces según el cuadro 3). Por lo tanto, será una de las microcuencas en las que se trabajará desde el primer año. Seguidamente está la microcuenca del río Villalobos, con 11.3 veces más extracción que la recarga, y luego las microcuencas Las Cañas (9.8) y El Zapote (9.4). Se sabe, además, que las dos presentan problemas severos de contaminación de agua por la falta de tratamiento de las aguas residuales y por las concentraciones altas de población que tienen. Este aspecto refuerza la necesidad de trabajar en dichas cuencas. En el caso de El Teocinte, aunque la estimación de la tasa entre la extracción y la recarga hídrica todavía es favorable (a diferencia de las otras cuatro), se puso entre las cinco prioritarias porque tiene una capacidad de recarga alta según su geología. En el cuadro también resalta la microcuenca Michatoya por ser la única con capacidad de recarga muy alta y con la pérdida de cobertura boscosa más alta (38%) en el período de referencia. Sin embargo, no se priorizó puesto que la mayoría de la recarga favorece al río del mismo nombre y tiene beneficios afuera de la RMG.

Cuadro 53. Priorización de microcuencas según aspectos hidrogeológicos y forestales.

Microcuenca	Tasa de extracción en relación a la recarga hídrica	% de cambio de cobertura de bosque con base a los municipios	Recarga hídrica según la geología	Prioridad de intervención
Las Vacas	40.1	-12%	Media	Alta
Villalobos	11.3	entre -12% y -46%	Alta (lado occidental)	Alta
Las Cañas	9.8	-12%	Media	Alta
El Zapote	9.4	Entre 8% y 37%	Alta	Alta
El Cangrejal	3.3	21%	Media	Media
Lo de Diéguez	2.69	21%	Media	Media
Los Ocotes	2.65	Entre -12% y 13%	Media	Media
Aguacapa	2.34	Entre -6% y 12%	Media	Media
Amatitlán	1.41	Entre -21% y -38%	Alta (lado occidental)	Media
Las Flores	1.25	21%	Media	Baja
Paxot	1.16	Entre 8% y 37%	Alta	Media
Sactzi	0.84	Entre 8% y 37%	Alta	Media
La Cuya	0.77	Entre -8% y 21%	Media	Baja
Teocinte	0.65	-8%	Alta	Alta
Michatoya	0.38	-38%	Muy alta	Media
Rustrián	0.31	21%	Media	Baja

En el siguiente nivel de prioridad están las microcuencas Los Ocotes, Amatitlán y Michatoya. La primera por tener una tasa de extracción 2.65 veces más alta que la recarga y algunos lugares con deforestación alta. Las microcuencas Amatitlán y Michatoya tienen dominancia del municipio del mismo nombre y es el que presentó una pérdida mayor de bosque en el período de referencia. La primera ya presenta mayor extracción que infiltración. La microcuenta Michatoya es diferente en cuanto a que probablemente beneficia más aguas abajo en el departamento de Escuintla, por encontrarse en el extremo sur de la Región Metropolitana, como se mencionó en el párrafo anterior.

17. LÍNEAS ESTRATÉGICAS, PROGRAMAS Y PROYECTOS DEL PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA FUNCAGUA

En esta sección se describen los elementos para la implementación del Plan de Conservación que ayudarán alcanzar los objetivos de la FUNCAGUA. Se basa principalmente en toda la información generada y cuya síntesis se presentó en las secciones precedentes y se agregaron recomendaciones según la experiencia de las tres instituciones que elaboraron el plan. Se puede visualizar como un plan integral porque abarca varias aristas del Manejo Integrado del Agua en congruencia con la teoría y también con las necesidades y sugerencias resultantes de las consultas realizadas a distintos actores en la Región Metropolitana. Como tal, no se limita a acciones en el paisaje forestal sino también incorpora acciones de aplicación en zonas agrícolas y residenciales, combinando elementos técnicos, científicos, sociales e institucionales.

A continuación, se presentan las cinco propuestas de líneas estratégicas para el plan de conservación.

17.1 GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL AGUA

Cuadro 54. Resumen de la línea estratégica “Generación y gestión de la información sobre el agua”

Línea estratégica:	Generación y gestión de la información sobre el agua	
Objetivo estratégico:	Generar conocimiento sobre la situación de los recursos hídricos en la RMG y su evolución a través del tiempo para enfocar las intervenciones de manera efectiva y evaluar su impacto.	
Descripción:	A través de esta línea estratégica se propone generar información clave sobre los recursos hídricos a través de los recursos propios y en alianza con distintas instituciones relacionadas. Asimismo, se hará incidencia en la asignación de recursos gubernamentales y apalancar otros de distintas fuentes para avanzar en la generación de información y la investigación.	
Localización:	Toda la RMG y el área de influencia	
Plazo:	Prioridad de intervención:	
LP (Largo Plazo)	Alta	
Programas:	Metas	Indicadores
Generación y procesamiento de la información hídrica	Modelo conceptual y numérico de los dos acuíferos de la RMG.	Mapa de las áreas de recarga hídrica y volúmenes
	Monitoreo de agua superficial en los 3 ríos principales y sus tributarios (al menos 4 al año).	Informe del comportamiento de los niveles freáticos
	Monitoreo de agua subterránea (datos mensuales de niveles freáticos).	Informe de la calidad del agua subterránea
Investigación	Definición del balance hídrico de la RMG.	Informe sobre caudales y calidad del agua superficial
		Balance hidrogeológico de la Región Metropolitana

	Estimación de la demanda hídrica actual y futura. Proyecciones y escenarios futuros. Determinación de las zonas de recarga hídrica.	Número de estudios finalizados Publicaciones científicas de las investigaciones
Actores responsables:	INSIVUMEH, MARN, AMSA (Principales) Universidades y centros de investigación (USAC, UVG, ICC), organizaciones conservacionistas (TNC, WWF, UICN, Fundación Defensores de la Naturaleza), Ministerio de Salud, municipalidades de la región, INDE.	
Problemas asociados:	La inseguridad de la región dificulta la instalación de equipo de medición. Existe información de manera dispersa y discontinua. Faltan algunos datos básicos como un mapa geológico a detalle.	

Para generar y gestionar la información sobre los recursos hídricos se plantea la investigación y el monitoreo. La finalidad es contar con un fundamento sólido del estado del recurso en el espacio y en el tiempo para definir las intervenciones en las que se enfocará la FUNCAGUA, así como evaluar su impacto y efectividad. Para eso, se ha definido el marco de la Figura 61, en donde se establecen cuatro componentes generales para la investigación y el monitoreo: 1) la generación y procesamiento de la información; 2) el análisis y resultados que ya proporcionan algunos elementos esenciales para el manejo; 3) los productos, que implican herramientas para las intervenciones y el manejo del recurso y 4) las proyecciones o escenarios según diferentes factores determinantes.

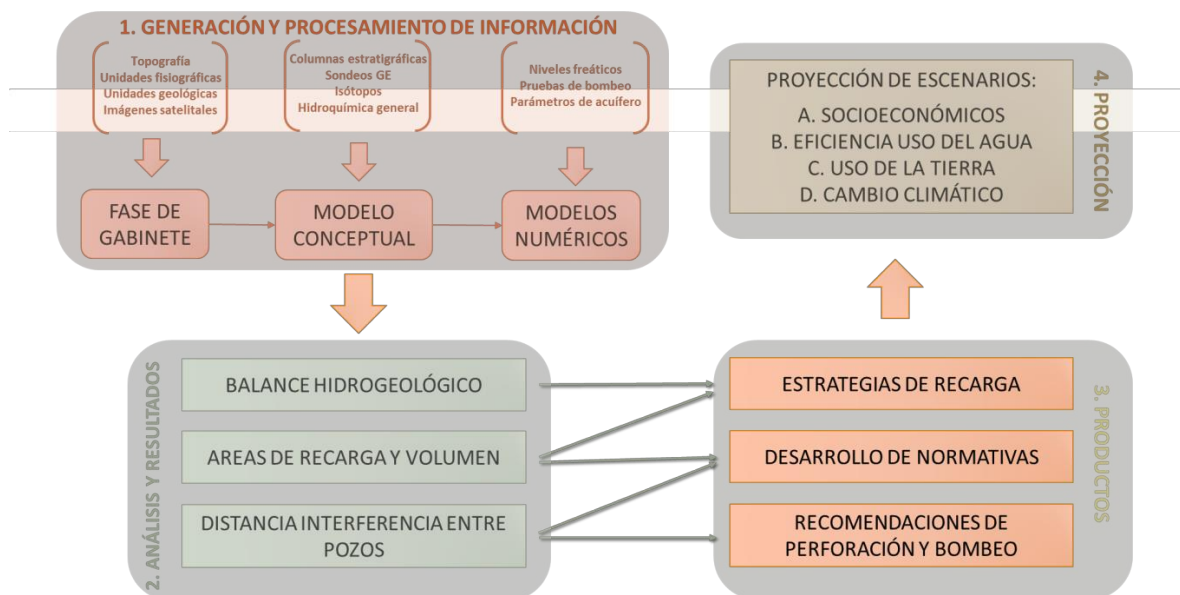


Figura 61. Marco de investigación y monitoreo del agua subterránea en la Región Metropolitana

A continuación, se hace referencia a los componentes y sus elementos. Vale recalcar que no necesariamente se debe agotar uno de los componentes para trabajar en el siguiente e, incluso, el proceso es cíclico.

17.1.1 Generación y procesamiento de la información sobre los recursos hídricos

Este componente es el que define el sistema hídrico que se desea manejar, tomando en cuenta la parte superficial como la subterránea. Definir el sistema a nivel superficial es relativamente sencillo porque significa establecer las cuencas hidrográficas con base en el drenaje del agua sobre el territorio. Esta parte ya ha sido definida gracias a la información existente de las entidades de gobierno y al trabajo desarrollado por el IARNA (2012) a requerimiento de la FUNCAGUA y que fue incluido en el diagnóstico. La parte subterránea del sistema es más compleja y requiere de los tres subcomponentes incluidos de la Figura 61: 1) una fase de gabinete, 2) el desarrollo de un modelo conceptual y 3) el desarrollo de modelos numéricos. La fase de gabinete ha sido agotada en gran medida a través de la elaboración del diagnóstico, aunque seguro se puede mejorar y complementar con información que se genere. Del modelo conceptual se tienen esbozos que fueron utilizados para el Plan de Conservación. Sin embargo, sí se requiere avanzar más en su desarrollo. Para los modelos numéricos se cuenta con algunos insumos, pero es el subcomponente que necesita más trabajo, tanto en recopilación como en generación de información, así como de su análisis.

17.1.2 Análisis y resultados de la investigación

En el segundo componente planteado se incluyeron tres de los temas más importantes sobre los que se necesita tener información. No obstante, podría haber otros temas derivados de estos u otros diferentes. La guía deben ser las preguntas de investigación que se planteen pues estas llevan implícito el enfoque de lo que se necesita saber para tener las intervenciones y el manejo del agua. A continuación, se proponen las líneas de investigación principales y se plantean algunas preguntas.

17.1.2.1 Balance hídrico de la Región Metropolitana

¿Cómo se relaciona la demanda con la oferta de agua en la Región Metropolitana?

¿Cuál es la oferta hídrica superficial y cómo varía a través del tiempo (meses y años)?

¿Cuál es la oferta hídrica en función de su calidad para distintos usos o necesidades (domiciliar, agrícola, industrial)?

¿Cómo se distribuye el agua en los distintos componentes del ciclo hidrológico y cuáles son los balances?

17.1.2.2 Agua subterránea y recarga de acuíferos

¿Cuál es la dinámica de los niveles piezométricos a través del tiempo y el espacio en la Región Metropolitana?

¿Cuál es el balance entre la extracción de agua subterránea y la recarga en el presente y a través del tiempo?

¿Cuáles son las zonas de mayor recarga de acuíferos en la Región Metropolitana?

¿En dónde debería enfocar los esfuerzos la FUNCAGUA?

¿Cómo se puede aumentar la recarga de acuíferos en la Región Metropolitana según diferentes usos de la tierra?

17.1.2.3 Huella Hídrica y eficiencia en el uso del agua

¿Cuánta agua se utiliza en la Región Metropolitana entre el agua azul, verde y gris?

¿Cómo se puede aumentar el aprovechamiento del agua azul y el agua gris?

¿Qué opciones costo-efectivas pueden promoverse para aumentar la eficiencia en el uso del agua?

17.1.2.4 Riesgo de desastres relacionados al agua

¿Cuáles son las zonas pobladas que están expuestas a deslizamientos en la Región Metropolitana?

¿Cuáles son las zonas y poblaciones que están en mayor riesgo de escasez de agua?

17.1.3 Elaboración de productos o herramientas para la gestión del agua

Toda la información e investigación debe servir de insumo para definir y priorizar acciones que aporten al Manejo Integrado de los Recursos Hídricos. Por lo tanto, el tercer componente trata sobre la elaboración de herramientas de gestión del agua. En la figura se presentan tres importantes, pero pueden no ser las únicas, dependiendo de quién utilice las herramientas. En el caso de la FUNCAGUA, el producto podría ser un Plan de Conservación fortalecido, que confirme o redefina las zonas de intervención y que identifique nuevas medidas impulsadas. En el caso del desarrollo de normativas incluido en la figura, podría tratarse de una propuesta de normativa para ser adoptadas por la Cámara de Construcción, por ejemplo, o para las municipalidades.

17.1.4 Proyección y escenarios

Un conocimiento adecuado del sistema hídrico de la Región Metropolitana permitirá construir distintas proyecciones o escenarios. Estos pueden basarse en distintos factores como condiciones socioeconómicas, eficiencia en el uso del agua, uso de la tierra y el cambio climático, como se muestra en la figura. Está implícito en las proyecciones que son a largo plazo puesto que los cambios en esos factores se experimentan de esa manera. Lo que permiten hacer es establecer acciones y estrategias para anticiparse a los cambios esperados. Normalmente se habla de distintos escenarios según distintas opciones de los supuestos planteados. Por ejemplo, si se evalúan las proyecciones futuras de la oferta de agua para la Región Metropolitana tomando en cuenta el cambio climático, necesariamente se tienen que crear por lo menos dos escenarios y, según lo común, cuatro escenarios. Aunque se tenga un grado de incertidumbre alto en dichos escenarios, lo valioso es poder evaluar las posibilidades y empezar a tomar una trayectoria que ayude a prepararse ante los escenarios no deseados.

17.1.5 Programa de Monitoreo Hídrico

Una herramienta esencial para evaluar el estado de los recursos hídricos a través del tiempo es su monitoreo constante. Asimismo, puede aportar en la evaluación del impacto de las acciones de la FUNCAGUA en su territorio de acción. Se incluyen dos componentes dentro del programa de monitoreo.

Aparte de generar datos, existen oportunidades grandes a través de la recopilación de datos existentes. Es uno de los esfuerzos recomendados y que pueden hacerse a través de estudiantes universitarios o en alianza con distintas instituciones.

17.1.5.1 Monitoreo de la cantidad y calidad del agua subterránea

Para el monitoreo de la cantidad de agua, se elaborará un mapa del nivel freático de la Región Metropolitana con periodicidad mensual para mostrar el estado a través del tiempo y del espacio. Mientras más pozos de observación se tengan, mejor. Se empezará por los pozos que utilizó el INSIVUMEH en 1978 para poder tener datos que se comparen con los niveles actuales y los futuros, que fue una recomendación derivada de las consultas parte del análisis multi-criterio. También se solicitará a los miembros de la FUNCAGUA generar/compartir datos en algunos de sus pozos e ir agregando cada vez más pozos al programa de monitoreo.

La información sobre los niveles freáticos a través del tiempo será uno de los indicadores clave del avance (o deterioro) de esta fuente de agua para la Región Metropolitana, que hoy por hoy es la más importante.

Para este monitoreo, uno de los pasos más importantes es el acceso a pozos existentes. Aunque en otros países perforan pozos cuya finalidad es la observación, esta opción no se considera para la FUNCAGUA por el alto costo que conlleva. Hay tres grupos principales con los que se buscará formar alianzas para conformar una red de pozos de monitoreo: las municipalidades, las empresas de agua y las empresas privadas (especialmente las que son miembros de la FUNCAGUA). Existen otras entidades que podrían aportar y también beneficiarse del monitoreo: el INSIVUMEH, la Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Amatitlán (AMSA) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Los mismos pozos (o una parte de ellos) pueden utilizarse para conocer la calidad del agua subterránea a través del tiempo y espacialmente. Luego de levantar una línea base se decidirá la cantidad de pozos para el monitoreo (según la variabilidad en el territorio). Lo ideal es generar datos con una frecuencia alta (Ej. Diaria o semanal), sin embargo, el factor limitante mayor es el financiamiento. La toma de muestras y, sobre todo, el análisis de cada una tiende a ser bastante costoso (entre Q2,000 y Q3,000 por muestra). Mientras se gestionan más fondos para aumentar la intensidad de muestreo, se tomarán dos muestras en cada punto seleccionado en la época seca y dos en la época lluviosa. Se creará una base de datos que será alimentada luego de cada campaña de toma de muestras y análisis, y se generarán informes anuales. Los informes con un análisis integral se elaborarán cada dos años integrando los datos sobre el agua superficial.

Cuadro 55. Parámetros de calidad del agua subterránea para el monitoreo

Parámetros para línea base	Parámetros para el programa de monitoreo
Demanda biológica de oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH, cloro, nitratos, nitritos, fosfatos, alcalinidad, dureza, sodio, potasio, calcio, sulfatos, magnesio y HCO₃ , coliformes totales	Demanda biológica de oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH, cloro, nitratos, nitritos, fosfatos, alcalinidad, dureza, sodio, potasio, calcio, coliformes totales

Nota: se resaltan en negrita los parámetros que solo se requieren en la línea base puesto que pueden ayudar a estudiar el origen de las aguas.

Tomando en cuenta que WWF ya tiene estudios de la calidad del agua subterránea de una parte de la Región Metropolitana, se buscará una alianza para continuar o ampliar el trabajo o, como mínimo, tomar de base sus resultados.

17.1.5.2 Monitoreo de caudales y calidad del agua de las fuentes superficiales

Existe una relación cercana entre las aguas superficiales y las subterráneas. Luego de caer la lluvia y alcanzar el suelo (no toda puesto que una porción regresa a la atmósfera en forma de vapor), parte se filtra y otra parte escurre por la superficie hasta llegar a algún riachuelo o río. También en los cauces (si son permeables) puede haber infiltración y, entonces, recarga de acuíferos. Asimismo, el agua subterránea puede alimentar las corrientes de agua, lo cual es vital especialmente en la temporada seca. Por lo tanto, la medición de caudales de ríos también puede indicar indirectamente cuánta agua está infiltrándose.

La periodicidad de la medición de caudales podría definirse según dos modalidades. Un escenario ideal sería contar con mediciones constantes de los caudales de los ríos principales. Sin embargo, se requieren inversiones cuantiosas de equipo e infraestructura para lograrlo. Las mediciones de ríos asociados a las áreas urbanas presentan dificultad por las crecidas altas y repentinas que resultan de las lluvias debido a la alta impermeabilización que presentan. Deberá analizarse en qué lugares es posible instalar sensores para mediciones constantes. En el caso del río Las Vacas, se tiene la ventaja de tener una hidroeléctrica que mide constantemente el caudal, por lo que se recomienda hacer una alianza con la empresa. La segunda modalidad es hacer aforos (mediciones de caudal) de forma manual en varios puntos de las microcuencas priorizadas. Se hará con una periodicidad mensual, como mínimo.

Al igual que con el agua subterránea, deberán hacerse alianzas con distintas organizaciones y actores en la región. Debería empezarse por aquellas que ya cuentan con algunos programas o proyectos de monitoreo como AMSA y el World Wildlife Fund (WWF). Existen oportunidades interesantes con las universidades y otros centros educativos (Ej. La ENCA) de la región puesto que son entidades que están en el largo plazo y pueden hacer parte del trabajo a través de los estudiantes. Las municipalidades son otro de los actores clave a involucrar en el programa de monitoreo. Esto aplica tanto para el monitoreo de caudales como para la calidad del agua.

El monitoreo de la calidad del agua se hará dos veces en la época seca y dos en la época lluviosa. Se seleccionarán estratégicamente los puntos en cada una de las microcuencas prioritarias. En el Cuadro 56 se presentan los parámetros físicos, químicos y biológicos recomendados para incluir en el monitoreo.

Tras cada campaña de generación de datos se elaborará un boletín para compartir los datos con las instituciones participantes como AMSA, las municipalidades, universidades y otras instituciones educativas. Asimismo, se irá construyendo una base de datos que se sistematizará cada dos años para analizarlos de manera integral y publicar un informe de resultados. El informe sí tendrá una distribución más amplia, incluyendo al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y otras entidades.

Cuadro 56. Parámetros para el monitoreo de la calidad del agua de los ríos de la Región Metropolitana

Físicos	Químicos e Inorgánicos	Microbiológicos/ Bioquímicos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Caudal 2. Temperatura 3. Conductividad eléctrica 4. Total de Sólidos Disueltos 5. Total de Sólidos en Suspensión 6. Turbiedad 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salinidad 2. pH 3. Oxígeno disuelto 4. Fósforo total 5. Nitrógeno Total 6. Nitratos 7. Nitritos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demanda bioquímica de Oxígeno 2. Coliformes totales

17.2 MANEJO INTEGRADO DEL PAISAJE

Cuadro 57. Resumen de la línea estratégica "Manejo integral del paisaje".

Línea estratégica:	Manejo Integrado del Paisaje	
Objetivo estratégico:	Mejorar las condiciones de recarga de los acuíferos presentes en la RMG a través de aumentar la cantidad de agua infiltrada por la conservación, protección y restauración, y a la vez minimizar la erosión, sedimentación y riesgo por desastres relacionados.	
Descripción:	Esta línea estratégica consiste en realizar acciones para conservar y promover la cobertura forestal asegurando el almacenamiento natural del agua para la RMG, con ello reducir la erosión y por ende la sedimentación, contaminación en agua superficial y subterránea, además de minimizar el riesgo de desastres de origen antrópico.	
Localización:	Municipios de la RMG	
Plazo:	Prioridad de intervención:	
Largo Plazo	Alta	
Programas:	Metas	Indicadores
Programa de protección y conservación forestal	10,404 hectáreas en áreas boscosas bajo conservación o protección.	Número de hectáreas de bosque con apoyo para la conservación
Programa de restauración	6,508 hectáreas reforestadas o con incorporación de árboles	Número de hectáreas con cobertura forestal aumentada
Programa de mejores prácticas agrícolas	1,000 hectáreas con obras de conservación de suelos y agua.	Número de hectáreas de tierras agrícolas con prácticas y/o estructuras de conservación de suelos y agua.
Programa de gestión de riesgos a deslaves	Sistemas de alerta temprana para poblados con mayor riesgo.	Número de poblados en riesgo de deslizamiento con medidas de reducción de riesgo
Actores responsables:	INAB, CONAP, AMSA (Principales) Fundaciones de apoyo y asociadas: Guatemala Verde, Pilonas de Antigua, Fundación de Industrias Licoreras de Guatemala, Juvenil Aj Tzuk, Asociación Proica-RD, Fundaeco, Ministerio de Ambiente, Ministerio de Salud, Municipalidades de la región, Gremial Forestal, Reforestando Guate, Fundación Esquipulas, INDE, ARNPG, Asociación Vicalama, FUNDAECO.	
Problemas asociados:	Deforestación por cambio de uso de la tierra e incendios. Erosión y disminución de rendimientos agrícolas. Sedimentos suspendidos en escorrentía superficial. Alto riesgo a desastres por deslaves.	

Un paisaje natural tiene ciertas características que le permiten brindar determinados bienes y servicios a la población. A medida que ésta transforma el paisaje, cambia el equilibrio y, así, los bienes y servicios provistos. Uno de los servicios fundamentales es la regulación del ciclo hidrológico, que sufre cambios radicales en un entorno urbano por la remoción de la cobertura vegetal y por la impermeabilización casi completa de la superficie. En un entorno como la Región

Metropolitana de Guatemala se ha dado ese proceso y se tienen otros efectos como la contaminación de las aguas superficiales y la disminución de los niveles freáticos, tanto por la reducción en la infiltración como por la extracción del agua para cubrir las demandas de la ciudad.

Esta línea estratégica se ha denominado Manejo Integrado del Paisaje porque incluye diversas acciones de las cuales la restauración del paisaje forestal es la principal, pero hay otras en espacios agrícolas y urbanos que pueden ayudar a la regulación del ciclo hidrológico. Gran parte de las acciones pueden considerarse como infraestructura verde, que fue el término resultante de las consultas relacionadas al análisis multi-criterio. En la Figura 62 pueden apreciarse distintas medidas que están siendo implementadas en varios países para aumentar la recarga de acuíferos.

La base del manejo integrado del paisaje en función de recuperar el equilibrio en el ciclo hidrológico es permitir que el agua se filtre en el suelo, que haya percolación y que de esa manera se recarguen los acuíferos. Para que esto suceda se requieren suelos permeables y una velocidad baja del agua. Los bosques naturales son los que mejor permiten la infiltración por proteger el suelo, restar energía al agua al caer y proveer obstáculos para que escurra lentamente, maximizando la infiltración. Sin embargo, eso se puede lograr en terrenos que no tienen bosque también a través de una serie de medidas como las mencionadas en el marco teórico, que forman parte del concepto del Manejo de la Recarga de Acuíferos.

La mayoría de las medidas recomendadas para el Plan de Conservación se centran en proteger los bosques existentes y en recuperar la cobertura en las zonas desprovistas. En años recientes ha cobrado relevancia el concepto de Restauración del Paisaje Forestal (RPF). El término se derivó de un taller dirigido por el WWF y la UICN en el que participaron diversos representantes de entidades gubernamentales y no gubernamentales (WWF y IUCN, 2000). En dicho taller se definió el término RPF como *'un proceso planificado que pretende recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales que han sido deforestados o degradados'* (Maginnis et al., 2007; Mansourian, 2005 en Newton y Tejedor, 2011). No se trata de recuperar el bosque original sino de utilizar distintas estrategias para restablecer los servicios ecosistémicos hacia el futuro y bajo un enfoque de manejo adaptativo (OIMT y UICN, 2005). Algunos de sus elementos son presentados en la Figura 63.

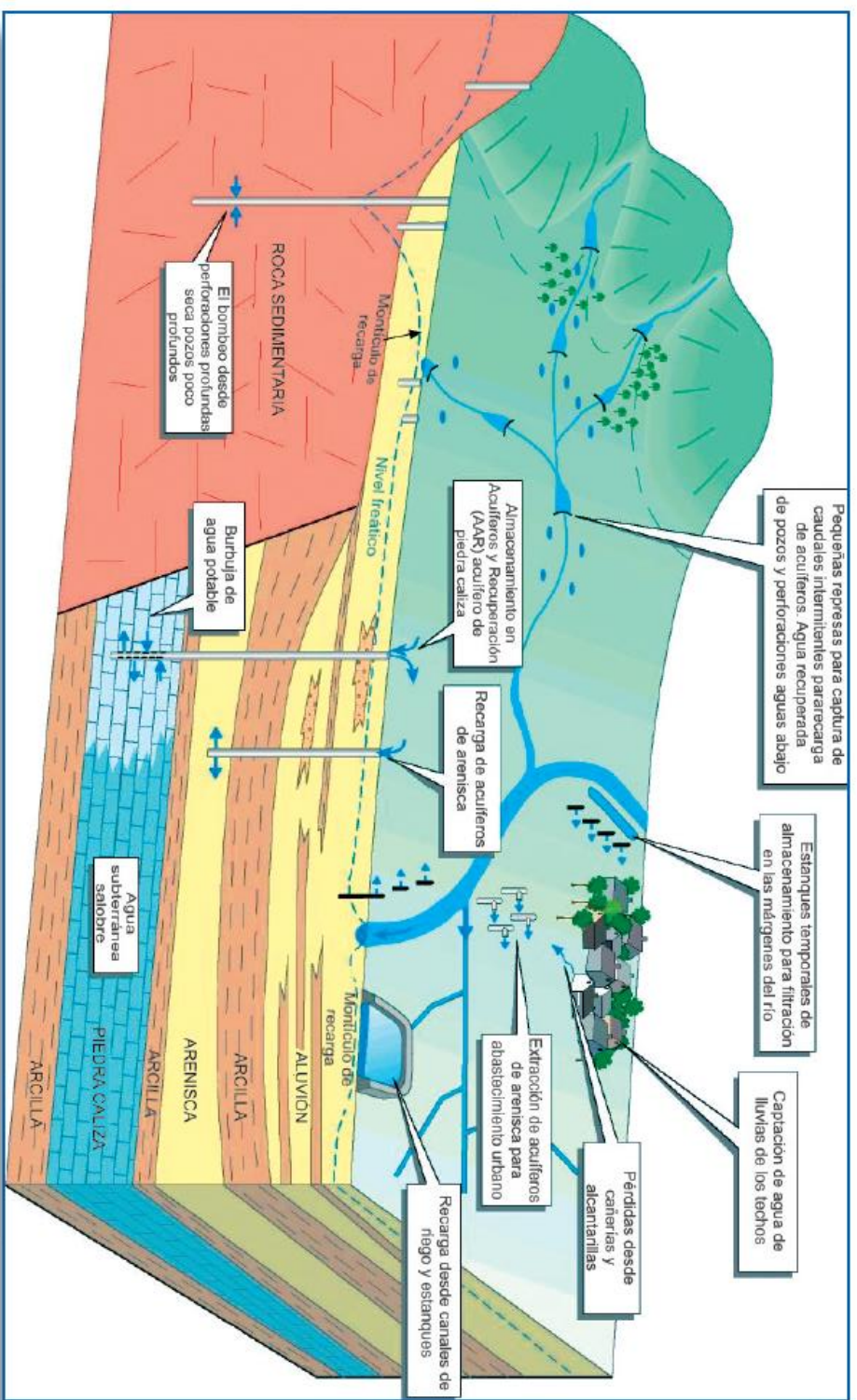


Figura 62. Medidas implementadas para el aumento de recarga de acuíferos (UNESCO-PII, 2005)

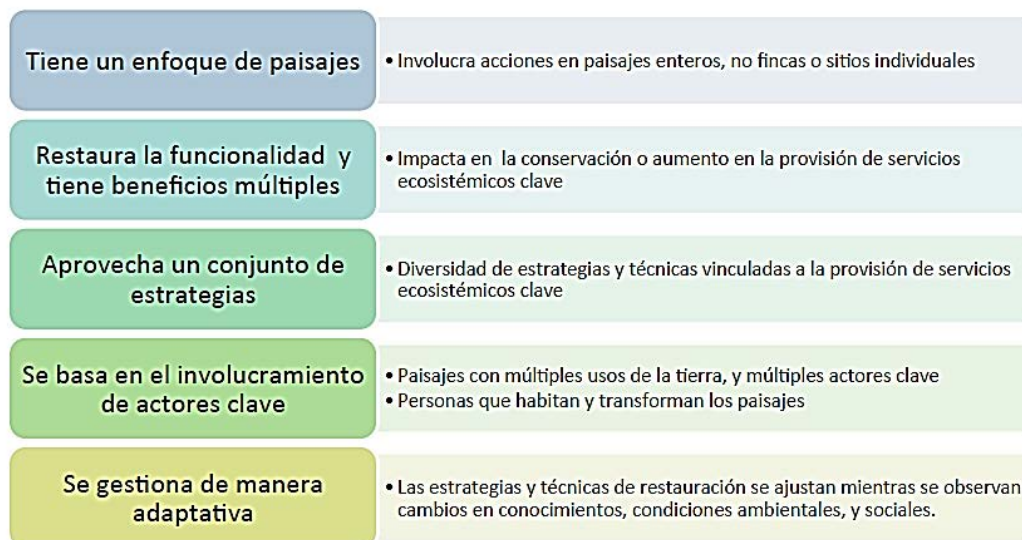


Figura 63. Elementos para la restauración del Paisaje Forestal (IUCN & WRI, 2014).

A continuación, se presentan los proyectos definidos para cada programa en esta línea estratégica.

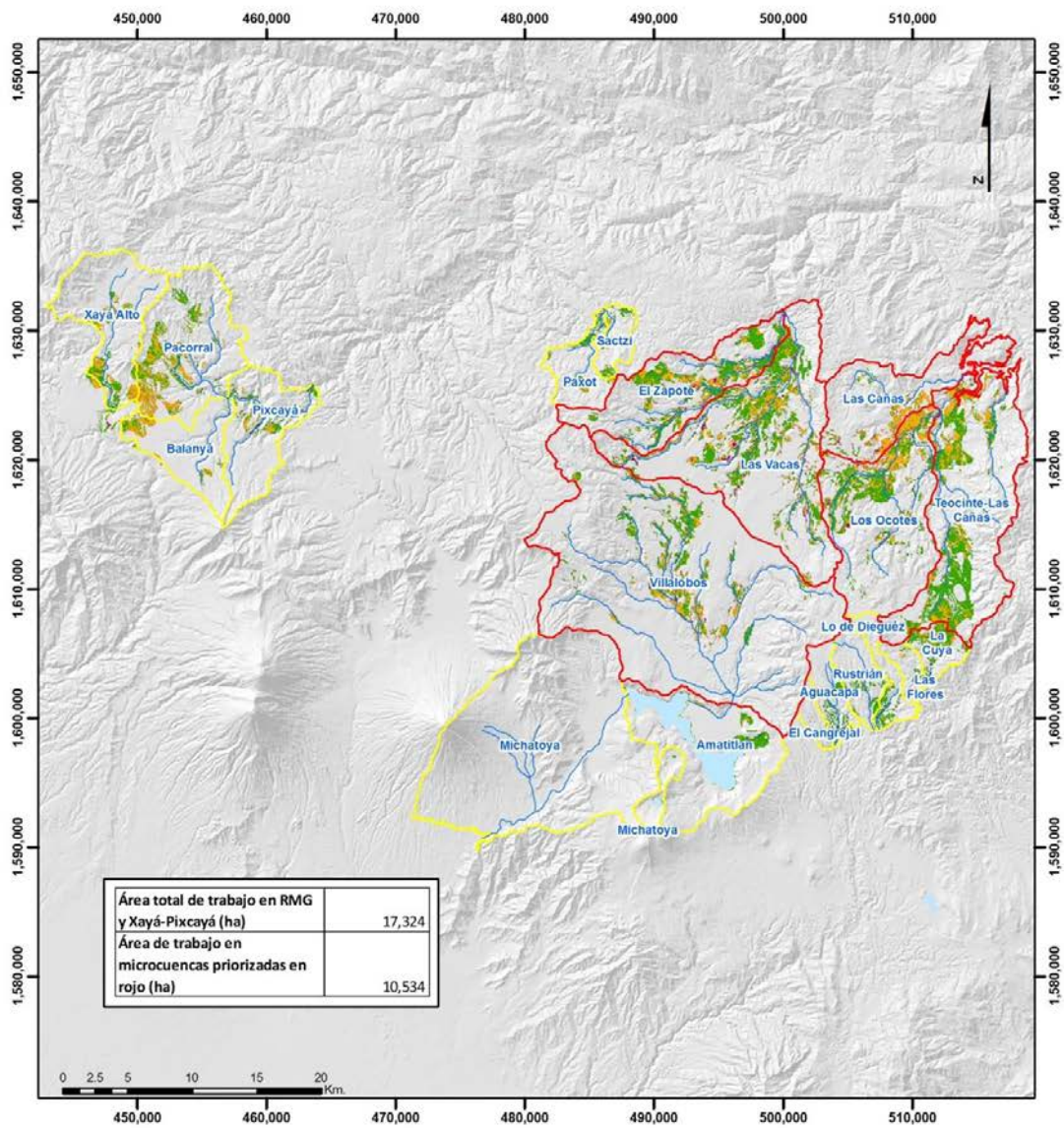
17.2.1 Programa de protección y conservación forestal

El bosque es el uso o cobertura que mejor regula el ciclo hidrológico. Aunque el bosque retiene y regresa a la atmósfera hasta 50% de la lluvia (Bonell & Bruijnzeel, 2005), controla la energía del agua a través de sus diferentes capas, lo cual ayuda a proteger el suelo de la erosión a la vez que permite que se infiltre el agua y que haya percolación, recargando los acuíferos. Por lo tanto, es prioritario conservar el bosque existente en la Región Metropolitana. En la sección 16, se mencionan las microcuencas que necesitan acciones urgentes, dentro de aquellas priorizadas por la FUNCAGUA. También se indicó que las dos cuencas con mayores problemas de agotamiento de acuíferos son Las Vacas y Villalobos. Estas microcuencas son también las que poseen mayor extensión de bosque (en parte por ser las microcuencas más grandes) y, entonces, presentan oportunidades importantes de trabajar en la conservación de los mismos. Con niveles de agotamiento preocupantes también y un área considerable para conservación de bosque y reforestación también están las microcuencas Las Cañas y El Zapote.

En el siguiente mapa se señalan las zonas cubiertas de bosque que se tomarán como prioritarias para la conservación en una primera fase en las cinco microcuencas arriba indicadas. Un factor que refuerza la prioridad en dichas áreas es el nivel de recarga hídrica por las condiciones geológicas (unos tipos de suelo tienen mayor capacidad de infiltrar, percolar y transmitir el agua que otros). En el caso de la microcuenca Las Vacas, aunque la capacidad de recarga es media, por ser la microcuenca con el mayor desbalance entre la extracción y la infiltración, se le dio la más alta prioridad.

Este programa consta de tres proyectos: 1) Apoyo a municipalidades y propietarios para conservar los bosques; 2) Control de incendios, plagas y enfermedades forestales; y 3) Destinar tierras para conservación. Las acciones específicas pueden variar en función de los municipios y, sobre todo,

los actores en cada área. El tercer proyecto se refiere a buscar mecanismos para destinar las tierras para la conservación según distintas modalidades como reservas municipales, reservas privadas, otras categorías de área protegida y también los mecanismos para lograrlo como dar la tierra en usufructo para su administración como área protegida o disminuir el IUSI a las áreas boscosas. Estos mecanismos y modalidades serán definidos en conjunto con organizaciones de gobierno y los actores locales.



Áreas de acción del Plan de Conservación en la RMG y Xayá-Pixcayá	
Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala -FUNCAGUA- Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad -CEAB-	
Proyección UTM Zona 15N, Datum WGS84 1984 Escala mapa impreso: 1:425,000	
	Fuente: Base Cartográfica del Instituto Geográfico Nacional IGN-IGER-MAIA-GIMBUT, 2012 Elaborado por: Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota-UVG-Guatemala, 2018
Leyenda 	Priorización áreas
<small>* Los límites administrativos no son autoritativos ** El trazo en una representación no es el trazado 100% real</small>	

Figura 64. Áreas de acción para FUNCAGUA con fines de conservación y restauración.

Cuadro 58. Apoyo para la conservación y protección de los bosques.

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Manejo integral del paisaje	Protección y conservación forestal	10,404 hectáreas en tierras municipales, comunales o de propiedad privada.
Proyecto	Apoyo a municipalidades, comunidades y propietarios para conservar los bosques	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG. Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.	
Plazo:	Jerarquía	Tipo de Proyecto
Largo Plazo	Estratégico (X) Operativo Complementario Principal (X)	Inversión social Gestión (X) Político-Institucional Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de capacidades Infraestructura Investigación
Descripción del Proyecto		Justificación
<p>Promover la conservación y protección de la cobertura forestal existente en la RMG, a través de asistencia técnica para la implementación de proyectos dentro de los programas de incentivos forestales (PINPEP y PROBOSQUE).</p> <p>Los incentivos forestales del INAB a los que se puede tener acceso para promover la conservación son a través de modalidades de manejo de bosques naturales con fines de producción y manejo de bosques naturales para fines de protección y provisión de servicios ambientales. Además de incidir en el cumplimiento del plan de ordenamiento territorial del municipio de Guatemala, y promover la aprobación y cumplimiento de POTs en el resto de municipios; con la finalidad de minimizar los cambios de uso de cobertura forestal a otro uso productivo, incluyendo la urbanización en zonas de alta recarga hídrica.</p>		<p>El crecimiento de la urbanización, la deforestación y cambio de uso de la tierra son causas de la impermeabilización del suelo, la disminución de la recarga de acuíferos y el aumento de las presiones de los bienes y servicios ecosistémicos, por parte de la población.</p>
Objetivos		Resultados esperados
Impulsar mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos y ambientales asociados a los bosques, para las municipalidades, asociaciones, fundaciones, organizaciones no gubernamentales, empresas, cooperativas y comunidades indígenas.		Implementación de incentivos para conservar los bosques en tierras municipales, asociaciones, fundaciones, organizaciones no gubernamentales, empresas, cooperativas y comunidades indígenas.
Impulsar mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos y ambientales asociados a los bosques, para reservas naturales privadas.		Implementación de incentivos para conservar los bosques en las reservas naturales privadas.
Impulsar mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos y ambientales asociados a los bosques, para propietarios individuales.		Implementación de incentivos para conservar los bosques en tierras de propietarios individuales.

Promover la formulación, aprobación e implementación de planes de ordenamiento territorial en los municipios de la RMG priorizando la conservación de las zonas de recarga.	Implementación de planes de ordenamiento territorial en los municipios de la RMG.
Duración del proyecto	Costo estimado
15 años	\$ 500/ha \$5,202,000
Actores involucrados	Actores responsables
CONAP, INAB, FONABOSQUE, FUNDAECO, TNC, UICN, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, AMSA.	INAB, municipalidades, Asociación de Reservas Naturales Privadas, ACAX.

17.2.2 Programa de restauración del paisaje forestal

Como se indicó antes, la restauración incluye la reforestación con distintas finalidades y no necesariamente implica llegar al estado original del bosque sino recuperar en la medida de lo posible los servicios ecosistémicos. Las actividades que son incluidas son las reforestaciones, la incorporación de árboles a tierras no forestales (Ej. Sistemas agroforestales), la inducción de la regeneración natural y las prácticas de conservación de suelos y agua en zonas no forestales.

Cuadro 59. Restauración en áreas municipales, comunales, privadas y restauración ribereña

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Manejo integral del paisaje	Restauración del paisaje forestal	6,500 hectáreas en tierras municipales, comunales y propiedad privada.
Proyecto	Restauración en áreas municipales, comunales, privadas y restauración ribereña.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG. Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.	
Plazo:	Jerarquía	Tipo de Proyecto
Largo Plazo	Estratégico (X) Operativo Complementario Principal (X)	Inversión social Gestión (X) Político-Institucional Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades Infraestructura Investigación
Descripción del Proyecto		Justificación
A través de este proyecto, FUNCAGUA promoverá la recuperación de la cobertura forestal a través de reforestaciones y favorecer la regeneración natural,		En la RMG existe un área considerable que no cuenta con bosque. Dentro de ésta, según datos de 2010, hay 22,727 hectáreas con cobertura de

tanto en tierras privadas como municipales. El proyecto incluye promover y facilitar el acceso a programas existentes de incentivos forestales. También se promoverá la creación de programas y mecanismos de apoyo a propietarios y poseedores de tierra para reforestar.	guamil o matorrales que serán la prioridad para recuperar la cobertura boscosa por no competir con otros usos.
Objetivos	Resultados esperados
Restauración en áreas municipales, comunales o privadas	6,000 hectáreas restauradas.
Restauración en las riberas de los ríos Balanyá, Pacorral, Pixcayá, Alto Xayá, El Zapote, Las Vacas, Paxot, Sactzi, Teocinte, Villalobos, El Frutal, El Molino y Pinula.	500 hectáreas restauradas.
Duración del Proyecto	Costo estimado
15 años	\$ 1,000/ha \$ 6,500,000
Actores involucrados	Actores responsables
CONAP, FONABOSQUE, FUNDAECO, TNC, UICN, CONRED.	INAB, municipalidades, Asociación de Reservas Naturales Privadas, ACAX, AMSA

17.2.3 Programa de mejores prácticas agrícolas

En las zonas agrícolas también ocurre la infiltración del agua y, entonces, también pueden contribuir a la recarga de acuíferos (UNESCO PHI, 2005). Las condiciones de los terrenos y el tipo y manejo del cultivo determinan el nivel de infiltración que puede ocurrir. Existen prácticas y estructuras que se pueden incorporar para aumentar la infiltración del agua, lo cual también contribuye a conservar los suelos.

Cuadro 60. Prácticas y/o estructuras mecánicas de conservación de suelos y agua en áreas agrícolas

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Manejo integral del paisaje	Programa de mejores prácticas agrícolas	Municipios con producción agrícola alta: San José Pinula, Santa Catarina Pinula, Fraijanes, Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala y en los municipios de Zaragoza y San Juan Comalapa, Chimaltenango. Hectáreas identificadas con suelo desnudo en la RMG.
Proyecto	Prácticas y/o estructuras mecánicas para la conservación de suelos e infiltración del agua en áreas agrícolas.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG. Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.	

	Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.	
Plazo:	Jerarquía	Tipo de Proyecto
Mediano Plazo	Estratégico Operativo (X) Complementario (X) Principal	Inversión social Gestión Político-Institucional Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación
Descripción del Proyecto		Justificación
Restaurar suelos degradados en áreas prioritarias que reúnan condiciones favorables para lograr su recuperación, a través de prácticas mecánicas de conservación de suelo y agua, como las siguientes: terrazas, zanjas y pozos de infiltración, acequias, barreras vivas y muertas.		La falta de cobertura vegetal en las zonas con pendientes mayores de 30 %, y en las susceptibles a inundación y deslizamientos; han erosionado y deteriorado los suelos en la RMG, disminuyendo su capacidad de infiltración y afectando la recarga de los acuíferos. Asimismo, inciden en la contaminación de los ríos por el lavado de agroquímicos y de sedimentos. Existen prácticas y estructuras que pueden implementarse en zonas agrícolas y que ayudan a contrarrestar los efectos anteriores.
Objetivos		Resultados esperados
Identificación de áreas prioritarias con suelos degradados y potencial para su restauración y protección.		Áreas prioritarias identificadas.
Promoción de la implementación de prácticas de conservación y recuperación de suelos en las tierras que ya fueron identificadas en la categoría "suelo desnudo".		412 hectáreas con prácticas o estructuras de conservación y recuperación de suelos.
Promoción de la conservación y recuperación de suelos degradados en sistemas productivos mediante tecnologías y buenas prácticas a nivel de fincas y parcelas agrícolas.		1,000 hectáreas con adopción de prácticas de conservación y recuperación de suelos.
Duración del Proyecto		Costo estimado
5 años		\$85/ha establecimiento; \$20/ha mantenimiento anual \$ 232,980
Actores involucrados		Actores responsables
TNC, UICN.		MAGA, municipalidades, ACAX, AMSA

Cuadro 61. Implementación de sistemas agroforestales

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Manejo integral del paisaje	Programa de mejores prácticas agrícolas	Municipios con producción agrícola alta: San José Pinula, Santa Catarina Pinula, Fraijanes, Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala. Municipios de Zaragoza, San Juan Comalapa, Tecpán y Santa Cruz Balanyá en Chimaltenango.
Proyecto	Implementación de sistemas agroforestales.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG. Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.	
Plazo:	Jerarquía	Tipo de Proyecto
Mediano Plazo	Estratégico Operativo (X) Complementario Principal (X)	Inversión social Gestión Político-Institucional Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación
Descripción del Proyecto		Justificación
Este proyecto busca aumentar el número de hectáreas de producción agropecuaria que incorporen árboles, implementando sistemas agroforestales y silvopastoriles. A través del proyecto se incidirá en la creación y adopción de mecanismos para lograr el objetivo.		La incorporación de árboles en los sistemas agropecuarios tiene beneficios en la protección del suelo y en la infiltración del agua, aportando a la recarga de acuíferos.
Objetivos		Resultados esperados
Identificación de áreas con suelos degradados, sin cobertura o uso agrícola, con condiciones favorables para establecer sistemas agroforestales. Restauración de suelos degradados en sistemas productivos agrícolas mediante la implementación de sistemas agroforestales.		1,000 ha con establecimiento de sistemas agroforestales. Estas ya forman parte de las 6,500 hectáreas de meta para restauración forestal.
Duración del Proyecto		Costo estimado
10 años		US\$ 300,000 (\$300/ha)
Actores involucrados		Actores responsables
TNC, UICN.		MAGA, municipalidades, ACAX, AMSA.

17.2.4 Programa de gestión de riesgos a deslaves

Para este programa se plantean las siguientes actividades:

Identificación de zonas expuestas a deslizamientos para enfocar los esfuerzos de alerta temprana (si ya están habitados) y de inclusión en los planes de ordenamiento territorial de las municipalidades para que no se establezcan poblados en sitios peligrosos.

Infraestructura gris para reducir la velocidad de esorrentía (control de erosión y sedimentación). Incluye diques transversales y obras longitudinales, tipos de estructuras en varios sitios del río Villalobos, El Frutal, El Molino y Pinula.

Sistema de vigilancia de taludes y deslizamientos, con protocolos específicos para las observaciones, niveles de alerta y medidas de mitigación.

17.3 AGUA SUPERFICIAL Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA USO EFICIENTE DEL AGUA

Cuadro 62. Resumen de la línea estratégica “Agua superficial y adopción de tecnologías para uso eficiente del agua”

Línea estratégica:	Agua superficial y adopción de tecnologías eficientes de agua	
Objetivo estratégico:	Mejorar la disponibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad mediante la utilización de fuentes alternativas para abastecimiento de agua, implementación de plantas de tratamiento a las aguas residuales que se vierten a los ríos y al lago de Amatitlán, y adopción de tecnologías eficientes para el uso del agua.	
Descripción:	Se mejorará la disponibilidad del recurso hídrico a través de un manejo adecuado de fuentes superficiales, con tratamiento a las aguas residuales que se vierten a los ríos. Además, promover el uso de tecnologías eficientes para el uso del agua, incluyendo captación de agua de lluvia. Con ello, fomentar la adopción de estas tecnologías y mejorar la disponibilidad de agua necesaria para el desarrollo de todas las actividades productivas, de servicios y del ambiente, satisfaciendo principalmente las demandas de agua de las familias rurales y urbanas. El consumo de agua por persona depende de la disponibilidad, calidad, precio, clima y los usos habituales de las personas. Por lo tanto, se debe trabajar con estos factores. Para mejorar la calidad de agua que se vierte a los ríos y al lago de Amatitlán, una de las estrategias financieras puede ser, el establecimiento de tarifas de agua escalonadas en los municipios de la RMG.	
Localización:	Municipios de la RMG	
Plazo:	Prioridad de intervención:	
LP (Largo Plazo)	Alta	
Programas:	Metas	Indicadores
Tratamiento de aguas residuales	Hacer incidencia para lograr: Tratamiento de 200,000 m ³ /día de agua. Aumento de un 10 % de hogares conectados a la red domiciliar del agua. El 80 % de las muestras de agua tomadas cumplen con las normas de calidad de agua. Aumento del 10 % de viviendas conectadas a la red de drenaje y alcantarillado. Reducción de un 30 % de consumo de agua per cápita.	Porcentaje de aguas residuales tratadas de conformidad con las normas nacionales. Porcentajes de hogares conectados a la red domiciliar de agua. Porcentaje de muestras de agua tomadas en un año y cumplen con las normas de calidad de agua. Porcentaje de hogares conectados a la red de drenaje y alcantarillado. Consumo de agua per cápita en las viviendas conectadas al sistema de suministro de agua.
Aprovechamiento de agua de lluvia en zonas urbanas	Al menos 10 proyectos piloto de captación de agua de lluvia	Proyectos piloto de captación de agua de lluvia en colegios y

	en colegios y empresas.	empresas.
Adopción de tecnología para uso eficiente de agua	Establecimiento de medidores en un 80% de cobertura total de las viviendas conectadas a la red de suministro de agua en las municipalidades.	Porcentaje de pérdidas de agua (medidores de agua rotos, falta de medidores de agua y conexiones ilegales).
Actores responsables:	AMSA, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, alcaldes municipales de la RMG.	
Problemas asociados:	Falta de tratamiento de aguas residuales, de uso domiciliario, industria y oficina. Suministro de agua discontinuo para uso doméstico. Sedimentos suspendidos en escorrentía superficial. Alto riesgo a desastres por deslaves.	

El agua superficial es un recurso importante que se ve limitado dentro de la Región Metropolitana debido a la contaminación a la que es sujeta. En varios municipios ni la consideran como un recurso por su estado, especialmente aquellos que están en las partes bajas y reciben las aguas residuales de los poblados que están en zonas más altas. En esta línea estratégica se plantean tres programas relacionados a las aguas superficiales. Uno de ellos aborda la problemática antes mencionada y, entonces, plantea el tratamiento de las aguas para que puedan utilizarse, aunque no sea para todos los usos. El segundo programa plantea el aprovechamiento de un recurso que en la actualidad no es utilizado, el agua de lluvia. Su utilización es importante porque puede reducir en algún porcentaje la necesidad de bombeo de agua de pozos o de conducir agua desde lugares lejanos, por lo menos durante la temporada de lluvias, que es la mitad del año. El tercer programa se refiere a la reducción de la demanda del agua a través de hacer un uso más eficiente de la misma. Ésta es posiblemente la estrategia que podría adoptar la FUNCAGUA y que menor costo le represente.

A continuación, se presentan algunas de las sugerencias que surgieron en el proceso de elaboración del Plan de Conservación.

17.3.1 Tratamiento de aguas residuales

- Gestión de fondos para apoyar la propuesta técnica para el manejo de aguas residuales de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.
- Creación de una propuesta técnica para el manejo de aguas residuales en los municipios de la RMG que estén fuera de la Mancomunidad.

17.3.2 Aprovechamiento del agua de lluvia en zonas urbanas

- Implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en escuelas y colegios.
- Implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en espacios comunes.
- Promoción del uso del agua de lluvia en el sector privado (reduce la presión sobre el agua subterránea, al menos en la estación lluviosa).

17.3.3 Adopción de tecnología para uso eficiente de agua

- Tecnologías para uso eficiente de agua en escuelas, colegios e institutos.
- Tecnologías para uso eficiente de agua en empresas.
- Tecnologías para uso eficiente de agua domiciliar.

17.3.4 Adecuaciones en áreas urbanas para inducir la infiltración del agua al subsuelo

Debido al costo de oportunidad elevado en una zona urbana de destinar tierra para conservación de bosque, es necesario considerar medidas para inducir la infiltración del agua al subsuelo. Estas pueden incluir 1) el uso de pisos permeables en parques, estacionamientos y calles públicas, 2) la separación del agua pluvial de las aguas grises, conduciéndola hacia pozos o lagunas de infiltración, y 3) ampliación de las áreas verdes que usen una impermeabilización mínima, dejando cobertura arbórea. Estas medidas son más fáciles de implementar en nuevas urbanizaciones o áreas de construcción y podría incentivarse por parte de las ordenanzas municipales y también por compromisos voluntarios de los constructores. En las zonas que ya están construidas, los cambios se pueden hacer de manera paulatina, especialmente cuando se hacen reparaciones o remodelaciones.

17.4 DESARROLLO DE CAPACIDADES Y COMUNICACIONES

Cuadro 63. Resumen de la línea estratégica

Línea estratégica:	Desarrollo de capacidades y comunicaciones	
Objetivo estratégico:	De acuerdo al plan de educación hídrica de FUNCAGUA, se ha definido el objetivo estratégico como “Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones”	
Descripción:	El desarrollo del Plan plantea la conformación de diferentes programas y subprogramas educativos destinados a cubrir los distintos públicos y necesidades educativas respecto del agua, su problemática, posibles soluciones y otros aspectos de importancia relacionados a la conservación y buen uso del recurso.	
Localización:	En toda la Región Metropolitana	
Plazo:	Prioridad de Intervención: Alta	
Corto y mediano plazo		
Programas:	Metas anuales	Indicadores
Programa de fortalecimiento del sistema educativo	500 maestros capacitados anualmente, asistencia al menos a 12 centros educativos y establecimiento de 3 escuelas piloto.	Fichas de evaluación de maestros capacitados, récord de asistencia y conocimiento, reportes de centros educativos y de escuelas piloto
Programa de educación ciudadana	Establecimiento de 2 programas permanentes de educación (2018); 2 programas educativos a nivel empresarial (a partir 2019);	Módulos de evaluación de programas educativos, fichas de registro de la gota viajera, y registro de programa educativo del Parque

	calendario anual de visita de la Gota Viajera (a partir 2019) con al menos 4 eventos anuales. Establecimiento del programa permanente educativo del Parque Nacional Naciones Unidas (2019 en adelante).	Nacional Naciones Unidas.
Programa de estrategias de comunicación	Dos campañas educativas masivas al año.	Indicadores basados en: Activaciones de EA, Voluntariado, Boletín trimestral, Prensa, Congresos, Conversatorios, Gestión directa (aliados estratégicos), Memoria de labores, volumen de visitas Web, redes.
Actores responsables:	La línea estratégica persigue el fin de lograr los mejores niveles de conocimiento en materia hídrica a todos los usuarios del agua en la metrópoli central.	
Problemas asociados:	A pesar de que la metrópoli central posee los niveles educativos más altos de Guatemala, es necesario reforzar la temática de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), el papel de los diferentes actores, instituciones, manejo de cuencas, entre otros.	

La línea estratégica de “Desarrollo y fortalecimiento de capacidades” fue definida por FUNCAGUA como una de las más importantes y urgentes de iniciar e implementar. En ese sentido, se contrató a Fundación Defensores de la Naturaleza para la realización del Plan de Educación Hídrica de la FUNCAGUA.

Los elementos fundamentales anotados en el plan son:³⁹

Desde sus inicios en los años 70 se ha buscado despertar la conciencia a nivel mundial acerca de la importancia de dar prioridad a la educación ambiental como una herramienta de cambio hacia el desarrollo sostenible. A lo largo de las diferentes conferencias mundiales y reuniones de las Naciones Unidas ha destacado la necesidad de:

- La toma de conciencia a través de la promoción de la educación ambiental en diferentes niveles; a nivel público, escolar, universitario, a nivel técnico e industrial, entre otros.
- El establecimiento de conceptos claros considerando las metodologías, el desarrollo de contenidos y materiales educativos
- La formación del profesorado a diferentes niveles
- La cooperación a distintos niveles, tanto regional como internacionalmente.

El Plan de Educación Ambiental del Agua busca contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad guatemalteca de la Región Metropolitana mediante la promoción del conocimiento y valoración de los recursos hídricos con la finalidad fortalecer su buen uso y conservación.

³⁹ Samayoa, Arabella. 2017. Plan de educación hídrica de FUNCAGUA. Fundación Defensores de la Naturaleza.

El plan definió los programas de fortalecimiento del sistema educativo y de educación ciudadana. Asimismo, el equipo técnico de FUNCAGUA empezó a trabajar en 2017 el Programa de Comunicación y Divulgación.

La descripción de los programas y subprogramas pueden ser consultados en el Plan de Educación Hídrica de FUNCAGUA. A continuación, únicamente los elementos de referencia:

17.4.1 Programa de fortalecimiento del sistema educativo

- Sub programa de formación para docentes
- Sub programa de educación para niños
- Sub programa de escuelas piloto

17.4.2 Programa de educación ciudadana

- Sub programa formación del agua para empresas, organizaciones y otros
- Sub programa exposición Gota Viajera
- Sub programa Parque Nacional Naciones Unidas
- Sub programa Campañas educativas masivas

17.4.3 Programa de Estrategia de Comunicación

Además de dichos programas, FUNCAGUA empezó a desarrollar el programa denominado “Estrategia de Comunicación” en 2017. La descripción y subprogramas referidos se pueden consultar en dicha estrategia.

La comunicación es clave para tener un impacto en la región definida para trabajar. Por una parte, aporta a sensibilizar a la población sobre la problemática y las soluciones que se están buscando e implementando. Por otra parte, divulgar el trabajo de la FUNCAGUA también facilita la creación de alianzas porque ayuda a generar confianza con distintos públicos y potenciales socios. Para la estrategia de comunicación se definieron las siguientes audiencias principales:

- Audiencias internas
- Sector público
- Sector privado
- Sector de incidencia
- Estudiantes
- Público general
- Medios de comunicación y líderes de opinión
- Cooperación internacional

Los principales elementos que contiene la estrategia de comunicación son: diseño e implementación de plataforma digital, redes sociales, actividades de voluntariado, campaña educativa masiva, festivales y eventos de barrio, divulgación científica en radio y televisión, y boletines.

17.5 GOBERNANZA DEL RECURSO HÍDRICO

Cuadro 64. Resumen de la línea estratégica gobernanza del recurso hídrico

Línea estratégica:	Gobernanza del recurso hídrico	
Objetivo estratégico:	Lograr un desarrollo ordenado, equitativo y sostenible del recurso hídrico en la región metropolitana de Guatemala, con la participación proactiva de todos los usuarios del recurso hídrico.	
Descripción:	La línea estratégica busca integrar los diferentes intereses de los usuarios en un recurso hídrico accesible, suficiente y no contaminado para todos, regido por normativas consensuadas y una organización fuerte de toma de decisiones por territorios específicos y en temas prioritarios.	
Localización:	En toda la Región Metropolitana, con énfasis en el municipio de Guatemala al poseer el mayor número de usuarios y amenazas.	
Plazo:	Prioridad de Intervención: Alta	
LP (Largo Plazo)		
Programas:	Metas	Indicadores
Incidencia en políticas y normativas del recurso hídrico.	Contar con información actualizada suficiente para toma de decisiones y de esa forma poder influir en una mejor gobernanza del recurso hídrico	Número de estudios, normas, leyes, acuerdos municipales
Organización local	Diferentes mecanismos de coordinación local creados y funcionando bajo la modalidad de GIRH	Número de planes de manejo de cuenca, de comités creados, de reglamentos sobre el uso del agua
Auto Gestión	Sistemas independientes y autosostenibles para inversión en subcuencas de la RMG	Número de proyectos comunitarios, de barrio e inversión lograda
Alianzas estratégicas	Contar con suficientes socios estratégicos con el objetivo de facilitar el trabajo de FUNCAGUA y logro de las metas establecidas. En materia de gobernanza deberían existir al menos 4 socios por municipio.	Número de convenios firmados y apalancamiento de acciones y recursos técnicos y financieros.
Actores responsables:	Todos los usuarios del agua en la región metropolitana, integrados en diferentes formas asociativas y proactivas en el manejo y Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Debe iniciar el trabajo con los actores de mayor relevancia y líderes en sus COCODES, comités de barrio, asociaciones vinculadas al tema hídrico.	

Problemas asociados:	La ausencia de una legislación a nivel nacional, la falta de información científica, permanente y confiable de recursos hídricos y la escasa o nula organización en función de un bien común. Renuencia de los usuarios del agua de pagar por el servicio/recurso.
----------------------	--

La gobernanza en el manejo de los recursos naturales se convierte, en la gran mayoría de los casos, en la columna vertebral de un adecuado manejo, sostenible, equitativo y factible de lograrlo.

El recurso hídrico no escapa a esa condición y su gobernanza aún es más crítica en países como Guatemala donde no existe una legislación general del agua y las pocas normativas relacionadas son dispersas, desfasadas en el tiempo, mezcladas en función de aplicabilidad y poco respetadas y valoradas. En muchas regiones del interior del país, aún se escucha “El Agua es un bien de Dios”, implicando en la acotación, que el agua debe ser gratis y de acceso universal sin ninguna normativa o regulación.

De acuerdo con Global Water Partnership (GWP, 2002) se puede definir a la gobernanza de recursos hídricos como: “Conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos implementados para el desarrollo y gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de saneamiento en los diferentes niveles de la sociedad”.

En ese sentido, en la gobernanza actúan todos en menor o mayor nivel, pero todos somos parte de un sistema político, social, económico o administrativo. En cada línea de programa presentada se priorizan los actores a considerar y, en el documento elaborado por The Nature Conservancy (2015) sobre la caracterización de los actores vinculados al recurso hídrico, se puede analizar la participación de los mismos.

Desde otro punto de vista y enfocado en los principios de Dublín (1992), sobre el agua y el desarrollo sostenible se observa claramente la integralidad de los mismos en función de la gobernanza:

1. El agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
2. El desarrollo y manejo del agua debe estar basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de política a todo nivel.
3. La mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua.
4. El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debiera ser reconocido como un bien económico.

Normalmente es indispensable la consideración en aspectos legislativos, políticos o normativos en materia de recursos hídricos la interacción de al menos los siguientes cuatro ejes de trabajo:

- Generación de Información – investigación.
- Infraestructura adecuada
- Inversión necesaria

- Institucionalidad de recursos hídricos

Al faltar alguno de los ejes o no darle la importancia respectiva, entonces la gobernanza del recurso hídrico no se logrará de forma completa y adecuada o no permanecerá en el tiempo. En otras palabras, la gobernanza no será sostenible.

Dentro de la línea estratégica se han creado cuatro programas fundamentales para el logro de la gobernabilidad del recurso hídrico, siendo ellos:

- Programa de incidencia en políticas y normativas del recurso hídrico.
- Programa de organización local
- Programa de Auto Gestión
- Programa de alianzas estratégicas

17.5.1 Programa de incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico

FUNCAGUA actuará de forma proactiva en las diferentes políticas y normativas nacionales o regionales que aporten o incidan en su quehacer diario y en la búsqueda de su misión y visión para la región metropolitana y sus recursos hídricos.

El programa será permanente y su estructura de actuación se centra en los altos directivos de FUNCAGUA, asesorados eventualmente por profesionales en la materia de incidencia política y/o normativa. No se considera poseer profesionales en staff permanente para este programa. En la coyuntura actual de Guatemala sí es indispensable la participación en una eventual legislación en materia de recursos hídricos.

En el programa se plantean dos proyectos prioritarios para el inicio de FUNCAGUA.

- Análisis y fortalecimiento de instrumentos de planificación de recursos hídricos. Es ineludible trabajar sobre los instrumentos municipales, sus programas de abastecimiento y su relación hacia sus zonas de captación.
- Acompañamiento y creación de acuerdos municipales sobre uso del agua y/o reglamentos de uso domiciliar.

17.5.2 Programa de organización local

El recurso hídrico posee la característica de ser dinámico y actuar en función de una región o micro región fisiográfica denominada Cuenca o Subcuenca. Ello hace que bajo los principios de no realizar trasvases entre cuencas hidrográficas, el recurso es finito y la cantidad y calidad del agua debe responder a planificación territorial consensuada. Independientemente que muchas veces el agua es catalogada como un recurso natural renovable, su disponibilidad y acceso son limitados y temporales, por lo que no necesariamente se puede aseverar que es renovable en función del tiempo.

La priorización de este programa es la interacción entre las municipalidades y sus cuencas (abastecimiento). Independientemente que el usuario final no reconozca el origen de la captación de su agua, el ente rector de agua potable (municipalidad) sí debe conocerlo y actuar en función de la búsqueda de auto sostenibilidad ambiental, económica y financiera. Es indiscutible también que la Municipalidad de Guatemala debe ser la más importante en este programa y con quién empezar.

Dependiendo de la organización misma de cada municipalidad, se trabajará con las alcaldías auxiliares, los COCODES, comités de barrio y, de forma más global, con la cámara de construcción y sus asociados en condominios. Desde el punto de vista de aguas residuales, nuevamente la municipalidad de Guatemala es la más crítica y con quien se debe comenzar a trabajar. Los condominios y comunidades ubicadas en laderas y barrancos son críticos y ocupan también un orden prioritario en materia de organización y trabajo preventivo con ellos.

En este programa se prioriza el trabajo a través de cuatro proyectos basados en microcuencas hidrográficas prioritarias, donde el quehacer de sus usuarios debe ir de la mano con el conocimiento del recurso, de su disponibilidad, de sus amenazas y sobre todo sobre la planificación del mismo en función de la gestión integrada de recursos hídricos propuesta por GWP.

En la medida que los usuarios organizados comprendan que el recurso es susceptible a contaminación, escasez, mal uso y que su gestión depende de un ecosistema forestal frágil por el crecimiento poblacional y urbanístico; su proactividad ordenada debe ser el pilar fundamental de la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

- Diagnóstico, elaboración e implementación del plan de manejo de las microcuencas prioritarias.
- Promoción de la creación de los comités de cuenca y promoción de asociaciones locales independientes.
- Acompañamiento y asesoría en acuerdos municipales sobre uso del agua.
- Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana.

17.5.3 Programa de auto gestión del recurso hídrico

La valorización económica “comprendida y aceptada” del recurso hídrico en la región metropolitana debe permitir que cada uno de los usuarios del agua pague, contribuya e invierta en el recurso.

En otras palabras, el programa persigue la participación ciudadana en la sostenibilidad de su propio recurso hídrico, e idealmente trabajar en forma mancomunada y de la mano con la municipalidad respectiva el otorgamiento y mantenimiento del agua potable, su gestión respectiva de cuenca, mantos freáticos y zonas de recarga hídrica.

El término “comprendido y aceptado” invita a una mayor inversión en la gestión del agua y no solamente en el pago producto del bombeo o del tratamiento previo al uso. La gestión adecuada del agua implica conservación de bosques, restauración forestal, conservación de suelos, plantas de tratamiento, re-uso del agua, entre otra serie de temas prioritarios que actualmente no se conocen, sobre los cuales no se actúa y las municipalidades normalmente no poseen el interés o la capacidad de abordarlos bajo el concepto de Gestión Integrada. El concepto de participación mancomunada debe estructurarse en diferentes fases de involucramiento, conocimiento e idealmente manejo participativo del proveedor (municipalidad) y del usuario.

Es decir, en una primera fase el usuario debe conocer más sobre el origen de su agua, sus amenazas, estructura de funcionamiento, costos de operación – mantenimiento y finalmente conocimiento e inversión en manejo integrado de cuencas. La segunda fase puede ser la estructuración de un mecanismo de pago extra, dirigido a un servicio ambiental y en función de la

amenaza prioritaria de cada cuenca. La filosofía de las diferentes fases invita a conocer, adoptar prácticas, analizar de forma conjunta y pasar de un “aporte u acción en especie” a una acción directa de inversión conjunta y transparente en un propio mecanismo municipal o mecanismo financiero construido entre administradores del agua y usuarios. La debilidad para Guatemala continúa siendo se falta de legislación y el poco control sobre los pozos privados y de condominio, donde este planteamiento de fases de participación es demasiado complejo.

Los proyectos sugeridos son dos:

- Impulso de mecanismos de autogestión comunitaria y de barrio para manejo de recursos hídricos
- Priorización e implementación de pago o cuota por servicios ambientales a nivel de microcuenca, zona o barrio.

17.5.4 Programa de alianzas estratégicas

Las alianzas estratégicas responden a una lógica de participación conjunta por intereses comunes o prioritarios para una sociedad o región específica. En la estructura conceptual de FUNCAGUA está claro que la fundación no puede ni debe ejecutar todo ni resolver unilateralmente la problemática del recurso hídrico a nivel regional, para buscar la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

En ese sentido, es crucial la priorización de alianzas estratégicas en materia de ciencia, organización, gestión y la actual estructura de proyectos público – privados. Cada alianza debe ser por intereses mutuos y con metas concretas sobre una temática acordada. Es decir, no es solo la firma del convenio *per se*, sino la búsqueda de una solución conjunta, que implica estudios, priorización e inversión de las dos o varias partes Institucionales.

Los proyectos planteados a continuación llevan un orden lógico e idealmente deben ser secuenciales.

- Priorización de alianzas estratégicas, basado en el estudio de mapeo de actores de la región metropolitana.
- Convenio y acuerdos comunitarios y de barrio con municipalidad.

A continuación, se describen los proyectos que podrán desarrollarse como parte de la línea estratégica de gobernanza del recurso hídrico.

Cuadro 65. Análisis, formulación y fortalecimiento de instrumentos de planificación de recursos hídricos

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En toda la Región Metropolitana de Guatemala (RMG)
Proyecto	Análisis y fortalecimiento de instrumentos de planificación de recursos hídricos	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG. Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.	

	<p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Mediano plazo	Estratégico (X) Operativo Complementario (X) Principal	Inversión social Gestión Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
<p>El proyecto busca el acompañamiento de FUNCAGUA y sus socios en poseer una mejor y adecuada política y legislación de recursos hídricos a nivel nacional y de ser factible algunas normativas y políticas a nivel de la región metropolitana.</p> <p>De acuerdo a los objetivos de FUNCAGUA si es un tema crucial, pero debe ser llevado en función de lobby de alto nivel de los directivos, basado en criterios y asesoría del staff de FUNCAGUA y de sus socios como Defensores de la Naturaleza, ICC, UVG.</p>		<p>Guatemala carece de políticas y legislación adecuada y actualizada sobre recursos hídricos. En función de ello, existe un traslape de diferentes normativas de tercer rango entre diferentes Instituciones, lo que complica la adecuada gestión del agua, siendo este elemento complejo en su manejo al ser dinámico y de múltiples usuarios.</p> <p>Los esfuerzos que se han realizado en materia de legislación hídrica han fracasado por más de 20 veces en los últimos 50 años.</p>
Objetivos		Resultados esperados
<p>Analizar la efectividad de las diferentes políticas de recursos hídricos a nivel nacional y su injerencia a nivel de la región metropolitana</p> <p>Fortalecer las propuestas de políticas hídricas complementarias para la adecuada gestión del recursos en la región metropolitana de Guatemala (RMG)</p> <p>Acompañamiento de la legislación prioritaria en materia de recursos hídricos</p>		<p>Documento de análisis sobre la necesidad de inversión y priorización sobre políticas públicas</p> <p>Políticas creadas, socializadas y aprobadas</p> <p>Documento de posición de FUNCAGUA ante proyectos relacionados a recursos hídricos, con especial análisis a la ley general de agua.</p>
Duración del Proyecto		Costo estimado
1 año		U\$25,000
Actores involucrados		Actores responsables
Organismos legislativo, judicial y ejecutivo; Municipalidades, sociedad civil, sector privado, academia		FUNCAGUA

Cuadro 66. Acompañamiento y creación de acuerdos municipales sobre uso del agua y reglamentos de uso domiciliar

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas	Toda la Región Metropolitana de Guatemala

	de recurso hídrico.	
Proyecto	Acompañamiento y asesoría en acuerdos municipales sobre uso del agua.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG.</p> <p>Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Corto plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario Principal (X)	Inversión social Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura (X) Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
<p>Amparados en el código municipal, el proyecto incentivará el liderazgo municipal en temas de recursos hídricos en el sector de agua potable. Los reglamentos pueden inclusive integrar la gestión de uso con otros recursos como es el agua de riego, industrias y llegar acuerdos entre todos.</p> <p>El proyecto se puede basar en los avances de Defensores de la Naturaleza en esta materia en el municipio de San Jerónimo.</p> <p>Así mismo es necesario evaluar y fortalecer las oficinas municipales y acuerdos existentes en materia de recursos naturales y sobre todo en el cumplimiento por el momento de la ley de descarga de fluidos y sus correspondientes plantas de tratamiento.</p>		<p>Las municipalidades en Guatemala poseen la potestad de poder normar y regir el agua potable de sus municipios. Sin embargo pocas municipalidades poseen normativas sobre el uso adecuado, únicamente se cobra el costo de transporte y tratamiento previo al consumo; pero se deja completamente fuera la gestión integrada del recurso hídrico, el tratamiento post uso y la inversión necesaria para un cobro efectivo del valor real.</p>
Objetivos		Resultados esperados
Reglamentos de agua potable actualizados e implementados en las cuencas y municipios identificados.		Formulación participativa de reglamentos de agua municipal
		Socialización y aprobación de reglamentos
Diagnóstico y fortalecimiento de las corporaciones municipales en materia recursos hídricos		Implementación de reglamentos, asesoría y acompañamiento
		Planes de trabajo por municipalidad sobre normativas, cobros, sanciones
Una prueba piloto de departamento financiero hídrico en municipalidad a determinar.		Programa de monitoreo técnico y financiero
		Plan financiero, de sostenibilidad y determinación de inversión necesaria
Duración del Proyecto		Costo estimado

1 año	U\$95,000 / municipalidad
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades / INFOM	FUNCAGUA / INFOM / Consultores

Cuadro 67. Diagnóstico, elaboración e implementación del plan de manejo de las subcuencas

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En las cuencas priorizadas y definidas como clave por parte de FUNCAGUA y basados en capacidad de inversión anual
Proyecto	Diagnóstico, elaboración e implementación del plan de manejo por cuenca hidrográfica	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG.</p> <p>Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Mediano y largo plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario Principal (X)	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura (X) Investigación (X)
Descripción del proyecto		Justificación
El proyecto definirá con la alta dirección de FUNCAGUA el número de subcuencas críticas a trabajar y la realización respectiva de sus planes de manejo. Se debe tomar en cuenta el estudio sobre actores de la RMG (TNC – FUNCAGUA, 2015) y la priorización de cuencas presentada en la sección de Manejo Integrado del Paisaje.		Las decisiones basadas en ciencia son críticas en función del manejo de los recursos naturales a mediano y largo plazo. Esa decisión depende de información adecuada, actualizada y monitoreada permanentemente para que sea viable su aplicación. Sin embargo, en materia de recursos hídricos, el país y la región cuentan con mínima información confiable y muchas veces desactualizada. La generación entonces de la información base, su procesamiento y análisis son vitales para poder iniciar la gestión integrada de recursos hídricos en la región metropolitana.
Objetivos		Resultados esperados
Priorizar el accionar de FUNCAGUA en base a cuencas prioritarias e inversión disponible		Realización y actualización de diagnóstico ambiental y socioeconómico de la microcuenca priorizada ubicadas en RMG

	Definición e implementación metodológica de proceso participativo de elaboración del plan cuenca en función de prioridades de manejo de recursos naturales, gobernanza, sostenibilidad.
	Implementación del plan de manejo de cuenca priorizada por período de 5 años, con actualizaciones bianuales.
Duración del Proyecto	Costo estimado
5 Años	U\$35,000 elaboración del plan / cuenca U\$100,000/cuenca/año en implementación
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades / INAB / CONAP / INSIVUMEH / MAGA / Academia / ONG	FUNCAGUA, municipalidades / consultores / actores locales

Cuadro 68. Creación de estructuras ad hoc para el manejo integrado de cuencas y promoción de asociaciones locales independientes

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En cuencas priorizadas por FUNCAGUA
Proyecto	Creación de los comités de cuenca y promoción de asociaciones locales independientes.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG.</p> <p>Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Mediano plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario Principal (X)	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
El proyecto creará diferentes modelos y niveles de diferentes tipos de organización local y regional en función del manejo integrado del agua. Es decir, no se debe trazar la meta que todo será comités de cuenca o asociación civil; sino en el desarrollo del proyecto y de forma participativa con los diferentes actores, se ira diseñando la organización local <i>ad hoc</i> donde todos los		La organización local es válida y necesaria ante las instancias de manejo de recursos compartidos como lo es el agua. La interacción y planificación conjunta deben ser elementos indispensables en el recurso hídrico y eso es lo que justifica algún nivel de organización civil, privado o público – privado.

usuarios se sientan cómodos de participar y confiados de la transparencia y equidad en la toma de decisiones. La experiencia de Defensores de la Naturaleza y WWF en dicha materia puede ser la guía de este proyecto, con la creación de más de 7 comités de cuenca en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.	Es clave la participación de las municipalidades en los comités de cuenca, pero no necesariamente como ente rector, sino como un actor más que participa, discute y logra resultados y planes por consenso. Los comités de cuenca deben incluir en sus planes a mediano plazo, el conocimiento e idealmente coordinación en el uso de agua subterránea y su respectiva cuenca subterránea.
Objetivos	Resultados esperados
Planes estratégicos de comités y asociaciones de cuencas hidrográficas	Estudio conceptual de estrategia de creación de organizaciones locales civiles de manejo de cuencas Creación de 5 comités de cuencas y sus respectivos planes de trabajo quinquenal
Legalización de los comités de cuenca y creación de asociaciones civiles de manejo de las mismas	Legalización de 5 comités de cuenca hacia asociaciones civiles Establecimiento de reglamentos internos y operativos de las asociaciones de cuenca
Duración del Proyecto	Costo estimado
1 año	U\$30,000 / creación por cuenca U\$20,000 / legalización y reglamentos / cuenca
Actores involucrados	Actores responsables
Usuarios de agua en las diferentes cuencas prioritarias	FUNCAGUA / sociedad civil / municipalidades / sector privado

Cuadro 69. Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En 6 cuencas priorizadas y viables de implementación
Proyecto	Diseño e implementación de sistemas de alerta temprana	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	Objetivo 1: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones. Objetivo 2: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua. Objetivo 3: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Corto plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario Principal	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura (X)

Investigación	
Descripción del proyecto	Justificación
<p>El proyecto parte con la definición de las subcuencas que poseen mayores riesgos de daño a la población humana y sus asentamientos. Definitivamente debe ser un proceso público – privado, donde el acompañamiento de la CONRED es básico y necesario. La clave del éxito en los sistemas de alerta temprana son la organización, la prevención, y el ensayo o pruebas de emergencias. Asimismo, el sistema de alerta depende de datos meteorológicos confiables y accesibles todo el tiempo por los líderes de la organización (es) involucradas. Los sistemas locales, municipales y nacionales deben ser considerados con los sistemas nuevos diseñados en función del comportamiento del agua.</p> <p>Nuevamente, el mismo proyecto debe definir en sus primeras instancias la capacidad de inversión y/o acompañamiento de la FUNCAGUA en estos sistemas; así como en la sostenibilidad técnica, operativa y financiera del mismo.</p>	<p>Bajo las inclemencias del cambio climático es necesario adaptarnos como ciudadanos a sistemas locales de alerta y comunicación. Estos sistemas llamados de alerta temprana son bastante viables en aspectos de la tecnología actual y se basan en una mínima y necesaria organización local.</p> <p>Son necesarios fundamentalmente en comunidades o barrios suburbanos ubicados en zonas no propicias y adecuadas para la vivienda. Así mismo son necesarios en regiones ubicadas a los márgenes de los ríos, que presentan desbordamientos en función del manejo de los bosques de galería o de las partes altas de las cuencas donde se ubican.</p>
Objetivos	Resultados esperados
<p>Establecimiento de sistemas público-privados de alerta temprana en cuencas priorizadas de la metrópoli central, integrados a los sistemas municipales y/o nacionales de emergencia.</p>	<p>Diagnóstico de sectores donde los sistemas de alerta temprana son cruciales en materia de recursos hídricos</p> <p>Estudio legal de elementos necesarios para la creación de mecanismos públicos privados sobre alertas tempranas</p> <p>Establecimiento en seis cuencas sistemas de alerta temprana en la metrópoli central, con prueba piloto en la MANCOMUNIDAD del sur de la RMG.</p>
<p>Monitoreo, acompañamiento y evaluación de los sistemas de alerta temprana</p>	<p>Definición de indicadores de acompañamiento, evaluación y funcionalidad de los sistemas de alerta temprana</p>
<p>Duración del Proyecto</p>	<p>Costo estimado</p>
<p>5 años</p>	<p>U\$20,000 / cuenca /establecimiento sistema U\$10,000 / cuenca / año / en operación</p>
<p>Actores involucrados</p>	<p>Actores responsables</p>
<p>Municipalidades / sector público</p>	<p>Sistemas de CONRED, sistemas locales.</p>

Cuadro 70. Impulso de mecanismos de autogestión comunitaria y de barrio para manejo de recursos hídricos

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En barrios y comunidades definidas como prioritarias

Proyecto	Impulso de mecanismos de autogestión comunitaria y de barrio para manejo de recursos hídricos.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Corto y mediano plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario (X) Principal	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura (X) Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
<p>La autogestión comunitaria o de la sociedad civil – privada, normalmente complementa las acciones del Estado o las sustituye. El mejor ejemplo es la misma FUNCAGUA que con su Misión y Visión busca la sostenibilidad de un bien común como lo es el agua.</p> <p>El proyecto debe definir mecanismos más locales de autogestión en todos los aspectos: diagnósticos, organización, sistemas de captación de agua, modelos financieros, inversión; en la medida que se logren organizaciones de base que comprendan la problemática y posean la capacidad de actuar. El proyecto entonces diseñará y acompañará esos procesos creativos, alternos y exitosos de autogestión del agua, como lo puede ser un simple sistema de captación de agua de lluvia en todas las escuelas de la metrópoli central.</p>		<p>Ante la inoperancia o incapacidad del Estado de Guatemala en la atención adecuada y la inversión en GIRH por cuenca, es necesaria la autogestión de la sociedad civil y del sector privado en materia de recursos hídricos.</p> <p>Actualmente más del 70% del acceso a agua potable es privada y consecuentemente su autogestión continuará de la misma forma a mediano y largo plazo. En ese sentido, la autogestión técnica y financiera puede ser un elemento interesante en la resolución del manejo de recursos hídricos.</p> <p>Es fundamental la autogestión en materia de tratamiento de agua y no solo en la gestión previa a su uso.</p>
Objetivos		Resultados esperados
Cartera de proyectos de inversión en materia de recursos hídricos para desarrollo comunitario y de barrio.		Priorización de amenazas en el manejo de los recursos hídricos y formulación de proyectos de inversión comunitaria
		Gestión de proyectos
Creación de Fondos financieros por microcuenca específica		Implementación de proyectos de recursos hídricos en 20 comunidades – barrios.
		Diseño de mecanismo financiero por cuenca hidrográfica prioritaria
		Plan estratégico de gestión de fondos locales por cuenca
		Reglamentos de funcionamiento de los fondos de cuenca

Duración del Proyecto	Costo estimado
5 años	U\$36,000 / gestor de proyectos comunitarios
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades	FUNCAGUA

Cuadro 71. Priorización e implementación de pago por servicios ambientales a nivel de microcuenca.

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	Cuencas definidas y estudiadas en base a potencial de pago por servicios ambientales
Proyecto	Priorización e implementación de pago por servicios ambientales a nivel de subcuenca.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 1: Mejorar la recarga potencial de los acuíferos en la RMG.</p> <p>Objetivo 2: Reducir la escorrentía y por lo tanto el riesgo de deslizamientos por eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Mediano y largo plazo	Estratégico (X) Operativo (X) Complementario Principal	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica (X) Fortalecimiento de Capacidades Infraestructura Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
<p>El ideal del proyecto es la definición transparente, científica y consensuada de mecanismos y programas que apoyen al Estado a poseer mejor capacidad e inversión en el manejo de las cuencas y la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.</p> <p>Poseer cobros basados en ciencia y comprendidos por todos los usuarios puede apoyar una mejor GIRH. En la medida que esos recursos financieros también se manejen de forma transparente y prioritaria puede garantizarse a mediano plazo el abastecimiento de cantidad y calidad de agua.</p>		<p>La valorización económica de recursos renovables ha logrado posicionar la inversión del Estado en la última década en muchos países que ahora ya valoran y cobran el costo de producir “El Agua”.</p> <p>En otras palabras, los estudios e idealmente el cobro de bienes y servicios ambientales hídricos es una herramienta – proceso básico para la sostenibilidad el recurso a largo plazo.</p> <p>Sin valorización no hay conciencia y mucho menos inversión.</p>
Objetivos		Resultados esperados
Estudios de valorización económica de los recursos hídricos de la metrópoli central		Estudio de valorización por diferentes usuarios y fuentes de abastecimiento

	Mecanismo de cobro consensuado y validado producto de la valorización económica con énfasis en áreas de protección y conservación en la RMG
Duración del Proyecto	Costo estimado
5 años	U\$80,000 estudios de valorización
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades / INAB / CONAP	FUNCAGUA / INAB / CONAP / comités de cuenca

Cuadro 72. Priorización de alianzas estratégicas

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	Toda la región metropolitana
Proyecto	Priorización de alianzas estratégicas	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 1: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 2: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 3: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
Corto plazo	Estratégico (X) Operativo Complementario Principal	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación (X)
Descripción del proyecto		Justificación
<p>Conscientes de la magnitud que implica la GIRH en una zona definida y poblada como la región metropolitana, es indispensable la planificación estratégica de las alianzas. El proyecto buscará los socios y los temas cruciales a trabajar.</p> <p>Así mismo definirá con cuales Instituciones o empresas es indispensable poseer metas comunes de proyectos, procesos e inclusive de gestión compartida de técnicos y recaudación financiera.</p>		<p>Bajo la estructura de trabajo definida para FUNCAGUA, mucho de su quehacer y logro de metas se debe basar en el trabajo conjunto con las alianzas estratégicas.</p> <p>Al poseer como eje de trabajo al agua, los actores, instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil son innumerables y con intereses muy particulares y algunas veces egoístas. En ese sentido, la simple coordinación del quehacer es básica e idealmente transformada en alianzas gana-gana para toda la sociedad y el Estado.</p>
Objetivos		Resultados esperados
Contar con el Plan estratégico de alianzas		Documento conceptual de la importancia de las

interinstitucionales de FUNCAGUA	alianzas en función de la estructura de trabajo de FUNCAGUA y el estudio de mapeo de actores ya realizado para la RMG.
	Plan de acción de firma de convenios interinstitucionales o sociedades importantes para FUNCAGUA
	Planes de gestión conjunta donde el convenio lo establezca
Duración del Proyecto	Costo estimado
2 años	U\$10,000
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades / Instituciones gubernamentales / ONG / Asociaciones comunitarias /Sector privado / Academia	FUNCAGUA

Cuadro 73. Convenio y acuerdos comunitarios y de barrio con municipalidad

Línea estratégica	Programa	Área de intervención
Gobernanza del recurso hídrico.	Programa de Incidencia en políticas y normativas de recurso hídrico.	En sectores comunitarios y de barrio de la RMG
Proyecto	Convenio y acuerdos comunitarios y de barrio con municipalidad.	
Objetivos de FUNCAGUA al que responde	<p>Objetivo 3: Generar una mayor sensibilización y educación entre los distintos usuarios del agua en torno a la problemática asociada y las posibles soluciones.</p> <p>Objetivo 4: Mejorar la capacidad de gestión de recursos financieros a favor de la conservación del agua.</p> <p>Objetivo 5: Monitorear el entorno vinculado a la gestión integral del agua en la región metropolitana.</p>	
Plazo:	Jerarquía:	Tipo de Proyecto
	Estratégico (X) Operativo Complementario Principal	Inversión social (X) Gestión (X) Político-Institucional (X) Diseño y asistencia técnica Fortalecimiento de Capacidades (X) Infraestructura Investigación
Descripción del proyecto		Justificación
<p>El proyecto busca la creación de mecanismos y procesos creativos y piloto, donde con el liderazgo de las municipalidades se logre una mejor gestión de recursos hídricos por colonia, comunidad o zona geográfica definida.</p> <p>De acuerdo a la Constitución de Guatemala, toda el agua subterránea es un bien común y consecuentemente debe ser manejada por procesos</p>		<p>La municipalidad de Guatemala ha sido ejemplo en materia de involucramiento de barrios y colonias en temas como jardinería, mejoramiento de calles, tránsito, pero no necesariamente en aspectos de recursos hídricos.</p> <p>Al considerar el acceso al agua como un derecho humano, las municipalidades poseen toda la responsabilidad por parte del Estado para</p>

comunes de participación activa de proveedores y de beneficiarios. Eso es lo que buscará el proyecto a mediano y largo plazo.	otorgarlo a todos sus habitantes. Es así como el trabajo conjunto puede lograr mejores resultados para ambas partes y romper esquemas de solo recibir sin aportar.
Objetivos	Resultados esperados
Promoción y acompañamiento de acuerdos municipalidades con barrios y comunidades de su jurisdicción	Estrategia de acuerdos e importancia de acción conjunta entre usuarios de agua potable y las municipalidades
	Elaboración e implementación de 20 acuerdos - convenios
Duración del Proyecto	Costo estimado
2 años	U\$10,000 acompañamiento
Actores involucrados	Actores responsables
Municipalidades / Comités de Barrio	FUNCAGUA

18. PROCESO DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES

El monitoreo y la evaluación son componentes vitales para el desarrollo de una institución puesto que permiten documentar la ejecución de las actividades y el avance en los resultados que se plantearon a través de los objetivos. En la siguiente figura se aprecian los tres niveles de indicadores propuestos. Los primeros constituyen los verificadores de las actividades establecidas dentro del Plan Operativo Anual de cada proyecto o de ejecución del Plan de Conservación. El segundo nivel se enfoca en los efectos del trabajo y, aunque se pueden hacer mediciones anuales, tienen mayor utilidad al compilarse o evaluarse en el mediano plazo (mínimo de 3 años, idealmente a los 5 años). Finalmente, los indicadores de impacto en el largo plazo deben coincidir con los aspectos que justificaron organizarse para tomar acciones en la temática. En el caso de la FUNCAGUA, los factores que influyeron en su formación fueron la disminución en los niveles del agua subterránea en la Región Metropolitana, el deterioro de la calidad del agua de los ríos y la problemática de escasez o agotamiento del recurso a futuro. Por lo tanto, los indicadores de impacto deben ser aquellos que demuestren tendencias de recuperación en el recurso hídrico tanto en cantidad como en calidad. No obstante, se debe tomar en cuenta que dichos impactos no dependen solamente de las acciones de la FUNCAGUA sino de numerosos factores pero que los indicadores de productos y de efectos explican de qué manera se tiene un impacto positivo.

En la figura 65 se presentan los tres tipos de indicadores para el Plan de Conservación. Los indicadores de impacto se proponen de manera general mientras los indicadores de efectos y productos se presentan para las cinco líneas estratégicas que conforman el plan. Los proyectos específicos planteados dentro de cada línea tienen sus propios indicadores.



Figura 65. Niveles de indicadores para el Plan de Conservación (basado en Herrera, 2012)

Monitoreo

El monitoreo es una actividad de rutina, continuo y permanente, que permite documentar el cumplimiento de los objetivos y el avance o ejecución de las actividades establecidas dentro del plan de trabajo (Di Virgilio & Solano, 2012). El Plan de Conservación es el documento del cual deben derivar los planes operativos anuales (POA's) conteniendo todas las actividades específicas. Cada una de ellas deberá tener un medio de verificación. El monitoreo, entonces, se hará dos veces al año, uno a los seis meses y otra a final del año. Se tendrá un formato para tal efecto, en donde se indicará el verificador de cada actividad y el porcentaje de avance para los primeros seis

meses. De todos los indicadores listados en el Cuadro 74, se deberán incluir para cada año, aquellos correspondientes a las actividades de plan. Algunos aparecerán solamente un año mientras otros aparecerán en los planes de varios años. Incluso no todos aplicarán al plan operativo 2018 porque se podría definir su inicio en un año posterior.

Evaluación

Una evaluación representa un juicio de valor sobre el grado de cumplimiento de los objetivos de un plan, programa o proyecto (Di Virgilio & Solano, 2012). Las evaluaciones se efectúan en períodos preestablecidos o en algún punto posterior y tiene carácter transversal. La evaluación normalmente contiene indicadores medibles y otros de tipo cualitativo. Pueden efectuarse de diversas maneras como una valoración de los resultados del monitoreo abarcando varios años (según el período establecido para las evaluaciones) y como una evaluación externa de las actividades y productos en campo, ya sea directamente evaluándolos o entrevistando a los actores involucrados en el proceso o beneficiarios de las intervenciones. También puede basarse la evaluación en otras fuentes de información como reportes y publicaciones de instituciones relevantes a la temática. Por ejemplo, los mapas de cobertura forestal de Guatemala que elabora el INAB en conjunto con otras instituciones podrían usarse de base para evaluar el estado de la cobertura boscosa en la RMG.

Para el presente Plan de Conservación se plantea efectuar la primera evaluación al finalizar el tercer año de ejecución, es decir, a principios de 2021. Luego se plantea una evaluación a cada cinco años. El enfoque de dichas evaluaciones será evaluar el efecto acumulativo de las acciones a través de los indicadores de efecto, complementándose con entrevistas a actores clave sobre el impacto percibido del trabajo.

Cuadro 74. Indicadores de productos y efectos para las líneas estratégicas del Plan de Conservación

Línea estratégica	Programas	Indicadores de productos (medidos de forma anual)	Indicadores de efectos (medidos en períodos de 5 años)
<p>Generación y gestión de la información sobre el agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Generación y procesamiento de información • Análisis y resultados de las investigaciones • Productos y herramientas derivadas de las investigaciones • Proyecciones y escenarios • Monitoreo del agua subterránea • Monitoreo del agua superficial 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de insumos para desarrollar un modelo conceptual (columnas estratigráficas, sondeos geoelectríficos, información sobre isótopos, hidroquímica) • Modelo numérico de los acuíferos • Porcentaje de avance en las investigaciones priorizadas • Mapa mensual de niveles freáticos en la Región Metropolitana • Informe anual de calidad del agua subterránea • Informe anual sobre caudales y calidad del agua superficial 	<ul style="list-style-type: none"> • Balance hidrogeológico de la Región Metropolitana • Mapa de las áreas de recarga hídrica y volúmenes • Número de estudios finalizados • Publicaciones científicas de las investigaciones impulsadas o apoyadas por FUNCAGUA • Informe del comportamiento de los niveles freáticos • Informe de la calidad del agua subterránea • Informe sobre caudales y calidad del agua superficial
<p>Manejo Integrado del paisaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Protección y conservación forestal • Restauración forestal • Mejores prácticas agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de apoyo a la conservación de bosques definidos • Convenios y/o cartas de entendimiento con municipalidades y propietarios privados para la conservación de 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de hectáreas de bosque con apoyo para la conservación • Número de hectáreas con cobertura forestal restaurada • Número de hectáreas de tierras

	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de riesgo ante deslaves 	<ul style="list-style-type: none"> • bosques • Número de hectáreas de bosque con apoyo para la conservación • Convenios y/o cartas de entendimiento con municipalidades y propietarios privados para la restauración forestal • Número de hectáreas con mayor cobertura forestal • Número de hectáreas con sistemas agroforestales • Número de hectáreas de tierras agrícolas con prácticas y/o estructuras de conservación de suelos y agua • Mapa de amenaza de deslizamiento con poblados en riesgo identificados • Lugares con obras de prevención de deslizamientos • Sistema de alerta temprana de deslizamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • agrícolas con prácticas y/o estructuras de conservación de suelos y agua • Número de poblados en riesgo de deslizamiento con medidas de reducción de riesgo
<p>Agua superficial y adopción de tecnología para uso eficiente del agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas residuales • Aprovechamiento de agua de lluvia en zonas urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de la situación del tratamiento de aguas residuales en la RM • Eventos de capacitación y promoción del tratamiento de agua con las 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de aguas residuales tratadas de conformidad con las normas nacionales. • Consumo de agua per cápita de en las viviendas conectadas al sistema de

	<ul style="list-style-type: none"> • Adopción de tecnología para uso eficiente del agua • Adecuaciones en áreas urbanas para inducir la infiltración del agua al subsuelo 	<p>municipalidades y empresas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan de trabajo de apoyo a las municipalidades para el tratamiento de aguas residuales • Eventos de capacitación y promoción del aprovechamiento del agua de lluvia con empresas e instituciones • Proyectos de captación y almacenamiento de agua de lluvia en centros educativos • Eventos de capacitación y promoción del uso eficiente del agua • Número de empresas e instituciones apoyadas para aumentar la eficiencia en el uso del agua • Proyectos de promoción de adecuaciones en áreas urbanas para inducir la infiltración del agua 	<p>suministro de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de proyectos de captación de agua de lluvia en colegios y empresas. • Porcentaje del agua utilizada conformada por agua de lluvia • Porcentaje de reducción en consumo de agua por empresas e instituciones. • Proyectos urbanos con adecuaciones para inducir la infiltración del agua
<p>Desarrollo de capacidades y comunicaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento al sistema educativo • Educación ciudadana • Estrategia de comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Material para capacitaciones a docentes • Número de capacitaciones a docentes y total de participantes • Materiales para educación de niños • Número de capacitaciones a niños y 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de capacitaciones a docentes y total de participantes • Número de capacitaciones a niños y total de participantes • Número de escuelas piloto • Cobertura de la Gota Viajera (número

		<p>total de participantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plan de trabajo con escuelas piloto • Eventos de formación para empresas y organizaciones • Número de participantes de empresas y organizaciones en eventos de formación • Materiales para la exposición de la Gota Viajera • Exposiciones de la Gota Viajera • Cobertura de la Gota Viajera (número de personas) • Materiales para campañas de educación masivas • Planificación de actividades en el Parque Naciones Unidas • Plataforma digital en funcionamiento • Número de visitantes de la página web • Perfil en redes sociales funcionando • Seguidores de los perfiles en redes sociales 	<p>de eventos y personas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcance de campañas de educación masivas (número de personas) • Alcance de la divulgación (número de personas por diferente medio: digital, en eventos, por boletines). • Número de notas y publicaciones científicas
--	--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Número de eventos de divulgación • Número de personas alcanzadas durante los eventos de divulgación • Número de notas y publicaciones científicas • Número de boletines publicados • Número de personas a quienes se enviaron los boletines 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Incidencia en políticas y normativas del recurso hídrico • Organización social • Autogestión del recurso hídrico • Alianzas estratégicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos para políticas y normativas relacionadas al agua • Actividades/eventos de incidencia en políticas y normativas • Actividades de fomento o apoyo en organización de comités relacionados al agua (de cuenca o de zona hidrogeológica) • Actividades de fomento a la contribución de usuarios del agua a su manejo (autogestión) • Número de alianzas estratégicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de políticas o normativas publicadas, con insumos de FUNCAGUA • Comités del agua (cuenca o unidad hídrica) formados con apoyo de FUNCAGUA • Inversión de usuarios en el manejo del agua • Número y tipo de usuarios del agua que contribuyen a su manejo • Número de alianzas estratégicas y resultados de las mismas
Gobernanza hídrica			

19. CONSIDERACIONES FINALES

Como se mencionó anteriormente, el Plan de Conservación constituye una herramienta para definir las prioridades y el alcance del trabajo de la FUNCAGUA. Define líneas estratégicas, programas y proyectos fundamentados en la información disponible, en las consultas realizadas a través de distintos talleres con actores de la Región Metropolitana y en la experiencia de las tres instituciones que estuvieron a cargo de la elaboración del plan. La FUNCAGUA define cuánto se plantea realizar cada año y en qué actividades enfoca los esfuerzos con su personal técnico y sus instancias de gobernanza. A pesar de no ser la responsable de lograr la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, las posibilidades para hacer aportes son muy variadas y algunas pueden ser altamente costosas, como se vio en algunas de las fichas de proyectos.

En la mayoría de programas y proyectos fue posible estimar costos. En algunos se planteó una cantidad total y una cantidad por unidad (Ej. hectárea). La finalidad fue dar una idea del orden de magnitud de las inversiones requeridas y que hubiera una manera de estimar cuánto se puede hacer con los recursos que la fundación tenga disponibles. Hubo casos en los que no fue posible estimar costos porque dependen de las condiciones locales. Por ejemplo, la conformación de comités de cuencas pueden ser procesos costosos en función de la cantidad de poblados a ser incluidos, a la disposición de los líderes y la población, al cambio de condiciones como las políticas y a otros factores. Pueden llegar a tomar varios años para lograrse. Por lo tanto, estimar un costo no se consideró lo más adecuado pero se indicó una cifra. En todos los casos, los costos pueden variar según las opciones que se escojan para ejecutar los planes. Formar alianzas con distintos actores locales hará que las inversiones requeridas sean mucho menores. El beneficio mayor no es utilizar menos recursos sino que, al aportar una contrapartida, los socios se apropian de los proyectos y procesos, haciéndolos más estables y sostenibles.

Finalmente, se recomienda revisar y modificar el plan sobre la marcha. Un plan perfecto y rígido tiende a perder validez a través del tiempo puesto que las condiciones cambian. La utilidad mayor del plan es orientar el trabajo y enfocarse, así como brindar coherencia a las distintas actividades a ejecutar para lograr un mayor impacto en el largo plazo.

LITERATURA CITADA

- Abascal Cárcamo, J., 2016. Digitalización y georreferenciación de centros poblados y equipamiento urbano bajo administración municipal, y elaboración de estudio de prefactibilidad de macro circuito sur de distribución de agua potable de zonas 4, 5 y 10, Villa Nueva, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, Guatemala. Other thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Álvarez, López y Mendoza. 2001. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de las plantas de tratamiento de agua que surten a la Ciudad de Guatemala. Guatemala. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, No. 11. Recuperado de <http://uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/revista11.pdf>
- AMSA (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán). 2016. Informe de Labores. Gobierno de Guatemala. Guatemala.
- Alvarado, M. 2017. Mapa de ubicación del nodo Metropolitano, departamento de Guatemala. ARNPG (Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala).
- Álvarez, López, & Mendoza. (2001). Evaluación de la calidad microbiológica del agua de las plantas de tratamiento de agua que surten a la Ciudad de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*(11). Obtenido de <http://uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/revista11.pdf>
- Banco Mundial. 2017. Guatemala Panorama General. Contexto. (Web). Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/country/guatemala/overview>
- Benavides J. 2013. Policy Simulation for Water Enterprise in Guatemala City: Pricing Water towards Financial Sustainability. Global Development Network. Foundation for development of Guatemala, FUNDESA. 57 p.
- Ballesteros, M.; Arroyo, V.; y Mejía, S. 2015. Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: de la abundancia a la inseguridad. (ed) Corporación Andina de Fomento CAF. Proceso Regional de las Américas Sub-región América del Sur. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/787/CAF%20Inseguridad%20economica%20del%20agua%20America%20del%20Sur.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonell, M. & L.A. Bruijnzeel. (2005). *Forests, Water and People in the Humid Tropics*. International Hydrology Series. Cambridge University Press. 944p.
- Cardona R.; Urioste. Donald. (1999). Distribución del producto interno bruto (PIB) en Guatemala, por región y departamento. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. 220 p. Serie Estudios Sociales No. 61.
- Cardona, O. D. (2004). *Conceptos básicos, Componente de Riesgos*. Obtenido de http://www.humanas.unal.edu.co/red/files/5812/8215/4135/Conceptos_basicos.pdf
- Chuo Kaithatsu Corporation. (1995). "Estudio Hidrogeológico en el valle de la Ciudad de Guatemala". Proyecto Emergencia I.

- Coló, G. R. (2014). Estudio de los niveles freáticos del área Norte y Este de la Ciudad Capital. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 110 p.
- Colom de Morán, E. (2004). III Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Ciudad de Guatemala. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agisagt/ECAGISAmo.pdf>
- Congreso de la República de Guatemala. C.A. 2016. Iniciativa del Ley General de Aguas,. Iniciativa No. 5095. Consultado el 5 de mayo de 2017. Recuperdo de <http://old.congreso.gob.gt/archivos/iniciativas/registro5095.pdf>
- Corado Mena, M. de los Á. 2008. Reconocimiento Arqueológico en el Departamento de Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. Recuperado de http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40711447/Tesis_RADG_PDF_FINAL.pdf
- Córdova, E., E. Colom & P. Ligorria. 2015. Caracterización actores vinculados con la gestión y manejo del agua Región Metropolitana de Guatemala. Ciudad de Guatemala. 58 p.
- Corte de Constitucionalidad. (1985). *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. 2000. Evaluación de Recursos de Agua de Guatemala. Distrito de Mobil y Centro de Ingeniería Topográfica. 60 p. Consultado 24 de noviembre de 2017. Recuperdo de <http://www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/Guatemala/Guatemala%20WRA%20Spanish.pdf>
- Di Virgilio, M. M. y Solano, R. (2012). *Monitoreo y evaluación de políticas, programas y proyectos sociales*. Buenos Aires: CIPPEC y UNICEF.
- Dillon, P. (2005). Future management of aquifer recharge. *Hydrogeology journal*, 13(1), 313-316.
- EMPAGUA (Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala). 2016. Aprovechamiento del agua en la ciudad en la capital. Municipalidad de Guatemala. Foro del agua 2016. Guatemala.
- Escuder, R. 2009. Hidrogeología, conceptos básicos de hidrología subterránea. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS). Barcelona, España. 768 p.
- FAO. 2008. Sistema de información sobre el uso del agua en agricultura y el medio rural. Recuperado de <http://www.fao.org/land-water/en/>
- FAO. 2009. Perfiles de medios de vida Guatemala. Ed. SESAN; USAID; MFEWS; FAO. . Ciudad de Guatemala. Guatemala.
- GEOCONSA. 1999. Informe hidrogeológico de “Ojo de Agua” y alrededores del sector sur de ciudad Guatemala. - 24 págs. EMPAGUA, Guatemala [Informe técnico].
- GIMBUT (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosque y Uso de la Tierra). 2012. Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de Cobertura Forestal 2006-2010. Informe técnico. 111 p.

- GIMBUT (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosque y Uso de la Tierra). 2013. Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001- 2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento informativo. 16 p.
- Gondor A., León-Sarmiento J., Reyna-Sáenz F., Hesselbach H., Díaz-González J.D. y Farell-Baril C. 2017. Delimitación de las áreas de acción y costos para alcanzar las metas de la FUNCAGUA, Ciudad de Guatemala. Freshwater Program Mexico and Northern Central America. The Nature Conservancy. 43 p.
- Guatemala: Estimaciones de la Población total por Municipio. Periodo 2008-2020. 2016. Ed. Instituto Nacional de Estadística. Ciudad de Guatemala.
- Guzmán Sáenz, Nicolás. 2011. Evaluación del consumo de agua potable en la Ciudad de Guatemala en los años dos mil ocho y dos mil diez. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología FONACYT. Universidad San Carlos de Guatemala USAC. Guatemala.
- GWP. 2000. *Manejo Integrado de Recursos Hídricos*. Estocolmo: Asociación Mundial para el Agua. TAC Background Papers No. 4.
- GWP (Global Water Partnership). 2002. Una Gobernabilidad Eficaz para el Agua Documento Base para el Diálogo. GWP, Estocolmo.
- Hem, J. D. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological Survey 3a ed. Water Supply Paper 2254. Washington D.C. USA. 269 p.
- Herrera & Orozco. 2010. Hidrogeología de Ojo de Agua, Cuenca Sur de la Ciudad de Guatemala. – 14 págs. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Revista Geológica de América Central, 42: 85-98, 2010 / ISSN: 0256-7024.
- Herrera, I. I. 2002. Hidrogeología práctica. Primera Edición. Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos (CARA). Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 345 p.
- Herrera, I. I. 2012. Estudio Hidrogeológico de la Sub-Cuenca del Río Los Ocotes, para determinar las áreas principales de recarga hídrica e identificación de las áreas vulnerables a deslizamientos e inundaciones para proponer alternativas de prevención de la parte noreste de la Ciudad de Guatemala, CONCYT – Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 192 p.
- Herrera, N. (2012). *Elaboración de indicadores*. Presentación preparada para el Instituto de Cambio Climático (ICC) con insumos de documentos corporativos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 51 diapositivas.
- Holdridge, L. 1947. Determination of World Plant Formation from Simple Climate Data. Science, 105(2727), 367–368. Disponible en: <http://science.sciencemag.org/content/105/2727/367>
- IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad). 2012. Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. Guatemala.

- IARNA-URL y TNC (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad y The Nature Conservancy). 2012a. Disponibilidad de agua en la región metropolitana de la Ciudad de Guatemala. Guatemala.
- IARNA-URL y TNC (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad y The Nature Conservancy). 2012b. Elementos de análisis para caracterizar el estado y estimar el consumo de las aguas subterráneas en la zona metropolitana de Guatemala. Guatemala.
- IARNA-URL y TNC (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad y The Nature Conservancy). 2013. Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala. Guatemala.
- ICC. 2012. *Métodos de almacenamiento del agua: un elemento clave para la adaptación al cambio climático*. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), Guatemala.
- International Water Management Institute (IWMI). 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London
- INSIVUMEH, IGN, ONU, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. 1978. Estudio de las Aguas Subterráneas en el Valle de Guatemala, Guatemala. 303 p.
- Instituto Nacional de Estadística. 2013. Base de datos del Compendio Estadístico Ambiental. Información de municipalidades año 2013. Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística. 2013b. *Caracterización de la República de Guatemala*. Guatemala. Obtenido de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2013/12/09/9aMFQXT5bgUwJaz8Z6Pif5Qj4rIfEmUC.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. 2014. *Caracterización de la República de Guatemala*. Ciudad de Guatemala. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/L5pNHMXzxy5FFWmk9NHCrK9x7E5Qqvv.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. 2015. Compendio Estadístico Ambiental 2014. Ciudad de Guatemala. Consultado el 03 agosto 2017. Disponible en: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/12/18/umjNRzBvEh3f5AVv9JrMBjUFDEbT636U.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. 2015a. República de Guatemala: Estadísticas demográficas y vitales 2014. INE, Guatemala. 85 p.
- Instituto Nacional de Estadística. 2016. Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos ENEI 1-2016 (2016, Ciudad de Guatemala). Ed. Instituto Nacional de Estadística. Ciudad de Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística. 2016a. Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos ENEI 1-2016. Ciudad de Guatemala. Disponible en <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2016/09/22/bpu4sJ2rL4mxLSZXS6ZUf1Pbg04fdO1d.pdf>

- Instituto Nacional de Estadística. 2016b. Guatemala: Estimaciones de la Población total por Municipio. Periodo 2008-2020. Ciudad de Guatemala. Disponible en [http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/reportes/poblacion-total-por-municipio\(1\).pdf](http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/reportes/poblacion-total-por-municipio(1).pdf)
- Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 2014a. Población Económicamente Activa 2014. Ciudad de Guatemala. Disponible en <http://www.intecap.edu.gt/oml/images/estadistica/2014/mar2014/cuadro 5.pdf>
- Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 2014b. Población por características seleccionadas según municipio. Ciudad de Guatemala. Disponible en <http://www.intecap.edu.gt/oml/images/estadistica/2014/mar2014/.cuadro 4...pdf>
- Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 2016. Indicadores de Empleo años 2015 y 2016. Ciudad de Guatemala. Disponible en http://www.intecap.edu.gt/oml/images/estadistica/2017/Indicadores_de_Empleo.pdf
- Inter Press Service, Tierra América Medio Ambiente y Desarrollo. 2004.
- IUCN & WRI. (2014). Assessing forest landscape restoration opportunities at the national level: A guide to the Retoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM). Gland, Switzerland: IUCN. 123p.
- Ixcot Yon, L., Acevedo Miranda, M., Méndez, C., Barrios Ruiz, M., Cano Dávila, E., Castillo Lemus, N., Quiñónez Guzmán, J. 2007. Diversidad Biológica en el Departamento de Guatemala. Ciudad de Guatemala. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt 2006.29.pdf>
- Fundación para la Conservación de los Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala. 2012. Diagnóstico Preliminar de Situación de la Cuenca del Río Motagua. FCG. Guatemala. 78 p.
- Jenkins, D. 1997. Química del agua. Editorial Limusa. Noriega Editores. México, D.F. 508 p.
- Johnson Division, US. 1975. El agua subterránea y los pozos. Minnessota, US. 513 p.
- Karimov, A., Smakhtin, V., Mavlonov, A., Borisov, V., Gracheva, I., Miryusupov, F., . . . Abdurahmanov, B. (2013). *Managed aquifer recharge: the solution for water shortages in the Fergana Valley*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- KOCH, A. & McLEAN, H. 1977. Mapa Geológico de Ciudad Guatemala.- Escala1:50 000, IGN, Guatemala.
- LOPEZ S. 1989. Evaluación Hidrogeológica del Ojo de Agua y El Diamante.- 129págs. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala [Tesis Licenciatura.].
- López, Francisco. S.f. Microcuenca del río Xayá: Reconocimiento económico al servicio ambiental hídrico, como alternativa para la conservación y restauración de la biodiversidad natural, mediante la protección de bosques naturales productores de agua para la Ciudad de Guatemala. Programa piloto de apoyos forestales directos (PPAFD/PARPA) con el apoyo de FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/19385-0fa247665955f4202747ce3f526a56718.pdf>

- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2016. Importancia de Importancia del manejo de los ríos Xayá y Pixcayá para abastecer de agua potable a la Ciudad de Guatemala. Dirección de Información Geográfica Estratégica y Gestión de Riesgos DIGER. Guatemala.
- Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. 2016. Manejo de Desechos Sólidos en los Municipios de la Cuenca del Lago de Amatitlán.
- Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. s.f. Propuesta Técnica de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Consultado 31 may 2017. Recuperado de <http://mancogranciudadelsur.org/media/docs/PMASMGCS.pdf>
- Manzo, B. D. 2008. Reconocimiento hidrogeológico para la determinación de zonas de recarga hídrica en la subcuenca del río Pinula, jurisdicción de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 115p.
- Martens, U., et al., 2007. High Pressure Belts of Central Guatemala: The Motagua suture and the Chuacús Complex. Field Trip Guide, 1 st. Field Workshop of IGCP 546 "Subduction Zones of the Caribbean". Ministerio de Energía y Minas - IUGS, UNESCO. Guatemala. 32 p.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2009. Memoria técnica del mapa de cuencas hidrográficas a escala 1:50,000 de la República de Guatemala. Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo. Guatemala. 55 p.
- Mayorga, F. & Córdova, E., 2007, "Gobernabilidad y Gobernanza en América latina", Working Paper NCCR Norte-Sur IP8, Ginebra. Disponible en: <http://www.institut-gouvernance.org/docs/ficha-gobernabilida.pdf>
- MINEDUC (Ministerio de Educación). 2015. Anuario Estadístico de la Educación, Guatemala 2015. Consultado 3 mar. 2017. Disponible en <http://estadistica.mineduc.gob.gt/anuario/2015/default.htm>
- Ministerio de Educación. 2015. Anuario Estadístico de la Educación, Guatemala 2015. Retrieved March 3, 2017, <http://estadistica.mineduc.gob.gt/anuario/2015/default.htm>
- Morales, J. I. 2012. Evaluación del descenso del nivel freático en la parte norte del acuífero metropolitano en el Valle de Guatemala. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS. Universidad de San Carlos de Guatemala. 62 p.
- Morán, A. 1998. Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala: a propósito del proyecto de Ley de creación del Distrito Metropolitano. Centro de Estudios Urbanos y Regionales, CEUR, Universidad de San Carlos de Guatemala. Boletín No. 37.
- Municipalidad de la Ciudad de Guatemala. 2017. Empresa municipal de agua. Guatemala. La ciudad es como tú. <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/169-empagua>
- Municipalidad de San Miguel Petapa. 2016. Servicios públicos. Guatemala. Administración 2016-2017. <http://munisanmiguelpetapa.gob.gt/index.html>

- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social). 2016. Informe anual situación de las enfermedades transmisibles y no transmisibles prioritarias de vigilancia epidemiológica, Guatemala 2015. Guatemala. Recuperado de <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202017/Desarrollo/PRIORIDADES%20DE%20VIGILANCIA%20EPI%201de1.pdf>
- Muñoz, P.C. 1998. La conceptualización e identificación de las zonas de recarga hídrica prioritarias a nivel nacional. Plan de Acción Forestal (PAFG), Instituto Nacional de Bosques, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Guatemala. 36 p.
- Newton, A.C. y Tejedor, N. (Eds.) (2011). Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. xxiv + 409 pp.
- Observatorio Universitario de Ordenamiento Territorial. 2015. Primer Informe El Ordenamiento Territorial en Honduras: Una Mirada Inicial Desde la Perspectiva de 13 Indicadores. Tegucigalpa. Disponible en http://faces.unah.edu.hn/catedraot/images/stories/Documentos/OUOT/Indicador_Desarrollo_02.pdf
- OIMT y UICN. (2005). Restaurando el paisaje forestal. Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales. Serie Técnica OIMT No. 23. Organización Internacional de las Maderas Tropicales y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Yokohama. 157pp.
- Orozco, P. (2014). Comercio Interno Guatemala (PIB departamental 2001 al 2010). Publicado el 25 de junio de 2014 en http://www.deguate.com/artman/publish/ecofin_analisis/comercio-interno-guatemala-pib-departamental-2001-al-2010.shtml.
- Ortiz Alvarado, SR; Gordillo Quintana, LA; Aldana Vásquez, GA. 2010. Lineamientos para el Ordenamiento Urbano del Municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala. s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 244 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1740.pdf
- ONU. 2017. Programa de la Organización de Naciones Unidas ONU-Hábitat. Temas Urbanos: Gobernanza. Disponible en: <https://es.unhabitat.org/gobernanza/>
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y GEO Year Book (2003): Emerging challenges new findings. http://nitrogen.org/file/admin/user_upload/GEO2003,emergingchallenges1.pdf
- RAMIREZ MEJÍA, L. L. 2003. Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 125 p.
- SEGEPLAN. 2010a. Plan de Desarrollo Amatitlán, Guatemala. (2010, Amatitlán). 2010. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Amatitlán. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.

- SEGEPLAN. 2010b. Plan de Desarrollo Chinautla, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chinautla Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial Guatemala.
- SEGEPLAN. 2010c. Plan de Desarrollo de San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Juan Sacatepéquez. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN. 2010d. Plan de Desarrollo Fraijanes, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Fraijanes. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN. 2010e. Plan de Desarrollo San José Pinula, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San José Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN. 2010f. Plan de Desarrollo San Miguel Petapa, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Miguel Petapa Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN. 2010g. Plan de Desarrollo San Pedro Sacatepéquez, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Pedro Sacatepéquez. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN 2011. Plan de Desarrollo Santa Catarina Pinula, Guatemala. Ed. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Catarina Pinula. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Guatemala.
- SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia); Banco Mundial 2015. PROYECTO DE CARTOGRAFÍA METROPOLITANA: La cartografía como herramienta para la toma de decisiones sobre el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala. 74 p.
- SESAN, USAID, MFEWS, & FAO. 2009. Guatemala: Perfiles de medios de vida. Ciudad de Guatemala. Disponible en http://www.fews.net/sites/default/files/documents/reports/gt_profile_es.pdf
- TNC y IARNA-URL. 2013. Bases técnicas para la Gestión del Agua con visión de largo plazo en la Zona Metropolitana de Guatemala. Guatemala.
- TNC. 2015. Caracterización de actores vinculados con la gestión y manejo del agua en la Región Metropolitana de Guatemala. Elaborado por Córdova E., E. Colom y J.P. Ligorria. Guatemala. 58pp.
- UICN-Mesoamérica. 2001. Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala. Ciudad de Guatemala.
- UNESCO-PHI. 2005. Estrategias para la Gestión de Recarga de Acuíferos (GRA) en Zonas Semiáridas. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), París. 30.

- UNISDR, E. I. para la R. de D. de las N. U. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza. Obtenido de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- United Nations University. (2013). *Water Security and the Global Water Agenda: A UN-Water analytical brief*. Ontario, Canadá.
- Van Lidth, E. (2016). *Managed Aquifer Recharge: Opportunities and barriers*. Tesis de la Maestría en Ciencia y Manejo del Agua, Universidad de Utrecht, Países Bajos.
- Véliz, A., Campos, E., & Carrascoza, F. 2009. Información base del Departamento y Ciudad de Guatemala. Ciudad de Guatemala. Disponible en [http://infociedad.muniguate.com/Site/13__recoleccion_basura_files/13_Recoleccion de basura.pdf](http://infociedad.muniguate.com/Site/13__recoleccion_basura_files/13_Recoleccion_de_basura.pdf)
- World Bank. 2015. Population growth (annual %). Disponible en <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.GROW?locations=GT>
- WWAP-UNESCO (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2015. Agua para un mundo sostenible, cifras y datos. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Italia. UNESCO Recuperado de http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- Zeitoun, M. (2011). The Global Web of National Water Security. *Global Policy*, 2(3), 286-296. doi:10.1111/j.1758-5899.2011.00097.x

ANEXO I: LISTADO DE COMUNICACIONES PERSONALES

Ana Lucía Palma, encargada del departamento de servicios públicos. Municipalidad de San Miguel Petapa. Consultado el 17 de mayo de 2017.

Alex Martínez, encargado del departamento de agua. Municipalidad de Fraijanes. Consultado el 7 de marzo de 2017.

Carlos Saravia, encargado de agua en la Dirección de agua y saneamiento. Municipalidad de Villa Nueva. 17 de mayo de 2017.

Alex Sandro Rosales, encargado del departamento de agua y drenaje. Municipalidad de San José Pinula. Consultado el 8 de mayo de 2017.

Alfonso Cotzoyay, encargado del departamento de servicios públicos. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez. Consultado el 18 de septiembre de 2017.

ANEXO II: CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

Cuadro 75. Población económicamente activa para los municipios prioritarios para el año 2014.

Año de la información		2014	
Región, departamento y municipio	Población total	PEA	%PEA
Guatemala	3,115,670	1,472,588	47.26
Guatemala	993,815	613,597	61.74
Mixco	491,619	259,880	52.86
Villa Nueva	552,535	211,706	38.32
San Juan Sacatepéquez	231,721	75,000	32.37
San Miguel Petapa	181,704	58,840	32.38
Chinautla	132,084	54,385	41.17
Villa Canales	154,577	54,066	34.98
Amatitlán	115,230	45,284	39.30
Santa Catarina Pinula	94,410	38,865	41.17
San José Pinula	76,640	25,080	32.72
San Pedro Sacatepéquez	43,605	18,598	42.65
Fraijanes	47,730	17,287	36.22

Fuente: Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, 2014.

Cuadro 76. Número de establecimientos que reportaron información para el ciclo escolar 2015 en los municipios prioritarios.

	Amatitlán	Chinautla	Fraijanes	Guatemala	Mixco	San José Pinula	San Juan Sacatepéquez
Preprimaria Bilingüe							28
Párvulos	98	58	36	784	322	53	128
Primaria	101	61	39	773	317	67	153
Primaria de adultos	4	9	1	87	27	3	5
Básico	72	54	30	779	276	46	83
Diversificado	51	30	20	716	165	16	40
TOTAL	326	212	126	3,139	1,107	185	437
	San Miguel Petapa	San Pedro Sacatepéquez	Santa Catarina Pinula	Villa Canales	Villa Nueva		
Preprimaria Bilingüe		4					
Párvulos	99	24	60	94	301		
Primaria	108	28	55	96	305		
Primaria de adultos	4	2		1	9		
Básico	77	18	41	67	237		
Diversificado	41	9	27	33	149		
TOTAL	329	85	183	291	1,001		

ANEXO III: INSTITUCIONALIDAD DEL AGUA POR MUNICIPIO

Cuadro 77. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Guatemala.

Municipio	Guatemala
Oficina Institucional del Agua	La Empresa Municipal de Agua EMPAGUA. Planifica, diseña, ejecuta y supervisa las obras de construcción, mejoramiento, ampliación, reconstrucción y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento en la Ciudad de Guatemala y sus áreas de influencia, supliendo la demanda y necesidades de una forma eficiente, participativa y consensuada, contribuyendo así al desarrollo nacional y al bienestar social de la población guatemalteca.
Puestos de administración para el agua	<p>Junta Directiva</p> <p>Es el órgano superior de la empresa y en consecuencia le corresponde la dirección de la institución.</p> <p>Gerencia General</p> <p>Decide las acciones y funciones de la empresa; por lo tanto, tiene el mando general. Impulsa, dirige y coordina las actividades técnicas y operacionales del suministro de agua potable y alcantarillado. Para un mejor desempeño de sus funciones, la Gerencia General cuenta con las siguientes asesorías:</p> <p>Asesoría de Gerencia: tiene a su cargo prestar asesoría a la Gerencia General y adicionalmente a las Sub Gerencias. Asesora en aspectos técnicos, así como administrativos. Se encarga de la preparación de la agenda y actas correspondientes a las sesiones de Junta Directiva de la cual es miembro asesor. Coordina todo lo relativo a publicidad de la empresa.</p> <p>Auditoria Interna: controla internamente los recursos financieros y administrativos, fiscaliza, asesora, interviene ya aprueba transacciones y operaciones de La Empresa.</p> <p>Asesoría Legal: Dictamina y emite opinión en asuntos de su competencia que se encuentren enmarcados en derecho. Defiende los intereses de la empresa en materia jurídica.</p> <p>Planificación y Cooperación Internacional: esta coordinadora se encarga entre otras actividades, de coordinar la gestión de todas las cooperaciones financieras, reembolsables y no reembolsables tanto externas como con fondos propios, además de la planificación, monitoreo y seguimiento de los proyectos administrativos, financieros, técnicos y de modernización institucional.</p> <p>Sub-Gerencia Técnica</p> <p>Les responsable de definir políticas de planificación y ejecución de los programas técnicos de la empresa. Tiene a su cargo las siguientes direcciones.</p>

	<p>Dirección de Obras: es la encargada de la construcción, supervisión y mantenimiento de obras necesarias para la expansión de la cobertura del servicio de agua potable, alcantarillado, conducción y distribución.</p> <p>Dirección de Operación y Mantenimiento: Responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas de producción de agua potable.</p> <p>Dirección de estudios y Proyectos: Planifica el desarrollo de estudios básicos y proyectos para la ampliación y mejoramiento de la cobertura del servicio de agua potable.</p> <p>Dirección Ejecutora de Proyectos: Tiene a su cargo el desarrollo del recurso de agua subterránea que contempla la ejecución de dos contratos: rehabilitación y perforación de pozos, así como las tuberías de conducción e infraestructura existe en el valle de la Ciudad Guatemala.</p> <p>Sub Gerencia Administrativa Financiera Es responsable de las políticas administrativas y financieras de la empresa; se encarga de dirigir y velar por todos los trámites administrativos de la Empresa, manteniendo informada a la Gerencia General. Tiene bajo su cargo la coordinación de las siguientes direcciones:</p> <p>Dirección Administrativa: Es la responsable de velar por el cumplimiento de las resoluciones, disposiciones y ordenanzas que emita la superioridad, administrando los recursos humanos y materiales. Planifica, controla y realiza la adquisición, almacenamiento y distribución de los diferentes bienes y suministros necesarios para la ejecución de los programas de trabajo.</p> <p>Dirección de Finanzas: Dependencia administrativa responsable de la programación, administración y control de los ingresos y egresos de la empresa y de todas las operaciones financieras que se efectuó dentro de su ámbito.</p> <p>Dirección de Servicios al Usuario: Es la encargada de llevar registro, promoción, control de los servicios y control de los clientes de la institución.</p>
Contactos	<p>21 calle 6-77, zona 1, Centro Cívico, Palacio Municipal, Guatemala, Centroamérica - PBX: 2285 8000 Call Center 1551</p> <p>Ingeniero Julio Escoto, Dirección de Operación y Mantenimiento 59782350, jrescoto@empagua.com</p> <p>Ing. Otto Castillo, Dirección Ejecutora de Proyectos , 47709647, ocastillo@empagua.com</p>
Acciones relacionadas al Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar y operar el agua potable y alcantarillado dentro del perímetro de la Ciudad Capital (y algunas zonas aledañas). • Velar por la conservación, incremento y defensa de los recursos hídricos. • Planificar, diseñar, financiar, construir y supervisar las obras necesarias para el cumplimiento de los objetivos. • Conocer de todo estudio relacionado en el servicio y resolver acerca de las actividades de su competencia. • Asesorar a las Municipalidades que así lo requieran en actividades de su competencia.

	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar sus programas y actividades con las diferentes dependencias Municipales, cuando fuera necesario. • Coordinar sus programas y actividades con las diferentes dependencias Municipales, cuando fuera necesario. • Contribuir a conservar las condiciones ambientales del área metropolitana, mediante el servicio de agua potable y alcantarillado. • Distribuir adecuada y oportunamente el agua potable a los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de Guatemala, así como mantener y controlar el servicio de recolección de agua servida. • Dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de Guatemala que carezcan de ese elemento, atendiendo a sus necesidades presentes y futuras. • Implementar programas de educación para el uso y conservación del agua potable y el sistema de alcantarillado, que ayudaran a la conservación de las fuentes y elementos de captación, así como el uso y conservación de la limpieza de los tragantes de la ciudad capital. <p>Además, han desarrollado cuatro planes estratégicos que son:</p> <p>“Plan marco de abastecimiento de agua potable 2003 - 2020” el cual contiene proyectos a generar para cubrir la demanda de agua potable en la Ciudad de Guatemala y su área de influencia. Entre los cuales se pueden mencionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del agua subterránea del valle de la Ciudad de Guatemala “Proyecto Emergencia I” • Proyecto para la reducción del agua no contabilizada (en ejecución) • Proyecto de agua en bloque (pendiente de ejecución) <p>“Plan marco de aguas residuales 2003 – 2020” que recoge las políticas a seguir en el tema de recolección y disposición de aguas residuales en el área de servicio de Empagua. Entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de alcantarillado sanitario • Proyecto de red superficial • Proyecto de sustitución de tubería. <p>“Plan de manejo de las cuencas de las fuentes de agua que abastecen a la ciudad capital” con el objetivo de dimensionar las inversiones necesarias para que tanto las fuentes de agua superficial como las de agua subterránea que actualmente abastecen a la ciudad puedan seguir utilizándose por más tiempo.</p> <p>“Mejoramiento de los procesos del área de servicio al cliente” orientado al mejoramiento y actualización de los procedimientos para brindar una mejor atención al cliente y/o usuario.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento del laboratorio unificado de química y microbiología para el control de la calidad del agua. • Implementación del centro de llamadas. • Remodelación de áreas de atención al cliente y de tesorería. • Sistemas de control de colas.
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Habilitación de un sitio en Internet para información sobre la empresa y sus servicios, recepción de dudas y sugerencias. • Ampliación de la red de centros de servicio al cliente – Mini Munis-.
--	--

Cuadro 78. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Chinautla.

Municipio	Chinautla
Oficina Institucional del Agua	Oficina de Servicios Públicos
Puestos de administración para el Agua	Encargado de servicios públicos Fontaneros Operadores
Contactos	<p>PBX: 2245-9800 ext 115 Jefe de Personal (Encargado de servicios públicos): Aurelio López Móvil: 40402752</p> <p>Síndico segundo: Alejandro Pirir Móvil: 45811201</p>
Acciones relacionadas al Agua	Administrar y operar el agua potable y alcantarillado para el abastecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado.

Cuadro 79. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Santa Catarina Pinula.

Municipio	Santa Catarina Pinula
Oficina Institucional del Agua	Dirección de servicios públicos. Coordinación de Agua Coordinación de Saneamiento
Puestos de administración para el Agua	Coordinador de Agua Fontaneros municipales Operadores de agua Notificador de servicios públicos. Coordinador de Saneamiento
Contactos	Rodrigo Castilla (Director en funciones) rcastilla@scp.gob.gt rcastilla.mscp@gmail.com
Acciones relacionadas al Agua	Administrar y operar el agua potable y alcantarillado para el abastecimiento de los servicios de agua potable y saneamiento. Campañas de Divulgación, Capacitaciones y Charlas para el uso adecuado del agua. Apoyo a actividades de la Dirección de Medio Ambiente. Creación de Reglamento para el Uso del Agua en el

	<p>Municipio.</p> <p>Ideas de iniciativas para una Política del Agua del municipio.</p> <p>Compra de Agua en Bloque para el Suministro en Aldeas del Municipio de Santa Catarina Pinula. Con las empresas: Aguas del Cerro, Sociedad Anónima Bellas Luces Aldea El Pueblito, Santa Catarina Pinula, Guatemala. Nit: 2536505-3.</p> <p>UB Aqualia Services, Sociedad Anónima 26 Calle7-23 Zona 11 Condominio Ofibodegas San Luis, Bodega N°. 2, Guatemala Nit: 8439493-5</p>
--	---

Cuadro 80. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San José Pinula.

Municipio	San José Pinula
Oficina Institucional del Agua	Dirección de servicios públicos. Coordinación de aguas y drenajes
Puestos de administración para el Agua	Director de servicios públicos Coordinador de aguas y drenajes Encargado de fontaneros Fontaneros municipales Operadores de agua Notificador de servicios públicos
Contactos	Email de la Municipalidad: munisjp@gmail.com Director de servicios públicos: Alex Sandro Rosales Móvil 30498343 Coordinador de agua y drenajes: Carlos Borrayo Móvil: 30947488 Oldrin Andres Posadas: 45482283 oldrinposadas1985@gmail.com Jhonatan Gutierrez: 46780218 jhonggm@gmail.com
Acciones relacionadas al Agua	Administrar y operar el agua potable y alcantarillado para el abastecimiento de los servicios de agua potable y saneamiento. Campañas de Divulgación, Capacitaciones y Charlas para el uso adecuado del agua.

Cuadro 81. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Fraijanes.

Municipio	Fraijanes
Oficina Institucional del Agua	Departamento de agua y drenajes
Puestos de administración para el Agua	Encargado Asistente Fontanero general Fontaneros auxiliares Operadores de agua
Contactos	Teléfono del Departamento: 66443750 Asistente del departamento: Alex Martínez Móvil 42064733 Email: gehrson.matinez@hotmail.com
Acciones relacionadas al Agua	Existe un Reglamento para el uso del agua municipal. Reforestación en pozos y nacimientos.

Cuadro 82. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Miguel Petapa.

Municipio	San Miguel Petapa
Oficina Institucional del Agua	Dirección de servicios públicos. Secretaría Ambiental
Puestos de administración para el Agua	Fontaneros Administrador del Parque Regional Municipal "La Cerra" Encargado de áreas verdes.
Contactos	Christian Alegre 56938146 alegredelgado@yahoo.com Ana Lucia Palma 56941553 analuciapalmam@gmail.com
Acciones relacionadas al Agua	Administrar y operar el agua potable y alcantarillado para el abastecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado.

Cuadro 83. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Villa Nueva.

Municipio	Villa Nueva
Oficina Institucional del Agua	Dirección de Aguas y Saneamiento: Es la responsable de brindar a los vecinos del municipio el servicio de agua potable, que garantice pureza, continuidad y un costo razonable. Para ello realiza permanentemente, con apoyo del Ministerio de Salud, las pruebas correspondientes a fin de proteger la salud de la población.
Puestos de administración para el Agua	Director de Agua y Saneamiento Administración de Agua
Contactos	Luz Guerra (administradora) Luz.guerra@villanueva.gob.gt Edgar René De León 53477865 edgar.deleon@villanueva.gob.gt Carlos Saravia 55260048 carlos.saravia@villanueva.gob.gt
Acciones relacionadas al Agua	Administrar y operar el agua potable y alcantarillado para el abastecimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado. Capacitaciones y Charlas sobre el uso adecuado del agua.

Cuadro 84. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Amatitlán.

Municipio	Amatitlán
Oficina Institucional del Agua	Departamento de Aguas Dar mantenimiento continuo a los pozos de agua existentes en la ciudad de Amatitlán y colonias periféricas. Este servicio se ve reflejado en la eficiente labor brindada por el departamento de Aguas en atención hacia las diversas necesidades de los vecinos con respecto al servicio de Agua.
Puestos de administración para el Agua	Coordinador de aguas. Encargado de fontaneros. Fontaneros municipales.
Contactos	Samuel Valiente 66438383 ot.amatitlan@gmail.com Juan Orellana 54647267 Olga Marina Miranda 66438383 aguas@amatitlan.gob.gt
Acciones relacionadas al Agua	-Reparación de tuberías, -Limpieza de contadores de Agua -Se realizan reconexiones de Agua

	<p>-Se efectúan cambio de llave de compuerta -Son instalados nuevas conexiones de Agua</p> <p>Por la gestión directa del anterior alcalde Mainor Orellana y en atención de los vecinos de estos sectores, se amplió la red de distribución de agua en colonia El Salitre, Asentamiento Los Amates, Villas del Río y Residenciales El Prado.</p> <p>Así mismo labores de limpieza en tubería para la red de distribución de Agua se llevó a cabo en distintos puntos de la ciudad.</p> <p>Se procedió a la limpieza y destapado de 1,500 contadores.</p> <p>Aproximadamente 1,000 contadores fueron robados durante el 2011.</p> <p>En las zonas en donde ocurren estos hechos, el Departamento de Aguas presta servicio inmediato para la instalación de un nuevo contador.</p> <p>Se mejoró la red de agua en Caserío El Rincón</p> <p>Se otorgó mantenimiento a los tanques ubicados en Capri y Colonia Blandón de Cerezo.</p> <p>Se llevó control y revisión periódica de la red de distribución de agua en Finca El Barretal del municipio de Amatitlán.</p> <p>Se presta servicio de mantenimiento en los sistemas ubicados en Escuelas e Institutos Nacionales.</p> <p>Mantenimiento en la red de agua para Hospital Nacional, IGSS, Policía Nacional Civil y Destacamento Militar.</p> <p>Revisión e instalación de servicios sanitarios en Cementerio General como soporte para la celebración "Día de los Santos".</p>
--	---

Cuadro 85. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Villa Canales.

Municipio	Villa Canales
Oficina Institucional del Agua	Departamento de Agua
Puestos de administración para el agua	Encargado de Agua
Contactos	
Acciones relacionadas al agua	Apertura de nuevos pozos.

Cuadro 86. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

Municipio	San Juan Sacatepéquez
Oficina Institucional del Agua	Departamento de agua
Puestos de administración para el agua	Encargado Fontaneros Secretaria
Contactos	Carlos Iquité Encargado del Departamento de agua Móvil: 53116298 Email: ciquite@gmail.com
Acciones relacionadas al agua	Existe un Reglamento para el uso del agua. Reforestación en pozos y nacimientos.

Cuadro 87. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

Municipio	San Pedro Sacatepéquez
Oficina Institucional del Agua	Departamento de Servicios Públicos
Puestos de administración para el agua	Encargado de Servicios Públicos
Contactos	Munisanpedro.gt@gmail.com Teléfonos: 66296028, 66296483.
Acciones relacionadas al agua	Con la iniciativa de Supervisión Educativa, luego la integración de instituciones y sociedad civil, se crea "Aliados Sanjuaneros por el Ambiente", cuyo fin es lograr que San Juan Sacatepéquez sea un ejemplo de limpieza por medio de la concientización, información, educación y acción individual y conjunta de todos. Apoyo de accesorios para la pronta reparación de fugas. Apoyo de personal fontanero. Apoyo técnico en la reparación del equipo de bombeo. Perforación de más pozos. Ampliación de red de distribución. Instalación de tanques de captación.

Cuadro 88. Institucionalidad del recurso hídrico en la municipalidad de Mixco.

Municipio	Guatemala
Oficina Institucional del Agua	Dirección de servicios públicos. Dirección Municipal de Ambiente y Recursos Naturales
Puestos de administración para el agua	Director de Servicios públicos
Contactos	Dante Pisquiy 34043502 dantepisquiy19@gmail.com Betzabe Quiroa 57186600 betzabequiroa@gmail.com Herber Guerra 30307941 herberdanilo@hotmail.com
Acciones relacionadas al agua	Mantenimiento de pozos. Estudios de aguas subterráneas para apertura de nuevos pozos.

Cuadro 89. Tarifas de agua actuales en los municipios de la RMG.

Municipio	Tarifas
Guatemala	Rango de consumo por metro cúbico 1 a 20: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q1.53 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo Fijo sin IVA). Rango de consumo por metro cúbico 21 a 40: Precio del metro cúbico: Q2.40 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo fijo sin IVA). Rango de consumo por metro cúbico 41 a 60: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q3.05 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (cargo fijo sin IVA) Rango de consumo por metro cúbico 61 a 120: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q6.10 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo fijo sin IVA). Rango de consumo por metro cúbico de 121 a más: Precio del metro cúbico (Sin IVA): Q7.63 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cuota fija sin IVA).
Chinautla	Se desconoce.
Santa Catarina Pinula	Se desconoce.
San José Pinula	Q.30.00 por 30 metros cúbicos. Q.30.00 por 15 metros cúbicos. Depende de la ubicación de las casas.
Fraijanes	Q. 5.00 en área urbana Q. 10.00 en área rural Sin Contador.
Villa Nueva	Q.75.00
San Miguel Petapa	Tarifas de Q.20.00 Q65.00 Q.72.00

Amatitlán	Tarifa domiciliar: Q. 30.00 y Q.60.00 Tarifas comerciales: Q. 120.00 y Q.240.00 Q.500.00 La tarifa comercial la establece a Q. 1.00 por m ³ , así, Locales y apartamentos 120 m ³ , car wash 240 m ³ , industrias mayores 500 m ³ .
Villa Canales	Se desconoce.
San Pedro Sacatepéquez	Casco Urbano Q.10.00 Aldeas Q.20.00
San Juan Sacatepéquez	Q.10.00 con la antigua tubería Q.15.00 con nuevo sistema de tubería. Q.30.00 y Q.25.00 respectivamente para el caso de dos colonias a las que abastece la municipalidad.
Mixco	Se desconoce.

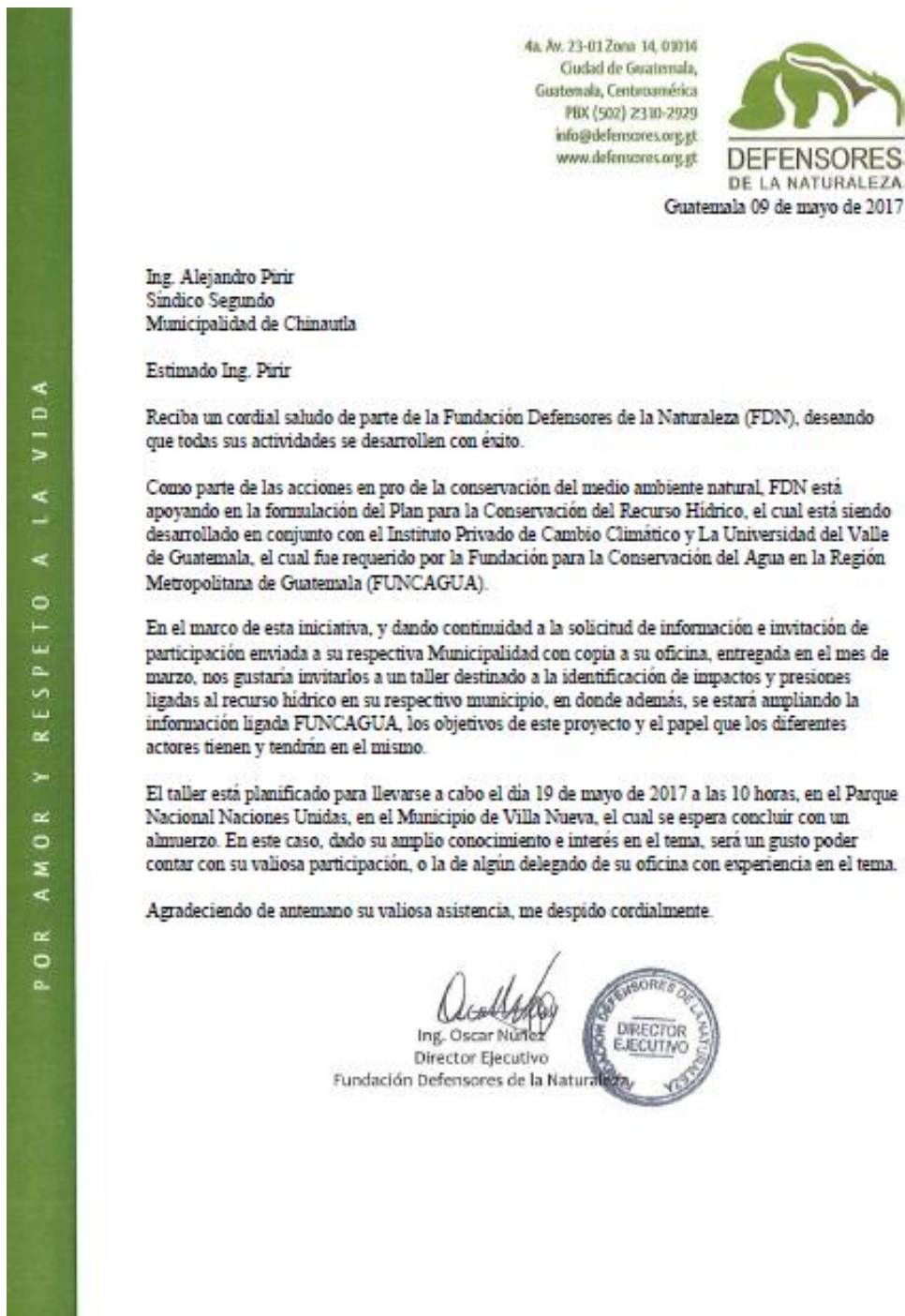
ANEXO IV: CÓDIGO DE SALUD DECRETO 90-97 DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA

- “Artículo 68. Ambientes saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.”
- “Artículo 70. Vigilancia de la calidad ambiental. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición.”
- “Artículo 71. Derecho a la información. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos.”
- “Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las otras instancias apropiadas, sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales, u ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala, que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.”
- “Artículo 74. Evaluación de impacto ambiental y salud. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.”
- “Artículo 79. Obligatoriedad de las municipalidades. Es obligación de las Municipalidades abastecer de agua potable a las comunidades situadas dentro de su jurisdicción territorial, conforme lo establece el Código Municipal y las necesidades de la población, en el contexto de las políticas de Estado en esta materia y consignadas en la presente ley.”
- “Artículo 80. Protección de las fuentes de agua. El Estado, a través del Ministerio de Salud, en coordinación con las instituciones del Sector, velarán por la protección, conservación, aprovechamiento y uso racional de las fuentes de agua potable. Las Municipalidades del país están obligadas como principales prestatarias del servicio de agua potable, a proteger y conservar las fuentes de agua y apoyar y colaborar con las políticas del Sector, para el logro de la cobertura universal dentro de su jurisdicción territorial, en términos de cantidad y calidad del servicio.”
- “Artículo 82. Fomento de la construcción de servicios. El Ministerio de Salud en coordinación con las Municipalidades y la comunidad organizada, en congruencia con lo establecido en los Artículos 78 y 79 de la presente ley, fomentará la construcción de obras destinadas a la provisión y abastecimiento permanente de agua potable a las poblaciones urbanas y rurales.”

- “Artículo 86. Normas. El Ministerio de Salud establecerá las normas vinculadas a la administración, construcción y mantenimiento de los servicios de agua potable para consumo humano, vigilando en coordinación con las Municipalidades y la comunidad organizada, la calidad del servicio y del agua de todos los abastos para uso humano, sean estos públicos o privados.”
- “Artículo 87. Purificación del agua. Las Municipalidades y demás instituciones públicas o privadas encargadas del manejo y abastecimiento de agua potable, tienen la obligación de purificarla, en base a los métodos que sean establecidos por el Ministerio de Salud. El Ministerio deberá brindar asistencia técnica a las Municipalidades de una manera eficiente para su cumplimiento. La transgresión a esta disposición conllevará sanciones que quedarán establecidas en la presente ley, sin detrimento de las sanciones penales en que pudiera incurrirse.”
- “Artículo 92. Dotación de servicios. Las municipalidades, industrias, comercios, entidades agropecuarias, turísticas y otro tipo de establecimientos públicos y privados deberán dotar o promover la instalación de sistemas adecuados para la eliminación sanitaria de excretas, el tratamiento de aguas residuales y aguas servidas, así como del mantenimiento de dichos sistemas conforme a la presente ley y los reglamentos respectivos.”
- “Artículo 93. Acceso y cobertura. El Ministerio de Salud de manera conjunta con las instituciones del Sector, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverá la cobertura universal de la población a servicios para la disposición final de excretas, la conducción y tratamientos de aguas residuales y fomentará acciones de educación sanitaria para el correcto uso de las mismas.”
- “Artículo 94. Normas sanitarias. El Ministerio de Salud con otras instituciones del sector dentro de su ámbito de competencia, establecerán las normas sanitarias que regulan la construcción de obras para la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales y establecerá de manera conjunta con las municipalidades, la autorización, supervisión y control de dichas obras.”
- “Artículo 96. Construcción de obras de tratamiento. Es responsabilidad de las Municipalidades o de los usuarios de las cuencas o subcuencas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas, para evitar la contaminación de otras fuentes de agua: ríos, lagos, nacimientos de agua. El Ministerio de Salud deberá brindar asistencia técnica en aspectos vinculados a la construcción, funcionamiento y mantenimiento de las mismas.”
- “Artículo 102. Responsabilidad de las municipalidades. Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios, previo dictamen del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, el que deberá ser elaborado dentro del plazo improrrogable de dos meses de solicitado. De no producirse el mismo será considerado emitido favorablemente, sin perjuicio de la responsabilidad posterior que se produjera, la que recaerá en el funcionario o empleado que no emitió el dictamen en el plazo estipulado.”

ANEXO V: CARTAS DE INVITACIÓN RECIBIDAS POR LAS MUNICIPALIDADES.

EJEMPLO DE CARTAS ENVIADAS A MUNICIPALIDAD DE CHINAUTLA COMO COMPLEMENTO DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN TALLER.



4a. Av. 23-01 Zona 14, 09014
 Ciudad de Guatemala,
 Guatemala, Centroamérica
 PBX (502) 2310-2929
 info@defensores.org.gt
 www.defensores.org.gt



**DEFENSORES
 DE LA NATURALEZA**

Guatemala 09 de mayo de 2017

Ing. Aurelio López
 Jefe de Personal
 Municipalidad de Chiantla

Estimado Ing. López

Reciba un cordial saludo de parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), deseando que todas sus actividades se desarrollen con éxito.

Como parte de las acciones en pro de la conservación del medio ambiente natural, FDN está apoyando en la formulación del Plan para la Conservación del Recurso Hídrico, el cual está siendo desarrollado en conjunto con el Instituto Privado de Cambio Climático y La Universidad del Valle de Guatemala, el cual fue requerido por la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).

En el marco de esta iniciativa, y dando continuidad a la solicitud de información e invitación de participación enviada a su respectiva Municipalidad con copia a su oficina, entregada en el mes de marzo, nos gustaría invitarlos a un taller destinado a la identificación de impactos y presiones ligadas al recurso hídrico en su respectivo municipio, en donde además, se estará ampliando la información ligada a FUNCAGUA, los objetivos de este proyecto y el papel que los diferentes actores tienen y tendrán en el mismo.

El taller está planificado para llevarse a cabo el día 19 de mayo de 2017 a las 10 horas, en el Parque Nacional Naciones Unidas, en el Municipio de Villa Nueva, el cual se espera concluir con un almuerzo. En este caso, dado su amplio conocimiento e interés en el tema, será un gusto poder contar con su valiosa participación, o la de algún delegado de su oficina con experiencia en el tema.

Agradeciendo de antemano su valiosa asistencia, me despido cordialmente.

Ing. Oscar Núñez
 Director Ejecutivo

Fundación Defensores de la Naturaleza



EJEMPLO DE CARTAS ENVIADAS A MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ COMO COMPLEMENTO DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN TALLER.

POR AMOR Y RESPETO A LA VIDA

4a. Av. 23-01 Zona 14, 01014
Ciudad de Guatemala,
Guatemala, Centroamérica
PBX (502) 2310-2929
info@defensores.org.gt
www.defensores.org.gt



Guatemala 09 de mayo de 2017

Ing. Carlos Iquité
Departamento de Agua
Municipalidad de San Juan Sacatepéquez

Estimado Ing. Iquité

Reciba un cordial saludo de parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), deseando que todas sus actividades se desarrollen con éxito.

Como parte de las acciones en pro de la conservación del medio ambiente natural, FDN está apoyando en la formulación del Plan para la Conservación del Recurso Hídrico, el cual está siendo desarrollado en conjunto con el Instituto Privado de Cambio Climático y La Universidad del Valle de Guatemala, el cual fue requerido por la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).

En el marco de esta iniciativa, y dando continuidad a la solicitud de información e invitación de participación enviada a su respectiva Municipalidad con copia a su oficina, entregada 25 de abril, nos gustaría invitarlos a un taller destinado a la identificación de impactos y presiones ligadas al recurso hídrico en su respectivo municipio, en donde además, se estará ampliando la información ligada FUNCAGUA, los objetivos de este proyecto y el papel que los diferentes actores tienen y tendrán en el mismo.

El taller está planificado para llevarse a cabo el día 19 de mayo de 2017 a las 10 horas, en el Parque Nacional Naciones Unidas, en el Municipio de Villa Nueva, el cual se espera concluir con un almuerzo. En este caso, dado su amplio conocimiento e interés en el tema, será un gusto poder contar con su valiosa participación, o la de algún delegado de su oficina con experiencia en el tema.

Agradeciendo de antemano su valiosa asistencia, me despido cordialmente.


Ing. Oscar Núñez
Director Ejecutivo

Fundación Defensores de la Naturaleza



ANEXO VI: LISTADO DE PARTICIPANTES AL TALLER DIRIGIDO A MUNICIPALIDADES.



Taller para la Identificación de Presiones y Problemática ligada al Agua en la RMG

LISTADO DE PARTICIPANTES

LUGAR Y FECHA: Parque Nacional Naciones Unidas, Villa Nueva, 19/5/2017

ACTIVIDAD DESARROLLADA:

No.	NOMBRE PARTICIPANTE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRÓNICO	F	M	FIRMA /
1	DANTE PEQUIT	Muni MIXCO Dir. AMP y E.N Servicios Públicos	34043502	dantepesquit19@gmail	✓		
2	Christian Alegr.	Muni Petapa. Servicios Públicos	56938144	alegre.dulgado@gmail.com		✓	
3	Andrés Palma B.	Muni Petapa. Servicios Públicos	56941553	andres.palman@gmail.com	✓		
4	Juan Carlos Godoy	TNC-Funcagua	52032693	jcgodoy@tnc.org		✓	
5	Bertrando Queiza	Depto. Investigación Municipalidad Mixco	5718-6600	bertrandoqueiza@gmail.com	✓		
6	Herber Guerra	Municipalidad de Mixco	30307941	herberdaniel@hotmail.com	✓		
7	Aleida García	Municipalidad San Miguel Petapa	4209-4180 4287-5120	gestamambiental@municipalidadsanmiguelpetapa.gub.gt esal462001@hotmail.com	✓		
8	Javier Abascal	Muni San Miguel Petapa	56910996	joscipvier1312@hotmail.com	✓		
9	Alex Tezales	Muni San José Pinula	30498343	atezales@gmail.com			
10	Odrin Andres Pozadas	San Jose Pinula	45482283	odrin.pozadas1985@gmail.com			
11	Edgar René De León	Municipalidad Villa Nueva	5347-7805	edgar.deleon@villanueva.gub.gt			
12	Carlos Saravia	Municipalidad Villa Nueva	55200048	carlos.saravia@villanueva.gub.gt			
TOTALES							



Taller para la Identificación de Presiones y Problemática ligada al Agua en la RMG

LISTADO DE PARTICIPANTES

LUGAR Y FECHA: _____

ACTIVIDAD DESARROLLADA: _____

No.	NOMBRE PARTICIPANTE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRÓNICO	F	M	FIRMA /
1	Jhonatan Ce. Cecherret M.	Muni - San Jose Paten	46780218	jhonggm@gmail.com		X	
2	David Casañón	Consultor Ases. Bust	41325406	DavidCasanoa@gmail.com		X	
3	Haniel Presteneches	As. Past.	52038333	asebaste@gmail.com		X	
4	Samuel Valiente	Municipalidad de Amatitlan	66438183	ot.amatitlan@gmail.com		X	
5	José Castellano	Municipalidad de Amatitlan	54647267			X	
6	Olga Marina Miranda	Municipalidad Amatitlan	66438383	agoras@amatitlan.gob.gt		X	
7	Carla Berrojo	MUNI SAN JOSE PATEN	30947488	-			
8							
9							
10							
11							
12							
TOTALES							

ANEXO VII: CARTAS DE INVITACIÓN RECIBIDAS POR LAS INSTITUCIONES INVITADAS AL TALLER MULTISECTORIAL

EJEMPLO DE CARTAS ENVIADAS A WORLD WILDLIFE FUND COMO COMPLEMENTO DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN TALLER.

4a. Av. 23-01 Zona 14, 09014
Ciudad de Guatemala,
Guatemala, Centroamérica
PBX (502) 2310-2929
info@defensores.org.gt
www.defensores.org.gt



DEFENSORES
DE LA NATURALEZA

Guatemala 15 de mayo de 2017

Ing. Juan Carlos Rosito
Oficial de Hidrología
World Wildlife Fund

Estimado Ing. Rosito

Reciba un cordial saludo de parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), deseando que todas sus actividades se desarrollen con éxito.

Como parte de las acciones en pro de la conservación del medio ambiente natural, FDN está apoyando en la formulación del Plan para la Conservación del Recurso Hídrico, el cual está siendo desarrollado en conjunto con el Instituto Privado de Cambio Climático y La Universidad del Valle de Guatemala, el cual fue requerido por la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).

En el marco de esta iniciativa, nos gustaría invitarlo a un taller destinado a la identificación de impactos y presiones ligadas al recurso hídrico dentro de la Región Metropolitana de Guatemala, en donde además, se estará ampliando la información ligada FUNCAGUA, los objetivos de este proyecto y el papel que los diferentes actores tienen y tendrán en el mismo.

El taller está planificado para llevarse a cabo el día martes 23 de mayo de 2017 a las 8:00 horas, en el Hotel Conquistador, Vía 5, 4-68 zona 4, Guatemala. En este caso, dado su amplio conocimiento e interés en el tema, será un gusto poder contar con su valiosa participación.

Agradeciendo de antemano su valiosa asistencia, me despido cordialmente.

Ing. Oscar Núñez
Director Ejecutivo

Fundación Defensores de la Naturaleza



EJEMPLO DE CARTAS ENVIADAS A UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR COMO COMPLEMENTO DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN TALLER.

POR AMOR Y RESPETO A LA VIDA

4a. Av. 23-01 Zona 14, 01014
Ciudad de Guatemala,
Guatemala, Centroamérica
PAX (502) 2310-2929
info@defensores.org.gt
www.defensores.org.gt



Guatemala 15 de mayo de 2017

Ing. Ottoniel Monterroso
Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Estimado Ing. Monterroso

Reciba un cordial saludo de parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), deseando que todas sus actividades se desarrollen con éxito.

Como parte de las acciones en pro de la conservación del medio ambiente natural, FDN está apoyando en la formulación del Plan para la Conservación del Recurso Hídrico, el cual está siendo desarrollado en conjunto con el Instituto Privado de Cambio Climático y La Universidad del Valle de Guatemala, el cual fue requerido por la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).

En el marco de esta iniciativa, nos gustaría invitarlo a un taller destinado a la identificación de impactos y presiones ligadas al recurso hídrico dentro de la Región Metropolitana de Guatemala, en donde además, se estará ampliando la información ligada FUNCAGUA, los objetivos de este proyecto y el papel que los diferentes actores tienen y tendrán en el mismo.

El taller está planificado para llevarse a cabo el día martes 23 de mayo de 2017 a las 8:00 horas, en el Hotel Conquistador, Vía 5, 4-68 zona 4, Guatemala. En este caso, dado su amplio conocimiento e interés en el tema, será un gusto poder contar con su valiosa participación.

Agradeciendo de antemano su valiosa asistencia, me despido cordialmente.


Ing. Oscar Núñez
Director Ejecutivo
Fundación Defensores de la Naturaleza



EJEMPLO DE CARTAS ENVIADAS A CORPORACIÓN MULTIINVERSIONES COMO COMPLEMENTO DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN TALLER.

POR AMOR Y RESPETO A LA VIDA

4a. Av. 23-01 Zona 14, 01004
Ciudad de Guatemala,
Guatemala, Centroamérica
PBX (502) 23 10-2929
info@defensores.org.gt
www.defensores.org.gt



Guatemala 15 de mayo de 2017

M.Sc. Carlos Mérida
Gerente de Medio Ambiente
Unidad de Energía
Corporación Multi Inversiones

Estimado Ing. Mérida:

Reciba un cordial saludo de parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), deseando que todas sus actividades se desarrollen con éxito.

Como parte de las acciones en pro de la conservación del medio ambiente natural, FDN está apoyando en la formulación del Plan para la Conservación del Recurso Hídrico, el cual está siendo desarrollado en conjunto con el Instituto Privado de Cambio Climático y La Universidad del Valle de Guatemala, el cual fue requerido por la Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).

En el marco de esta iniciativa, nos gustaría invitarlo a un taller destinado a la identificación de impactos y presiones ligadas al recurso hídrico dentro de la Región Metropolitana de Guatemala, en donde además, se estará ampliando la información ligada FUNCAGUA, los objetivos de este proyecto y el papel que los diferentes actores tienen y tendrán en el mismo.

El taller está planificado para llevarse a cabo el día martes 23 de mayo de 2017 a las 8:00 horas, en el Hotel Conquistador, Vía 5, 4-68 zona 4, Guatemala. En este caso, dado su amplio conocimiento e interés en el tema, será un gusto poder contar con su valiosa participación.

Agradeciendo de antemano su valiosa asistencia, me despido cordialmente.


Ing. Oscar Núñez
Director Ejecutivo

Fundación Defensores de la Naturaleza



ANEXO VIII: LISTADO DE PARTICIPANTES AL TALLE MULTISECTORIAL



Taller para la Identificación de las Presiones y Problemática ligada al Agua en la RMG

LISTADO DE PARTICIPANTES

LUGAR Y FECHA: Hotel conquistador, Cdad de Guatemala 23/5/2017

ACTIVIDAD DESARROLLADA:

No.	NOMBRE PARTICIPANTE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRÓNICO	F	M	FIRMA /
1	Oscar Núñez	FDN	23102929	onunne@defensores.org.gt		X	
1	Ivan Buitan	AGERPOLT	54663655	ivan.buitan@agerpol.org.gt		X	
3	Maria José Turbide	FUNCAGUA	5708854	mjturbidef@gmail.com		X	
2	Gustavo Adolfo Morrey	Cayala	41281145	gmcovroy@cayala.com.gt		X	
1	Cesar Martínez	CCASO	52029532	cesar.martinez@ccaso.org.gt		X	
1	Fredy Viana	Mariano Galvez	47157805	fviana@hotmail.com		X	
1	José H. Ríos Peres	DIA-CONAP	52746336	joshoracio1@gmail.com		X	
2	Silvia López A.	INAB KEFE	23214535	silvia.lopez@inab.gob.gt		X	
2	Mario Ordóñez	CBC	30924120	meordonez@cbc.co		X	
2	José David Díaz	TNC	41919517	jddiaz@tnc.org		X	
3	Gabriela Fuentes	UVG	4154-2269	gabafuentes@uvg.edu.gt		X	
3	Manuel Probst	As. de Cauas	52038333	manprobst@gmail.com		X	
3	Victor Araujo	CNEE	59908051	varaujo@cnee.gob.gt		X	



Taller para la Identificación de las Presiones y Problemática ligada al Agua en la RMG

LISTADO DE PARTICIPANTES

LUGAR Y FECHA: Hotel Conquistador, Ciudad de Guatemala, 23/5/2017

ACTIVIDAD DESARROLLADA:

No.	NOMBRE PARTICIPANTE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRÓNICO	F	M	FIRMA /
3	Dania López Marché	C. Renapa	41502109	dgil045@gmail.com	✓		
1	Jose Fernando Sánchez Riqueni	Aqua Corp	58655842	Fsanchez@aquacorp.un		✓	
4	Julio Prado Escoto Rosales	EMPAGUA	59182350	jrosales@empagua.com		✓	
4	Juan Carlos Resto	WWF	54601374	Jc.resto@wwf.or			
4	Juan Carlos Godoy H.	TNC	52032693	jgody@tnc.org		✓	
4	Mónica Barilay	CONAP	24210700	monica.barilay@conap.gub	✓		
3	David Custatim	Consultr Basanda	41325906	dcustatim@consultrbasanda.gt	X		
4	Nestor Fajardo	MARN	24200500 5125001	nfajardo@marn.gub		✓	
2	Saul Guerra	AMSA	30677012	sguerra@amsa.gub.gt		✓	
3	Gabriela Ramos	CEMPRO	5466292	gramos2@cempro.com	✓		
11	Henry López Cifuentes	AMSA	57122715	hhlgt@hotmail.com	X		
12	Carlos Cifuentes	EDN	30633367	ccifuentes@defensores.org.gt	✓		
13	Onelia Xicax	ICC	47575390	onelia.xf@gmail.com	✓		

ANEXO IX: TARIFAS DE AGUA MUNICIPAL

El objetivo de esta sección es presentar información nueva (no contenida en el Diagnóstico) sobre las tarifas de agua municipal. Con anterioridad se indicó que la mayoría de las municipalidades de la RMG (Amatitlán, Chinautla, Fraijanes, Mixco, San José Pinula, San Juan Sacatepéquez, San Miguel Petapa, San Pedro Sacatepéquez, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva) subsidian el costo de operación y mantenimiento de agua (INE, 2015). El taller dirigido a representantes de gobiernos municipales⁴⁰, evidenció que lo planteado anteriormente era cierto. En el cuadro 101 se recoge información sobre las tarifas del agua según información recopilada en el Diagnóstico. El cuadro se complementa con información obtenida mediante encuestas a los hogares según trabajo realizado por IARNA y TNC (2013).

Cuadro 90 Tarifas de agua en la RMG.

Municipio	Hogares	Municipalidades
Amatitlán	Q. 66.67	Tarifa domiciliar: Q. 30.00 y Q.60.00 Tarifas comerciales: Q. 120.00 y Q.240.00 Q.500.00
Chinautla	Q.136.21	Datos desconocido.
Fraijanes	Q. 50.00	Q. 5.00 en área urbana Q. 10.00 en área rural Sin Contador.

⁴⁰ Taller para la identificación de presiones y medidas celebrado el 19 de mayo de 2017 en Villa Nueva.

Guatemala	---	<p>Rango de consumo por metro cúbico 1 a 20: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q1.53 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo Fijo sin IVA).</p> <p>Rango de consumo por metro cúbico 21 a 40: Precio del metro cúbico: Q2.40 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo fijo sin IVA).</p> <p>Rango de consumo por metro cúbico 41 a 60: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q3.05 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (cargo fijo sin IVA)</p> <p>Rango de consumo por metro cúbico 61 a 120: Precio del metro cúbico (Sin IVA) Q6.10 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cargo fijo sin IVA).</p> <p>Rango de consumo por metro cúbico de 121 a más: Precio del metro cúbico (Sin IVA): Q7.63 + 20% (alcantarillado) + Q21.00 (Cuota fija sin IVA).</p>
Mixco	Q. 90.14	Dato desconocido.
San José Pinula	Q. 50.00	Q.30.00 por 30 metros cúbicos. Q.30.00 por 15 metros cúbicos.
San Juan Sacatepéquez	Q. 91.67	Q.10.00 con la antigua tubería Q.15.00 con nuevo sistema de tubería.
San Miguel Petapa	Q. 70.59	Q.20.00, Q65.00 Q.72.00
San Pedro Sacatepéquez	Q. 50.00	Casco Urbano Q.10.00 Aldeas Q.20.00
Santa Catarina Pinula	Q. 95.83	Q. 30.00
Villa Canales	Q. 74.14	Q. 85.00
Villa Nueva	Q. 96.96	Q. 75.00

Sin embargo, no se pueden comparar los ingresos y los gastos asociados al abastecimiento del agua en la RMG, ya que se desconoce el costo real anual que las municipalidades pagan por el abastecimiento de agua, así como recaudación anual por el cobro de la tarifa de agua municipal. Lo único que se tiene, según el INE (2015), es el presupuesto anual destinado para el funcionamiento e inversión de los sistemas de abastecimiento de agua, para algunas municipalidades: Amatitlán (Q. 1,177,000), Mixco (Q. 108,269,165), Santa Catarina Pinula (Q. 18,828,467), San José Pinula (Q. 8,200,000), San Miguel Petapa (Q. 1,200,000), San Pedro Sacatepéquez (Q. 2,293,475), y Villa Nueva (Q. 3,550,000).

Para el caso de la Empresa Municipal de Agua EMPAGUA en el municipio de Guatemala, según (Benavides, 2013), se determinó el costo por metro cúbico de agua abastecido por EMPAGUA, en un período de 5 años (2008-2012). Este costo⁴¹, aunque ha ido en aumento, varió para cada año,

⁴¹ Los costos incluyen gastos administrativos: pago a trabajadores, servicios de oficina, mantenimiento de equipo e infraestructura, inversión de activos al capital y pago de deuda pública.

2008 (USD\$ 0.33), 2009 (USD\$ 0.34), 2010 (USD\$ 0.37), 2011 (USD\$ 0.43) y 2012 (USD\$ 0.42). Esto evidencia que, en la municipalidad de Guatemala, la tarifa del agua (para un consumo de 20 metros cúbicos) el cobro por metro cúbico (USD\$ 0.39)⁴² es menor al costo asociado (USD\$ 0.42)⁴³.

ANEXO X: ENTREVISTAS A LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA UICN

Personas Entrevistadas⁴⁴:

Ing. M. Sc. Carlos R. Rosal Del Cid

Oficial Regional Unidad de Medios de Via y Cambio Climático, Oficina Regional para Mesoamérica
Correo: carlos.rosal@iucn.org
Celular 5966-6957

Inga. Ana Patricia Alvarado

Directora de la Alianzas estratégicas para la conservación de la vida, Fundación Simbiosis
Teléfono: 41602438
Correo: simbiosisfundacionmail.com

a. ¿Cuáles son los proyectos ejecutados en Xayá y Pixcayá?

Las subcuencas Xayá y Pixcayá son llamadas por UICN como territorios hidrológicos, que en algunos meses corresponde a más de 34 % de abastecimiento de agua que administra EMPAGUA. Además, que ya hay un proyecto de agua en bloque que se ha agregado al caudal que llega a la planta lo de Coy, con agua subterránea en Chimaltenango.

La asociación SIMBIOSIS es el apoyo ejecutor de UICN para trabajar en las subcuencas Xayá y Pixcayá, esta asociación se originó en el 2012 con programas de reforestación, se empezó en Zaragoza con 35 mil árboles de diferentes especies.

Actualmente se ha conformado la alianza ambiental que une sus esfuerzos para restauración y reforestación en este territorio, conformada por UICN, Cementos Progreso, Fundación SIMBIOSIS, ANAM, CARE La Fundación del Bosque Tropical, las Municipalidades de Zaragoza, Santa Apolonia, San Juan Comalapa, la Mancomunidad Mankaqchikel, la asociación civil ACAX, agropecuaria Pachoj, el INAB, el Movimiento At Tzuj, CONAP, MARN, grupos de jóvenes ECOSINERGIAS y Movimiento Agua y Juventud, y reforestando Guatemala. Esta alianza tiene como objetivo la gran campaña de reforestación 2013-2017; con el propósito de contribuir a la restauración del paisaje forestal e incrementar los bienes y servicios ecosistémicos de ambas subcuencas.

La alianza ambiental Xayá en la actualidad cuenta con 33 miembros, y el fin principal es unir esfuerzos para promover la restauración forestal en Xayá y Pixcayá, que se ha deforestado en la última década por presión del crecimiento poblacional.

⁴² Tomando como referencia la información del cuadro 14, y utilizando un tipo de cambio de 1\$=7.4Q.

⁴³ Tomando como referencia el dato de 2012 de Benavides (2013)

⁴⁴ El Ingeniero Carlos Rosal y la Ingeniera Ana Patricia Alvarado respondieron conjuntamente a las preguntas de la entrevista.

Este año (2017) se hizo un estudio completo para incidencia política, también para gestión de riesgos. También se tiene un estudio de la proyección de los beneficios de la restauración forestal. Lo pueden compartir para hacer alguna intervención.

b. ¿Qué actividades de restauración forestal?

Las actividades con enfoque de restauración forestal son:

- Plantación de árboles nativos.
- Recolección de semillas y fortalecimiento de viveros municipales para restauración.
- Siembra de árboles frutales, ha sido una alternativa para contribuir a la cobertura vegetal y al mismo tiempo manejar seguridad alimentaria y venta de excedentes.
- Iniciar la recuperación de especias frutales nativas, que se están perdiendo, como la pera, manzana y cereza.
- Se plantaron 300 árboles frutales en Zaragoza con la coordinación de dicha municipalidad.
- En la comunidad de Payá, en donde está el nacimiento del río Xayá, 28 familias fueron beneficiadas por 30 árboles frutales, de aguacate Hass, durazno y limón; este año se empezará con melocotón, pera y cereza.

c. ¿Cuánta área se ha restaurado y en qué lugares?

La primera fase de la campaña termina en 2017 y se han reforestado con más de 518 mil árboles, donados principalmente por CEMPRO. El registro y mapeo de las áreas reforestadas y el mantenimiento de las reforestaciones están a cargo de las municipalidades, a través de la oficina forestal o la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM.

Se ha reforestado en territorios privados, las personas individuales llegan a solicitar árboles para sembrar en sus terrenos, es un indicador de que está comprometida a cuidar el bosque. También se ha reforestado en el astillero municipal de Tecpán.

d. ¿Quiénes son los actores involucrados, al trabajo que UICN realiza?

Organizaciones: UICN, Cementos Progreso, Fundación SIMBIOSIS, ANAM, CARE La Fundación del Bosque Tropical, alianzas estratégicas más recientes es la que se ha establecido con la Alianza Internacional para las Reforestaciones –AIRES-, el Movimiento At Tzuj, grupos de jóvenes ECOSINERGIAS y Movimiento Agua y Juventud, y reforestando Guatemala.

Gobierno: INAB, CONAP, MARN.

Municipalidades: Zaragoza, Santa Apolonia (antes no apoyaba pero ahora si, por cambio de autoridades), San Juan Comalapa, Tecpán (actualmente no apoya por cambio de autoridades), la Mancomunidad Mankaqchikel.

Población civil: La asociación civil ACAX, agropecuaria Pachoj.

e. ¿Qué avances sobre algún mecanismo de Pago por Servicios Ambientales?

En el 2010 el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales realizó una valoración del costo del agua de Xayá y Pixcayá para la ciudad de Guatemala; esta información se le presentó al alcalde de la Ciudad de Guatemala y la propuesta consistió en que EMPAGUA debía de pagar 200 quetzales más por usuario, por utilizar el agua proveniente de Xayá y Pixcayá.

A manera de antecedente, UICN buscó un territorio para replicar el modelo de éxito de manejo de cuenca que realizó en San Marcos, se evaluaron cinco mancomunidades y algunos territorios, para aplicar el modelo, pero se eligió Xayá y Pixcayá por la importancia que tiene para abastecimiento de agua a la Ciudad de Guatemala.

En este territorio lo que UICN busca a largo plazo es conformar la plataforma para que trabajen, gobierno local, gobierno central, sector privado, organizaciones y sociedad civil. Fortalecer el capital social y político de todos los actores con el fin de conservar la cobertura forestal y que se mejoren las condiciones hidrológicas de servicios ecosistémicos de las subcuencas.

UICN cree que EMPAGUA debería de tener su propio fondo, UICN no quiere plata, quiere apoyo político para EMPAGUA, para buscar una estrategia para contar con fondos financieros para mejorar la calidad y cantidad del agua proveniente de Xayá y Pixcayá.

EMPAGUA requiere ayuda para restaurar las cuencas que abastecen, pero no cuenta con recursos financieros, y se debe tener una estrategia financiera para ello. Ya que el acueducto Xayá-Pixcayá es muy importante y actualmente es muy complejo y complicado planificar y ejecutar otro complejo como este, su conservación debe ser un tema estratégico.

Las acciones para lograr las bases para un futuro mecanismo de pago por servicios ambientales en Xayá-Pixcayá han sido los siguientes:

- Incidencia política, UICN ha tenido reuniones con el Gerente General de EMPAGUA, Fredy Guzmán, entre otros directores, y se ha percibido el interés que EMPAGUA tiene ante este tema.
- Para hacer conciencia de la importancia del agua en la ciudad de Guatemala está la carrera por el agua.
- Educación ambiental en línea de colegios de la Ciudad.
- Iniciativa de ley para crear la autoridad, la que se desarrolla posteriormente.
- Valoración económica, para mostrar la dinámica a futuro, además de las presiones del cambio climático y población.
- Los alcaldes de Zaragoza, Santa Polonia y San Juan Comalapa, han conocido la experiencia de PSA de Brasil, en 2016. (estos alcaldes fueron a Brasil y también el alcalde de una ciudad de Brasil, con experiencia en PSA vino a Guatemala).

f. ¿Qué actividades se tienen planificadas para los siguientes años?

- Microcuenca Zancán, reforestación en el astillero, primeros años en Santa Apolonia, ahora ya no, por cambio de autoridad, pero se espera seguir trabajando en este municipio.
- Reforestación en la aldea Pachoj en Zaragoza y algunas comunidades en San Juan Comalapa.
- Continuar con el trabajo de educación ambiental pero apoyada con otras asociaciones e instituciones, así como las municipalidades de San Juan Comalapa, Tecpán y Zaragoza.
- Iniciar actividades de reforestación con la municipalidad de Patzicía y Patzún.
- Festival del Agua, este año (04/08/2017) por segunda ocasión, en Zaragoza.
- Carrera de agua por el futuro, con el apoyo de la Cervecería Centroamericana, que por 3 años han apoyado la carrera y 5 módulos de capacitación a los voluntarios; apoyan en divulgación, y el personal de la Cervecería participa en la carrera y corre, saben lo que están apoyando.

- Marcha y feria con escuelas, con niños área de juego, juegos educativos, un juego de memoria, tiro al blanco, los niños pagan el derecho a cada juego con ecoladrillos, y estos servirán para construir un salón en la escuela de Zaragoza.
- Con la organización mundial Entreprenural Action Us –Enactus- de la URL, se ha iniciado el desarrollo de proyectos empresariales de jóvenes y mujeres emprendedoras.
- Como parte de las áreas de conservación de recarga hídrica, se pretende desarrollar 3 parques ecoturísticos. Con el fin de utilizarlos como miradores, para yoga, sendero, y demás fines de recreación.

g. Contacto de actores

A través de la red de la Alianza se tiene el contacto de todos los actores antes mencionados.

h. ¿Cuál es el fin de la Iniciativa de Ley para crear la Autoridad para el Manejo Integral y Sostenible de las subcuencas de los ríos Xayá-Pixcayá?

Se presentó la Iniciativa de Ley para crear la Autoridad para el Manejo Integral y Sostenible de las subcuencas de los ríos Xayá-Pixcayá, iniciativa que fue presentada el miércoles 2 de agosto a la Dirección Legislativa del Congreso de la República de Guatemala por el Diputado por Chimaltenango, Alejandro De León.

Con esta iniciativa el proyecto dejará sentadas las bases y los procesos para que los Alcaldes de la región, la Mancomunidad Kaqchikel, la Alianza Ambiental, el sector privado y particularmente todos los guatemaltecos realmente conscientes sobre el tema del agua continúen con el cabildeo y la incidencia del caso para lograr el propósito final, crear la Autoridad para el Manejo Integral y Sostenible de las subcuencas antes mencionadas y de esa manera asegurar el agua del futuro para miles de guatemaltecos.

ANEXO XI: ENTREVISTAS A LA ASOCIACIÓN CIVIL AMBIENTAL DE XAYÁ ACAX

Persona entrevistada: Marvin Tomás

Cargo: Vocal I y Director ejecutivo.

Correo: marvito@yahoo.es

marvinthomas.usac@gmail.com

Teléfono: 5901-5006

a. ¿Cómo y cuándo se originó la ACAX?

En el 2007, se inició la organización de actores de la cuenca del río Xayá, con la asesoría del el Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva y Agroalimentaria -PARPA- entidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- a través del Programa Piloto de Apoyos Forestales Directos –PPAFD- y un grupo promotor conformado por instituciones como INAB y CONAP, y otros actores como la organización indígena SOTZ’IL, la Asociación para el Desarrollo y Saneamiento Ambiental ADSA, EMPAGUA Y CATIE, con el fin de trabajar para el manejo adecuado de aguas residuales, específicamente de la proveniente de la municipalidad de Tecpán.

Finalmente, en el 2010 en el municipio de Tecpán Guatemala, se realizó el acta constitutiva de conformación de la Asociación Civil Ambiental Xayá, y sus integrantes fueron Municipalidad de

Tecpán Guatemala, ONG's ambientales, fincas privadas, centro de salud, sociedad civil organizada a través de COCODES y COMUDES de Tecpán Guatemala, Cámara de Turismo e instituciones gubernamentales.

El valor agregado de este proceso es que ha sido completamente legítimo e internalizado por los actores y ha contado con el acompañamiento de INAB, CONAP.

La ACAX se encuentra inscrita en el Ministerio de Gobernación en el registro de las personas jurídicas con la Partida No. 27005, Folio 27005, del libro 1 del Sistema Único del Registro Electrónico de Personas Jurídicas con fecha, Guatemala 05 de abril de 2010.

La visión de la ACAX es: "Recuperar, conservar y manejar los recursos naturales de la microcuenca del Río Xayá, a través del consenso, coordinación y participación de los diferentes actores, sectores y beneficiarios de los servicios ambientales que provee la microcuenca".

Y la misión es "Ser una asociación no gubernamental, sin fines de lucro, que promueve, organiza, gestiona y ejecuta acciones enfocadas al manejo sostenible de los recursos naturales, biodiversidad y medio ambiente de la microcuenca del Río Xayá; por medio de la recuperación restauración, manejo y conservación de los recursos bosque, agua y suelo; con enfoque participativo y de género, a través de un equipo multidisciplinario que aglutina al gobierno local, sector privado, institucional y la sociedad civil organizada, para adaptarse y minimizar los efectos del cambio climático y contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio".

Los miembros actuales de la Junta Directiva de ACAX son los siguientes:

Presidente	Salvador Enrique Pira Arrivillaga
Vice-Presidente	Elena Cumes Macario Lic.Q.B.
Secretario/a	P. C. José Luis Ajzalan Son
Tesorero/a	P, C. Longino Jiatz Batz
Vocal I	Director Ejecutivo. Ing. For. Jerónimo Marvin Tomás López
Vocal II	Prof. Damián Quino Cotero
Vocal III	Mario Enrique Gálvez Castillo

b. ¿Cuál es el enfoque del trabajo de la ACAX?

El trabajo que ACAX realiza desde su inicio, se enfoca a la protección y conservación del agua, principalmente con reforestación y restauración. Inicialmente el área de trabajo era la subcuenca Xayá, pero actualmente se trabaja también en Pixcayá.

Crean que el éxito de la ACAX es la voluntad de participación de la Junta Directiva, y el interés real de sus miembros en la conservación del bosque y agua.

c. ¿Qué proyectos ha ejecutado ACAX vinculados a la conservación del agua y restauración?

Se inició con el trabajo de la conservación del astillero municipal de Tecpán, para conservación, ya que de este proviene el abastecimiento del agua de Tecpán. Es astillero tiene 32 caballerías, se inició con reforestación a través de un proyecto con CATIE, en dónde se capacitó al guardabosque y se realizó un plan maestro del astillero.

En el área se han ejecutado fondos con los siguientes proyectos (Cuadro 102).

Cuadro 91 Proyectos vinculados a la conservación del agua y restauración ejecutados por ACAX

Nombre Proyecto	Donante	Inició y fin
Fortalecimiento de la cogestión para la conservación y restauración del Parque Regional Municipal Astillero de Tecpán Guatemala. (Zona de recarga hídrica de las cuencas de los ríos Madre Vieja, Motagua y Coyolate)	FCA	2011 y 2012
Fortalecimiento de las capacidades locales /comunitarias para la recuperación de la Cobertura Forestal y el uso sostenible de las fincas de las familias de la cabecera de la microcuenca del río Xayá.	Asociación TIKONEL	15/06/2013 al 30/07/2014
Asistencia técnica, capacitación y actividades de Manejo de Bosque natural con fines de protección, manejo de regeneración natural con fines de restauración pasiva, Establecimiento de Plantaciones Forestales, y Sistemas Agroforestales con fines de restauración activa en las microcuencas de los ríos Xayá Alto y Pacorral en el departamento de Chimaltenango y mantenimiento de las áreas el año 2014 y desarrollo de planes de manejo. (Convenio No. G-GUA-240315ACAX).	TNC/FEMSA COCA-COLA	01/06/2015 al 30/12/2015
Asistencia técnica, capacitación y actividades de Manejo de Bosque natural con fines de protección, manejo de regeneración natural con fines de restauración pasiva, Establecimiento de Plantaciones Forestales, y Sistemas Agroforestales con fines de restauración activa en las microcuencas de los ríos Xayá Alto y Pacorral en el departamento de Chimaltenango y mantenimiento de las áreas el año 2014 y desarrollo de planes de manejo. (Convenio No. G-GUA-240315ACAX).	TNC/FEMSA COCA-COLA	15/07/2016 al 30/12/2016

d. ¿Qué actividades se han ejecutado para el complejo (acueducto) Xaya-Pixcayá?

- Visitas a la Planta Lo de Coy.
- Acercamiento con EMPAGUA con técnicos e intentos de reunión con el alcalde de la Municipalidad de Guatemala en el 2010, pero sin éxito, la solicitud que su momento se tenía a esta municipalidad fue de ayuda económica para la implementación de una planta de tratamiento en la finca Molino Helvetia, después del paso del centro urbano de Tecpán.
- Se ha trabajado la conservación de bosques, restauración, reforestaciones, conservación de suelos, educación ambiental.
- Se ha intentado que el proyecto de la planta de tratamiento con el apoyo de la municipalidad de Tecpán La idea era que la ACAX ejecutaría la planta de tratamiento, a través de la búsqueda de fondos, y la municipalidad como solicitante de gobierno local, como solicitante.

e. ¿Qué actividades tienen planificadas para la conservación de agua y restauración?

- Actualizar plan estratégico.
- Dar seguimiento al programa de educación ambiental.

- Búsqueda de proyectos para captación de agua de lluvia
- Hacer una comparación de la cobertura de bosques naturales de 2006 con la cobertura actual, hacer una dinámica.
- Formular un plan más interactivo con la gente.
- Identificación de zonas de recarga para priorizar áreas.

ANEXO XII: ACTORES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Las entrevistas realizadas a ACAX y UICN, también sirvieron para obtener un listado detallado de actores del área de influencia de las subcuencas Xayá y Pixcayá., el cual se presenta en el cuadro 103.

Cuadro 92 Actores en el área de influencia Xayá y Pixcayá.

Organizaciones: UICN, Cementos Progreso, Fundación SIMBIOSIS, ANAM, CARE, Fundación del Bosque Tropical, la Alianza Internacional para las Reforestaciones –AIRES-, el Movimiento At Tzuj, grupos de jóvenes ECOSINERGIAS y Movimiento Agua y Juventud, y Reforestando Guatemala.

Gobierno: INAB, CONAP, MARN.

Municipalidades: Zaragoza, Santa Apolonia (antes no apoyaba, pero ahora sí, por cambio de autoridades), San Juan Comalapa, Tecpán (actualmente no apoya por cambio de autoridades), la Mancomunidad Mankaqchikel.

Población civil: La asociación civil ACAX, Agropecuaria Pachoj, Asociación TIKONEL.

Fuente: Elaboración propia con información de ACAX y UICN.



FUNCAGUA

