



MARN

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

## Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias



Kilometro 5 <sup>1/2</sup> carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes Edificios MARN,  
Instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centro América

Teléfono (503) 2132 6276



[www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)



[medioambiente@marn.gob.sv](mailto:medioambiente@marn.gob.sv)



[/marn.gob.sv](https://www.facebook.com/marn.gob.sv)



[@MARN\\_Oficial\\_SV](https://twitter.com/MARN_Oficial_SV)



[MARN](https://www.youtube.com/MARN)

# Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias





333.911

P699 Plan nacional de gestión integrada del recurso hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias / editor Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ; elaboración Consorcio TYPsa - TECNOMA-ENGECORPS ; supervisión técnica Unidad Ejecutora de Programas Hídricos ; corrección de estilo Araceli C. Zamora ; edición final Unidad de Comunicaciones del MRN ; diseño y diagramación Imprinsa. -- 1ªed. -- San Salvador, El Salv. : Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017. 258 p. : il. ; 28 cm.

sv

ISBN 978-99923-897-1-3

1. Recursos hídricos-Análisis. 2. Abastecimiento de agua-Aspectos ambientales. 3. Calidad del agua. I. Consorcio TYPsa-TECNOMA-ENGECORPS, elaboración. II. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), editor. III. Título.

BINA/jmh

©Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Editor 2017

Elaboración:  
Consorcio TYPsa- TECNOMA – ENGECORPS

Supervisión técnica:  
Unidad Ejecutora de Programas Hídricos

Corrección de estilo:  
Araceli C. Zamora  
Edición final:  
Unidad de Comunicaciones del MARN  
Diseño, diagramación e impresión:  
Imprinsa S.A de C.V

1ª Edición  
500 ejemplares  
ISBN: 978-99923-897-1-3

Este documento ha sido elaborado con el apoyo financiero del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva del MARN y no refleja, necesariamente, la postura de AECID.

Derechos reservados. Prohibida su venta  
Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los Derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Documento electrónico disponible en:  
Sitio Web: [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)

# Presentación

El agua es insustituible e irremplazable. Es un derecho humano fundamental. Cuando es escasa como en las sequías o excesiva en las inundaciones es una fuente de riesgo, conflicto e inseguridad. Incluso cuando es abundante, si su calidad se deteriora se limita la posibilidad de ser utilizada por el ser humano y también su capacidad para sostener la biodiversidad.

A pesar de que El Salvador está constituido por un territorio pequeño, pero hidrológicamente muy diverso, en tiempo y en espacio, con realidades hidrográficas muy distintas y a su vez enormes desafíos, la gestión de los recursos hídricos ha sido asumida por este Gobierno como un área estratégica para el desarrollo del país. El Objetivo 1 del Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019, que involucra a las familias, a las empresas y a todo el país en general por medio de su estrategia del Buen Vivir, que fomenta el respeto a la vida, la tierra y la importancia de un desarrollo económico sustentable, hace de la gestión del agua una de las prioridades gubernamentales.

El logro de la seguridad hídrica implica la provisión de agua potable de calidad y para el uso doméstico, agua para el mantenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad, agua para la agricultura y la seguridad alimentaria, agua para generar energía, agua para la industria, agroindustria y agua para la recreación.

La seguridad hídrica también implica la reducción de riesgos a desastres por sequías, inundaciones y deslaves, ahora agravados por los cambios de uso del suelo y la alteración de cauces, y por los efectos del cambio climático. Implica reconocer que el agua no respeta fronteras entre países, lo que conlleva a la necesidad de esquemas de gestión transfronteriza.

La amenaza climática creciente que enfrenta el país, producto del cambio climático global, es el hecho ambiental de mayor reconocimiento nacional que afecta directamente en la disponibilidad del agua. A tres años consecutivos de eventos extremos lluviosos en intensidad y duración, han seguido cuatro años en que han predominado comportamientos e impactos de sequía con fuertes implicaciones socioeconómicas, especialmente en comunidades vulnerables. El cambio climático provoca que los fenómenos de la variabilidad del clima sean más intensos y frecuentes, impactando los patrones de lluvia: a) Sistemas de baja presión más cercanos al litoral Pacífico de El Salvador; b) se registran lluvias más intensas y súbitas, muchas veces acompañadas de fuerte actividad eléctrica; c) Eventos extremos de exceso de lluvia o de falta de lluvia de mayor duración.

Una gestión eficiente del recurso agua es sin duda alguna un elemento determinante para enfrentar los fenómenos meteorológicos extremos, los problemas de escasez de agua y su desperdicio, la contaminación de ríos, mantos acuíferos y su sobreexplotación, los cambios de uso de suelo y pérdida de capacidad de regulación hídrica, la alteración de cauces de ríos, entre otros.

En este contexto, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha elaborado el Plan Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, con énfasis en zonas prioritarias (PNGIRH). Este Plan constituye una herramienta para lograr una eficaz y equitativa gestión del recurso.





El PNGIRH, como instrumento de gestión, plantea medidas técnicas y socialmente viables, para cada una de las regiones hidrográficas del país, que a su vez responden a las principales problemáticas identificadas.

La elaboración de este documento llevó más de dos años y requirió de un estricto análisis técnico-científico de diversas series de datos e información interdisciplinaria relacionadas con el comportamiento histórico de los movimientos hídricos, de análisis de proyecciones de cada uno de los sectores usuarios del agua, y del uso de herramientas tecnológicas de reconocimiento internacional para establecer los distintos caudales ecológicos y modelar escenarios claves para el país, incluyendo el cambio climático.

Los estudios realizados ponen a El Salvador en una corta lista de países de América Latina, que cuentan con información abundante, valiosa, detallada, especializada y con rigor científico que responde a la demanda de los distintos sectores gubernamentales y de la sociedad civil, de contar con un diagnóstico de los recursos hídricos actualizado que facilite la toma de decisiones y contribuya a su vez al ordenamiento jurídico e institucional del sector.

Este esfuerzo ha sido posible gracias a un amplio proceso de consulta, en el que participaron más de 750 personas, logrando una gran representatividad de los diversos sectores y cuencas del país, tanto para la priorización de los problemas como para la definición y validación de las medidas de actuación propuestas desde los equipos formuladores del Plan.

Así mismo, se hace un reconocimiento especial al Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento de la Cooperación Española gestionado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), que brindó el apoyo financiero para su elaboración, así como al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España (CEDEX), que tuvo una participación esencial mediante su asesoría técnica durante toda la fase de elaboración.

Los próximos años serán determinantes para transitar hacia una nueva etapa de uso eficiente y sustentable del recurso hídrico en el país. Como institución responsable de la gestión ambiental estamos conscientes que se requieren cambios profundos en el sector que deben ir acompañados de reformas en la legislación, del robustecimiento de las capacidades institucionales y del fortalecimiento de la corresponsabilidad asumida por todos los sectores, tanto gubernamentales como empresariales, académicos, municipales, comunales, y de toda la sociedad en su conjunto.

# Índice



## Sinopsis

### 1. Introducción

- 1.1. Objetivo del PNGIRH
- 1.2. Contenido del PNGIRH

### 2. Marco legal y objetivos de la gestión integrada del recurso hídrico 23

- 2.1. Marco legal 23
- 2.2. Objetivos de la gestión integrada del recurso hídrico 25

### 3. Descripción general del territorio 27

- 3.1. Caracterización física 27
  - 3.1.1. Características topográficas y fisiográficas 27
  - 3.1.2. Características climáticas 27
  - 3.1.3. Caracterización geológica 31
  - 3.1.4. Caracterización de usos del suelo 32
- 3.2. Caracterización y delimitación de los cuerpos de agua superficial 33
  - 3.2.1. Red hidrográfica 33
  - 3.2.2. Lagos y humedales 37
  - 3.2.3. Aguas de transición 38
  - 3.2.4. Aguas costeras 38
- 3.3. Caracterización y delimitación de las masas de agua subterráneas 40
- 3.4. Zonas hidrográficas, sistemas de explotación y zonas prioritarias 43
- 3.5. Zonas de interés ecológico y ambiental 47
  - 3.5.1. Áreas naturales protegidas 47
  - 3.5.2. Áreas no protegidas 55





<b>4. Inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos</b>	<b>57</b>
4.1. Modelación de los recursos hídricos	58
4.1.1. Objetivos de la modelación	58
4.1.2. Herramienta empleada en la modelación	59
4.1.3. Unidad física de modelación	59
4.1.4. Periodo de modelación	59
4.1.5. Proceso	59
4.1.6. Contraste y calibración del modelo Evalhid	60
4.2. Evaluación de los recursos hídricos	60
4.2.1. Precipitación	60
4.2.2. Evapotranspiración	61
4.2.3. Recursos superficiales	63
4.2.4. Recursos subterráneos	65
4.3. Evaluación de recursos hídricos en el escenario de cambio climático	68
4.3.1. Antecedentes	68
4.3.2. Escenarios de cambio climático para El Salvador	68
4.3.3. Resultados obtenidos	69
4.4. Síntesis de la evaluación de recursos hídricos	70
4.4.1. Recursos superficiales	70
4.4.2. Recursos subterráneos	71
<b>5. Descripción de usos, demandas y presiones</b>	<b>73</b>
5.1. Usos de agua	73
5.1.1. Abastecimiento poblacional	73
5.1.2. Uso agropecuario	76
5.1.3. Uso industrial	79
5.1.4. Uso para la producción de energía	82
5.1.5. Uso acuícola	84
5.1.6. Uso hotelero	85
5.2. Demandas actuales y futuras	86
5.2.1. Abastecimiento a poblaciones	86
5.2.2. Demanda agropecuaria	87
5.2.3. Demanda industrial	88
5.2.4. Demanda para la producción de energía	89
5.2.5. Demanda acuícola	90
5.2.6. Demanda hotelera	91
5.2.7. Resumen de las demandas	91
5.2.8. Demandas transfronterizas	94
5.3. Presiones	95
5.3.1. Presiones sobre los cuerpos de agua superficiales	95
5.3.2. Presiones sobre las masas de agua subterráneas	103
5.3.3. Resumen de las presiones sobre los cuerpos de agua superficial y masas de agua subterránea.	105
<b>6. Prioridad de usos, asignación y reserva de recursos</b>	<b>107</b>
6.1. Criterios de prioridad de usos y criterios de garantía	108
6.1.1. Criterios de prioridad de usos	108

6.1.2.	Criterios de garantía	108
6.2.	Escenarios	109
6.3.	Caudales ecológicos	111
6.4.	Sistemas de explotación: balances, asignación y reserva de recursos	117
6.4.1.	SE Lempa	118
6.4.2.	SE Paz	123
6.4.3.	SE Cara Sucia - San Pedro	125
6.4.4.	SE Grande de Sonsonate - Banderas	126
6.4.5.	SE Mandinga - Comalapa	129
6.4.6.	SE Jiboa - Estero de Jaltepeque	131
6.4.7.	SE Bahía de Jiquilisco	133
6.4.8.	SE Grande de San Miguel	134
6.4.9.	SE Sirama	136
6.4.10.	SE Goascorán	137
6.5.	Síntesis de los balances hídricos y de las asignaciones y reservas	139
6.5.1.	Síntesis de los balances hídricos SE Jiboa - Estero de Jaltepeque y SE Bahía de Jiquilisco	139
6.5.2.	Síntesis de resultados en las MASub	141
6.5.3.	Síntesis de asignaciones y reservas	142
<b>7.</b>	<b>Programas existentes de control y seguimiento</b>	<b>145</b>
7.1.	Redes de monitoreo de cantidad	145
7.1.1.	Red climatológica y pluviométrica	145
7.1.2.	Red hidrométrica	146
7.1.3.	Red piezométrica	147
7.2.	Redes de monitoreo de calidad	147
7.2.1.	Sitios de muestreo de ríos y lagos	147
7.2.2.	Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas	148
7.2.3.	Monitoreo de vertidos	148
<b>8.</b>	<b>Riesgo por fenómenos extremos</b>	<b>151</b>
8.1.	Riesgo por inundaciones	151
8.1.1.	RH Lempa	152
8.1.2.	RH Paz	154
8.1.3.	RH Cara Sucia - San Pedro	155
8.1.4.	RH Grande de Sonsonate - Banderas	156
8.1.5.	RH Mandinga - Comalapa	158
8.1.6.	RH Jiboa - Estero de Jaltepeque	159
8.1.7.	RH Bahía de Jiquilisco	160
8.1.8.	RH Grande de San Miguel	162
8.1.9.	RH Sirama	163
8.1.10.	RH Goascorán	164
8.1.11.	Síntesis	165
8.2.	Riesgo por sequía	165



<b>9. Diagnóstico de la calidad del agua</b>	<b>173</b>
9.1. Calidad de las aguas superficiales: ríos y lagos	173
9.1.1. RH Lempa	173
9.1.2. RH Paz	179
9.1.3. RH Cara Sucia - San Pedro	180
9.1.4. RH Grande de Sonsonate - Banderas	182
9.1.5. RH Mandinga - Comalapa	184
9.1.6. RH Jiboa - Estero de Jaltepeque	185
9.1.7. RH Bahía de Jiquilisco	187
9.1.8. RH Grande de San Miguel	189
9.1.9. RH Sirama	192
9.1.10. RH Goascorán	193
9.2. Calidad de las aguas subterráneas	194
9.2.1. MASub ESA-01	195
9.2.2. MASub ESA-02	195
9.2.3. MASub ESA-03	195
9.2.4. MASub ESA-06	196
9.2.5. MASub ESA-07	197
9.2.6. MASub ESA-08	197
9.2.7. MASub ESA-11	197
9.2.8. MASub ESA-12	198
9.2.9. MASub ESA-15	198
9.2.10. MASub ESA-19	199
9.2.11. MASub ESA-20	199
9.2.12. Delimitación de la cuña salina	200
9.3. Calidad de las aguas costeras	202
9.4. Síntesis de la calidad del agua	202
<b>10. Objetivos ambientales</b>	<b>205</b>
10.1. Objetivos ambientales para cantidad	205
10.1.1. Preservación de los suelos y regulación hídrica	205
10.1.2. Implantación de caudales ecológicos o caudales ambientales	206
10.1.3. Captación de agua de lluvia	213
10.1.4. Protección y recuperación de cauces	207
10.1.5. Protección de sistemas acuíferos	207
10.2. Objetivos ambientales para calidad	208
<b>11. Análisis económico del uso de agua</b>	<b>211</b>
11.1. Descripción de los servicios y uso del agua	211
11.1.1. Servicios de suministro de agua potable y saneamiento	212
11.1.2. Servicio de agua para riego	213
11.1.3. Servicio de agua para industria	214
11.1.4. Servicio de agua para producción eléctrica	214
11.1.5. Servicio de agua para turismo y recreación	215
11.1.6. Servicio de agua para minería	215
11.2. Ingresos por servicios	215



11.2.1.	Servicio de suministro de agua potable y saneamiento	215
11.2.2.	Servicio de agua para riego	221
11.3.	Síntesis	222
<b>12.</b>	<b>Plan de acción global</b>	<b>225</b>
12.1.	Eje temático de Aprovechamiento de Recursos Hídricos y Preservación del Medio Hídrico	226
12.2.	Eje temático de Calidad de Aguas	230
12.3.	Eje temático de Riesgo por Fenómenos Extremos	232
12.4.	Eje temático de Gobernanza	234
12.5.	Resumen económico del programa de medidas del Plan de Acción Global	236
<b>13.</b>	<b>Síntesis de proceso participativo</b>	<b>239</b>
13.1.	Desarrollo de la fase I. Consenso de diagnóstico	241
13.2.	Desarrollo de la fase II. Consenso de alternativas y Plan de Acción Global	242
13.3.	Conclusiones del proceso participativo	243
<b>14.</b>	<b>Plan de seguimiento y monitoreo</b>	<b>245</b>
<b>15.</b>	<b>Agentes responsables del PNGIRH</b>	<b>247</b>

## Referencias bibliográficas

## Glosario de Terminos

### Anexos:

- Anexo 01. Inventario de aguas superficiales y subterráneas
- Anexo 02. Usos y demandas de aguas actuales y futuras
- Anexo 03. Inventario de presiones
- Anexo 04. Asignación y reseva de recursos para demandas de agua actuales y futuras
- Anexo 05. Caudales ecológicos
- Anexo 06. Redes de monitoreo
- Anexo 07. Riesgo por fenómenos extremos
- Anexo 08. Calidad de las aguas
- Anexo 09. Objetivos ambientales
- Anexo 10. Plan de seguimiento y monitoreo

**Nota Editorial:** el presente documento impreso del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (PNGIRH), no contiene los diez anexos que amplían conceptos y metodologías utilizadas para su formulación, debido al volumen que representan. Estos pueden ser consultados en el sitio web:

<http://www.marn.gob.sv/plan-nacional-de-gestion-integrada-del-recurso-hidrico/>





# Índice de cuadros

Cuadro 1.	Precipitación total mensual multianual acontecida en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	29
Cuadro 2.	Temperaturas mínima, media y máxima mensual multianual (°C) de El Salvador (periodo 1965 - 2012).	30
Cuadro 3.	Superficie de las regiones hidrográficas de El Salvador; en territorio nacional y transfronterizo	34
Cuadro 4.	Masas de aguas costeras delimitadas en El Salvador.	39
Cuadro 5.	Codificación de las masas de agua subterránea identificadas en El Salvador y de los acuíferos incluidos en ellas.	42
Cuadro 6.	Regiones hidrográficas y zonas prioritarias.	47
Cuadro 7.	Listado de Áreas de Conservación de El Salvador.	48
Cuadro 8.	Parámetros y rangos habituales de los modelos de Témez.	59
Cuadro 9.	Valores de precipitación promedio multianual por RH para el periodo 1965 - 2012.	61
Cuadro 10.	Valores de ETP' mensual promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	62
Cuadro 11.	Valor de la ETc promedio multianual por RH utilizado como "input" para la modelación de los recursos hídricos de El Salvador.	63
Cuadro 12.	Valor de ETR promedio multianual por RH calculado por el modelo hidrológico en cada uno de los modelos. ETR promedio multianual	63
Cuadro 13.	Valor de la aportación mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por zona y región hidrográfica y el total para el periodo 1970 - 2012.	64
Cuadro 14.	Valor de la aportación anual promedio multianual según el país de procedencia (en MMC/año) por región y ZH para el periodo 1970 - 2012.	64
Cuadro 15.	Valor de la aportación mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZP para el periodo 1970 - 2012.	65
Cuadro 16.	Valor de la recarga mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZH y RH para el periodo 1970 - 2012.	66
Cuadro 17.	Valor de la recarga total según el país de procedencia (en MMC/año) por ZH y RH para el periodo 1970 - 2012.	67
Cuadro 18.	Valor de la recarga mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZP para el periodo 1970 - 2012.	68
Cuadro 19.	Proyecciones de variación de los parámetros climáticos contemplados en el escenario de cambio climático desarrollado en el PNGIRH.	69
Cuadro 20.	Comparación de resultados de evaluación de recursos entre el PNGIRH y estudios previos.	70
Cuadro 21.	Población urbana y rural por región hidrográfica, año 2012.	75
Cuadro 22.	Población por RH para 2012, 2017 y 2022.	76
Cuadro 23.	Número de regantes, superficie regada (ha) por Región Hidrográfica.	77
Cuadro 24.	Evolución del número de cabezas ganaderas por tipo de ganado en el periodo 2001-2011.	79
Cuadro 25.	Proyección de las superficies bajo riego en los distritos de riego.	79
Cuadro 26.	Nuevas zonas de riego previstas en los horizontes de planificación.	79
Cuadro 27.	Evolución del número de empleados por sector de actividad industrial (2005-2012).	80
Cuadro 28.	Evolución prevista del número de empleados por sector industrial.	81
Cuadro 29.	Cantidad de centrales energéticas y capacidad instalada por tipo de central en situación actual.	82
Cuadro 30.	Nuevas centrales y ampliaciones previstas para los horizontes futuros.	83
Cuadro 31.	Crecimiento del sector acuícola en El Salvador.	84
Cuadro 32.	Consumo de marisco en El Salvador.	84
Cuadro 33.	Superficie actual dedicada a actividades acuícolas y superficie proyectada en 2017 y 2022.	85
Cuadro 34.	Número total de visitantes/turistas/excursionistas recibidos en El Salvador. Periodo: 2009-2012.	85
Cuadro 35.	Índice promedio de ocupación hotelera anual en el Gran San Salvador.	86
Cuadro 36.	Proyectos identificados para desarrollo turístico.	86
Cuadro 37.	Estimaciones de la demanda futura de abastecimiento rural y urbano por región hidrográfica.	87
Cuadro 38.	Demanda bruta del sector agropecuario por región hidrográfica.	88

Cuadro 39.	Demanda industrial por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022.	89
Cuadro 40.	Demanda de agua para la producción de energía térmica y de biomasa por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022.	90
Cuadro 41.	Demanda acuícola por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022.	90
Cuadro 42.	Demanda hotelera por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022.	91
Cuadro 43.	Resumen de demandas estimadas por región hidrográfica en situación actual (2012) y en los horizontes futuros 2017 y 2022.	92
Cuadro 44.	Demandas estimadas por sector en situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022.	93
Cuadro 45.	Demandas de usos no consuntivos en los horizontes futuros 2017 y 2022.	94
Cuadro 46.	Población y demanda futura transfronteriza por región hidrográfica.	94
Cuadro 47.	Actuaciones propuestas en el Plan de Acción para las Zonas Prioritarias.	110
Cuadro 48.	Tramos piloto de implantación de caudales ecológicos.	112
Cuadro 49.	Valores de caudales mínimos (en m <sup>3</sup> /s) por tramo de estudio considerados en los escenarios de planificación del PNGIRH.	117
Cuadro 50.	Índice de estrés de los Sistemas de explotación en los escenarios futuros.	139
Cuadro 51.	Unidades de demanda con fallo en el cumplimiento de las garantías y déficits acumulados por Sistema de explotación en los escenarios futuros.	140
Cuadro 52.	MASub con mayor contribución a las demandas subterráneas de cada Sistema de Explotación y MASubs en mal estado cuantitativo en alguno de los escenarios modelados.	141
Cuadro 53.	Asignaciones y reservas. Resumen por Sistemas de Explotación y usos (salvo el ambiental).	142
Cuadro 54.	Asignaciones en m <sup>3</sup> /s. Resumen por tramos y sistemas de explotación para el uso ambiental.	143
Cuadro 55.	Propuesta de reservas en m <sup>3</sup> /s. Resumen por tramo y sistemas de explotación para el uso ambiental.	143
Cuadro 56.	Clasificación de valores de SPI.	169
Cuadro 57.	Clasificación de periodos secos en El Salvador.	170
Cuadro 58.	Volumen de agua promedio para la mitigación del impacto de la canícula requerido por sistema de explotación.	172
Cuadro 59.	Índice de estrés hídrico de los cultivos no regados por sistema de explotación.	172
Cuadro 60.	Reserva ambiental del 35 % en las MASub (en MMC/año).	208
Cuadro 61.	Control del aprovechamiento de los recursos hídricos por sector usuario.	211
Cuadro 62.	Empresas descentralizadas suministradoras de agua potable.	213
Cuadro 63.	Bloques de consumo y tarificación residencial vigente desde febrero de 2010.	216
Cuadro 64.	Bloques de consumo y tarificación comercial vigente desde octubre de 2009.	216
Cuadro 65.	Equilibrio Operativo de ANDA (en millones de USD\$).	217
Cuadro 66.	Facturación vs. Ingresos de ANDA.	219
Cuadro 67.	Valor subsidiado por ANDA 2004-2012. Datos en USD\$.	220
Cuadro 68.	Tarifas por el permiso de riego.	221
Cuadro 69.	Financiamiento de sistemas de suministro de los recursos hídricos por sector usuario.	223
Cuadro 70.	Listado y ámbito de los problemas detectados.	226
Cuadro 71.	Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico.	221
Cuadro 72.	Resumen de las medidas previstas en el eje temático Aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico.	230
Cuadro 73.	Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Calidad de Aguas.	231
Cuadro 74.	Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Riesgo por fenómenos extremos.	233
Cuadro 75.	Resumen de la propuesta de medidas y costo para el ámbito nacional del eje temático Gobernanza.	235
Cuadro 76.	Resumen de las medidas propuestas y previstas para las ZP I a 8 y el ámbito nacional: Plan de Acción Global.	236





# Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b>	Histograma de precipitación promedio mensual multianual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	30
<b>Gráfico 2.</b>	Histograma de temperatura media mensual multianual de El Salvador (periodo 1965 - 2012).	30
<b>Gráfico 3.</b>	Distribución de los usos de suelo según cinco niveles de ocupación.	33
<b>Gráfico 4.</b>	Caudal promedio mensual histórico basado en registros de estaciones hidrométricas en ríos, para las RH con información hidrométrica. Promedios mensuales multianuales calculados con registros discontinuos en el periodo 1959-2012.	35
<b>Gráfico 5.</b>	Esquema de la estructura de un Área de Conservación.	47
<b>Gráfico 6.</b>	Esquema de flujos y almacenamiento del modelo de Témez.	58
<b>Gráfico 7.</b>	Histograma de ETP <sup>1</sup> mensual promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	62
<b>Gráfico 8.</b>	Distribución de las aportaciones superficiales en régimen natural a nivel nacional en situación actual y para el escenario de cambio climático. Resultados promedio de la serie 1970 - 2012.	69
<b>Gráfico 9.</b>	Evolución demográfica de El Salvador. 2014.	74
<b>Gráfico 10.</b>	Superficie bajo riego de regantes individuales y colectivos. Temporada 2003/04 a 2012/13.	77
<b>Gráfico 11.</b>	Superficie bajo riego por cultivo, regantes individuales y colectivos. Temporada 2013/13.	78
<b>Gráfico 12.</b>	Superficie bajo riego por tipo de cultivo, distritos de riego. Temporada 2012/13.	78
<b>Gráfico 13.</b>	Sistemas de riego empleados en El Salvador. Temporada 2012/13	78
<b>Gráfico 14.</b>	Número de empleados por sector industrial en el año 2012.	81
<b>Gráfico 15.</b>	Evolución de la generación bruta de energía por tipo de central. Periodo 1990-2012.	82
<b>Gráfico 16.</b>	Superficie destinada a producción acuícola.	84
<b>Gráfico 17.</b>	Variabilidad mensual de llegada de turistas a El Salvador. Periodo 2009-2012.	85
<b>Gráfico 18.</b>	Demandas estimadas por región hidrográfica para la situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022.	92
<b>Gráfico 19.</b>	Demandas estimadas por sector en situación actual y horizontes futuros 2017 y 2022	93
<b>Gráfico 20.</b>	Ponderación del índice de estrés hídrico WEI considerada en el PNGIRH	108
<b>Gráfico 21.</b>	Proceso de determinación e implementación de los caudales ecológicos	111
<b>Gráfico 22.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71 - 2011/12 para la RH Lempa (incluye componente transfronteriza).	119
<b>Gráfico 23.</b>	Esquema del modelo Simges del SE Lempa en situación actual.	120
<b>Gráfico 24.</b>	SE Lempa UDA Zapotitán. Suministro y déficit en situación actual y Escenario 3.	121
<b>Gráfico 25.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Paz (incluye componente transfronteriza)	124
<b>Gráfico 26.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Cara Sucia - San Pedro	125
<b>Gráfico 27.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Grande de Sonsonate - Banderas	127
<b>Gráfico 28.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Mandinga - Comalapa.	130
<b>Gráfico 29.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Jiboa - Estero de Jaltepeque	132
<b>Gráfico 30.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Bahía de Jiquilisco.	133
<b>Gráfico 31.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Grande de San Miguel.	135
<b>Gráfico 32.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Sirama.	137
<b>Gráfico 33.</b>	Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Goascorán	138
<b>Gráfico 34.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Lempa.	153
<b>Gráfico 35.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Lempa, Zonas Complementarias.	154

<b>Gráfico 36.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Paz.	154
<b>Gráfico 37.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Paz, Zonas Complementarias.	155
<b>Gráfico 38.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Cara Sucia - San Pedro.	155
<b>Gráfico 39.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Cara Sucia - San Pedro, Zonas Complementarias.	156
<b>Gráfico 40.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Grande de Sonsonate - Banderas.	157
<b>Gráfico 41.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Grande de Sonsonate - Banderas, Zonas Complementarias.	157
<b>Gráfico 42.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Mandinga - Comalapa.	158
<b>Gráfico 43.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Mandinga - Comalapa, Zonas Complementarias.	159
<b>Gráfico 44.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Jiboa - Estero de Jaltepeque.	159
<b>Gráfico 45.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Jiboa - Estero de Jaltepeque, Zonas Complementarias.	160
<b>Gráfico 46.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Bahía de Jiquilisco.	161
<b>Gráfico 47.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Bahía de Jiquilisco, Zonas Complementarias.	161
<b>Gráfico 48.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Grande de San Miguel.	162
<b>Gráfico 49.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Grande de San Miguel, Zonas Complementarias.	163
<b>Gráfico 50.</b>	Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Sirama.	163
<b>Gráfico 51.</b>	Frecuencia de inundación según tipo de cultivo. Región Hidrográfica Sirama, Zonas Complementarias	164
<b>Gráfico 52.</b>	Frecuencia de inundación según tipo de cultivo. Región Hidrográfica Goascorán	164
<b>Gráfico 53.</b>	Evolución de la precipitación anual en El Salvador (en mm/año) e identificación de años secos.	167
<b>Gráfico 54.</b>	SPI global acumulado para periodos secos en El Salvador.	170
<b>Gráfico 55.</b>	Déficit de lluvia (mm) respecto a la necesidad hídrica del cultivo de maíz - RH San Miguel.	171
<b>Gráfico 56.</b>	Déficit de lluvia (mm) respecto a la necesidad hídrica del cultivo de maíz - RH Goascorán.	171
<b>Gráfico 57.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en el tramo alto del Lempa, RH Lempa, periodo 2006-2011.	175
<b>Gráfico 58.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de DBO5 en los aportes a Cerrón Grande por el oeste y el noreste, RH Lempa, periodo 2006-2011.	176
<b>Gráfico 59.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en los aportes a Cerrón Grande por el oeste y el noreste, RH Lempa, periodo 2006-2011.	177
<b>Gráfico 60.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de DBO5 en los aportes a Cerrón Grande por el sureste, y aportes al embalse 5 de Noviembre, RH Lempa, periodo 2006-2011.	177
<b>Gráfico 61.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en los aportes a Cerrón Grande por el sureste, y aportes al embalse 5 de Noviembre, RH Lempa, periodo 2006-2011.	177
<b>Gráfico 62.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH Cara Sucia-San Pedro, en el periodo 2006-2011.	181
<b>Gráfico 63.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH Grande de Sonsonate - Banderas, periodo 2006-2011.	183
<b>Gráfico 64.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de DBO5 en la RH Grande de Sonsonate-Banderas, periodo 2006-2011.	183
<b>Gráfico 65.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH Bahía de Jiquilisco, en el periodo 2006-2011.	188
<b>Gráfico 66.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de DBO5 en la RH Bahía de Jiquilisco, en el periodo 2006-2011.	188
<b>Gráfico 67.</b>	Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la Región Hidrográfica H-Grande de San Miguel, en el periodo 2006-2011.	190
<b>Gráfico 68.</b>	Cobertura de Gastos vs. Ingresos de ANDA.	217
<b>Gráfico 69.</b>	Costos comparados por m3 para usuarios residenciales 1994 y 2010 en función del consumo mensual.	218







<b>Gráfico 70.</b>	Número de permisos para uso de agua con fines de riego presentados por regantes individuales y colectivos por departamento.	221
<b>Gráfico 71.</b>	Porcentaje de inversión de las medidas propuestas y previstas para las ZP I -8 y el ámbito nacional: Plan de Acción Global	238
<b>Gráfico 72.</b>	Consolidación de la participación de Actores y Grupos de Interés: Mesa de Trabajo de Zona Hidrográfica y Mesas de Trabajo Temáticas.	240

# Índice de mapas

Mapa 1.	Red hidrográfica y modelo digital del terreno de El Salvador.	28
Mapa 2.	Clasificación climática de El Salvador.	28
Mapa 3.	Isoyetas de precipitación promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	29
Mapa 4.	Síntesis del mapa geológico de El Salvador.	31
Mapa 5.	Usos de suelo en El Salvador según cinco niveles de ocupación (2002).	32
Mapa 6.	Regiones hidrográficas de El Salvador.	34
Mapa 7.	Lagos y lagunas y Sitios Ramsar de El Salvador.	37
Mapa 8.	Aguas de transición delimitadas en El Salvador.	38
Mapa 9.	Masas de agua costeras delimitadas en El Salvador.	39
Mapa 10.	Hidrogeológico de El Salvador	41
Mapa 11.	Masas de agua subterráneas de El Salvador.	41
Mapa 12.	Zonas Hidrográficas de El Salvador.	43
Mapa 13.	Sistemas de explotación identificados en El Salvador	44
Mapa 14.	Zonas Prioritarias del PNGIRH	45
Mapa 15.	Áreas de Conservación y Áreas Naturales Protegidas de El Salvador.	48
Mapa 16.	Sitios Ramsar de El Salvador.	53
Mapa 17.	Isolíneas de ETP' media interanual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012.	61
Mapa 18.	Mapa piezométrico e hidroquímico de El Salvador.	66
Mapa 19.	Límites departamentales y densidad poblacional de El Salvador.	74
Mapa 20.	Distribución territorial de los núcleos urbanos por número de habitantes en situación actual.	75
Mapa 21.	Evaluación de la presión difusa por agricultura en los ríos de El Salvador.	99
Mapa 22.	Evaluación de la presión difusa por actividades pecuarias en los ríos de El Salvador.	100
Mapa 23.	Especies invasoras de El Salvador, año 2012.	102
Mapa 24.	Porcentaje de ocupación de cultivos de secano sobre las masas de agua subterránea.	104
Mapa 25.	Distribución de pozos y manantiales en El Salvador, varios años.	105
Mapa 26.	Ubicación de los puntos de estudio de caudales ecológicos en El Salvador	116
Mapa 27.	Red actual de estaciones climatológicas y pluviométricas.	146
Mapa 28.	Red actual de estaciones hidrométricas.	146
Mapa 29.	Redes actuales de control piezométrico y su posición con respecto a las MASub identificadas en el país.	147
Mapa 30.	Red actual de estaciones de control del MARN en ríos y humedales.	148
Mapa 31.	Perspectiva climática para Mesoamérica.	166
Mapa 32.	Distribución de fichas de sequías por municipios (Izq.) y por departamento (Dcha.).	167
Mapa 33.	Canículas de El Salvador.	168
Mapa 34.	Caracterización de eventos de sequía de tipo canicular recientes en El Salvador.	169
Mapa 35.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Lempa.	174
Mapa 36.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Paz.	180
Mapa 37.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Cara Sucia - San Pedro.	180
Mapa 38.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Grande Sonsonate-Banderas.	182
Mapa 39.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Mandinga - Comalapa.	184
Mapa 40.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Jiboa-Estero de Jaltepeque.	185
Mapa 41.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH bahía de Jiquilisco.	187
Mapa 42.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Grande de San Miguel.	190
Mapa 43.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Sirama.	192
Mapa 44.	Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Goascorán.	193
Mapa 45.	Isoconductividades eléctricas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) elaborado a partir del interpolado de los valores disponibles de este parámetro en la MASub ESA-01 para el mes de julio de 2007.	200
Mapa 46.	Isoconductividades eléctricas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) elaborado a partir del interpolado de los valores disponibles de este parámetro en las MASubs ESA-07 y ESA-12 para los meses de junio-julio de 2012.	201
Mapa 47.	Ubicación de los tramos piloto de implantación de caudales ecológicos en El Salvador.	206
Mapa 48.	Identificación de tramos y establecimiento de objetivos de calidad basados en los usos actuales.	209





# SIGLAS

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ALGA	Anteproyecto de la Ley General de Aguas de El Salvador. Esta sigla se referirá al anteproyecto presentado por el MARN a la Asamblea Legislativa el día 22 de marzo de 2012
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ANEP	Asociación Nacional de la Empresa Privada
ASI	Asociación Salvadoreña de Industriales
BASIM	Proyecto "Manejo Integrado de cuencas asociadas al complejo hidrográfico Barra de Santiago-El Imposible"
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica
BCR	Banco Central de Reserva de El Salvador
BH	Balance Hídrico
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIOTEC	Ingeniería y Biotecnología Ambiental S.A. de C.V.
CAi	Indicadores definidos para caracterizar los problemas relacionados con la calidad del agua y priorizar las medidas propuestas para resolverlos.
CAO	Costo Anual de Operación
CC	Cambio Climático
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa
CNE	Consejo Nacional de Energía
COMURES	Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CORSATUR	Corporación Salvadoreña de Turismo
DB	Demanda bruta
DBO5	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a 20 °C
DDD	Dicloro Difenil Dicloroetano
DDE	Dicloro Difenil Dicoloroetileno
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
DGFCR	Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego
DGOA	Dirección General del Observatorio Ambiental
DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censos
EPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (US Environmental Protection Agency)
ESA	El Salvador
ETc	Evapotranspiración del cultivo
ETP'	Evapotranspiración potencial
ETR	Evapotranspiración real
Evalhid	Evaluación de recursos hídricos
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCAS	Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento
GIRH	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón (Japan International Cooperation Agency)
KOICA	Agencia de Cooperación Internacional de Corea (Korean International Cooperation Agency)
LMA	Ley del Medio Ambiente
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
MASub	Masa de Agua Subterránea
MH	Ministerio de Hacienda

MIMARM	Ministerio del Medioambiente, y Medio Rural y Marino de España
MINEC	Ministerio de Economía de El Salvador
MINED	Ministerio de Educación de El Salvador
MINSAL	Ministerio de Salud de El Salvador
MITUR	Ministerio de Turismo de El Salvador
MMC	Millones de metros cúbicos
MOP	Ministerio de Obras Publicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano de El Salvador
MT-T	Mesas de Trabajo Temáticas
MT-ZH	Mesa de Trabajo de Zona Hidrográfica
NGPRP	Northern Great Plains Resource Program
NMP	Número más Probable
OAS	Objetivo de Agua Segura
ODM	Objetivo de Desarrollo del Milenio
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
P	Precipitación
PAG	Plan de Acción Global
PAPLI	Proyecto Piloto Agua Potable del lago de Ilopango
PIB	Producto Interior Bruto
PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico
PNMA	Política Nacional del Medio Ambiente
PNODT	Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Qeco	Caudal Ecológico
RH	Región Hidrográfica
SE	Sistema de Explotación
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones de El Salvador
Simges	Siglas del módulo de Aquatool Simulación de la Gestión
SINGAR	Sistema de Información Nacional de Gestión de Agua para Riego
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
STPP	Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia
UD	Unidad de demanda
UDA	Unidad de demanda agrícola
UDAC	Unidad de demanda acuícola
UDE	Unidad de demanda energética
UDG	Unidad de demanda ganadera
UDI	Unidad de demanda industrial
UDP	Unidad de demanda de abastecimiento poblacional (incluye las zonas rurales y urbanas)
UDP-GHES	UDP Gestión Hídrica de El Salvador
UDT	Unidad de demanda del sector turístico o recreativo.
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
ZH	Zona Hidrográfica
ZP	Zona Prioritaria







# Sinopsis



El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha realizado un proceso de investigación científica, recopilación de información, y participación con todos los actores nacionales interesados en el tema del agua, para la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador (PNGIRH) con énfasis en Zonas Prioritarias (ZP).

El enfoque de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) es la base conceptual que sustenta al PNGIRH, la cual trata de dar respuesta a la crisis del agua expresada en la presión insostenible generada por una demanda y una contaminación creciente del recurso hídrico y de su desigual e inequitativa disposición en el país.

El objetivo estratégico del PNGIRH es proteger los ecosistemas en equilibrio y armonización con el desarrollo social y económico del país para satisfacer las demandas de agua. Para lograr este objetivo se necesita incrementar la disponibilidad del recurso protegiendo su calidad, ordenando, racionalizando y economizando sus usos, bajo los criterios de sostenibilidad y protección, prevención del deterioro del estado de las aguas, reducción de la contaminación, protección y mejora de los ecosistemas vinculados al

medio hídrico, y la reducción de los efectos de los fenómenos extremos (inundaciones y sequías).

## El PNGIRH integra los siguientes aspectos:

- Marco legal en donde se analiza la normativa y se concluye en la urgencia de emitir una legislación que, por un lado ordene y homogeneice los diferentes aspectos relacionados al recurso hídrico y, por otro precise las funciones institucionales con criterios de integralidad y claridad para un eficiente desempeño.
- Descripción general del territorio donde se caracterizan y delimitan los cuerpos de agua superficiales, las masas de agua subterráneas y las zonas de interés ecológico y ambiental.
- Inventario de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Descripción de los usos, demandas, — poblacionales, agrícolas, industriales, energéticas—, y presiones del agua superficial y subterránea en situación actual, su tendencia y evolución; y los resultados del cálculo de las demandas en situación actual y horizontes futuros.





- Prioridad de usos, asignación y reserva bajo criterios de prioridad y compatibilidad; y análisis de los escenarios presente y futuros de desarrollo de los Sistemas de Explotación (SE).
- Programas de control y seguimiento de las redes de monitoreo existentes en cuanto a la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Riesgo por fenómenos extremos identificando y caracterizando las inundaciones y sequías que pueden generar importantes pérdidas humanas y económicas.
- Diagnóstico de la calidad del agua, superficial y subterránea, y estado actual.
- Objetivos ambientales para una adecuada GIRH.
- Análisis económico del uso del agua; descripción de los servicios y del sistema de ingresos.
- Plan de Acción Global (PAG) con énfasis en las ZP: medidas previstas por las distintas administraciones y las propuestas del PAG.
- Síntesis del proceso participativo desarrollado para la elaboración del PNGIRH.
- Plan de seguimiento y monitoreo del PNGIRH.
- Agentes responsables del PGIRH: identifica las instituciones relacionadas con la gestión del agua y las infraestructuras hidráulicas que intervienen en la implantación del PNGIRH.

## Marco Legal

El Salvador no cuenta con una normativa hídrica integral. La legislación vigente es sectorial y las instituciones se organizan en atención a sus funciones (FAO, 2010), razón por la cual, en marzo de 2012, el MARM presentó a la Asamblea Legislativa (AL) el Anteproyecto de la Ley General de Aguas (ALGA), aun no aprobado. El ALGA es un notable esfuerzo reformador que se extiende a diversos sectores y provee una visión integradora que asegura la coherencia de las propuestas tanto del PNGIRH como del PAG.

El PNGIRH es, hasta el momento, la fuente de información más amplia, completa y con rigor científico, por ende constituye una oportunidad para establecer las bases del proceso de reforma normativa e institucional del sector hídrico.

La Ley del Medio Ambiente (LMA) en su art. 49 precisa que la protección del recurso hídrico es principalmente competencia del MARN; sin embargo, esta facultad se ve comprometida al no existir una institución que realice la gestión multisectorial del recurso hídrico integrando su cantidad y su calidad, además de las necesidades presentes y futuras.

La gestión actual se caracteriza por ser eminentemente sectorial: ANDA en agua potable y saneamiento, MAG en agricultura, CEL en energía, MINSAL en calidad para consumo humano, y el MARN en el desarrollo de acciones que tiendan a proteger, mejorar o mantener las condiciones de disponibilidad. La integración puede lograrse mediante una institucionalidad a la que se le otorguen facultades para que pueda ejercer responsabilidades específicas en la administración de las fuentes de agua en coordinación con las instituciones sectoriales.

## Descripción de los ámbitos territoriales del PNGIRH

El PNGIRH, por razones didácticas en lo concerniente al proceso participativo de su formulación, se divide en tres Zonas Hidrográficas (ZH), que a su vez están constituidas por una o más regiones hidrográficas (RH), enumeradas a continuación:

**Zona Hidrográfica I.** Lempa: constituida por la cuenca del río Lempa. Dentro del territorio nacional, recurso estratégico y regulado en su uso y protección;

**Zona Hidrográfica II.** Paz - Jaltepeque: comprende las cuencas desde los límites de la ZH Lempa hasta la frontera del occidente del país. Le corresponden las regiones hidrográficas: B. Paz, C. Cara Sucia - San Pedro, D. Grande de Sonsonate - Banderas, E. Mandinga - Comalapa y F. Jiboa - Estero de Jaltepeque.

**Zona Hidrográfica III.** Jiquilisco - Goascorán: determinada desde los límites de la ZH Lempa hasta los límites fronterizos del oriente del país. Le corresponden las regiones hidrográficas: G. Bahía de Jiquilisco, H. Grande de San Miguel, I. Sirama y J. Goascorán.

En la década de 1970, en el marco del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, El Salvador se organizó en diez RH mantenidas hasta la actualidad, asumidas en las investigaciones (MAG-PNUD, 1982); (SNET, 2005)) y en los trabajos investigativos realizados para el PNGIRH (MARN, 2012b)

La RH principal, por su extensión y mayor capacidad de generación y almacenamiento del recurso, es la cuenca trinacional del río Lempa, el más largo de Centroamérica (UICN, 2009) con un área total de 17 935.50 km<sup>2</sup>, correspondiendo a El Salvador 10 200.93 km<sup>2</sup>, el 56.88 %.

Se define como sistema de explotación (SE) el constituido por las masas de agua, superficial y subterránea, las obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, las normas de utilización del agua derivadas de las demandas, y las reglas de explotación que, aprovechando los recursos hídricos naturales, y de acuerdo con su calidad, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta disponible del SE, cumpliendo los objetivos ambientales (MIMAM, 2008).

La RH definida para cada sistema de explotación corresponde, en algunos casos, a una única gran cuenca, como las asociadas a las RH de los ríos Lempa, Paz, Grande de San Miguel y Goascorán, en el resto de los casos, a varias cuencas independientes próximas entre sí y con características geomorfológicas y socio-económicas similares.

Los SE consideran también las relaciones de dependencia con las masas de agua subterránea (MASub), de las cuales obtienen recursos de forma natural mediante manantiales, intercambios con el lecho de los ríos o artificialmente con extracciones por bombeos en pozos. Estas MASub pueden formar parte, en varios casos, de más de un sistema de explotación.

La elaboración del balance hídrico ha sido realizado sobre los sistemas de explotación definidos, teniendo en cuenta todos los elementos que lo integran. El PNGIRH hace una consideración especial al proponer medidas de solución para ocho áreas denominadas zonas prioritarias (ZP) en las cuales se han identificado problemas tipo relacionados con la gestión del recurso hídrico.

- ZP 1. Grande de Sonsonate - Banderas
- ZP 2. Estero de Jaltepeque
- ZP 3. Bahía de Jiquilisco
- ZP 4. Grande de San Miguel - La Unión
- ZP 5. Cara Sucia - San Pedro
- ZP 6. Mojaflares - Metayate
- ZP 7. Suquiapa
- ZP 8. Sucio - Acelhuate

### **Inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos**

Para el inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos se modelaron, de acuerdo a un modelo hidrológico definido, las regiones hidrográficas (RH) que, sobre la base de la caracterización climatológica y fisiográfica de las unidades de modelación (cuencas o agrupaciones de subcuencas) en el periodo de estudio (1965/2012), dio como resultado la generación de series de las distintas variables que intervienen en el ciclo hidrológico.

Los principales objetivos de la modelación del recurso hídrico son:

- Evaluar las aguas superficiales y subterráneas en régimen natural de las diez RH, incluyendo la parte transfronteriza de las RH Lempa, Paz y Goascorán en Guatemala y Honduras.
- Generar las series de aportaciones naturales de entrada a los modelos de gestión de recursos para la elaboración de los balances hídricos.

El período de simulación abarca 47 años hidrológicos (mayo a abril) del periodo 1965/66-2011/12 de series de datos históricos disponibles mensuales. Su selección ha sido determinada a partir de la





longitud de las series históricas disponibles de datos hidrométricos y climatológicos, necesarias para la construcción de las series de entrada a los modelos y para la calibración de los mismos. No obstante, para la obtención de resultados como valores promedio multianuales se empleó la serie con comienzo en 1970/71 (42 años de longitud).

El análisis estimó que la precipitación promedio multianual llega a 1785 mm/año para el periodo 1965/2012. Además, se actualizó la Carta de Isoyetas Medias Multianuales 1965/2012.

La evapotranspiración potencial o de referencia (ETP'o ETo) anual, sin considerar las cuencas transfronterizas, es de 1682 mm/año. El valor de la ETP' en el periodo lluvioso, de mayo a octubre, es de 793.4 mm (47 % de la evapotranspiración total anual) y en el periodo seco, de noviembre a abril, de 888 mm (53 %).

Las aportaciones naturales totales anuales estimadas globalmente, (promedio histórico en la serie 1970/2012, ascienden a 20 293 millones de m<sup>3</sup> (MMC): 56.9 % en la RH Lempa, el 22.2 % en la RH occidental Paz - Jaltepeque, y el 20.9 % en la RH oriental Jiquilisco - Goascorán.

En cuanto a los recursos subterráneos, se delimitaron los materiales hidrogeológicamente en MASubs y acuíferos dentro de éstas, en total 21 MASubs y 72 acuíferos. En los próximos ciclos de planificación, las MASub deben ser consideradas como la unidad de gestión de los recursos hídricos subterráneos, y requerirán seguimiento para lograr su caracterización completa en calidad y con una homogeneidad espacial y temporal suficiente.

Los resultados de infiltración o recarga en la modelación se presentan en el cuadro 17 agrupados por ZH y RH, en promedios mensuales y anuales del periodo 1970/2012.

Se consideran áreas de especial interés hidrogeológico por ser zonas de importante recarga acuífera y con alto valor ambiental o mantenimiento de gran cantidad de actividades socioeconómicas, aquellas en

el entorno de los volcanes: a) Apaneca, Santa Ana e Izalco, b) San Salvador, c) San Vicente, d) Tecapa, Usulután, El Tigre, Chinameca y San Miguel, y e) Conchagua, y en los cursos más bajos de los ríos Paz, Lempa y Goascorán

Para completar el análisis del inventario de RH se tuvo en cuenta el efecto del cambio climático sobre los mismos, se tomó como base al documento "Escenarios de Cambio Climático para El Salvador" elaborado por la DGOA del MARN (Pérez D., 2013), y se seleccionó el escenario A2, correspondiente al supuesto de alto desarrollo económico en el horizonte 2020, el más próximo al horizonte 2022 del PNGIRH.

El gráfico 8 que representa las diferencias entre las series de aportaciones totales y de infiltración en régimen natural para el año medio, según su evaluación en situación actual y en el escenario de cambio climático.

## Descripción de usos, demandas y presiones

A partir del análisis de la información actual e histórica, el PNGIRH considera seis usos sectoriales del agua:

- Abastecimiento poblacional
- Uso agropecuario
- Uso industrial
- Uso para la producción de energía
- Uso acuícola
- Uso hotelero

En cuanto a las estimaciones de las demandas consuntivas actuales y futuras, se empleó la información de registros oficiales del año hidrológico 2012/2013 o en su ausencia, la información disponible del año más reciente, sobre la evolución de variables determinantes en el cálculo de las demandas y el efecto de las actuaciones previstas por los distintos sectores de actividad en cada uno de los horizontes.

A escala nacional se prevé un aumento de la demanda de agua del 5.06 %, en el horizonte 2017, y del 16.40 %, en el horizonte 2022 respecto a la situación actual (2012). En el cuadro 43 se presenta esta información por ZP y RH para los horizontes de planificación 2017 y 2022.

De acuerdo a estas estimaciones, las RH que experimentarán el mayor crecimiento en la demanda de agua en el horizonte más lejano (2022) son Grande de San Miguel (76 %) y Paz (73.4 %), respecto a situación actual, debido principalmente al desarrollo de riego en los horizontes 2017 y 2022 (Proyecto de Usulután y zona de riego El Porvenir). Sin embargo, en términos volumétricos requerirá un mayor volumen de agua adicional la RH Lempa de 189.25 MMC/año (21.28 %) en 2022. Las regiones de Cara Sucia - San Pedro, Grande de Sonsonate - Banderas y Bahía de Jiquilisco, son las que menos crecimiento de la demanda tienen.

El sector que muestra el mayor crecimiento porcentual es el hotelero en un 94.02 % en el periodo 2012-2022, que supone una demanda adicional de 2.2 MMC/año.

En términos de cantidad, el mayor incremento en la demanda de agua lo presenta el sector agropecuario con 174.16 MMC/año en 2022, 15.7 % de la demanda en situación actual.

El sector de abastecimiento demandará un aumento adicional de 137.64 MMC/año en 2022, (23.84 %) con respecto a la demanda en situación actual. En el cuadro 44 se muestran las proyecciones para todos los sectores en ambos horizontes y el cambio porcentual entre cada horizonte y la situación actual.

En cuanto a las demandas de usos no consuntivos, la principal proviene de la producción de energía hidroeléctrica y geotérmica. La RH Lempa presenta la mayoría de los usos no consuntivos, en ella están todas las grandes centrales hidroeléctricas con posibilidades de aumentar la capacidad instalada y los emplazamientos potenciales para construir las nuevas centrales de El Cimarrón y El Chaparral.

Para modelar la gestión en las cuencas transfronterizas se consideraron las demandas existentes fuera de los límites nacionales en las RH Paz, Lempa y Goascorán, tanto en situación actual como en los horizontes futuros. Dado que no se cuenta con información de las demandas en Honduras y Guatemala, se realizó una estimación sobre la base de la población registrada y la dotación per cápita promedio de las

demandas estimadas en El Salvador.

Las presiones sobre los recursos hídricos se han establecido en relación a la calidad del agua (contaminación puntual y difusa) y la cantidad (extracción de agua, regulación, etc.) según la información disponible; no obstante los datos actuales presentan dificultad para determinar la magnitud de la misma y evaluar si las presiones identificadas son significativas.

Las principales fuentes de contaminación identificadas son los vertidos directos al cauce de aguas residuales domésticas e industriales sin depuración o tratamiento previo suficiente o con un tratamiento insuficiente, lo que genera problemas de salubridad y calidad del agua. La presión por vertidos ordinarios y especiales es destacable aguas abajo de los principales núcleos de población.

Las presiones de tipo difuso son producidas principalmente por las zonas de acopio de desechos sólidos próximas a los cursos de agua que lixivian las aguas superficiales y percolan a las subterráneas; las presiones derivadas de la actividad agropecuaria que generan un exceso de nutrientes; y la presencia de contaminantes persistentes en algunas zonas.

Respecto a las presiones relacionadas con la extracción y regulación del agua no se dispone de suficiente información para poder valorarla.

Se registran otras presiones sobre los cuerpos de agua superficiales por las especies invasoras, y sobre las aguas subterráneas por la intrusión salina. Las MASub limítrofes a la costa con una reducción o alteración de la dirección del flujo, como consecuencia de la sobreexplotación de las aguas, estarían también en riesgo.

### Prioridad de usos y asignación y reserva de recursos

Se establece el concepto de satisfacción de las demandas de agua con precisión de criterios de garantía numéricos para los instrumentos de planificación hídrica, introduciendo el concepto de garantía aplicado a los sistemas de explotación de RH como medida de la capacidad de los sistemas de explotación.



Los criterios de garantía establecidos para la evaluación de los SE en el marco del PNGIRH constituyen un instrumento de planificación. Se utilizan para definir las situaciones de fallo en la satisfacción de demandas, a partir de los niveles pre-establecidos de exigencia en cantidad (volumen), tiempo (frecuencia de ocurrencia), o repercusión de los fallos (máximo déficit asumible).

Para la evaluación del cumplimiento de las demandas, el método utilizado es la simulación que requiere de la construcción, calibración y validación de modelos de gestión de los SE, así como de la elaboración del balance hídrico entre recursos y demandas donde el déficit hídrico es entendido como la demanda no servida.

Para los escenarios de gestión planteados se ha aplicado la definición del orden preferencial de los usos del agua planteada en el art. 54 del ALGA, que establece en primer lugar el abastecimiento poblacional, y en segundo, la gestión integrada de los recursos hídricos para la sostenibilidad de los ecosistemas.

En el balance hídrico se incluyen, entre otros elementos, demandas, suministros y consumos, déficits de suministro e indicadores de estrés del sistema, que ayudan a la comprensión y al análisis del SE, y para el establecimiento de asignaciones y reservas.

Para realizar los análisis requeridos por el PNGIRH se definen cinco situaciones con características temporales e hidrológicas:

- Situación Actual: la realidad estimada de cada sistema de explotación en el año 2012, su calibración, y la validación de los modelos para la simulación de escenarios de gestión actuales o futuros. Incluye los recursos superficiales y subterráneos. Como criterio general contempla solo el uso poblacional como preferente frente al resto de usos
- Escenario 1. Implantación (Situación actual (2012) + Qeco<sup>1</sup>) contempla la aprobación y

entrada en vigor del ALGA. Para su análisis se utilizan los criterios establecidos en el mismo: la prioridad del funcionamiento de los sistemas de explotación es asegurar las necesidades de la población; el régimen de caudales ecológicos, en los tramos seleccionados en la primera fase de planificación, es evaluado como demanda ambiental en el segundo nivel preferencial. Como actuaciones previstas para este Escenario está el proyecto piloto de potabilización PAPLI (Proyecto Piloto Agua Potable del Lago Ilopango) para el abastecimiento del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) como recurso externo a la cuenca del Lempa.

- Escenario 2. Escenario futuro a corto plazo (Horizonte 2017 + Qeco). Se simula un escenario de planificación a cinco años, poniendo de manifiesto el panorama hídrico ante las demandas proyectadas para el 2017. Considera las actuaciones previstas en los sectores económicos, fundamentalmente el agrícola, y la consolidación del Proyecto PAPLI.
- Escenario 3. Escenario futuro a medio plazo (Horizonte 2022 + Qeco). Horizonte de planificación a 10 años, incluye las actuaciones previstas por las Administraciones más significativas desarrollos en el sector agrícola e hidroeléctrico, en este último caso la entrada en funcionamiento de los embalses El Cimarrón y El Chaparral. Además, este Escenario recoge las medidas propuestas por el PAG del PNGIRH y su incidencia sobre las demandas o la regulación de los recursos.
- Escenario 4. Cambio climático (Horizonte 2022 + Qeco + Cambio Climático). Parte del Escenario 3, añadiendo el análisis del efecto del cambio climático en los sistemas de explotación y su impacto en la satisfacción de las demandas de los diferentes usuarios.

En el marco de los estudios realizados para el PNGIRH se determina una primera fase de selección de un número limitado de tramos de ríos, a escala nacional, para implantar caudales ecológicos, bajo criterios de mantenimiento de la estabilidad de los

---

<sup>1</sup> Qeco = caudal ecológico

ecosistemas y satisfacción de las necesidades de la población, que pretenden sentar la base para futuros caudales ambientales de mayor escala. Ver en el mapa 26 los 13 tramos prioritarios piloto.

**Síntesis de resultados en los sistemas de explotación**  
De los diez sistemas de explotación (SE) evaluados solo el SE Grande de Sonsonate - Banderas muestra un índice de estrés hídrico alto (valores comprendidos entre 0.4 y 0.8). Es el sistema más explotado en proporción a los recursos que genera, le sigue el SE Cara Sucia - San Pedro, índice de estrés medio (valores entre 0.2 y 0.4). Los demás SE presentan índices bajos o ningún estrés en situación actual. En los escenarios futuros solo presenta cambios el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, que pasa a tener un índice de estrés medio.

El tipo de uso consuntivo que mayores dificultades presenta en la satisfacción de su demanda es el agropecuario. Su mayor dependencia del recurso de origen superficial lo hace más susceptible a la alta variabilidad estacional, que conlleva un suministro deficitario con incumplimiento de las garantías en ciertos casos. Los modelos de gestión evidencian este hecho en la gran mayoría de los SE a excepción del SE Bahía de Jiquilisco, Sirama y Goascorán. Los SE con mayores problemas de garantía para el suministro de las demandas agrícolas (UDA) son Jiboa - Estero de Jaltepeque y Grande de Sonsonate - Banderas; los fallos en el cumplimiento de las garantías en algunas UDA tienen que ser analizados ya que el cálculo de la demanda bruta conforme a la superficie potencial de riego no es el mismo que el de la superficie regada, y puede implicar una sobrevaloración del déficit hídrico. Por ello el PAG considera medidas para la mejora del conocimiento que posibiliten una identificación de las superficies realmente cultivadas y bajo riego.

En cuanto a la sostenibilidad de ecosistemas o uso ambiental, la evaluación de 13 tramos de implantación en seis sistemas de explotación, evidencia que tres

de ellos sufren de incumplimiento de las garantías y la competencia por el recurso con el uso agrícola en algunos sistemas. En este sentido, el PAG contempla medidas complementarias para asegurar la compatibilidad de usos.

La introducción de los efectos del cambio climático en el Escenario 4 tiene como resultado general una ligera disminución de los déficits en las unidades de demanda de los sistemas de explotación, lo cual era esperable al contarse con una mayor disponibilidad de recursos a nivel anual. En los meses precedentes al período de estiaje, la precipitación, y por lo tanto la recarga de las MASub, aumenta, traduciéndose en un ligero aumento de la transferencia acuífero - río en los meses siguientes. En todo caso, este efecto tiene escasa relevancia en relación a los volúmenes de las demandas. Los SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, Grande de San Miguel y Goascorán muestran una mayor sensibilidad al cambio climático.

### Síntesis de resultados en las MASub

A partir del índice de explotación (IE)<sup>3</sup> obtenido en cada MASub, se determina que aquellas con el peor estado cuantitativo son la ESA-04, ESA-09 y ESA-19, con índices de explotación superiores a 0.8 y cercanos a 1.

Sobre la base de los resultados del Escenario 1 de implantación en situación actual se asignan los recursos disponibles a los aprovechamientos ya existentes que cumplen el criterio de garantía, persiguiendo como objetivo genérico su consolidación.

Las reservas de recursos en previsión de las demandas están condicionadas a la ejecución de las medidas previstas por las Administraciones y las propuestas del PAG. Considerando el tiempo necesario para la aprobación del PNGIRH y la normativa que permita su articulación, se adopta para la propuesta de reservas

2 Indicador que permite identificar y cuantificar el grado de estrés hídrico o de presión sobre los recursos hídricos en un sistema de explotación como consecuencia de las extracciones de agua existentes en el mismo. Se calcula como el cociente entre las extracciones de agua promedio anual para los usos consuntivos que tienen lugar en un sistema de explotación dado, y el valor medio anual a largo plazo de los recursos disponibles en el mismo sistema.

3 Coeficiente resultante de dividir el valor anual de las extracciones artificiales de aguas subterráneas (bombeos+déficit) entre el valor anual de las entradas a dicho sistema subterráneo 0-0.1 Sin estrés, 0.1-0.2 Estrés bajo, 0.2-0.3 Estrés medio, 0.3-0.8 Estrés alto, superior a 0.8 Estrés muy alto.





el Escenario 3 (Horizonte futuro 2022 + Qeco). En el caso de no darse estas medidas, las reservas serán susceptibles de modificación o actualización en el próximo ciclo de planificación.

Los valores de caudales ambientales considerados en el PNGIRH son susceptibles de variación una vez se lleven a cabo los estudios específicos propuestos en el PAG. Por lo tanto, los criterios de asignación y reservas de los usos ambientales (cuando cumplen las garantías) podrán ser modificados. El cuadro 53 presenta un resumen de las asignaciones y reservas propuestas; las propuestas para usos ambientales se incluyen de forma independiente en los cuadros 54 y 55.

### Programas existentes de control y seguimiento

La Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA) es la Unidad del MARN que se encarga de la administración y gestión de las estaciones que integran las redes de control climatológico, pluviométrico, hidrométrico y piezométrico actualmente implantadas en El Salvador, así como de los datos de estaciones históricas. También realiza el monitoreo permanente de la calidad de las aguas fluviales y de ciertos humedales a través de las redes de monitoreo de calidad de agua en ríos y en los entornos de la laguna de Metapán y del lago de Güija.

Las redes de monitoreo existentes para el seguimiento de la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas son:

- Red climatológica y pluviométrica. Consta de 25 estaciones que miden la precipitación diaria acumulada; la temperatura máxima, mínima y promedio diaria; y la humedad relativa promedio diaria. Tiene 87 estaciones de control pluviométrico que miden la precipitación acumulada diaria.
- Red hidrométrica. Consta de 37 puntos de control hidrométrico en ríos que miden el nivel diario; CEL controla las variables de funcionamiento en los cuatro grandes embalses del país cuyos datos de nivel y volumen almacenado, volumen de

descarga por turbina y de descarga por vertedero, con frecuencia diaria, están a disposición de la DGOA. En la actualidad no se cuenta con registros de cota o nivel del espejo de agua en el resto de lagos y lagunas del país. Algunas de las estaciones de las redes alimentan al Sistema de Alerta Temprana (SAT) que cuenta con ocho radares meteorológicos.

- Red piezométrica. En la actualidad se cuenta con información sistematizada de la evolución diaria del nivel piezométrico proveniente de 12 puntos de control, localizados en seis municipios del AMSS y del valle de Zapotitán; además se monitorean, con frecuencia esporádica, 142 puntos de control en la red de pozos en 65 municipios.
- Sitios de muestreo de calidad de ríos y lagos. Se tienen 123 sitios de control distribuidos en 55 ríos. En todos se realizan mediciones de caudal instantáneo, de parámetros in situ y toma de muestras anuales para su análisis en el laboratorio.

La Unidad de Humedales del MARN monitorea permanentemente la laguna de Metapán y su afluente el río San José; y el lago de Güija y sus afluentes Angue, Ostúa y Cusmapa. La red consta de 13 puntos, en donde se realizan mediciones in situ y la toma de muestras de agua y sedimento para análisis.

- Calidad de aguas subterráneas. Actualmente el MARN toma muestras de un número variable de pozos, pero sin contar con una red permanente.

### Riesgo por fenómenos extremos

El riesgo por fenómenos extremos incluye inundaciones y sequía. En el primer caso el ámbito de estudio es la región hidrográfica; sin embargo el análisis se concreta solo en ocho zonas prioritarias, en el caso de la sequía es tratado a escala nacional.

#### Riesgo por inundaciones

El Salvador por su ubicación geográfica está expuesto a la presencia de tormentas tropicales y huracanes que ocasionan graves daños a la infraestructura social

y productiva, así como a las poblaciones asentadas en zonas vulnerables.

La franja costera es la zona más susceptible a graves inundaciones. Especialmente la cuenca baja del río Lempa, río Paz y Bahía de Jiquilisco que se ven afectadas por las grandes crecidas producto de las tormentas tropicales que provocan inundaciones que tardan días, incluso meses, en ser drenadas, afectando seriamente a la población, comunidades agrícolas, campos de cultivo e infraestructuras.

Las tormentas de escasa duración pero de gran intensidad provocan crecidas que se propagan con rapidez y energía, induciendo graves problemas por inundación. Las zonas de mayor riesgo son aquellas en las que hay mayor concentración de población y, por tanto, mayores impactos sobre el espacio natural de expansión de los ríos y las quebradas. En esta condición de riesgo se encuentran las infraestructuras, social o productiva.

La actual gestión de riesgos no es la adecuada, dado que se enfoca a la atención de las emergencias y no a la prevención.

Para el PNGIRH se realizaron diagnósticos de riesgo potencial de inundación y los cursos fluviales que las generan que identifican las zonas de riesgo por inundación, para la población y para las infraestructuras esenciales. Su nivel de detalle no permite un diagnóstico preciso del problema ni de sus causas ni de las medidas concretas a adoptar, para lo cual es necesario generar mayor información técnica y estudios específicos.

Estos estudios se desarrollaron en dos fases: la primera identifica los puntos de mayor riesgo deducidos de las experiencias más recientes y cartografiadas en el "Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN-DGOA". El resultado obtenido es una capa con las zonas de inundación de frecuencia muy alta, alta y moderada. En la segunda se realizó el "Estudio de inundabilidad de las zonas complementarias", en el que se identifican las zonas potencialmente inundables organizadas siguiendo la estructura de las zonas prioritarias.

Actualmente, más de 180 000 personas están en zonas de riesgo muy alto de inundación. Si no se realizan actuaciones para reducir este riesgo el número se incrementará, dado el crecimiento demográfico previsto y la falta de ordenamiento territorial que impide la creación y/o ampliación de los usos antrópicos en zonas inundables.

#### Riesgo por sequía

El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica constituyen el Corredor Seco Centroamericano, que abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región comprendida entre las elevaciones de 0 a 800 msnm de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y parte de Costa Rica (hasta Guanacaste).

La sequía característica de este corredor se refiere al periodo durante la época lluviosa denominado "canícula interestival". Se trata de un fenómeno cíclico asociado a El Niño de la Oscilación Sur (ENOS). En los últimos 60 años se han observado alrededor de diez eventos "Niños" que se extienden entre 12 y 36 meses, según la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Esta sequía se relaciona con la distribución anómala de la precipitación dentro del periodo lluvioso, cuando inicia la lluvia: dos últimas semanas del mes de junio, la segunda y tercera semana de julio y las primeras semanas del mes de agosto. Solo en los eventos más críticos, la anomalía aumenta por un déficit importante de precipitación total anual o se prolonga durante todo el periodo de la postrera.

La sequía meteorológica es suficientemente acentuada para convertirse en sequía agrícola, sin embargo, no suele prolongarse como para convertirse en una sequía hidrológica severa. Muchos de los efectos de estrés hídrico derivados de ella se deben, generalmente, a un mal manejo de cuencas y se relacionan con aspectos como la deforestación y el uso inadecuado de suelos; la pérdida de capacidad del suelo de almacenamiento, fertilidad, capacidad e infiltración; y de fuentes de agua, secado de ríos y bajo rendimiento de los cultivos. La agricultura es muy susceptible a los impactos de la canícula, lo que



conlleva a un mayor uso de fertilizantes, pesticidas químicos y aumento de costos.

Para la caracterización y seguimiento de la sequía, se analizaron distintos tipos de índices como los indicadores de peligrosidad que permiten definir su intensidad y establecer protocolos para su gestión y mitigación de sus impactos. Se seleccionó el Índice SPI<sup>4</sup>. Para el PNGIRH se desarrollan dos tipos de análisis del Índice SPI:

- El Índice SPI anual y anual acumulado que permite identificar años y periodos de años secos por sequía meteorológica de larga duración, y caracterizar su intensidad.
- El Índice SPI mensual que permite la identificación de fenómenos de canícula acaecidos a lo largo de la serie histórica, fundamentalmente los eventos de mayor intensidad ya que canículas de muy corta duración (inferiores o iguales a seis días), probablemente no son detectadas en el análisis a nivel mensual.

Además, se buscaron indicadores para estimar la vulnerabilidad de los sistemas de explotación frente a las sequías, como los siguientes:

- El Índice de Estrés Hídrico (IEH o WEI) de los SE. Consiste en la relación entre el volumen de demandas consuntivas y los recursos disponibles. Este índice permite localizar las zonas o sistemas de explotación más vulnerables a la sequía, y determinar qué peso representan las demandas comprometidas sobre el volumen de recursos hídricos disponibles. (Ver acápite 4.1). Además, el análisis del déficit hídrico experimentado por las unidades de demanda agrícola (UDA) en la serie histórica, permite evaluar la afección que los años secos tienen en los cultivos bajo riego, con déficits hídricos más o menos acusados en función del grado de peligrosidad de la sequía; los resultados de la modelación ubican los meses con déficits hídricos durante la época seca, marzo y abril, dependiendo del tipo de cultivo. Por tanto, la sequía canicular no implica daños directos sobre

las demandas de usos consuntivos y en concreto, sobre la agricultura bajo riego. Sin embargo, sí se pueden ver afectadas por la sequía meteorológica de larga duración y la sequía hidrológica.

- El Índice de Estrés Hídrico para los cultivos no regados. Éste se obtiene de la relación entre el déficit promedio experimentado por los cultivos no regados principales (maíz y frijol) por unidad de superficie cultivada. Solo se aplica a los cultivos no regados vulnerables a la sequía de tipo canicular.

Con base al déficit promedio experimentado por los cultivos de maíz y frijol en julio y agosto, se calcula el volumen de agua necesario en un año seco para cubrir esos déficits y mitigar los impactos de la sequía. Ese volumen corresponde al déficit promedio de la serie histórica, por lo que no sería suficiente para los años más secos, aunque evitaría la pérdida total o parcial de cultivos, y las reduciría de forma significativa. No obstante, serán necesarias otras medidas para mitigar los efectos de las sequías más extremas. Así mismo, se evaluó la necesidad hídrica del cultivo del maíz bajo el posible efecto del cambio climático en el horizonte 2020, de forma significativa. No obstante, serán necesarias otras medidas para mitigar los efectos de las sequías más extremas.

Se evaluó la necesidad hídrica del cultivo del maíz bajo el posible efecto del cambio climático en el horizonte 2020.

Para los productores sin acceso a riego existe muy poco margen entre las necesidades hídricas del cultivo y la lluvia promedio. Bajo los efectos del cambio climático esta situación podría empeorar de forma significativa.

Los sistemas con mayor índice de estrés hídrico para la agricultura no regada son el SE Sirama, seguido de Goascorán, Grande de San Miguel y algunas zonas del Lempa, que vienen a afectar a los municipios del corredor seco definido por el MAG en los departamentos de La Unión, San Miguel, Usulután, Morazán, La Paz, Ahuachapán y Santa Ana.

<sup>4</sup> El índice de Precipitación Estandarizado (IPE, o SPI según sus siglas en inglés) permite cuantificar tanto el déficit como los excesos de precipitación en múltiples escalas temporales. El SPI es apto para el estudio de sequías cortas importantes para la agricultura, o prolongadas relevantes para el manejo de recursos hídricos.

Los sistemas que registran el menor índice de estrés para los granos básicos son Mandinga - Comalapa y Grande de Sonsonate - Banderas.

### Diagnóstico de la calidad del agua

En El Salvador, la calidad del agua es uno de los principales desafíos socio ambientales. En las últimas décadas la contaminación se ha convertido en un problema grave, haciendo que la disponibilidad de los recursos hídricos disminuya enormemente.

En relación a las aguas superficiales, lo más característico es una destacable contaminación bacteriológica en la mayor parte del país, debido a la gran cantidad de vertidos de tipo ordinario y especial sobre las distintas cuencas y aguas superficiales sin una adecuada depuración, y mayoritariamente con una ausencia total de tratamiento. Estos vertidos también ocasionan contaminación orgánica, con frecuencia acompañada por una desoxigenación de los principales cauces y lagos/embalses, que en ocasiones roza la anoxia. También hay elevadas concentraciones de fenoles a lo largo de la mayor parte de la red hidrográfica, otro indicador de contaminación de tipo antropogénico; por ello, es totalmente desaconsejable el consumo por parte de la población de las aguas superficiales sin un tratamiento previo que incluya desinfección, sobre todo a la vista de los niveles de coliformes fecales presentes. También es desaconsejable el uso de las aguas para riego de cultivos que se consuman frescos.

Ciertos tributarios del Lempa: Suquiapa (y su tributario Apanchacal) y Sucio por el oeste; los ríos Matalapa y Acelhuate por el suroeste, cuyos aportes son recibidos en la cola del embalse Cerrón Grande, presentan importantes problemas de oxigenación y muy altas concentraciones de DBO5, coliformes fecales, color, TDS, turbidez, conductividad, fosfatos, cobre y fenoles. Todos son claros indicadores de una importante afección de las aguas debido a la fuerte presión que generan los cascos urbanos: Santa Ana (sobre el río Suquiapa), La Libertad (sobre el río Sucio), San Salvador (sobre los ríos Matalapa y Acelhuate), y Chalatenango (sobre el Tamulasco).

En materia de nutrientes destacan las concentraciones de ortofosfatos, que con frecuencia se mantienen bastante por encima de los límites que recomienda la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA). Es posible que haya un componente de contaminación natural (andisoles, suelos derivados de cenizas volcánicas con capacidad de fijación del fósforo), pero no se dispone de suficientes datos para asegurarlo, sin embargo, sí es probable que la actividad agrícola esté aportando una cantidad importante de fosfatos a las aguas. Estos niveles se ven agravados por los aportes industriales y domésticos.

También se identifican ciertos niveles de cobre que no resultan elevados para el consumo de aguas crudas tras un tratamiento convencional ni para el riego, pero sí lo son para producir efectos agudos o crónicos sobre los peces, según la EPA.

En cuanto a la calidad de las aguas subterráneas, todas aquellas masas que cuentan con datos en materia de contaminación bacteriológica dan resultado positivo, siendo en ocasiones la contaminación por coliformes fecales muy elevada. Su origen es doméstico y del ganado, aunque también de industrias; en estos casos, de destinarse las aguas al consumo humano deben ser sometidas previamente a un proceso de desinfección.

Otras afecciones generalizadas en buena parte de las masas estudiadas se deben a la existencia de concentraciones de algunos metales y sales por encima de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO. 13.49.01:09, relativa al uso del recurso como agua potable. Es el caso de metales como el hierro y el manganeso, que tienen comportamientos hidroquímicos parecidos, y cuyo aumento en las aguas subterráneas puede estar relacionado con un proceso de acidificación de distinto origen (procesos mineros, tratamientos industriales, entre otros). Además, en algunos pozos se observa un exceso de nitratos, químico orgánico de alto riesgo para la salud, por lo que no es recomendable el consumo de estas aguas.



También, se identifican zonas en alto riesgo de intrusión salina en el departamento de Ahuachapán, se recomienda evitar la explotación del acuífero profundo ya que la probabilidad de encontrar la masa de agua salada es mayor en esta zona.

En relación a la calidad de las aguas costeras, en el año 2012 el MARN realizó un estudio para analizar estas aguas e identificó 27 puntos del litoral salvadoreño, repartidos entre playas (21), esteros y bocanas (6) y concluyó que, en cuanto a la calidad bacteriológica, cerca del 70 % de las playas evaluadas presentaron una valoración “muy buena” para actividades recreativas con contacto humano, de acuerdo a la norma OMS 2003 Guidelines for safe recreational water environments. Vol 1, y el 30 % resultó con una calidad apta (MARN, MOP, VMVDU, 2004).

Se recomienda realizar un seguimiento continuo de calidad de las aguas costeras, pues poseen una elevada importancia ecológica, biológica, económica y sociopolítica, y se encuentran expuestas a importantes presiones de origen antropogénico.

### Objetivos ambientales

Uno de los objetivos de la planificación hidrológica es tratar de alcanzar el buen estado, en cantidad y calidad, de las aguas superficiales y subterráneas, previniendo su deterioro y protegiéndolas, mejorando y regenerándolas para reducir progresivamente la contaminación.

Para lograr una adecuada gestión del recurso hídrico es esencial definir objetivos medioambientales realistas, adaptados a la capacidad económica y administrativa del país, e ir ajustándolos progresivamente, siguiendo una serie de pautas, lineamientos y procedimientos para aguas superficiales, subterráneas y marinas.

El recurso hídrico puede ser utilizado para múltiples actividades y necesidades, de acuerdo a su disponibilidad en cantidad y calidad. Uno de los lineamientos y principios claves es la identificación y clasificación de los cuerpos de agua, el reconocimiento de los usos actuales y el establecimiento de los usos potenciales o aptitudes a corto, medio y largo plazo.

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (MARN, 2013c) define los ejes estratégicos que enmarcan las actuaciones en materia de recursos hídricos de la Política Nacional del Medio Ambiente (Consejo de Ministros, 2012), los cuales constituyen los objetivos ambientales cuantitativos en materia de preservación de los suelos y regulación hídrica, captación de agua de lluvia, protección y recuperación de cauces, protección de sistemas acuíferos e implantación de caudales ecológicos.

Como parte de los estudios realizados para la formulación del PNGIRH, se hace la primera selección de tramos de río a escala nacional, 13 tramos, con el objetivo de lograr la compatibilidad de los usos del agua con la preservación y mejora del ambiente en aquellos tramos afectados por la sobreexplotación, así como por una alteración significativa de su régimen natural en el caso de tramos regulados o por la degradación de su calidad.

Los objetivos ambientales para la calidad son planteados teniendo en cuenta, en general, la protección de las áreas naturales protegidas y los usos actuales del agua, para prevenir el deterioro, mejorar y regenerar las aguas, y reducir progresivamente la contaminación. Para el PNGIRH se ha realizado una identificación preliminar de los tramos que cuentan con un determinado uso y los objetivos de calidad que le corresponden.

Los objetivos propuestos para todos los ríos están enfocados en reducir paulatinamente la contaminación:

- o  $\text{DBO}_5 < 4 \text{ mg/l}$
- o Oxígeno Disuelto  $> 6 \text{ mg/l}$
- o Ortofosfatos:  $0.1\text{-}0.5 \text{ mg P-PO}_4/\text{l}$
- o  $6 < \text{pH} < 9$
- o  $\text{NO}_3^- < 6 \text{ mg N- NO}_3/\text{l}$
- o  $\text{NH}_4^+ < 0.8 \text{ mg N- NH}_4/\text{l}$

También se establecen objetivos enfocados al logro del adecuado estado de las aguas sobre la base de los usos que tengan definidos los cuerpos de agua, tomando en cuenta que cuando en un tramo existan diferentes usos, deben establecerse como objetivo los más exigentes para cada parámetro.



Los objetivos de calidad son:

- Aguas destinadas al consumo humano tras un proceso de potabilización por medios convencionales. Los objetivos ambientales propuestos son alcanzar la calidad que se propone en el Decreto Ejecutivo No. 51 para aguas crudas, complementado con algunos parámetros exigidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, o recomendados por EPA.
- Aguas destinadas a riego. Cumplir con la calidad estipulada en el DE No. 51 más algunos parámetros recomendados por la FAO.
- Aguas destinadas a la propagación piscícola. Las normas de calidad deseables establecidas en el Decreto 51 y ciertos parámetros recomendados por la EPA.
- Aguas destinadas al uso recreativo con contacto directo. Implementar las recomendaciones de la OMS y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Avanzar en la valoración económica del agua y visibilizar su impacto en el desarrollo.
- Un sistema tarifario y de subsidios (agua y saneamiento) actualizado y eficaz. El acceso al agua potable para poblaciones y sectores de bajos ingresos debe ser una prioridad, garantizándolo a través de tarifas variables y de subsidios focalizados.
- Establecer el agua como bien económico para el sector agrícola e industrial.
- Consolidar un sistema de información sectorial sólido para la planificación y eficiencia de las inversiones.
- Un enfoque integral de la sostenibilidad de los sistemas. Las tarifas no cubren los costos de operación y limitan la capacidad de inversión, además, revertir el que los más pobres no cuenten con el servicio público (ANDA) y pagan más que la población que goza del servicio.
- Innovadores mecanismos financieros deben ser promovidos y consolidados.

### Análisis económico del uso del agua

En El Salvador, el agua como recurso no cuenta con una expresión económica reconocida por el Estado. La economía del agua, al carecer de un marco legal que establezca un canon por explotación, uso o aprovechamiento, se expresa en dos variables: las tarifas por servicios (ingresos) y las inversiones (egresos).

Las tarifas por servicios se convierten en los ingresos propios que el sector tiene para su desarrollo y modernización. A ello hay que agregar otros recursos derivados de transferencias del presupuesto nacional (subsidios) y de fuentes externas vía cooperación internacional o créditos internacionales que, en general, terminan financiando en gran parte las inversiones (egresos) en el sector.

Las mejoras en las deficiencias del marco de financiamiento se sintetizan en los siguientes puntos:

### Plan de acción global

El objetivo principal del plan de acción global (PAG) es caracterizar los problemas actuales y previsibles, y formular propuestas de solución para aquellas cuestiones relevantes para la planificación hidrológica.

El PAG incluye una propuesta de medidas consensuadas, evaluadas y priorizadas, para resolver los problemas documentados e identificados, con sus costos y efectos. No se incluyen las propuestas de financiamiento del PAG ni el calendario de implementación debido a la falta de información sobre la capacidad financiera de los organismos implicados.

El ámbito del PAG es doble: i) las zonas prioritarias; y ii) el ámbito nacional. El primer caso, detecta los problemas concretos en las ZP uno a ocho; y en el segundo, los problemas de ámbito nacional como los del eje temático de Gobernanza o los detectados por ausencia de consideración del caudal ecológico en la gestión de las cuencas en El Salvador, o por los



efectos de la erosión y la sequía sobre el régimen hidrológico.

El programa de medidas, principal herramienta para la solución de los problemas, recoge tanto las previstas por las distintas Administraciones como las propuestas en el PAG. La estructura de éste se formula basada en los ejes temáticos de la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH): i) aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico; ii) calidad del agua; iii) riesgo por fenómenos extremos; y iv) gobernanza.

Los problemas concretos identificados en las zonas prioritarias y los problemas generales de ámbito nacional se especifican en el cuadro 70.

### **Eje temático de Aprovechamiento de Recursos Hídricos y Preservación del Medio Hídrico**

En relación con los problemas de las zonas prioritarias, en general, se observa que el suministro de agua a la población y a los distintos sectores productivos se hace con escasa eficiencia y bajo aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, generándose fallos en la satisfacción de las garantías de distintas demandas, principalmente en el sector agrícola.

En el caso de la cobertura de agua potable, en la Cumbre del Milenio (Nueva York, 2000) El Salvador asumió el compromiso de tratar de cumplir los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) a más tardar en 2015. Dentro de estos objetivos está el acceso a servicios mejorados de agua potable y saneamiento, con coberturas fijadas en un 87 % y un 88 % respectivamente. En el PNGIRH, los objetivos establecidos están basados en el acceso al agua segura (OAS)<sup>5</sup> en áreas urbanas y rurales, consistentes en alcanzar coberturas de agua segura del 95 % y del 79 % respectivamente.

Para resolver los problemas diagnosticados y cumplir con los objetivos de las zonas prioritarias se proponen las siguientes tipologías de medidas:

- Para cada término municipal que no cumpla los objetivos fijados (OAS) se propone la ampliación de las redes de abastecimiento para la mejora de la cobertura de agua segura, de modo que se eliminen las brechas detectadas en zonas rurales, urbanas o en ambas; esto supone extender la red existente de agua potable y conectar viviendas adicionales.
- Las medidas anteriores están condicionadas a la previa disponibilidad de las medidas de catastro de las redes existentes, ya previstas o en ejecución por ANDA.

Estas medidas deben ser incluidas en el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento previsto por el Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) en el marco del "Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión de los Recursos Hídricos".

En cuanto a los fallos en el cumplimiento de las garantías de satisfacción de demandas, estos se concentran principalmente en el sector agrícola, con excepciones en las ZP en cuanto al uso ambiental en las cuencas del río San Antonio (ZP4) y río Metayate (ZP6), y al uso para la producción de energía en la UDE-Inglzalco (ZP1). En los horizontes de planificación (2017 y 2022) y en el ámbito de las ZP, se prevé el desarrollo de la nueva zona de riego de Usulután, en la ZP4 - Grande de San Miguel - La Unión, y la rehabilitación de los pozos y sistemas de bombeo existentes en el distrito de riego Zapotitán.

De la evaluación de los balances hídricos en los escenarios futuros, la conclusión, en general, es la persistencia de la situación de fallo en el cumplimiento de las garantías. Para resolver esto, a excepción de los casos de incertidumbre elevada en la caracterización del problema que se recomienda un estudio, se proponen las siguientes tipologías de medidas:

- Levantamiento topográfico en planta de las superficies bajo riego y el tipo de cultivos para caracterizar la superficie productiva, las bocatomas existentes y el área regada por cada unidad de demanda agrícola (UDA).

<sup>5</sup> El Objetivo de Agua Segura (OAS) es definido para el problema de insuficiente cobertura de agua potable y a partir de los ODM, una de cuyas metas es alcanzar el acceso a servicios mejorados de agua potable y saneamiento, con coberturas fijadas en un 87 % y un 88 % respectivamente. El nuevo criterio (OAS) se basa en la aplicación del anterior porcentaje (87 %), a la cobertura de agua segura.



- Basándose en la información anterior se evaluará la demanda de la UDA y se simulará el balance hídrico, para comprobar si con la nueva demanda y el resto de medidas propuestas para la ZP persiste la situación de fallo y en qué medida.
- De confirmarse la situación de fallo se propondrán medidas adicionales que deberán integrarse en el siguiente ciclo de planificación.

No se proponen medidas de carácter estructural adicionales en las UDA con fallos cuando la superficie potencial exceda a la de riego en más de un 25 %. En los casos en que las incertidumbres no existen o son reducidas se seleccionan las medidas estructurales más adecuadas a cada caso, que se exponen a continuación:

- Medidas estructurales sobre la demanda generada por la superficie potencial. Como mínimo se propone la adecuación de los canales de distribución de la UDA mediante su revestimiento, estimando su longitud en ratios habituales por hectárea cultivada. Cuando se considera viable se proponen modernizaciones consistentes en la aplicación de goteo en frutales y hortalizas y en la de aspersión en la caña de azúcar.
- A partir del análisis de fuentes alternativas de recursos hídricos, superficiales o subterráneos, se estima qué capacidad de almacenamiento de recursos superficiales mediante balsas es necesaria, o se propone el uso de recursos subterráneos cuando ha sido posible.

En relación a los problemas de ámbito nacional, estos se analizan por ausencia de consideración de los caudales ecológicos en la gestión de las cuencas y los problemas de erosión que deterioran el régimen hidrológico. En cuanto al primer elemento se propone la implantación de caudales ecológicos para la preservación de los ecosistemas, de manera integrada y compatible con los usos del agua; el PNGIRH ha evaluado la implantación de 13 tramos piloto en 12 ríos, de los cuales, únicamente tres tramos en el SE Lempa presentan fallo del criterio de garantía en el Escenario 1 de implantación. En cuanto a la tipología de acciones a proponer, se trata fundamentalmente

de medidas para la mejora del conocimiento sobre las demandas que pueden entrar en conflicto con los tramos de caudal ecológico propuestos y medidas para la mejora en la estimación de los caudales ecológicos (metodologías de modelación del hábitat físico).

Con respecto al problema de erosión que supone el deterioro del régimen hidrológico, la causa no natural más importante de erosión es la excesiva explotación de la cobertura forestal o las inadecuadas prácticas de una agricultura de subsistencia que se desarrolla sobre un elevado porcentaje de las laderas del país.

Para resolver los problemas diagnosticados se proponen las siguientes tipologías de medidas que deberán complementarse con otras de carácter nacional que se desarrollan en el Eje temático 4. Gobernanza:

- Medidas de conservación en cauces
- Mejora del conocimiento de los procesos erosivos.

Las anteriores medidas completan las ya previstas o en ejecución por las Administraciones en este eje temático. Entre las cuales destacan, por volumen de inversión e importancia de sus efectos: el nuevo embalse multipropósito El Cimarrón, el nuevo embalse El Chaparral, el trasvase de agua procedente del futuro embalse multipropósito El Cimarrón para la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Las Pavas y un caudal de 4 m<sup>3</sup>/s, así como el trasvase de 63.07 MMC/año de agua procedente del lago de Ilopango a la Planta Potabilizadora del Sistema Guluchapa.

### Eje temático de Calidad de Aguas

La calidad de las aguas superficiales y subterráneas está sometida a una fuerte presión derivada de la actividad antrópica, principalmente por los vertidos con un bajo o nulo grado de tratamiento y por el uso inadecuado de plaguicidas. Estas presiones provocan afecciones sobre el estado ecológico e impiden que la calidad del agua para los diferentes usos sea adecuada. Además del impacto que estas fuentes



de contaminación están provocando, se detectan enfermedades que podrían estar vinculadas con su consumo y que están dentro de las diez causas de morbilidad en el año 2011.

Los fertilizantes y agroquímicos se están aplicando de forma no adecuada, contaminando las aguas superficiales, subterráneas y sedimentos, favoreciendo el aumento de casos de enfermedad renal crónica.

La medida estructural propuesta, basada en la mejora de los sistemas de saneamiento y la depuración de las aguas residuales, incluye el mantenimiento, operación y ampliación de las PTAR. Para el ÁMSS se proponen tres PTAR denominadas: Centro para dar servicio a los núcleos urbanos de San Martín, Tonacatepeque, Soyapango e Ilopango; Norte para Cuscatancingo, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Ciudad Delgado y Apopa; y Sur para Santa Tecla, San Salvador, San Marcos y Antiguo Cuscatlán. Las medidas consisten en ampliar la red de alcantarillado y su conexión a las PTAR. El coste de inversión asciende a USD\$ 435 977 825.00 que representa el 59 % de la inversión en medidas de mejora de los sistemas de saneamiento y depuración de las aguas residuales. Estas medidas se deberán incluir en el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, previsto por el FCAS en el marco del “Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión de los Recursos Hídricos”.

Las actuaciones previstas del Programa FCAS, financiado por AECID, se basan en la implantación de una mayor cobertura de saneamiento y agua potable en zonas rurales, y se han caracterizado como “mixtas”, al abarcar ambos ejes temáticos. Las cuales son:

- Programa de Infraestructura en Agua Potable y Saneamiento Básico en Áreas Periurbanas y Rurales de El Salvador (SLV-001-B)
- Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del recurso hídrico (SLV-041-B)
- Programa de Agua y saneamiento en zonas rurales (SLV-042-M)
- Proyecto integrado de agua, saneamiento y medio ambiente (SLV-056-B)

Además, el FCAS contempla el mejoramiento de la red de acueducto y alcantarillado del AMSS (SLV-058-B), cuya entidad beneficiaria es ANDA. También se proponen medidas de estudios específicos para incrementar el conocimiento y así la protección del recurso hídrico por la contaminación por la actividad agrícola. Todas las anteriores medidas deberán complementarse con otras de carácter nacional que se desarrollan en el eje temático de Gobernanza.

### Eje temático de Riesgo por fenómenos extremos

En este eje se han identificado las zonas de riesgo por inundación en las ZP. Actualmente, más de 100 000 personas habitan zonas de riesgo “muy alto”. Las medidas propuestas son estudios para evaluar los riesgos potenciales y proponer actuaciones estructurales que permitan paliar los daños asociados y su impacto en la población.

En este eje se ha analizado el problema de la sequía a escala nacional, que ha suscitado una gran sensibilización por los riesgos que conlleva a la seguridad alimentaria nacional. Para resolver los problemas diagnosticados y cumplir con los objetivos fijados se proponen las siguientes tipologías de medidas:

- Mejorar la capacidad del almacenamiento en los sistemas de explotación o búsqueda de fuentes de agua alternativas; y la realización de un estudio para determinar la superficie real de granos básicos cultivada, la actualización de los déficits hídricos sufridos por los granos no regados en situación de sequía canicular; y definir alternativas para la provisión del volumen de recursos mínimo obtenido.
- Promover una adecuada planificación agraria, ordenación del territorio, conservación y recuperación de suelos, reforestación, prevención de incendios, asistencia social, etc. dado que las sequías causan fuertes impactos socioeconómicos y requieren medidas desde los diferentes ámbitos de planificación para conseguir la mitigación y adaptación a este fenómeno.

Por último, incorporar el problema de la sequía en el

marco de la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos mediante la creación de un Sistema de Alerta por Sequías, que integrado en el Sistema de Alerta Temprana (SAT) de la DGOA del MARN dé seguimiento a los indicadores de peligrosidad. En paralelo, desarrollar planes directores de sequía primeramente en los SE más vulnerables (Grande de San Miguel, Sirama y Goascorán desde el punto de vista de la sequía canicular). En futuros ciclos de Planificación se extenderán al resto de SE.

### Eje temático de Gobernanza

El eje temático de gobernanza tiene un carácter transversal y a pesar de que las medidas implantadas son de ámbito nacional, repercuten directamente en el logro de los objetivos de algunas de las medidas propuestas para las ZP. Teniendo en cuenta esto, los principales problemas de este eje se exponen a continuación.

Es evidente el insuficiente conocimiento sobre la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, lo que requiere de la adecuación de las redes de monitoreo para permitir el seguimiento a nivel cuantitativo y cualitativo de las masas de agua y servir de herramienta de soporte a la planificación de recursos.

Al respecto se plantean medidas de ampliación de las redes de control actuales de acuerdo a una serie de criterios; sin embargo, previamente se debe realizar un estudio para confirmar y precisar la correcta ubicación de los puntos de control propuestos y mantener los actuales que se consideren representativos con el fin de contar con un histórico de datos.

En lo concerniente al deficiente marco normativo, débil institucionalidad, baja capacidad de gestión del recurso hídrico, y las herramientas disponibles para la GIRH, la aprobación del ALGA supondría un importante paso que aceleraría el proceso; sin embargo, se ha optado por considerar dos escenarios: el primero contempla como elemento clave la aprobación de la Ley General del Agua y su implementación. El segundo considera la no aprobación de la ley y propone realizar los ajustes pertinentes al vigente marco normativo e institucional.

Las medidas propuestas que permitirán cumplir con los objetivos fijados son:

- Un marco jurídico general que establezca los objetivos para la GIRH, los regule, promueva y fije la institucionalidad y los instrumentos para una gestión sostenible; y un marco normativo sectorial armónico.
- Articular un ente rector que norme, controle y fiscalice la GIRH y vele por el cumplimiento de la legislación y el PNGIRH; que contribuya a garantizar que las instituciones sectoriales normen, controlen y fiscalicen el cumplimiento del marco normativo sectorial; y que funcionen los mecanismos de coordinación y concertación sectorial y multisectorial para la toma de decisiones y monitoreo de la GIRH.
- Contar con información adecuada e instrumentos de gestión para la toma de decisiones; y con el recurso humano cualificado y los recursos económicos necesarios para el cumplimiento de competencias y funciones institucionales.
- Aplicar los resultados de la investigación e innovar los sistemas de suministro de agua incrementando su eficiencia y viabilizando su sostenibilidad.

En lo concerniente a la inadecuada cultura del agua y la participación ciudadana en la GIRH, el diagnóstico realizado permite caracterizar las deficiencias en el conocimiento en general, las prácticas a adoptar y los compromisos que la población debe asumir para contribuir y participar. En este caso, las medidas propuestas son las siguientes:

- Fortalecer el conocimiento y la conciencia ciudadana sobre la naturaleza, valoración e importancia de la GIRH.
- Recuperar tradiciones y promover prácticas de buen uso y protección de las fuentes de agua y del sistema ecológico en la cuenca, en particular las buenas prácticas agrarias.
- Fortalecer la participación social en la toma de decisiones, control y vigilancia en la GIRH.



De las medidas propuestas solo se han valorado las relacionadas con los estudios de planificación, dado que el resto (desarrollo normativo, implantación de tarifas, refuerzo institucional) tienen un ámbito que excede el del presente PNGIRH.

### Resumen económico del programa de medidas del Plan de Acción Global

La falta de información sobre la capacidad financiera de los organismos implicados no permite proponer un calendario concreto de actuación. La priorización de las actuaciones solo indica qué medidas deberían acometerse con mayor urgencia.

La metodología empleada para priorizar se efectuó en dos fases. En la primera se priorizaron los problemas y las medidas propuestas para resolverlos, considerando los indicadores más relevantes para cada caso y precisando dos tipos: prioridad media-alta y prioridad baja.

Las medidas destinadas a resolver el primer tipo de problemas se encajan en el Horizonte de Planificación anterior al año 2022. Las siguientes se encajarán a continuación, dependiendo de la capacidad presupuestaria de las Administraciones involucradas.

En una segunda fase se proponen los criterios para priorizar medidas concretas:

- Se da prioridad de orden “0” a aquellas medidas que ya están en ejecución, y de forma general a las medidas previstas por las Administraciones estén o no en marcha; también se ha asignado este orden a las medidas de conservación y mantenimiento.
- Se da prioridad de orden “4” a aquellas que resuelven problemas de prioridad baja.
- Se asignan órdenes de prioridad 1, 2 ó 3 a las que resuelven problemas de prioridad media-alta.

En el cuadro 76 se resumen las inversiones del Programa de Medidas del PAG, y en el gráfico 84 se muestra en porcentajes la inversión de éste por eje temático. La mayor inversión se da en el Eje

Temático de Calidad de Aguas en el campo de la depuración. Le sigue el eje de Aprovechamiento de Recursos Hídricos, donde entran los proyectos como los nuevos embalses y los trasvases.

La menor inversión es la requerida en el eje temático de Riesgos por Fenómenos Extremos, dado que en el momento actual sólo pueden proponerse medidas de estudios que analizarían las infraestructuras en relación a su efecto de peligrosidad y el riesgo de inundación en cada zona, y las infraestructuras de riego para eliminar o mitigar el impacto de las sequías.

### Síntesis del proceso participativo

La elaboración del PNGIRH ha contado con la participación de actores interesados de diferentes niveles: institucional (ministerios y entes autónomos relacionados con el sector hídrico), local (alcaldías), organizaciones de usuarios, empresariales, sociedad civil, universidades, etc., validados por el MARN en la etapa previa a la realización de las actividades de consulta.

Los lineamientos del proceso participativo fueron definidos en la “Estrategia y Plan de Participación”, estableciendo un arreglo institucional para la validación social, técnica e institucional de los trabajos del PNGIRH. Para ello se constituyeron mesas de trabajo temáticas y por zona hidrográfica.

- Mesas de Trabajo Temáticas. MT-T, conformadas por representantes de los actores de la gestión del recurso hídrico y de entidades relevantes de la academia y del sector privado en el ámbito de la ZH, quienes evaluaron la validez técnica y académica de los trabajos, estudios o investigaciones elaborados en el marco de la formulación del PNGIRH;
- Mesa de Trabajo de Zona Hidrográfica. MT-ZH, conformada por representantes de los grupos interesados en la gestión del recurso hídrico, que concertaron y evaluaron la validez social de los trabajos del PNGIRH en talleres de concertación y validación.

Para la Validación Institucional se contó con la participación del Comité Técnico Interinstitucional, conformado por representantes de: ANDA, MAG, MINSAL, MARN, CEL, SIGET, STPP, MINEC y el MOP. El proceso participativo de formulación del PNGIRH se realizó en tres fases:

- Fase I. Consenso de Diagnóstico: con el objeto de determinar diagnósticos temáticos que se consolidan en un diagnóstico global.
- Fase II. Consenso de Alternativas: se determinan los objetivos, las medidas de solución y sus alternativas que se consolidan en el Plan de Acción Global.
- Fase III. Consenso del Plan: las instituciones de escala nacional dan la aprobación al PNGIRH y a los compromisos de implementación de sus medidas.

### Plan de seguimiento y monitoreo

Al implementar los planes de gestión, es necesario dar respuesta a preguntas como: ¿Cuáles son los avances, logros e impactos de las acciones, estrategias y procesos? ¿Cuáles son las debilidades encontradas a lo largo de su implementación? ¿Cuáles han sido los beneficios y costos percibidos por la población? Las respuestas permiten conocer cuánto se ha avanzado hacia el logro de los objetivos y metas, así como medir cuán efectiva ha sido la gestión.

Así, se diseñó en los planes de gestión, desde el momento de su formulación, un sistema de seguimiento y monitoreo de cada uno de los problemas identificados según las siguientes actividades:

- La evaluación de indicadores. cuáles son, con qué frecuencia y medios se evalúan, y cuál es la situación de partida (cuando ésta se ha podido precisar y cuál el objetivo a alcanzar) y del estado de avance del programa de medidas del PAG (progreso temporal, costo del programa, nuevas medidas incluidas, etcétera).
- Actividades adicionales necesarias para completar el proceso de seguimiento y monitoreo (como la actualización de los modelos empleados para elaborar el diagnóstico).
- La revisión sistemática del PAG como parte fundamental del proceso de seguimiento y monitoreo.







# 1 Introducción



El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), como ente rector de la gestión de los recursos hídricos, emprende una serie de actividades para la implementación de acciones directas tendientes a lograr la sostenibilidad de este preciado recurso, en concordancia con el Plan Quinquenal del gobierno del Presidente Salvador Sánchez Cerén.

El MARN cuenta con la Estrategia Nacional del Medio Ambiente (ENMA) (MARN, 2013e) que se apoya en cuatro estrategias interrelacionadas y en la cual se destaca la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH) (MARN, 2013c), que tiene como propósito atenuar la inseguridad hídrica y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. Sin embargo, para su desarrollo es necesaria la elaboración de instrumentos de planificación y regulatorios, tales como la Ley General de Aguas, la Política Nacional Hídrica y el presente Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH).

El enfoque de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) es la respuesta a la crisis del agua expresada en la presión insostenible generada por una demanda y una contaminación crecientes del recurso hídrico, y

en su desigual disponibilidad en el país. En ese sentido la GIRH busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico, los objetivos sociales y la protección de los ecosistemas. La definición comúnmente aceptada de la GIRH, dada por la Global Water Partnership (GWP-INBO, 2009), establece que la gestión integrada de los recursos hídricos es un proceso sistemático para el desarrollo sostenible, y que la asignación y el control del uso de los recursos hídricos debe darse en un contexto concreto que integre objetivos sociales, económicos, ambientales y culturales.

Para el desarrollo de la gestión integrada del recurso hídrico, el PNGIRH es un instrumento de gestión clave. Su objetivo es garantizar la sostenibilidad del recurso agua, ordenando sus usos y la conservación del entorno natural; parte del análisis de la información hídrica existente y propone las acciones y proyectos de corto, mediano y largo plazo, que orienten la gestión del recurso y por ende el desarrollo social y económico del país, en concordancia con el Objetivo 1 del Plan Quinquenal de Desarrollo que involucra a las familias, a las empresas y a todo el país en general.







Igualmente podemos encontrar el importante enlace que hay entre la implementación del PNGIRH y el Buen Vivir; cuyo respeto por la vida, la tierra, y la importancia de un desarrollo económico sustentable, hacen de la gestión del agua una de las prioridades gubernamentales 2014-2019.

## 1.1. Objetivo del PNGIRH

El objetivo estratégico del PNGIRH es garantizar la satisfacción de las demandas de agua, en equilibrio y armoniza con el desarrollo social y económico del país. Para el logro de este objetivo es necesario incrementar la disponibilidad del recurso, proteger su calidad, ordenar y racionalizar sus usos, y economizar su empleo en armonía con el medio ambiente. Lo anterior, bajo los criterios de la sostenibilidad en el uso del agua mediante la gestión integrada y la protección de los recursos hídricos, la prevención del deterioro del estado de las aguas, la reducción de la contaminación, la protección, la mejora de los ecosistemas vinculados al medio hídrico, y la reducción de los efectos de los fenómenos extremos (inundaciones y sequías).

## 1.2. Contenido del PNGIRH

El contenido de este Plan está integrado por los siguientes aspectos principales:

- Marco legal: resume las principales conclusiones del análisis del marco normativo y la institucionalidad, así como los objetivos del mismo.
- Descripción general de territorio: puntualiza la caracterización física del territorio, la delimitación de los cuerpos de agua superficial, de las masas de agua subterráneas, de las zonas hidrográficas y su sistema de explotación, las zonas priorizadas, y las zonas de interés ecológico y medio ambiental.
- Inventario de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Descripción de los usos, demandas y presiones del recurso: en situación actual y su tendencia y evolución; el cálculo de las demandas de los

sectores; y una descripción de las presiones existentes sobre las aguas superficiales y subterráneas.

- Prioridad de usos y asignación, y reserva de recursos: presenta los criterios de prioridad y compatibilidad de usos; la definición y caracterización de los escenarios de desarrollo de las zonas analizadas; la selección de tramos de ríos para la implantación de caudales ecológicos; asignación y reserva de recursos para usos y demandas presentes y futuras; y una síntesis de los balances hídricos, y de asignaciones y reservas.
- Programas de control y seguimiento las redes de monitoreo existentes para el control y el seguimiento de la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Riesgo por fenómenos extremos: se da la identificación y caracterizan de las inundaciones y sequías, para determinar los riesgos que pueden generar importantes pérdidas humanas y económicas.
- Diagnóstico de la calidad del agua: descripción del estado actual de las aguas superficiales, subterráneas y costeras del país; y su calidad.
- Objetivos ambientales, para una adecuada gestión del recurso hídrico.
- Análisis económico del uso del agua: breve descripción de los servicios del agua en El Salvador y del sistema de ingresos relacionados con los mismos.
- Plan de Acción Global: propuesta de medidas que permitan resolver los problemas identificados.
- Síntesis del Proceso Participativo: metodología implementada para la elaboración del PNGIRH.
- Plan de seguimiento y monitoreo del PNGIRH.
- Agentes responsables del PNGIRH: instituciones relacionadas con la gestión del agua y las infraestructuras hidráulicas y su intervención en la implantación del PNGIRH.



## 2. Marco legal y objetivos de la gestión integrada del recurso hídrico



Con el fin de alcanzar los objetivos del PNGIRH se realiza un análisis de los aspectos institucionales, normativos y de gestión, relacionados con el agua en El Salvador; en el aspecto normativo se parte del marco vigente, incluyendo los acuerdos internacionales.

### 2.1. Marco legal

El Salvador no cuenta con una normativa hídrica integral. La legislación vigente relativa a recursos hídricos está fragmentada, ya que las instituciones se organizan en atención a los diferentes usos (FAO, 2010) y han desarrollado diferentes leyes sectoriales, en diferentes periodos de tiempo, cada una de las cuales aborda solo las cuestiones sobre el agua que se relacionan directamente con su objeto.

Además, se encuentran en la Asamblea Legislativa otros anteproyectos de ley referidos al tema del agua: la Ley de Agua para Uso Agropecuario (preparado por el MAG) y la Ley del Subsector Agua Potable y Saneamiento (preparado por la Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia en coordinación con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), que representan esfuerzos

sectoriales, pero que sus enfoques no se corresponden con el marco conceptual del Anteproyecto General de Aguas (ALGA) presentado a la Asamblea Legislativa el 22 de marzo del año 2012, en términos de alcance de las atribuciones de las entidades y el marco institucional y normativo que este plantea. Por un lado, la propuesta del MAG amplía su ámbito de actuación y regulación más allá del riego agrícola hacia otras actividades agropecuarias; y la propuesta del Subsector Agua Potable y Saneamiento plantea la necesidad de crear una entidad reguladora que eventualmente podría ser la misma ANDA pero limitando su papel como prestadora de servicios. En el debate sobre el ALGA sigue teniendo presencia el papel ANDA como rector-regulador-prestador.

El PNGIRH constituye una oportunidad para establecer las bases para el proceso de reforma normativa e institucional del sector hídrico. En particular, el PNGIRH es fuente de mayor y mejor información hídrica para el desarrollo de los instrumentos normativos sectoriales.

La protección del recurso hídrico es competencia del MARN; la Ley del Medio Ambiente (LMA) otorga





competencias plenas en esta área; reguladas en el art. 49 que establece la responsabilidad del MARN en la supervisión, la disponibilidad y la calidad del agua.

La LMA y su Reglamento General regulan la protección de los recursos hídricos y promueven el manejo integrado de las cuencas hidrográficas; así mismo, establecen que tal regulación debe precisarse a través de una Ley Especial. Cabe resaltar que el Reglamento General de la Ley de Ambiente no establece límites cuantitativos específicos relativos al mantenimiento de los ecosistemas de la cuenca.

Existe la Ley sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos que data de 1982, la cual contiene una regulación incompleta sobre la gestión del agua; esta ley está tácitamente derogada por la LMA. Por otra parte, la Ley de Riego y Avenamiento (LRA) de 1970 constituye un amplio texto regulador en materia de aguas para riego y puede proporcionar un marco adecuado para mejorar la eficacia en el sector agrícola; sin embargo, y a pesar de las inversiones realizadas y subvenciones aportadas, por ejemplo, en los Distritos de Riego se está trabajando con niveles de eficiencia muy bajos. La LRA puede ser mejorada sobre la base de un equilibrio entre el desarrollo de la infraestructura y la modernización institucional con nuevos instrumentos económicos.

La LRA otorga al MAG competencias amplias para la explotación del recurso a través del riego. En tanto no se derogue su art. 4., la capacidad para asignar prioridades en el uso de los recursos hídricos recae en los ramos del Órgano Ejecutivo de Agricultura y Ganadería, de Economía, de Obras Públicas y de Salud Pública. La LRA determina que los conflictos que se presenten con motivo de tales prioridades o usos, se resolverán en el Consejo de Ministros.

Actualmente, varias instituciones tienen competencia relativa a los usos del agua para consumo humano y de saneamiento, tales como: ANDA responsable de la prestación de los servicios, el MINEC autoriza las tarifas, el MH de la administración financiera de las transferencias de recursos a ANDA, el MINSAL del control de calidad del agua y el MARN del desarrollo de acciones que tiendan a proteger, mejorar o

mantener las condiciones de disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en cantidad y en calidad. Este reparto de competencias requiere adicionalmente de una coordinación de funciones que no siempre se cumple.

No existe una institución que realice la gestión multi-sectorial del agua en las fuentes, integrando la gestión de la cantidad y de la calidad del recurso hídrico, para asegurar una disponibilidad que permita satisfacer las necesidades presentes y futuras. La gestión actual se caracteriza por ser sectorial con amplias competencias para cada una de las instituciones ya mencionadas; representa una visión no integrada de la gestión del recurso.

Actualmente, existen determinados espacios de coordinación institucional que pueden ser aprovechados, por ejemplo, el Sistema Nacional de Medio Ambiente (SINAMA) es un espacio interinstitucional y territorial de trabajo en materia ambiental, que eventualmente puede jugar un rol directo en la planificación y gestión del recurso hídrico. Otro espacio de carácter estratégico es el Comité Técnico Ejecutivo Interinstitucional (CTEI) coordinado por la Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia (STPP), la cual, desde el 2010, reúne a 15 entidades nacionales con competencias y atribuciones en materia hídrica. El CTEI facilita la socialización y la coordinación de algunas agendas estratégicas en materia de gestión hídrica, tales como las consultas y aportes a las propuestas de normativa hídrica, presentación de planes de trabajo, e iniciativas relacionadas a la gestión hídrica y a procesos de capacitación.

Asimismo, existen potenciales sinergias con leyes y políticas orientadas al desarrollo que deben ser tenidas en cuenta, como la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial que aún no ha sido puesta en marcha por el Estado y que es necesario considerar en el marco del proceso de ordenamiento institucional, por sus implicaciones en el uso y gestión de los recursos naturales y del suelo.

También, es necesario incorporar los usos del agua para abastecimiento humano en el sector rural a un marco de gestión regulado; estos no tienen un

control jurídico e institucional formal, lo cual amenaza la sostenibilidad de los sistemas de agua potable y pone en riesgo el acceso al agua potable por parte de las comunidades (FAO, 2010).

El sector eléctrico cuenta con condicionantes específicos: las concesiones deben ser otorgadas por la Asamblea Legislativa y no pueden ser de carácter permanente.

En el nivel jurisdiccional, la LMA, emitida en 1998, establece una Cámara de Primera Instancia en San Salvador y tres Cámaras de Segunda Instancia. La Corte Suprema de Justicia hasta diciembre de 2014 estableció el Tribunal Ambiental, el cual ha iniciado algunos procesos mediante denuncias ciudadanas. Las instancias jurisdiccionales son de gran importancia ya que su desempeño contribuiría en gran medida en la aplicación eficiente de la normativa sobre los recursos hídricos y a resolver la situación de impunidad.

El Salvador no cuenta con un Registro de Derechos de Uso de Agua ni con un marco legal para su otorgamiento; en la legislación existente las autorizaciones de aprovechamiento para uso agrícola están reguladas por la LRA, pero en la práctica la obligatoriedad establecida se incumple con frecuencia. En los casos en que los permisos o concesiones son correctamente otorgados, existe un deficiente monitoreo sobre el cumplimiento de las obligaciones asociadas, lo que conlleva frecuentemente a no respetar los derechos de uso de agua y a explotar el recurso sin ninguna limitación.

## 2.2. Objetivos de la gestión integrada del recurso hídrico

Su objetivo estratégico es lograr la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) en las cuencas hidrográficas que garantice el acceso al agua a toda la población y satisfaga sus demandas presentes y futuras, bajo criterios de valoración, conveniencia, participación, corresponsabilidad, eficiencia, protección ambiental, prevención de riesgos y equidad, promoviendo acciones integradas para su desarrollo sostenible.

Los principios de la gestión integrada del recurso hídrico se originan en los Principios de Dublín de 1992:

- Principio 1: El agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para la vida, el desarrollo y el ambiente.
- Principio 2: El desarrollo y la gestión de los recursos hídricos deberán basarse en un enfoque participativo que involucre a las personas usuarias, a las moderadoras y a las políticas en todos los niveles.
- Principio 3: Las mujeres tienen un papel central en la provisión, la gestión y el cuidado de los recursos hídricos.
- Principio 4: El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y deberá ser reconocida como un bien social y económico.

En El Salvador, la gestión integrada del recurso hídrico constituye una de las líneas prioritarias de acción de la Política Nacional del Medio Ambiente (PNMA); de allí la importancia de propiciar el desarrollo institucional, desde el Consejo de Ministros, que incorpore por lo menos los siguientes aspectos:

- El agua como bien nacional y de uso público.
- Derecho humano al agua saludable: garantiza el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia suficiente, salubre, segura, aceptable, accesible y a un costo asequible para el uso personal y doméstico, en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Este derecho implica que el uso prioritario de las aguas es el abastecimiento de la población en sus necesidades primarias.
- Sustentabilidad: el bienestar humano se relaciona directamente con la calidad de los ecosistemas como ríos, lagos, lagunas, esteros, manglares y otros, por lo que debe garantizarse que estos disponen del agua necesaria en cantidad y calidad.
- Adaptación al cambio climático y gestión de riesgos: obligatoriamente se debe incorporar un



enfoque de adaptación al cambio climático, sobre todo ante la creciente variabilidad climática.

- Rectoría y regulación: para superar la crisis institucional actual en la GIRH debe definirse claramente la rectoría del sector que garantice la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para los diversos usos.
- Asignaciones públicas y permisos: toda persona natural o jurídica, pública o privada, que pretenda aprovechar recursos hídricos con fines ajenos al uso doméstico debe obtener la autorización correspondiente, ya sea como asignación en el caso de las entidades públicas o como permisos, en el caso de los particulares.
- Cobro por asignaciones y permisos para financiar inversiones prioritarias.
- Captación y aprovechamiento de aguas lluvias: se deberá poder utilizar libremente, sin necesidad de autorización ni de pago, las aguas lluvias recolectadas y almacenadas artificialmente, siempre que no causen daños a terceros.
- Información y planificación: un robusto sistema de información hídrica es esencial para apoyar la planificación a todas las escalas (nacional, por cuenca, región o zona) que contemple la evaluación de forma sistemática del recurso en cantidad y calidad en las diferentes cuencas del país; proporcione información sobre los usos y

demandas de agua para elaborar los balances hídricos a nivel de cuenca y micro-cuenca que permitan identificar las zonas de estrés hídrico; monitoree los vertidos de aguas residuales en los cuerpos receptores; y amplíe el conocimiento sobre el estado de los acuíferos, su disponibilidad de agua y estado de explotación. Todo ello requiere del fortalecimiento de las redes de monitoreo, de la cantidad y calidad de aguas superficiales y subterráneas, y de las capacidades de análisis e investigación.

- Gobernabilidad local del agua: organizar a la población alrededor de temáticas hídricas con énfasis en el manejo integral de cuencas hidrográficas, es clave para impulsar acciones que atiendan la problemática del agua.
- Los limitados recursos humanos y financieros de las instituciones responsables de la GIRH restringen la capacidad institucional y determinan las posibles actividades a realizar y, qué objetivos podrán cumplirse. Por tanto es necesario definir un plan de inversiones estratégicas que permita articular la agenda hídrica con otras políticas asociadas.





## 3. Descripción general del territorio



La descripción general del territorio de El Salvador en relación al agua, comprende la caracterización física del territorio, la caracterización y delimitación de los cuerpos de agua superficial y de las masas de agua subterráneas, más las zonas de interés económico y ambiental. No se incluye aquí la caracterización económica, pues esta se desarrolla en el acápite 5.1.

### 3.1. Caracterización física

Los principales rasgos topográficos, climáticos y geológicos definen el marco físico de El Salvador. A continuación se describen brevemente estas características. Mayor detalle el Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas.*

#### 3.1.1. Características topográficas y fisiográficas

El Salvador es el único país centroamericano con costa a un solo océano, el Pacífico. Hace frontera al

oeste y noroeste con Guatemala, al norte y noreste con Honduras y al este con el golfo de Fonseca que lo separa de Honduras y Nicaragua.

Al norte del país discurre la Sierra Madre de Chiapas, y al sur una cadena montañosa de volcanes, quedando englobada entre estas dos cadenas montañosas una meseta central. Desde la zona de montañas hasta el océano Pacífico el área es caracterizada por tierras bajas tropicales de sabana. (Mapa1)

Políticamente, el país está dividido en 14 departamentos y 262 municipios, cuenta con una superficie total de 21 034.85 km<sup>2</sup>.

#### 3.1.2. Características climáticas

El clima de El Salvador es tropical, con una estación húmeda (de mayo a octubre) y otra seca (de noviembre a abril), que divide el año hidrológico.





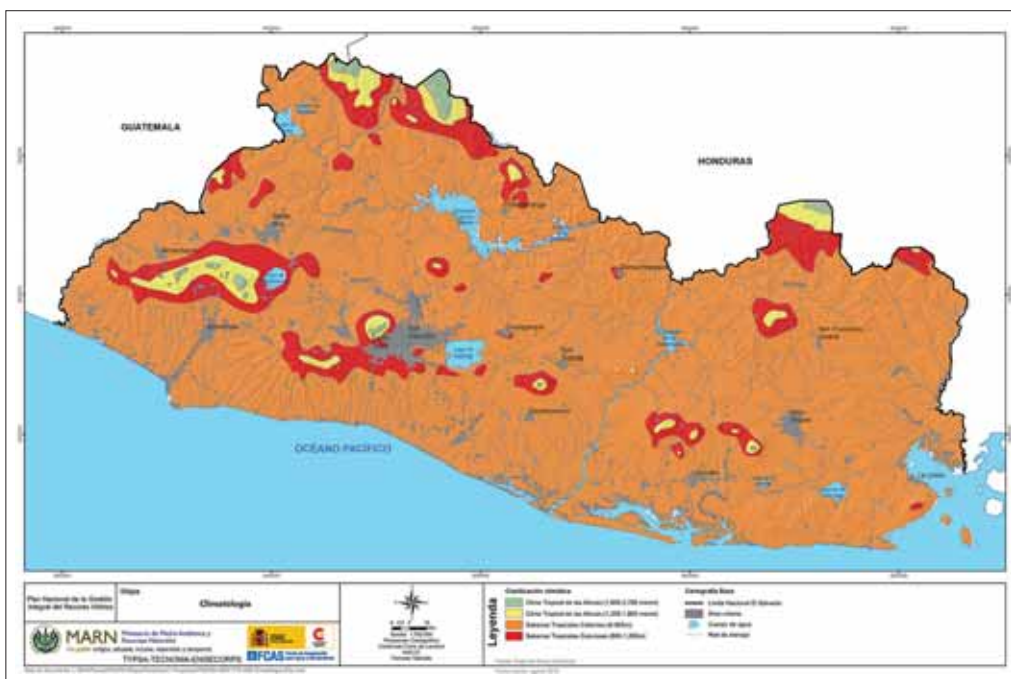
Mapa 1.  
Red hidrográfica y modelo digital del terreno de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN con información propia y del Centro Nacional de Registros para la formulación del PNGIRH.

El mapa 2 muestra la clasificación climática de Köppen en El Salvador; elaborada a partir del shape de clasificación climática proporcionado por el MARN. Se aprecia cómo, en la mayor parte del país, el clima predominante es de tipo sabana tropical caliente.

Mapa 2.  
Clasificación climática de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN basada en información propia y la Clasificación climática Köppen.

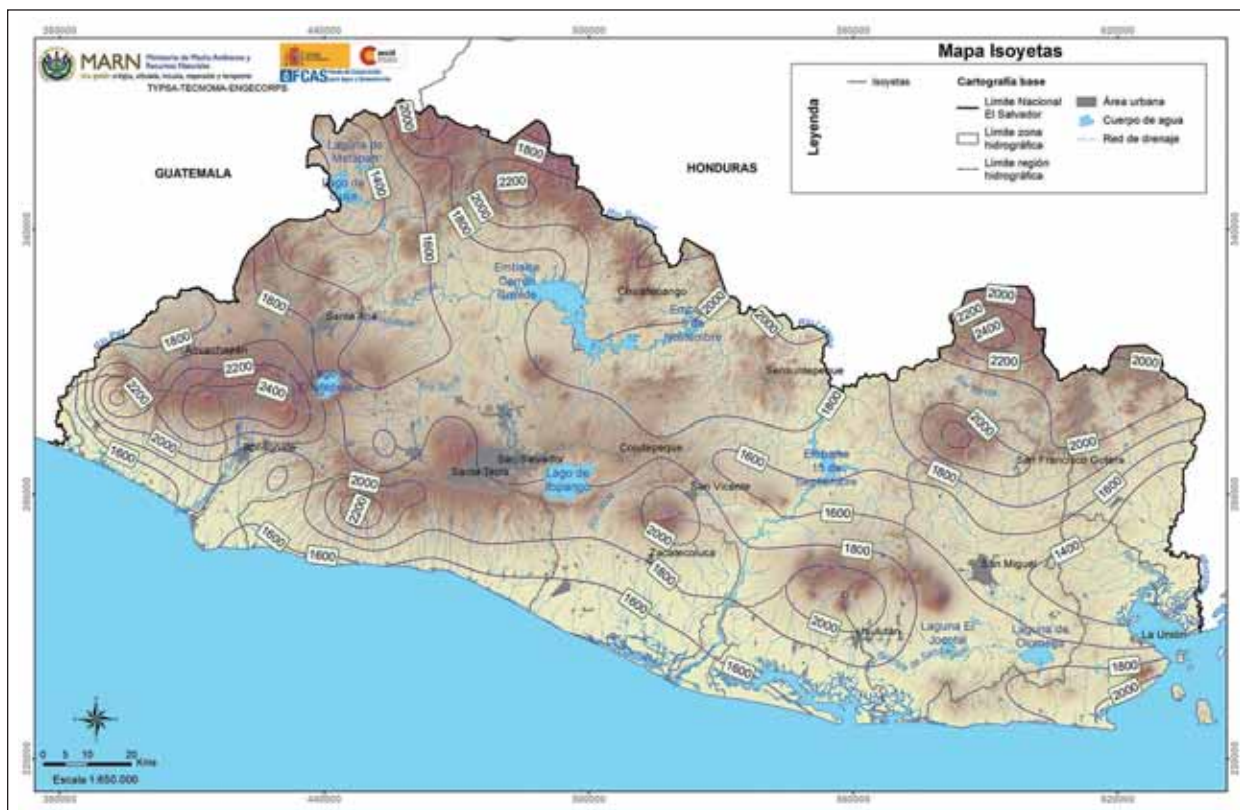


La precipitación histórica anual sobre el territorio salvadoreño, de acuerdo al análisis de información pluviométrica realizado en el marco de los trabajos del PNGIRH, oscila entre 1526 a 2341 mm/año, siendo el promedio multianual de la serie comprendida entre los años 1965 a 2012 de 1785 mm/año. Las zonas

más lluviosas se encuentran en las montañas de Santa Ana (al suroeste), Cerrón Grande (al norte), Perquín (noreste) y Usulután (al sur). Estos valores descienden hacia el centro del país y hacia el este, donde se dan los valores más bajos en Santa Cruz.

Mapa 3.

Isoyetas de precipitación promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965/2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Se distinguen dos periodos claramente diferenciados: el lluvioso de mayo a octubre, con una precipitación media de 1657 mm equivalente al 93 % de la lluvia

total anual, y el seco de noviembre a abril, con una precipitación de 128 mm que representa el 7 %.

Cuadro 1.

Precipitación total mensual multianual acontecida en El Salvador para el periodo 1965/2012

Periodo	Precipitación total mensual (mm)												Total	
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(mm)	(%)
Año	2	2	13	60	211	305	268	305	344	224	45	6	1785	
%	0%	0%	1%	3%	12%	17%	15%	17%	19%	13%	3%	0%		100%
Húmedo					x	X	x	x	x	x			1657	93%
Seco	x	x	x	x							x	x	128	7%

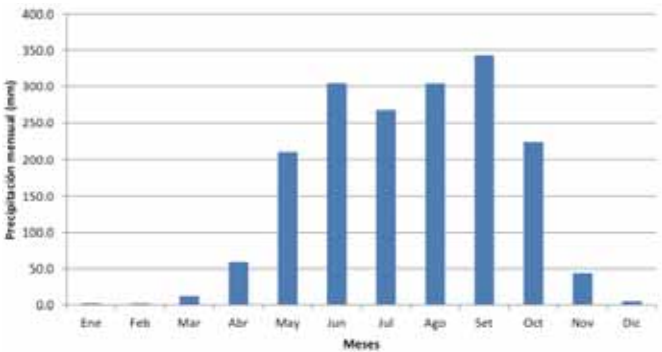
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



En el gráfico 1 se muestra el histograma de precipitación promedio mensual multianual deducido a escala nacional para el periodo 1965/2012.

Gráfico 1

Histograma de precipitación promedio mensual multianual en El Salvador para el periodo 1965/2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

La estación lluviosa, por lo general, presenta dos picos máximos de lluvia y un mínimo entre éstos, siendo septiembre el mes más lluvioso seguido de junio y agosto. Septiembre viene asociado a una mayor ocurrencia de “temporales”, consecuencia

de alteraciones en las condiciones atmosféricas y climáticas en el océano Pacífico que producen dos o tres días con lluvias persistentes e intensas, que acumulan por lo menos 100 mm en 24 horas. La estación seca (de noviembre a abril) es determinada por la confluencia de factores orográficos, atmosféricos y oceanográficos que producen una disminución o ausencia de lluvias, constituyendo así el clima característico de la vertiente del Pacífico en América Central.

En cuanto a la temperatura, se dispone de datos históricos de temperatura de las 25 estaciones climatológicas principales existentes en el país, donde los valores de temperatura máxima, mínima y promedio anual, para el periodo 1970/2012, fueron de 19.8, 24.5 y 31.6 °C respectivamente. Los valores máximos se dan en los departamentos de San Vicente y San Miguel (35.9 y 35.7 °C respectivamente), y los mínimos en Santa Ana y Chalatenango (16.7 y 16.9 °C); como complemento a lo indicado, en el cuadro 2 se muestran las valores de temperaturas mínima, media y máxima mensual multianuales estimadas para todo el territorio nacional en el marco del PNGIRH.

Cuadro 2

Temperaturas mínima, media y máxima mensual multianual (°C) de El Salvador (periodo 1965/2012)

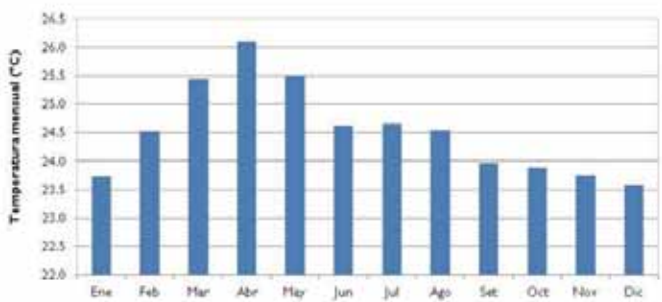
Temperaturas	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Mínima	17.9	18.4	19.5	20.8	21.2	20.8	20.4	20.4	20.4	20.1	19.1	18.2
Media	23.7	24.5	25.4	26.1	25.5	24.6	24.7	24.5	24.0	23.9	23.7	23.6
Máxima	31.7	32.8	33.8	33.9	32.2	30.9	31.2	31.1	30.2	30.1	30.6	31.1

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Del cuadro anterior se desprende que entre el mes más frío, enero con 17.9 °C, y el más cálido, abril con 33.9 °C, la diferencia máxima de temperatura es de 16 °C. Así mismo, en el gráfico 2 se aprecia el histograma de temperatura media mensual multianual de El Salvador para el periodo de estudio considerado 1965 - 2012.

Gráfico 2

Histograma de temperatura media mensual multianual de El Salvador (periodo 1965/2012)



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

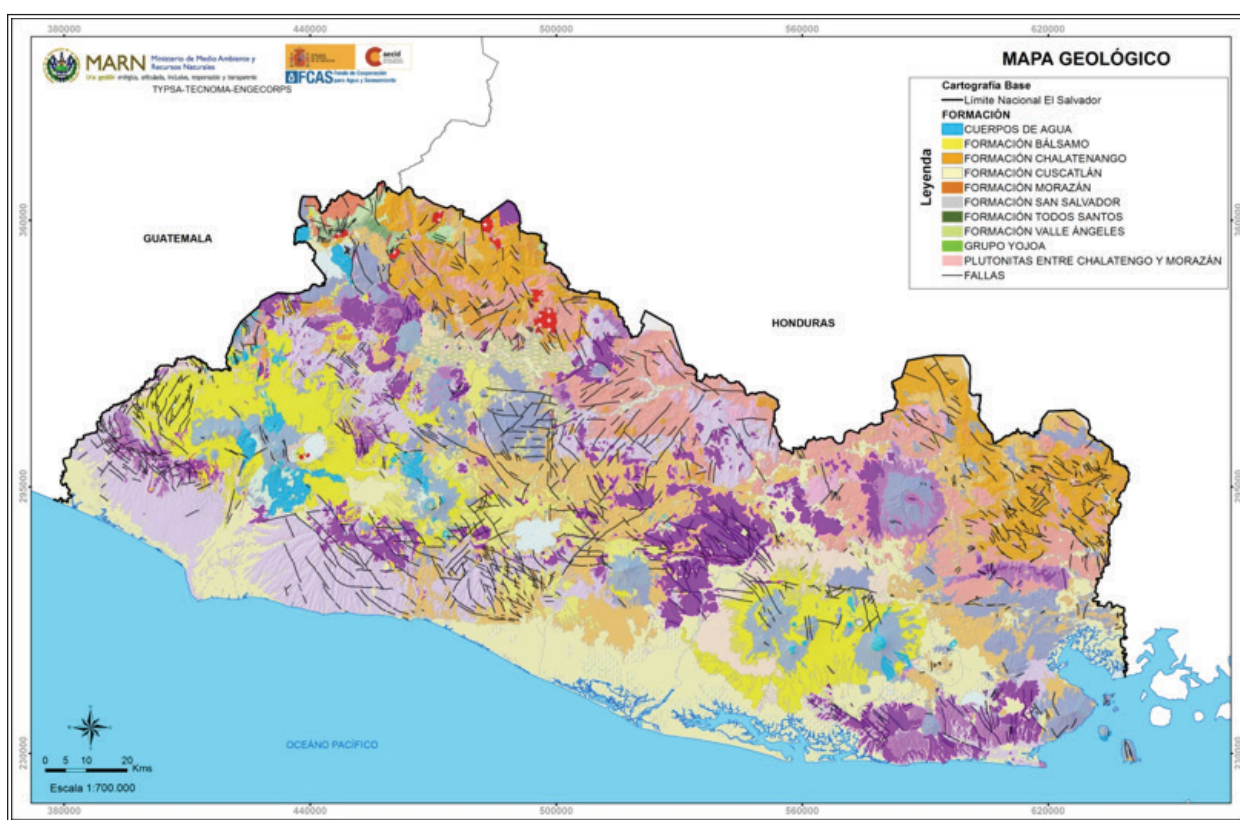
### 3.1.3. Caracterización geológica

Desde el punto de vista geológico, El Salvador es un país extremadamente joven. Una cuarta parte de su territorio es de edad pleistocénica y tres cuartas partes están cubiertas por rocas de edad terciaria, predominando la época pliocénica.

Los materiales más antiguos identificados se limitan al noroeste del país y pertenecen a los denominados estratos de Metapán, que cuentan con depósitos marinos del periodo cretácico. Éstos cubren aproximadamente un 5 % del territorio salvadoreño, por lo que no juegan un papel importante en la constitución geológica total.

En posiciones más meridionales, la Formación Bálsamo (de edad Pliocena) cubre grandes superficies del país (sierra Tacuba, Cordillera del Bálsamo, cordillera Lucuarán - Intipucá y algunas zonas del norte de Santa Ana). Esta formación se dispone mayoritariamente en una franja de unos 90 km de ancho, asociada a una importante actividad volcánica. El resto de formaciones identificadas están originadas, en su mayoría, por fenómenos volcánicos. El mapa 4 muestra la distribución espacial de las formaciones y grupos que componen la geología del país así como los principales sistemas de fracturas cartografiados.

Mapa 4.  
Síntesis del mapa geológico de El Salvador



Fuente: Mapa geológico. Weber, 1978.

Las diferentes formaciones y grupos descritos conforman una secuencia de unidades, casi exclusivamente terciaria y cuaternaria continental con origen volcánico, con intercalaciones de sedimentos fluviales, lacustres y aluviales.

A parte de las series marinas, en el país, solo se conocen rocas sedimentarias fluviales y lacustres que cubren extensiones limitadas, se trata de productos volcánicos transportados y sedimentados nuevamente con otros similares, esto indica que





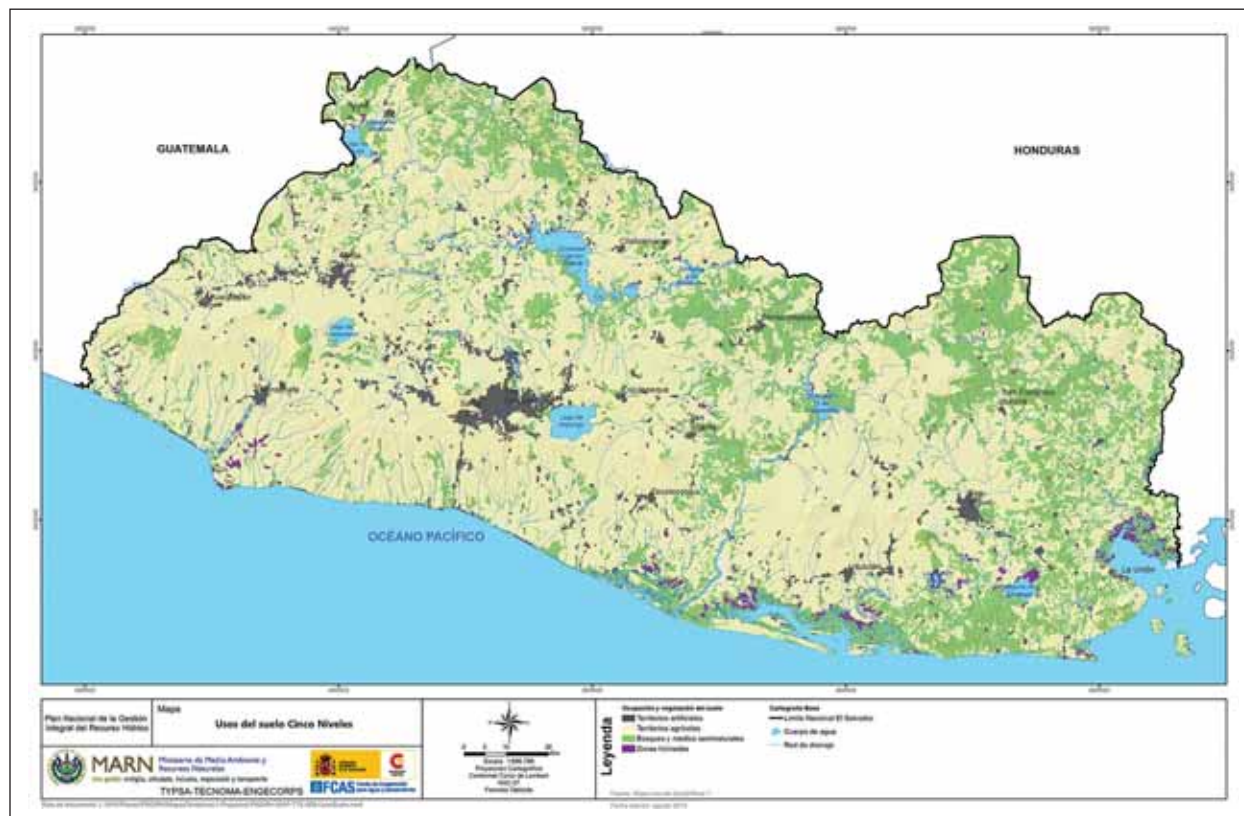
son contemporáneos con ciertas actividades eruptivas. También se encuentran sedimentos aluviales con distribución sensiblemente superior a lo largo de los ríos más importantes, de las grandes depresiones y las llanuras litorales.

### 3.1.4. Caracterización de usos del suelo

Para esta caracterización se utiliza la capa del Corine Land Cover del año 2002, que clasifica los usos y define la cobertura vegetal.

Mapa 5.

Usos de suelo en El Salvador según cinco niveles de ocupación (2002)



Fuente: Usos del Suelo (2002).

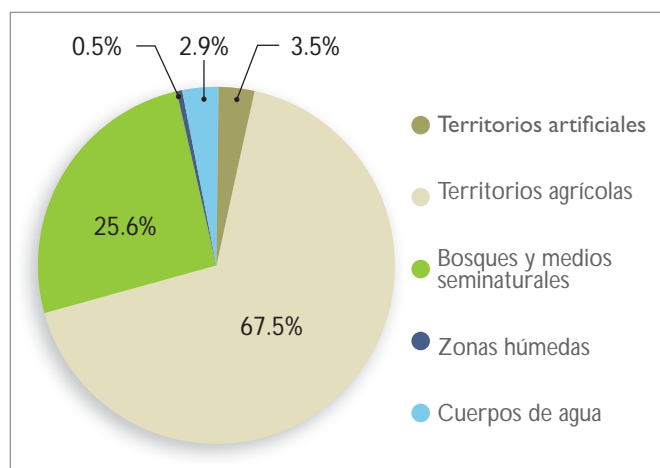
Los niveles corresponden a los siguientes tipos de uso de suelo y a las subclases definidas a continuación:

- **Nivel 1:** Territorios artificiales:
  - o Zonas urbanizadas
  - o Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación
  - o Minas, escombreras y zonas de construcción
  - o Zonas verdes artificiales, no agrícolas
- **Nivel 2:** Territorios agrícolas que ocupan la mayor extensión del país:
  - o Cultivos anuales
  - o Cultivos permanentes
  - o Pastos
  - o Zonas agrícolas heterogéneas
- **Nivel 3:** Bosques y medios semi naturales:
  - o Bosques
  - o Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea
  - o Espacios abiertos, sin o con poca vegetación
- **Nivel 4:** Zonas húmedas:
  - o Zonas húmedas interiores
  - o Zonas húmedas marítimas
- **Nivel 5:** Cuerpos de agua:
  - o Aguas continentales
  - o Aguas marítimas.

Existe un claro predominio de la vegetación agrícola en todo el país, la cual comprende: árboles frutales, caña de azúcar, café, piña, cultivos anuales asociados a cultivos permanentes, cultivos permanentes herbáceos, granos básicos, hortalizas, mosaico de cultivos y pastos, otros cultivos irrigados, plataneras y bananeras. Actualmente, los principales productos explotados en el país son maíz, frijol, sorgo o maicillo, frutas, verduras y vegetales, lo que constituye la base de la alimentación salvadoreña (UICN, 2009).

Dentro de la “vegetación forestal” quedan comprendidos: bosques caducifolios, bosques mixtos, mixtos semi caducifolios, mangle, coníferas, sistemas agroforestales, vegetación arbustiva baja, vegetación herbácea natural y zonas ecotonales.

**Gráfico 3.**  
Distribución de los usos de suelo según cinco niveles de ocupación



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

## 3.2. Caracterización y delimitación de los cuerpos de agua superficial

Los cuerpos de agua superficial se clasifican en las siguientes categorías: ríos, lagos o humedales, aguas de transición y costeras.

### 3.2.1. Red hidrográfica

Teniendo en cuenta que la superficie nacional es de aproximadamente 21 034.85 km<sup>2</sup>, se puede afirmar

la importancia de su red hídrica natural que suma unos 9009 km. Su oferta hídrica es casi tres veces mayor que el promedio anual mundial; sin embargo, la deforestación, el uso inadecuado del territorio, de los desechos sólidos urbanos, y la erosión, provocan, entre otros efectos, la precaria condición en que se encuentran estos recursos hídricos.

#### 3.2.1.1. Organización hidrográfica

La distribución hidrográfica se determina por la topografía y la geología del territorio. La gran mayoría de los ríos posee drenaje de tipo detrítico, con un proceso geomórfico de erosión fluvial que se tipifica por la densidad de drenaje, la frecuencia de corrientes y la longitud promedio corta de los flujos superficiales. El territorio drena por 590 ríos y riachuelos a lo largo de 58 cuencas exorreicas, con vertiente al océano Pacífico. Dependiendo de la extensión de la cuenca y de sus caudales pueden clasificarse en tres grupos (MAG-PNUD, 1982):

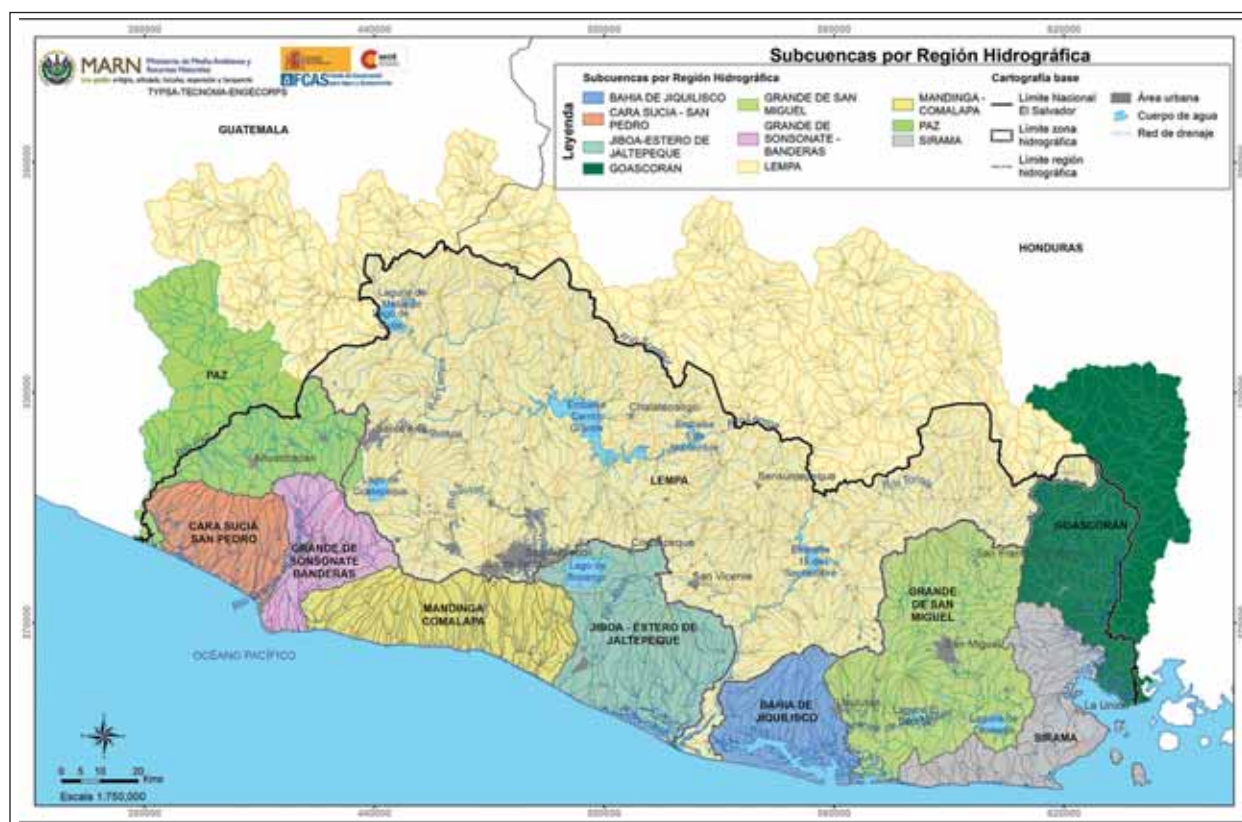
- El río Lempa, el mayor del país, y sus afluentes
- Tres ríos de caudales y longitudes medias: Grande de San Miguel y los fronterizos Paz y Goascorán con sus afluentes
- Ríos cortos con desembocadura directa al océano Pacífico

En la década de los 70, en el marco del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, El Salvador se organizó en diez regiones hidrográficas (RH), división usada en trabajos posteriores (MAG-PNUD, 1982); (SNET, 2005) y que se mantiene actualmente.

De estas regiones, la más importante por su extensión y mayor capacidad de generación y almacenamiento del recurso hídrico es la Cuenca Trinacional del río Lempa, el más largo de Centroamérica (UICN, 2009); cuya cuenca hidrográfica posee un área total de 17 935.50 km<sup>2</sup>, correspondiéndole a El Salvador 10 200.93 km<sup>2</sup> (el 56.88 %); el resto es compartido con Honduras y Guatemala en un 28.88 % y 14.24 % de su superficie respectivamente.



Mapa 6.  
Regiones hidrográficas de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 3.  
Superficie de las regiones hidrográficas de El Salvador, en territorio nacional y transfronterizo

Región hidrográfica	Área total (km <sup>2</sup> )	El Salvador (km <sup>2</sup> )	Honduras (km <sup>2</sup> )	Guatemala (km <sup>2</sup> )
A - Lempa	17 935.50	10 200.93	5180.40	2554.17
B - Paz	2163.89	893.95	-	1269.94
C - Cara Sucia - San Pedro	768.69	768.69	-	-
D - Grande de Sonsonate - Banderas	769.17	769.17	-	-
E - Mandinga - Comalapa	1302.91	1302.91	-	-
F - Jiboa - Estero de Jaltepeque	1638.85	1638.85	-	-
G - Bahía de Jiquilisco	916.79	916.79	-	-
H - Grande de San Miguel	2396.70	2396.70	-	-
I - Sirama	1064.30	1064.30	-	-
J - Goascorán	2455.14	1082.56	1372.58	-
Total	31 411.94	21 034.85	6552.98	3824.11

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cabe señalar que las dos cuencas binacionales de El Salvador son: la del río Paz con un 59 % de la cuenca drenante en Guatemala, y la del río Goascorán con un 56 % en Honduras. Una descripción más detallada

de las diez regiones hidrográficas se presenta en el Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas.*



### 3.2.1.2. Régimen hidrológico

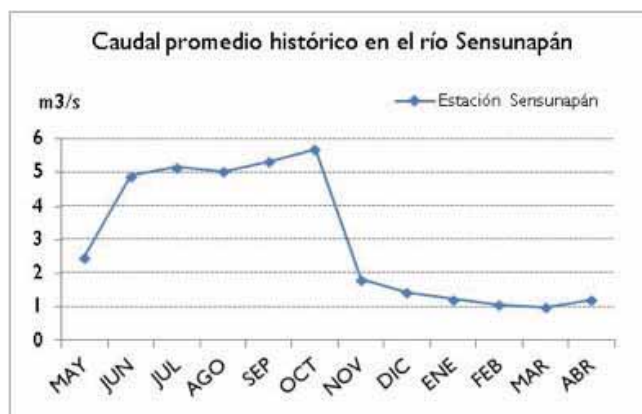
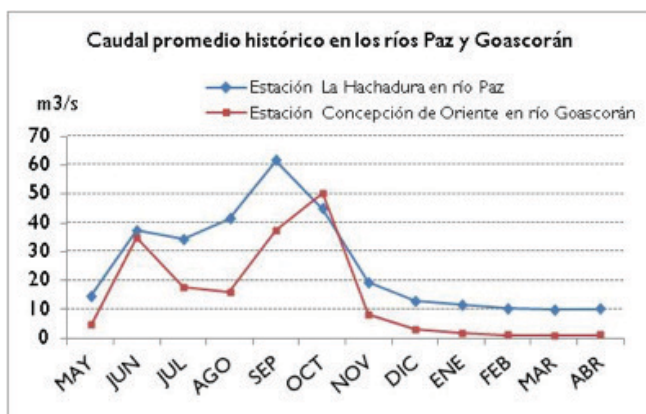
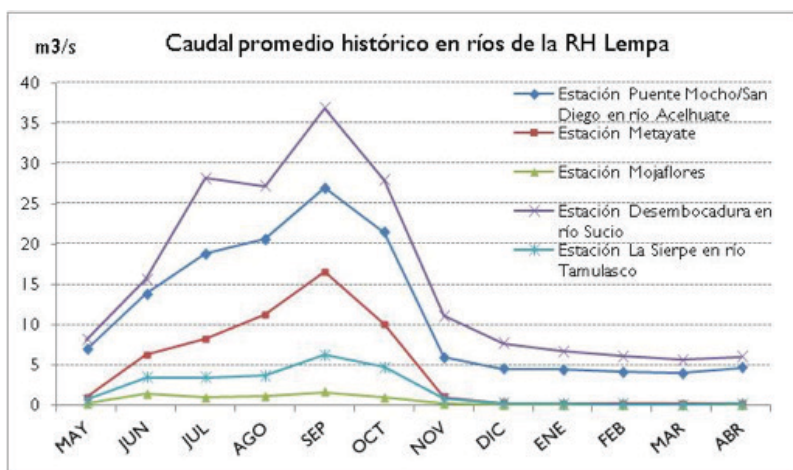
El régimen hídrico de los ríos de El Salvador está determinado por las lluvias. De acuerdo a la distribución pluvial durante el año, estos presentan dos periodos muy definidos: época lluviosa y época seca, durante la época lluviosa (mayo a octubre) los ríos llevan agua en abundancia, provocando muchas veces inundaciones; en la época seca (noviembre a abril) sus caudales son más bajos.

Un típico hidrograma de un río salvadoreño se explicaría de la siguiente manera: 1) el caudal de los ríos desciende progresivamente en el transcurso de la estación seca; 2) con las primeras precipitaciones de la estación lluviosa el caudal crece rápidamente, en particular con los temporales; 3) los caudales se

mantienen altos con las lluvias; 4) en septiembre se presentan las precipitaciones más altas del año, lo que se suma a la saturación de los suelos por las lluvias anteriores; los ríos alcanzan sus máximos niveles provocando: crecidas, inundaciones y desbordamientos, más frecuentes en septiembre y octubre, y tienen un mayor impacto en las cuencas deforestadas o mal manejadas; 5) con la llegada de la estación seca, los caudales bajan rápidamente a niveles mínimos. La estabilidad depende en forma directa del estado de la cuenca; en aquellas muy dañadas (deforestadas, erosionadas) el caudal puede llegar a cero en pocas semanas. La caracterización del régimen hidrológico en régimen natural en las diez RH de El Salvador forma parte del Acápite 4.2. Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas.*

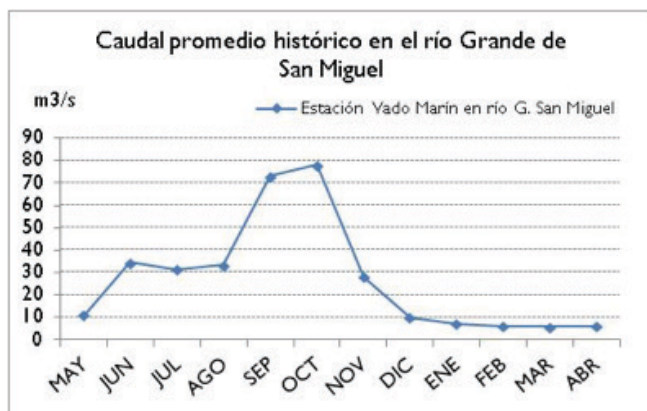
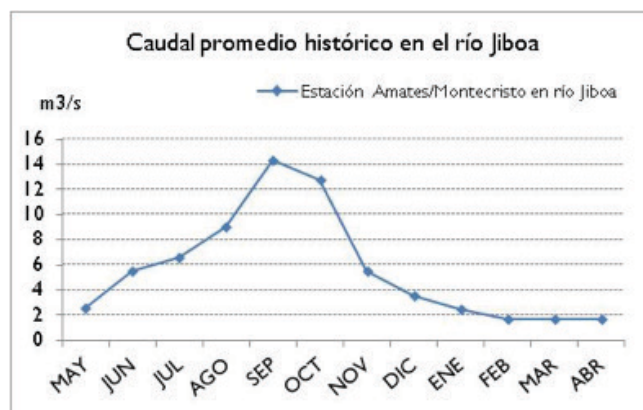
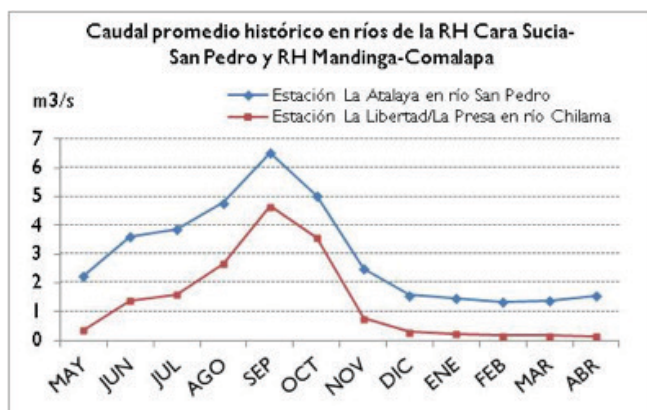
Gráfico 4

Caudal promedio mensual histórico basado en registros de estaciones hidrométricas en ríos, para las RH con información hidrométrica. Promedios mensuales multianuales calculados con registros discontinuos en el periodo 1959/2012





Continuación Gráfico 4.



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 3.2.1.3. Delimitación y codificación de subcuencas

A partir de los modelos digitales del terreno existentes, con tamaño de celda de 30 x 30 m, y la red fluvial a escala 1:25.000 proporcionada por el MARN, se desarrollaron los siguientes modelos mediante el uso de herramientas SIG:

- Modelo de direcciones y sentidos de los flujos superficiales, consistente en un “grid” que permite determinar para cada celda su dirección y sentido de desagüe, es decir, a qué celda contigua desagúa.
- Modelo de acumulación de flujos superficiales, consistente en otro “grid” que permite determinar para cada celda el número de celdas que vierten sobre ella.

A partir de la red fluvial facilitada y los dos últimos modelos comentados, se generó una capa

georreferenciada de subcuencas con una aportación mayor a los 10 km<sup>2</sup>. Cada una de las subcuencas de drenaje deducidas se codificó de manera única e inequívoca mediante la Metodología de Pfafstetter, estándar internacional adoptado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (1997) y, por varios países de América Central y del Sur, tales como Brasil (2003), Perú (2008), Guatemala (2009), Ecuador (2011), Paraguay (2011) y Bolivia (2011).

En el Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas* se describe en detalle la metodología y el proceso de codificación de Pfafstetter y los antecedentes de codificación en Centroamérica; los mapas con todas las subcuencas de El Salvador codificadas según Pfafstetter se pueden encontrar en la Geodatabase del PNGIRH.

### 3.2.1.4. Codificación de ríos

Para la codificación de los ríos en El Salvador se aplica el método de Pfafstetter literalmente se hace por

la extensión de las cuencas vertientes, sin tener en cuenta la denominación de los ríos.

### 3.2.2. Lagos y humedales

El Salvador posee una importante variedad de humedales ubicados en la franja costera, en áreas montañosas y en áreas volcánicas con alturas superiores a los 1500 msnm. El área total cubierta por humedales se estima en 113 835 ha, es decir, el 5.4 % del territorio nacional.

Se identifican 59 humedales continentales y estuari-  
nos significativos representados por manglares, bos-  
ques saturados, estuarios, bajos intermareales, pan-  
tanos herbáceos, pantanos arbustivos, carrizales y  
tulares, pantanos de palmas, lagunas de inundación,  
lagunas en concavidades no cratéricas, lagunas de  
cráter, lagos de cráter, un lago natural situado fuera  
de cráter y tres embalses, incluido un humedal mari-  
no de especial importancia: el arrecife rocoso de Los  
Cóbanos, todos ecológicamente interrelacionados  
(UICN, 2009).

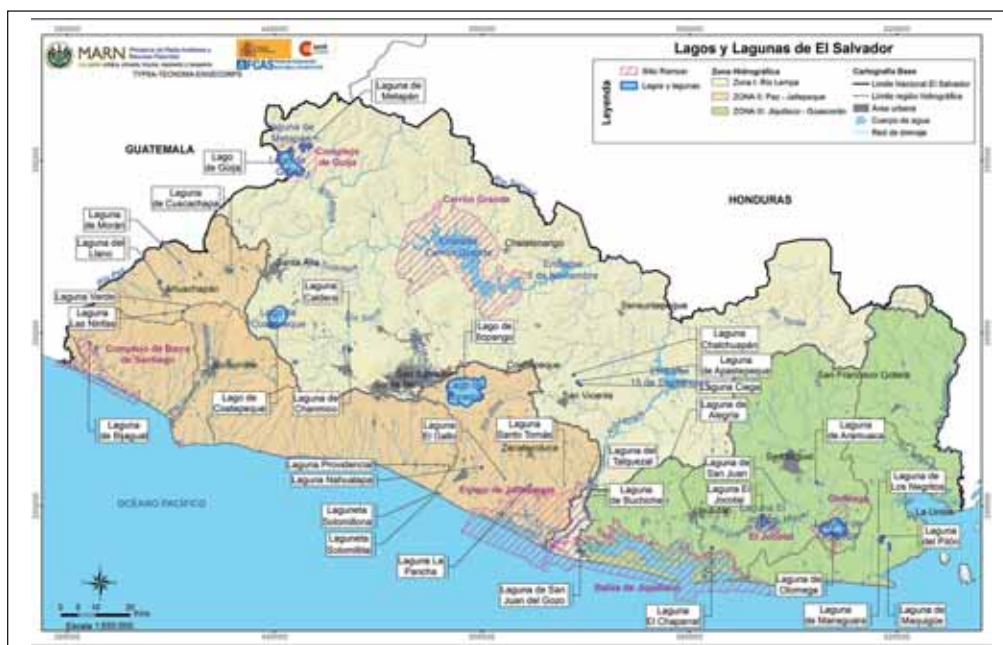
Algunos de los humedales de mayor relevancia son: lago de Güijá, embalse de Cerrón Grande, laguna

Verde de Apaneca, laguna de San Juan del Gozo, laguna de Olomega, laguna El Jocotal, Barra de Santiago, pantanos de Guadalupe - La Zorra, bocana del río Jiboa, Estero de Jaltepeque, isla El Cordoncillo - bocana del río Lempa, Bahía de Jiquilisco, manglares de San Juancito, península San Juan del Gozo - bocana, La Chepona / isla San Sebastián, estero El Tamarindo y golfo de Fonseca.

En el Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas* se incluye la descripción de los lagos y lagunas más relevantes a partir de las principales fuentes documentales (Inventario Regional de los cuerpos de agua continentales del istmo centroamericano, (OSPESCA-TAIWAN-OIRSA-MAG, 2005b); Inventario nacional y diagnóstico de los humedales de El Salvador (MARN/AECID, 2004); Catálogo de mapas de zonas críticas prioritarias en humedales Ramsar de El Salvador. (MARN, 2012d).

En el mapa 7 se muestran los principales lagos, lagunas y lagunetas; los Sitios Ramsar (SR) de El Salvador y los cuatro embalses del río Lempa, dos de los cuales, Guajoyo en el Complejo de Güija y Cerrón Grande son reconocidos como SR por su relevancia en el ecosistema.

Mapa 7.  
Lagos, lagunas y Sitios Ramsar de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



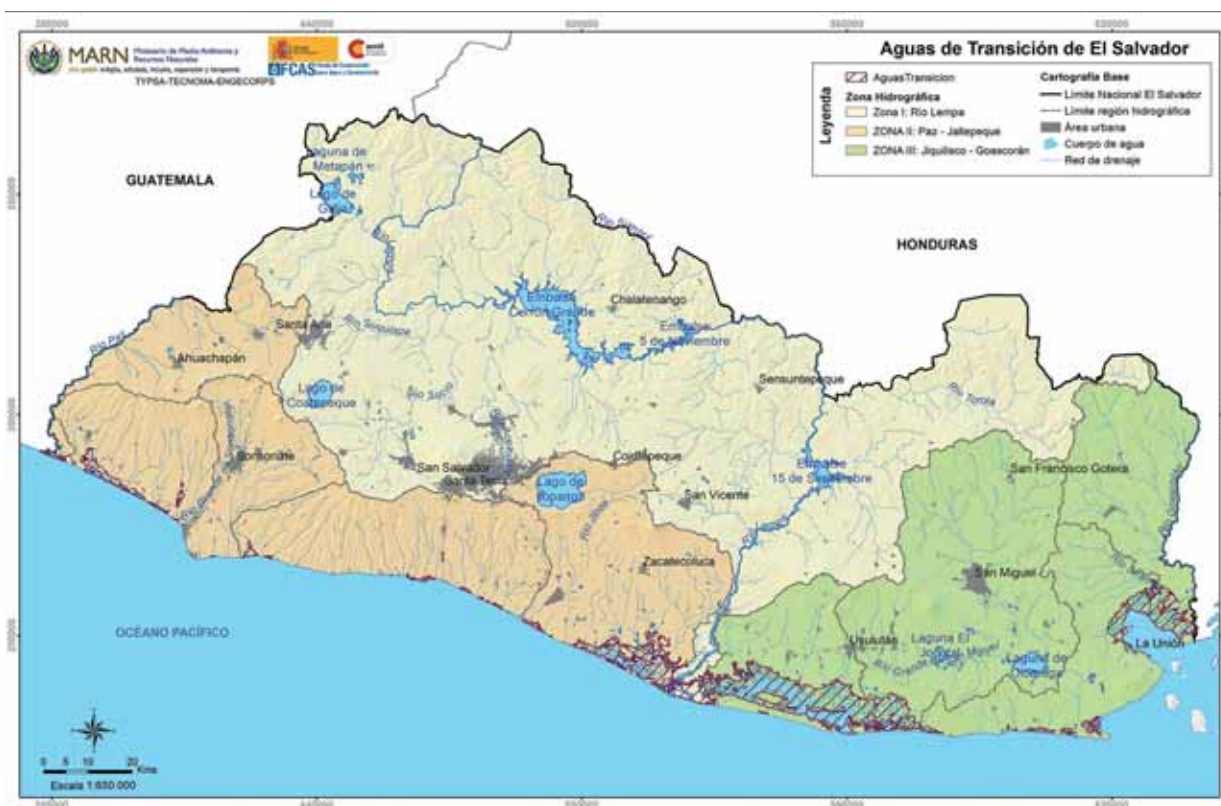


### 3.2.3. Aguas de transición

Las aguas de transición son masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos, parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad e interacción con las aguas costeras, pero que aún reciben una notable influencia de agua dulce. En el contexto del PNGIRH se consideran aguas de transición las que presentan especial interés ecológico o social.

En la actualidad no se cuenta con una clasificación de las aguas de transición, ni están reguladas o definidas en el marco normativo vigente. Por tanto, el PNGIRH presenta una propuesta de delimitación, según se muestra en el mapa 8. En su elaboración se trabajó con la capa georreferenciada de usos del suelo, y se consideraron las siguientes zonas: bosque de mangle, estuarios, lagunas costeras y esteros, marismas interiores, salineras y zonas ecotonaes.

Mapa 8.  
Aguas de transición delimitadas en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

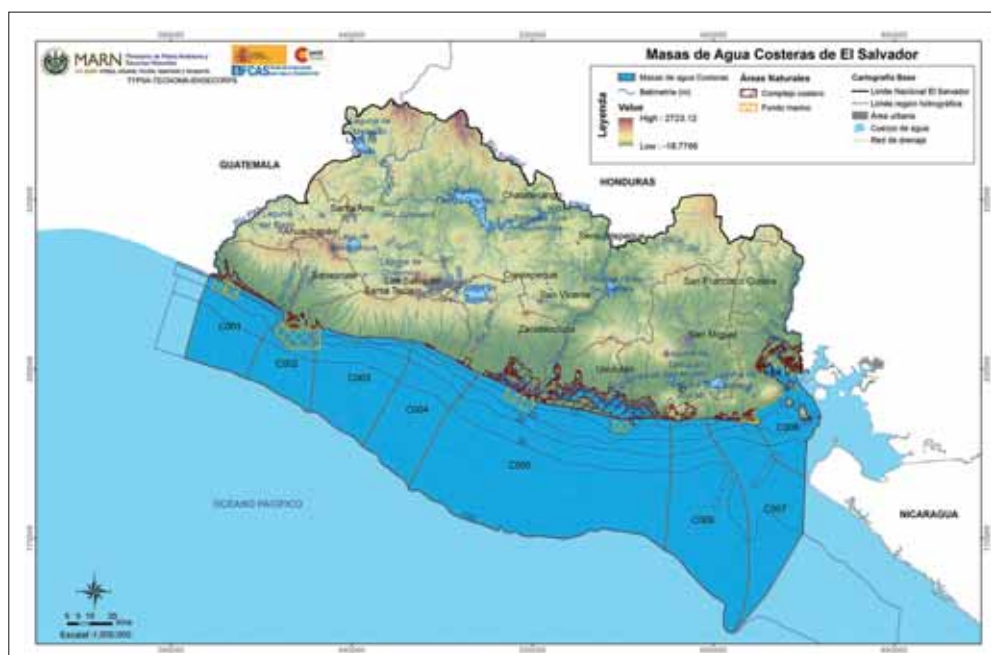
### 3.2.4. Aguas costeras

De acuerdo con el art. 5 de la LMA, se define la Zona Costero - Marina como: "La franja costera comprendida dentro de los primeros 20 km que va desde la línea costera tierra adentro y la zona marina en el área que comprende al mar abierto, desde cero a 100 m de profundidad, y en donde se distribuyen las especies de organismos del fondo marino." De acuerdo a esto, se tiene una superficie aproximada de 21 000 km<sup>2</sup> de los

cuales, una tercera parte corresponde a la franja costera terrestre y dos terceras partes a la franja marina.

Los criterios considerados para delimitar las aguas costeras se basan en sus rasgos naturales (paisaje), complementados con criterios legales (LMA) y unidades ambientales seleccionadas (áreas naturales protegidas o áreas de conservación). Se reconocen las siguientes masas de aguas costeras de El Salvador con su codificación. (Mapa 9 y cuadro 4)

Mapa 9.  
Masas de agua costera delimitadas en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 4.  
Masas de aguas costeras delimitadas en El Salvador.

Código MA	Nombre	Descripción	Área (km²)	Criterio
C001	Planicie costera de occidente	Planicie costera de occidente, estuario del río Paz y punta Remedios (Acajutla)	1173.51	División por el paisaje (planicie costera de occidente)
C002	Los Cóbano	Costa acantilada, entre punta Remedios (Acajutla) y el área natural protegida Los Cóbano	774.60	División por paisaje (costa acantilada asociada a la cordillera del Bálamo) y ÁNP (Los Cóbano)
C003	Costa Acantilada El Bálamo	Costa acantilada, entre el área natural protegida Los Cóbano y La Libertad	1532.82	División por paisaje (costa acantilada asociada a la cordillera del Bálamo)
C004	Planicie costera central	Planicie costera central oeste, entre La Libertad y el Estero de Jaltepeque	1485.74	División por paisaje (planicie costera central) y ÁNP (Esteros de Jaltepeque)
C005	Esteros de Jaltepeque y Bahía de Jiquilisco	Planicie costera central este, entre el Estero de Jaltepeque y playa El Espino	6178.25	ÁNP (Esteros de Jaltepeque y Bahía de Jiquilisco)
C006	Costa acantilada Jucuarán	Costa acantilada - Jucuarán, entre playa El Espino y el Cuco	5209.20	División por paisaje (costa acantilada asociada a la sierra de Jucuarán)
C007	Planicie costera oriental	Planicie costera oriental, playa el Cuco y punta Amapala	1108.01	División por paisaje (planicie costera oriental)
C008	Costa del golfo de Fonseca	Costa del golfo Fonseca, entre punta Amapala y el estuario del río Goascorán	837.94	División por paisaje (costa del Golfo de Fonseca) y ÁNP (Complejo Bahía de La Unión)

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.





### 3.3. Caracterización y delimitación de las masas de agua subterráneas

En el mapa hidrogeológico de El Salvador se identifican las siguientes tipologías de unidades hidrologicas (UH):

- Unidad acuífero volcánico fisurado de gran extensión y posible alta producción: constituida por rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico con intercalaciones de materiales piroclásticos. Entre ellas se distinguen flujos y coladas de lavas, materiales que pueden presentar valores de permeabilidad de medios a altos como consecuencia de su porosidad secundaria por fracturación.
- Unidad acuífero volcánico fisurado de extensión limitada y productividad media: integrada por los mismos materiales de la unidad anterior, pero su distribución espacial es sensiblemente inferior.
- Unidad acuífero poroso de gran extensión y productividad media: sus materiales consisten principalmente en piroclastos aglomerados y re trabajados (piedra pómez, lapilli, tobas, etc.) con un tamaño de componentes líticos que varía de fino a grueso. Los valores de permeabilidad oscilan entre términos medios y bajos, dependiendo del tamaño de los componentes líticos, el grado de limpieza (contenido de limo y arcilla) y el grado de compactación de los diferentes materiales. Esta unidad puede llegar a tener más de 50 m de profundidad.
- Unidad acuíferos locales de extensión limitada y de productividad mediana a baja: contiene básicamente sedimentos aluviales (arenas, gravas, etc.) transportados por los ríos desde las partes topográficamente más altas hasta las llanuras. Sus materiales presentan una permeabilidad de media a baja que depende de aspectos como su granulometría, grano de limpieza y compactación. El espesor de estos sedimentos puede superar los 15 m.
- Unidad acuíferos locales generadas por sistemas de fallas: integrada principalmente por rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico, dis-

tinguiéndose flujos y coladas de lavas; las cuales pueden presentar permeabilidades de medianas a bajas como consecuencia de su porosidad secundaria por fracturación, formando pequeños acuíferos locales. La unidad se manifiesta frecuentemente por la presencia de manantiales que contribuyen al caudal local, base de los sistemas de escorrentía superficial.

- Unidad rocas no acuíferas: compuesta por flujos macizos de lavas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, además de lahares cementados, presentando permeabilidades muy bajas. La profundidad a la que se encuentran puede superar los 100 m.

La unidad de trabajo básica para el desarrollo del PNGIRH es el acuífero, definido como una o más formaciones geológicas capaces de contener un volumen apreciable de agua y de transmitirlo con cierta facilidad; se considera que la superficie acuífera equivale a 9611.88 km<sup>2</sup>, aproximadamente el 46.34 % de la superficie de El Salvador.

Los acuíferos pueden reunirse en grupos de dos o más atendiendo a sus comportamientos hidrogeológicos e hidroquímicos. Dichas agrupaciones reciben el nombre de masas de agua subterránea (MASub); también se identifican masas integradas por un único acuífero con características propias (litológicas, flujos subterráneos, hidroquímica, etc.) que lo individualizan del resto.

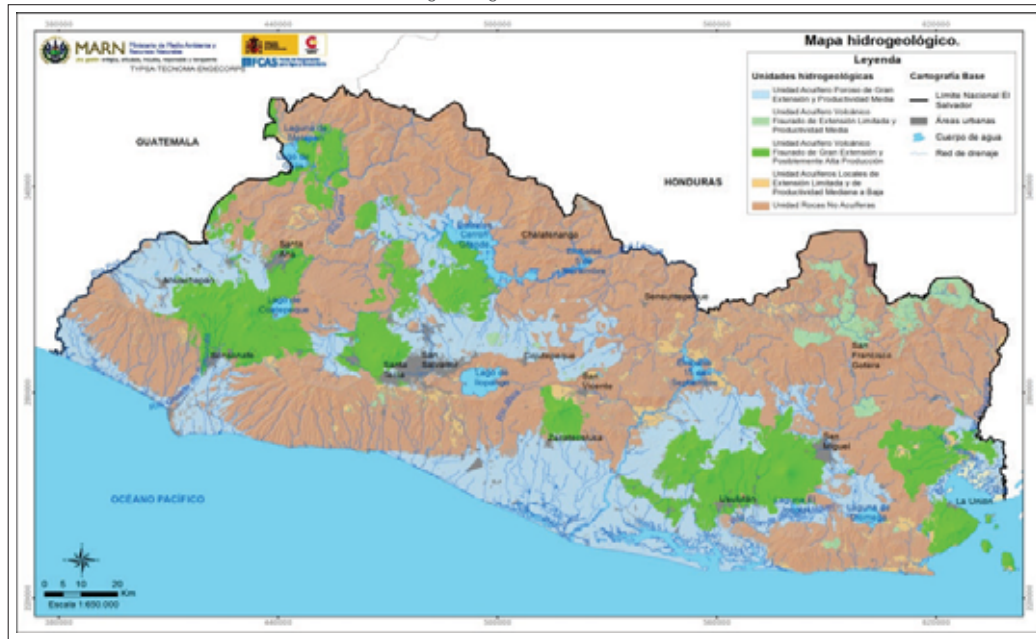
Gran parte de las delimitaciones acuíferas consideradas proceden de la bibliografía disponible; sin embargo, algunas de ellas son modificadas, en mayor o menor medida, en algunos lugares (uniendo, dividiendo o retocando algunos límites de acuíferos) cuando se considera oportuno, siempre siguiendo estrictos criterios hidrogeológicos y/o hidroquímicos. La delimitación de las MASub se lleva a cabo en el marco de la formulación del PNGIRH.

Finalizada la delimitación de la totalidad de los acuíferos y MASub de El Salvador, se procede a su codificación. Las MASub empiezan su código con la sigla ESA seguida de un guion medio y una numeración de

dos dígitos creciente de O, por ejemplo, ESA-01. De modo similar, los acuíferos pertenecientes a una misma MASub conservan el código inicial de ésta, añadiéndole un nuevo guion medio y otra numeración,

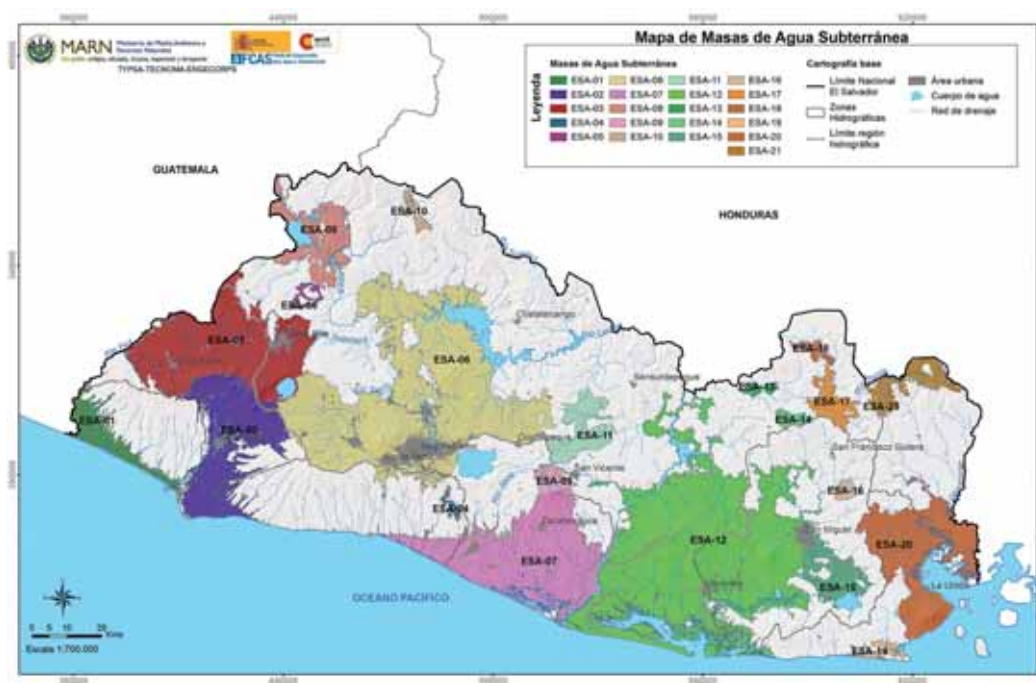
también de dos dígitos, igualmente creciente de O, por ejemplo ESA-01-01, ESA-01-02,... Como resultado de estos trabajos, se delimitan 72 acuíferos agrupados en un total de 21 MASub.

Mapa 10.  
Hidrogeológico de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN con información proporcionada por: ANDA-COSUDE, 2008.

Mapa 11.  
Masas de agua subterráneas de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGRH.



**Cuadro 5.**

Codificación de las masas de agua subterránea identificadas en El Salvador y de los acuíferos incluidos en ellas

Masa de agua subterránea	Acuífero	Superficie (km <sup>2</sup> )	Masa de agua subterránea	Acuífero	Superficie (km <sup>2</sup> )
ESA-01	ESA-01-01	189.41	ESA-07	ESA-07-01	942.74
ESA-02	ESA-02-01	292.43	ESA-08	ESA-07-02	87.53
	ESA-02-02	385.77		ESA-08-01	240.93
	ESA-02-03	15.67		ESA-08-02	16.97
ESA-03	ESA-03-01	257.37	ESA-09	ESA-08-03	23.29
	ESA-03-02	83.06		ESA-09-01	41.60
	ESA-03-03	180.77		ESA-09-02	21.45
	ESA-03-04	50.60	ESA-10	ESA-09-03	5.15
	ESA-03-05	103.02		ESA-10-01	35.09
	ESA-03-06	125.50	ESA-11	ESA-11-01	198.77
	ESA-03-07	127.51		ESA-12-01	59.29
	ESA-03-08	97.09		ESA-12-02	23.89
ESA-04	ESA-04-01	17.93	ESA-12	ESA-12-03	157.29
ESA-05	ESA-05-01	27.53		ESA-12-04	9.95
ESA-06	ESA-06-01	494.38		ESA-12-05	1 133.22
	ESA-06-02	5.40		ESA-12-06	157.61
	ESA-06-03	15.43		ESA-12-07	751.48
	ESA-06-04	3.21		ESA-12-08	143.14
	ESA-06-05	109.81		ESA-12-09	115.15
	ESA-06-06	0.17	ESA-13	ESA-13-01	24.08
	ESA-06-07	0.18		ESA-14-01	35.60
	ESA-06-08	0.12		ESA-15-01	202.95
	ESA-06-09	2.49	ESA-16	ESA-16-01	30.94
	ESA-06-10	0.88		ESA-17-01	95.67
	ESA-06-11	17.93	ESA-17	ESA-17-02	11.21
	ESA-06-12	229.37		ESA-18-01	36.63
	ESA-06-13	57.30	ESA-18	ESA-19-01	34.55
	ESA-06-14	16.36		ESA-20-01	321.01
	ESA-06-15	33.63	ESA-20	ESA-20-02	32.70
	ESA-06-16	12.33		ESA-20-03	156.76
	ESA-06-17	100.08		ESA-20-04	61.64
	ESA-06-18	36.38		ESA-20-05	98.99
	ESA-06-19	788.99	ESA-21	ESA-21-01	9.63
	ESA-06-20	241.04		ESA-21-02	101.22
	ESA-06-21	5.39		ESA-21-03	42.14
	ESA-06-22	11.16			
	ESA-06-23	15.93			

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

La delimitación de los acuíferos y la caracterización y descripción de los modelos de funcionamiento hidrogeológico de cada MASub forma parte del Acápite 4.2. Para mayor detalle Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas.*

### 3.4. Zonas hidrográficas, sistemas de explotación y zonas prioritarias

El proceso participativo para la construcción del PNGIRH se divide de acuerdo a las tres zonas hidrográficas (ZH) que integran el territorio nacional, las cuales a su vez están constituidas por una o más RH. Las zonas y sus regiones se identifican así:

- a. Zona Hidrográfica I. Lempa, constituida por la cuenca del río Lempa dentro del territorio nacional, recurso estratégico para el país que

deberá estar regulado especialmente en cuanto a su uso y protección.

- b. Zona Hidrográfica II. Paz - Jaltepeque, comprende las cuencas hidrográficas que existen en el espacio geográfico de los límites de la ZH Lempa hasta los límites fronterizos del occidente del país, le corresponden las RH siguientes: B. Paz, C. Cara Sucia - San Pedro, D. Grande de Sonsonate - Banderas, E. Mandinga - Comalapa, y F. Jiboa - Estero de Jaltepeque.
- c. Zona Hidrográfica III. Jiquilisco - Goascorán, determinada por los límites de la ZH Lempa, hasta los límites fronterizos del oriente del país; le corresponden las RH: G. Bahía de Jiquilisco, H. Grande de San Miguel, I. Sirama y J. Goascorán.

Mapa 12.  
Zonas Hidrográficas de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.





Así mismo, se define como sistema de explotación (SE) de recursos aquel constituido por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas, y reglas de explotación que aprovechan los recursos hídricos naturales y de acuerdo con su calidad, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación, cumpliendo los objetivos ambientales (MIMAM, 2008).

La división en regiones hidrográficas es la base para agrupar los cuerpos de agua en diez sistemas principales de explotación. La red hidrográfica, en cada uno de estos sistemas corresponde, en algunos casos, a una gran cuenca única, como es el caso de los sistemas de explotación asociados a las regiones de los ríos Lempa, Paz, Grande de San Miguel y Goascorán. En el resto, la red corresponde a varias cuencas independientes, próximas entre sí y con características geomorfológicas y socio-económicas similares.

Dichos sistemas de explotación consideran a su vez las relaciones de dependencia con las masas de agua subterránea (MASub), de las cuales reciben recursos

hídricos de forma natural, mediante manantiales o intercambios con el lecho de los ríos, o artificialmente mediante extracciones por bombeo en pozos. No obstante, puesto que los límites de las MASub no coinciden con los límites de los sistemas de explotación, estas formarán parte, en varios casos, de más de un sistema.

El balance hídrico se elabora sobre los sistemas de explotación definidos en el país, teniendo en cuenta todos los elementos que lo integran. Ver acápite 6.4. *Sistemas de Explotación: Balances, Asignación y Reserva de recursos.*

A continuación se enlistan los sistemas de explotación identificados:

- SE Lempa
- SE Paz
- SE Cara Sucia - San Pedro
- SE Grande de Sonsonate - Banderas
- SE Mandinga - Comalapa
- SE Jiboa - Estero de Jaltepeque
- SE Bahía de Jiquilisco
- SE Grande de San Miguel
- SE Sirama
- SE Goascorán

Mapa 13.  
Sistemas de explotación identificados en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

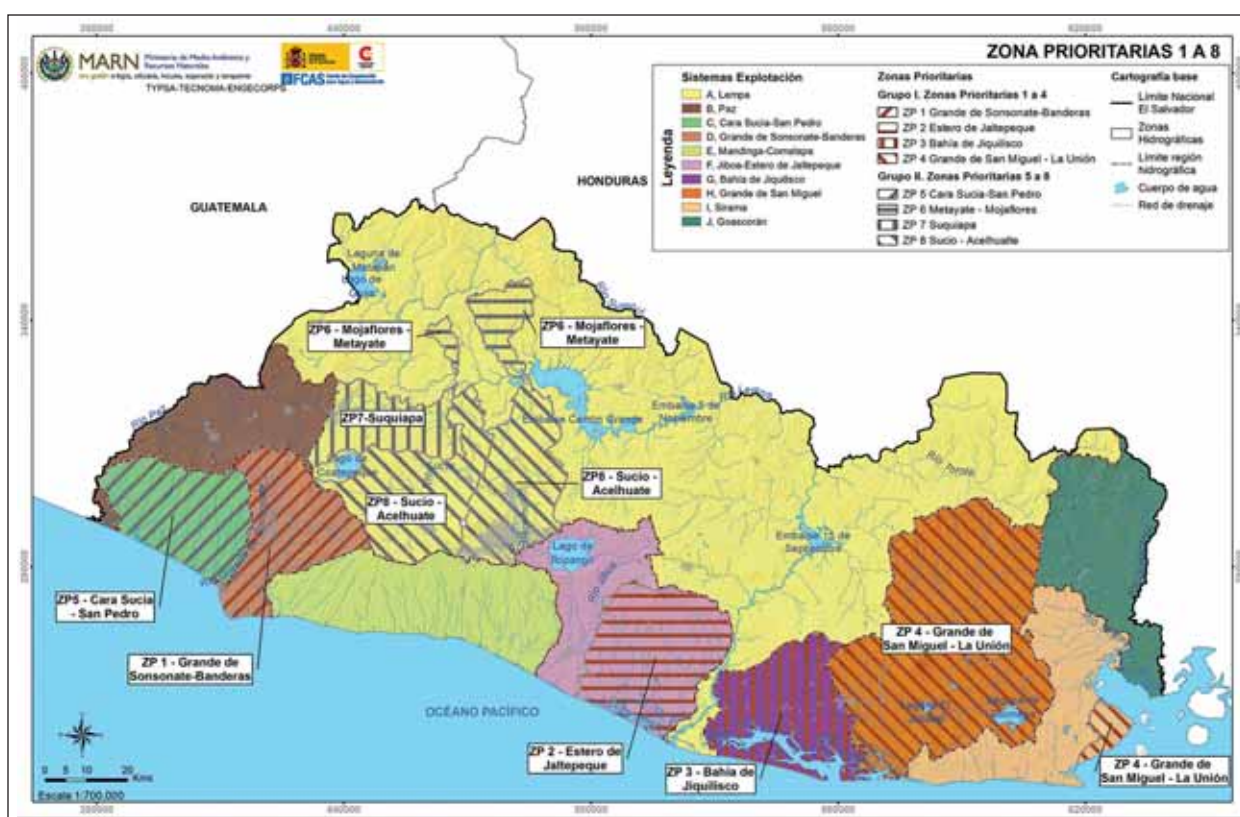


A pesar de que el área de estudio para el PNGIRH comprende todo el territorio nacional, se realiza una consideración especial para abordar la propuesta de medidas de solución, por medio de la cual se identifican problemas tipo relacionados con la gestión del recurso hídrico (Acápite 12), a estas áreas se les denomina zonas prioritarias (ZP) y se han seleccionado ocho.

Las cuales se identifican a continuación:

- ZP 1 Grande de Sonsonate - Banderas
- ZP 2 Estero de Jaltepeque
- ZP 3 Bahía de Jiquilisco
- ZP 4 Grande de San Miguel - La Unión
- ZP 5 Cara Sucia - San Pedro
- ZP 6 Mojaflor - Metayate
- ZP 7 Suquiapa
- ZP 8 Sucio - Acelhuate

Mapa 14.  
Zonas Prioritarias del PNGIRH



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Estas zonas están consideradas prioritarias en el documento de precalificación de firmas consultoras para la "Elaboración de Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Cuencas Prioritarias" (MARN - AECID, Junio 2012) en él se sintetiza y explica su problemática.

La ZP1. Grande de Sonsonate - Banderas, es una región hidrográfica con conflicto bastante fuerte por el

uso del agua, debido a la existencia de una cantidad considerable de micro centrales hidroeléctricas, áreas de riego y necesidades de agua para abastecimiento de agua potable. El río Grande de Sonsonate sirve de alcantarillado sanitario de la ciudad de Sonsonate y todas las pequeñas poblaciones que se encuentran dentro de esa cuenca, una de las características de la zona es que en la parte alta se dan las lluvias más importantes en cantidad del país (zona del volcán de



Santa Ana); y por último la cuenca del río Banderas es una de las de mayor área con un desarrollo relativamente bajo, los cultivos predominantes son granos básicos, caña de azúcar y pastos para ganadería; su topografía es bastante ondulada y sus suelos degradados; la problemática es similar a la de la cuenca del Sensunapán, pero con menos problemas de contaminación de las aguas, debido a que no hay poblaciones urbanas importantes (MARN - AECID, Junio 2012).

La ZP2. Estero de Jaltepeque y la ZP3. Bahía de Jiquilisco, presenta las siguientes características: planicies costeras con problemas de inundaciones, de saneamiento ambiental y de suministro de agua potable; es una zona con un alto potencial de desarrollo turístico, la Bahía de Jiquilisco y el Estero de Jaltepeque son sitios Ramsar (MARN - AECID, Junio 2012).

La ZP4. Grande de San Miguel - La Unión, en el caso del río Grande de San Miguel, los problemas son la contaminación de las aguas superficiales y una demanda potencial de agua para riego, en su cuenca media y baja sus suelos son potencialmente regables. En La Unión, los problemas básicos son: la contaminación de las aguas producto de las descargas sin tratamiento de las aguas de uso doméstico de la ciudad de La Unión y las descargadas directas a la bahía; existe una gran presión sobre los escasos recursos hídricos y en un futuro aumentará la presión sobre el agua limpia y potable (MARN - AECID, Junio 2012).

La ZP5. Cara Sucia - San Pedro y la zona alrededor tiene problemas de inundaciones en la parte más occidental, ya que se trata de una planicie costera y donde las aguas subterráneas han sido penetradas por el agua salada, generando la salinización del acuífero, además existen problemas de saneamiento y baja cobertura de agua potable. La topografía es plana con suelos con potencial de riego modesto, pero con escasos recursos de agua; las condiciones socioeconómicas de la zona son limitadas y la producción agrícola de la zona es, café en la parte alta de las

cuenas y granos básicos y caña de azúcar en la baja (MARN - AECID, Junio 2012).

La ZP6. Mojaflares - Metayate tiene una superficie de 235.1 Km<sup>2</sup>, las cuencas se localizan en el área de los grandes valles interiores y parte de la cordillera fronteriza; los suelos son de uso agrícola y clase V, con vocación forestal y limitaciones para cultivos de limpios; sin embargo, se cultiva maíz y sorgo lo que genera serios problemas de arrastre de sedimentos y pérdida de suelo productivo. Son terrenos con grandes pendientes y problemas de inundación en las cercanías de sus desembocaduras en el río Lempa. La ZP6 tiene ligeros problemas de contaminación de las aguas superficiales producto de las descargas de las aguas servidas de la población de Nueva Concepción, la zona en la parte baja tiene potencial de riego y desarrolla una ganadería no estabulada (MARN - AECID, Junio 2012).

La ZP7. Suquiapa y ZP8. Sucio - Acelhuate, tienen una superficie de 1972.4 km<sup>2</sup>. Las cuencas se encuentran en la meseta central del país, su topografía es quebrada, con elevaciones máximas en el volcán Ilimatepec (Santa Ana) y el volcán Quezaltepeque (San Salvador); el problema crítico es la contaminación de las aguas superficiales producto de las descargas de aguas domésticas de las ciudades de Santa Ana y AMSS. La cuenca del río Sucio recibe la contaminación generada por las descargas industriales de la zona y del distrito de riego y drenaje de Zapotitán, los ríos drenan al embalse del Cerrón Grande que es un Sitio Ramsar. El uso de los suelos está orientado a la urbanización y a la agricultura; y en las tres cuencas la presión sobre los recursos hídricos es crítica especialmente por las demandas de agua potable del ÁMSS y Santa Ana (MARN - AECID, Junio 2012).

La correspondencia entre las ZH, RH y ZP se muestran en el cuadro 6; las zonas prioritarias se engloban dentro de una RH, coincidiendo sus límites en algunos casos.

**Cuadro 6.**  
Regiones hidrográficas y zonas prioritarias

Zona hidrográfica	Región hidrográfica	Zona prioritaria
I. Lempa	A. Lempa	ZP6. Mojaflares - Metayate
		ZP7. Suquiapa
		ZP8. Sucio - Acelhuate
II. Paz - Jaltepeque	B. Paz	-
	C. Cara Sucia - San Pedro	ZP5. Cara Sucia - San Pedro
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	ZP1. Grande de Sonsonate - Banderas
	E. Manding a- Comalapa	-
	F. Iboja-Estero de Jaltepeque	ZP2. Estero de Jaltepeque
III. Jiquilisco - Goascorán	G. Bahía de Jiquilisco	ZP3. Bahía de Jiquilisco
	H. Grande de San Miguel	ZP4. Grande de San Miguel - La Unión
	I. Sirama	
	J. Goascorán	-

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 3.5. Zonas de interés ecológico y ambiental

A continuación se evalúan los recursos naturales a fin de conocer las características de los ecosistemas y sus interrelaciones con los recursos hídricos, para poder mejorar el régimen de los ríos y alcanzar un aprovechamiento sostenible. (Apéndice 01. Anexo 05. *Caudales ecológicos*).

#### 3.5.1. Áreas naturales protegidas

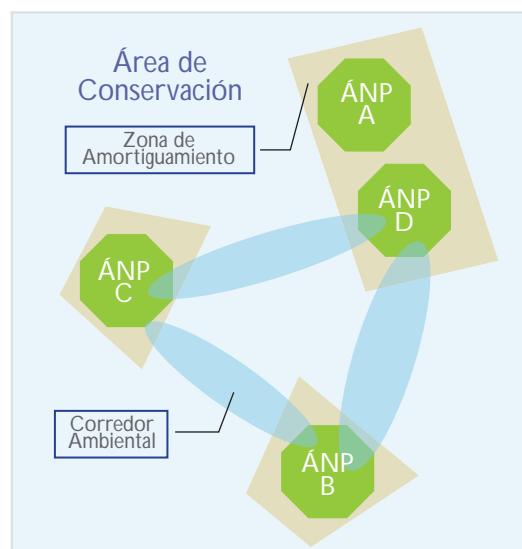
En febrero de 2011, el número de las Áreas Naturales Protegidas (ÁNP) declaradas era de 73. Muchas de las ÁNP propuestas consisten en terrenos pequeños y en general, carecen de conectividad con otras ÁNP. Para optimizar su eficiencia administrativa y conectividad ecológica, el MARN propuso 15 “Áreas de Conservación” (AC) (mapa 15) que reúnen las ÁNP en unidades ecológicas y administrativas; seleccionadas para la propuesta de corredor biológico en el 2003, debido a que se encuentran muy interrelacionadas con ecosistemas naturales similares.

Por tanto, se consideran Áreas de Conservación a las agrupaciones de áreas naturales protegidas (gráfico 5) y los territorios que les sirven de nexo.

Estos espacios mantienen una relación directa entre ellos, llegando a constituir un sistema independiente e integral desde el punto de vista cultural, geográfico, hidrológico y ecológico. Son auténticas unidades funcionales dentro del sistema que requieren de una gestión coordinada; ello no quiere decir que sean sistemas cerrados, sino que también se relacionan con las demás unidades<sup>6</sup>.

**Gráfico 5.**

Esquema de la estructura de un Área de Conservación



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH con información de MARN, 2005b.

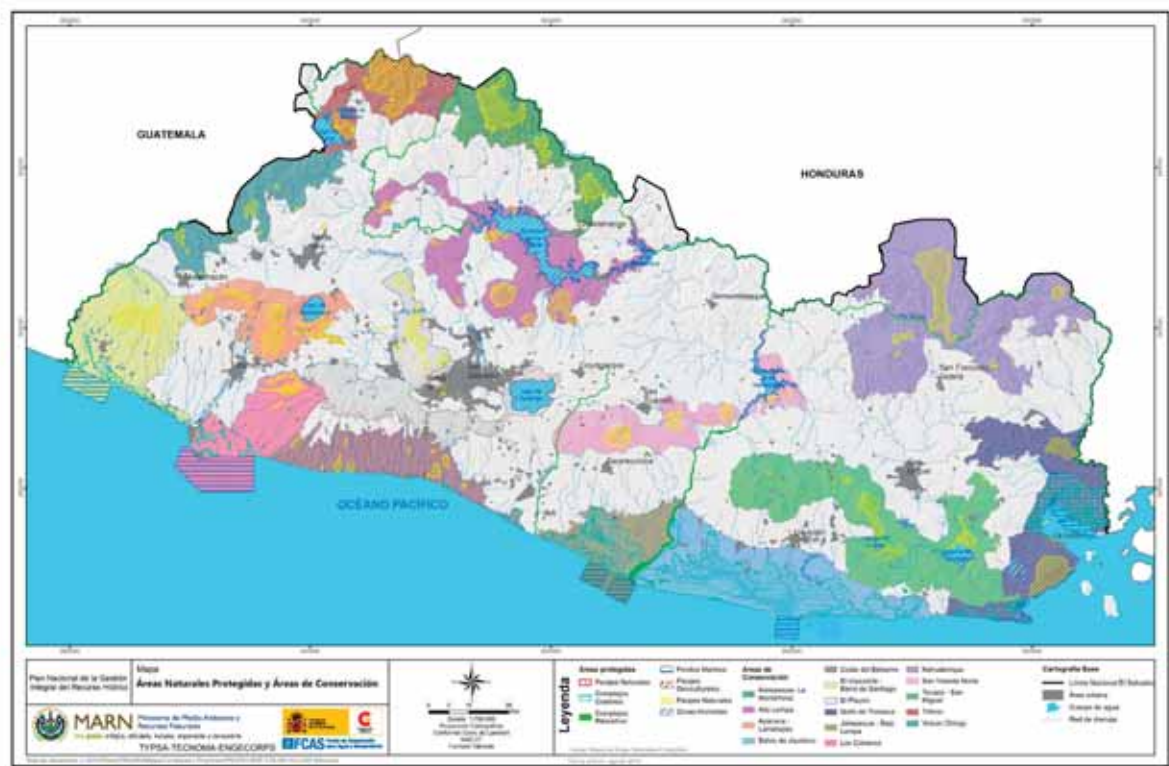
<sup>6</sup> El registro de ÁNP se ha realizado a partir de la siguiente documentación oficial del MARN: Estrategia en la Gestión de Áreas Protegidas (MARN, 2005a), las Fichas de las Áreas de Conservación (MARN, 2011), el Catálogo de Espacios Naturales desarrollado dentro del PNODT (MARN, MOP, VMVDU, 2004), y el III Informe Nacional de Áreas Naturales Protegidas (MARN, 2010).



3.5.1.1. Áreas de conservación

Las áreas de conservación (AC) y las áreas naturales protegidas (ÁNP) quedan representadas en el mapa 15, citadas en el cuadro 7 y desarrolladas a continuación.

Mapa 15.  
Áreas de Conservación y Áreas Naturales Protegidas de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 7.  
Listado de Áreas de Conservación de El Salvador

Área de Conservación (AC)	Principales áreas naturales protegidas incluidas en AC y otros espacios naturales de importancia ecológica	Otras áreas naturales incluidas o identificadas dentro de las AC
1. Alotepeque - La Montañona	El Pital - La palma, El Manzano, La Montañona,	Los ríos Tamulasco y Sumpul.
2. Alto Lempa	Santa Rita, Colima y Colimita.	Pañanalapa, Bolívar, San Francisco dos Cerros, Complejo Embalse Cerrón Grande, Santa Bárbara, Cinquera, Los tercios, cerros Tecomatepec y Guazapa, Embalse 5 de Noviembre.
3. Apaneca - Ilamatepec	Complejo Marcelino (Las Lajas, La Presa), San Blas o Las Brumas, San Francisco El Triunfo, San José Miramar, San Rafael Los Naranjos, San Isidro, volcán de Izalco,	Cerros de Apaneca, El cachio y El Aguila, Complejo los Volcanes (Los Andes, Ojo de Agua del Venado, El Paraíso, La Macarena, Cerro Verde, cráter volcán Santa Ana, El Cipresal), lago de Coatepeque, y el complejo laguna Las Ranas, lagunas Las Ninfas y Verde, Buenos Aires y El Carmen, chorros de la Calera y los ausoles de Ahuachapán.

Continuación Cuadro 7

4. Bahía de Jiquilisco	Isla San Sebastián, Chaguantique, Complejo Nacuchiname (La Maroma, Mata de Piña, Porción VI, Porción V), manglares de Bahía de Jiquilisco,	Normandía, El Tercio, complejo Bahía de Jiquilisco, laguna San Juan del Gozo, La Esperanza o Ceiba Doblada, isla de las Aves, canal San Juancito, Jucuaran sur, (Buena Esperanza y la Redención), isla Nueva y reserva ecológica Bahía de Jiquilisco.
5. Costa del Bálsamo	Chiquileca, Comaesland, Santa Clara - El Pimental y San Juan Buenavista	Complejo Taquillo o franja del litoral, Las Termopilas, El Sitio, complejo parque Deininger (parque Walter Thilo Deininger, El Amatal, Espíritu Santo), San Arturo.
6. El Imposible - Barra de Santiago	Complejos el Imposible, Barra de Santiago, Garita Palmera - Bola de Monte; laguna El Bijagual, Santa Rita, El Chino, Cara Sucia, El Salto, El Cortijo / Aguachapio, San Benito II, Monte Hermoso y Las Colinas	San Antonio y El Golondrinal, Mashtapula, Las Mercedes, El Escondido, lote # 9 zona 2, zona Los Encuentros, Inmueble 7, San Jacinto, colegio Las Aves, río Paz, La Esperanza.
7. El Playón	Complejo El Playón (Los Abriles, La Catorce, Colombia, La Argentina, La Isla, Chanmico, San Lorenzo y San Andrés), laguna de Chanmico, laguna Calderas, complejo El Volcán (El Picacho, El Jabalí, Las Granadillas, Santa María, El Mirador y Las Mercedes), Plan de la Laguna, complejo El Espino (parque de Los Pericos)	Talcualuya, El boquerón, y los tablones, lago de Ilopango y río Tomayate.
8. Golfo de Fonseca	El Faro Yologual, Maquigüe III y Suravaya.	Complejos Conchagua (Maquigue I, humedales de San Felipe, Las Tunas y San Francisco Gualpirque); Bahía de la Unión (manglares de la bahía de La Unión, La Tunas, El Tamarindo, El Once y La Paz o El Güisquil, Sirama Lourdes, isla Conejo, isla Martín Pérez), El Icacal; y los Negritos.
9. Jaltepeque - Bajo Lempa	El Astillero.	Escuintla, La Calzada, el Astillero, Estero de Jaltepeque, bocana del río Lempa, laguna el Talquezal, reservas marinas de El Cordoncillo, isla Tasajera.
10. Los Cóbanos	Complejo Los Cóbanos (parque o bosque marino Los Cóbanos, Santa Águeda o El Zope, Salinitas, comunidad Los Cóbanos, manglares del río Banderas, Las Bocanitas,) y complejo Los Farallones (Los Lagartos, Las Victorias, Las Trincheras, Plan de Amayo), El Ishuatán, El Balsamar.	Humedales de Sonsonate.
11. Nahuaterique	La Ermita y San Carlos ÁNP (Ambas declaradas con fecha 22 de abril de 2010 y 10 de noviembre 2014).	Río Zapó, cerros Cacahuatique, El Ocotal, Ocotepeque, Corinto, Las Peñas; ríos Goascorán, Sapó, Torola y Unama.
12. San Vicente Norte	Tehuacán, Tecomatal, el Tamarindo.	Volcan de San Vicente, La Joya, Parras Lempa, El Tecomatal y El Tamarindo, Sihuatepeque, (embalse 15 de Septiembre, San Jacinto porción G.)
13. Tecapa - San Miguel	Lagunas El Jocotal, Seca El Pacayal, San Juan, Aramuaca, Olomega; pantanos de La Chiricana, Las Nieves; volcán y lavas de San Miguel, La Ortega, ausoles de Chinameca (La viejona), Chilanguera, y Tierra Blanca. Socorro, Santa Elena, San Lucas, San Juan Mercedes Silva.	Laguna de Alegria
14. El Trifinio	Parque Nacional Montecristo, complejo Lago de Güija, La Montañita y San Diego - La Barra	Lago de Güija y laguna de Metapán, ríos Angue y Ostúa
15. Volcán Chingo	Paraje Galán, La Magdalena, Tahuapa, Chaparrón / San Cayetano.	San Jerónimo, volcán Chingo, Las Tablas, San José los Amates, Rancho Grande (El Junquillo) y, laguna de Morán, La Labor.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.





### 1. Alotepeque - La Montañona

Se encuentra en la zona norte del país, pertenece a la unidad morfoestructural de la cordillera fronteriza, formada por El Pital, El Manzano y La Montañona. Se compone principalmente de formaciones de pino y asociaciones mixtas de pino-roble, pino-liquidámbar, bosque mediano perennifolio y bosque de galería. Posee una superficie de 48 359 ha. Es una importante zona de recarga y producción hídrica que forma parte de la cuenca alta del río Lempa y por ella discurren los ríos Sumpul y Tamulasco.

### 2. Alto Lempa

Pertenece a la unidad morfoestructural Gran Depresión Central con volcanes extintos. Se compone de las ÁNP Santa Rita y Colima, y Colimita. El 15 % de su territorio lo constituye el ecosistema acuático formado por el embalse del Cerrón Grande y las áreas naturales de Pañanalapa, Bolívar, San Francisco Dos Cerros, Santa Bárbara, Cinquera, cerro Guazapa y el Embalse 5 de Noviembre.

Uno de los principales problemas que presenta es la contaminación por aguas negras e industriales provenientes del ÁMSS.

### 3. Apaneca - Ilamatepec

Esta área se ubica en el centro occidental del país, y pertenece a la Cadena Volcánica Reciente. Posee un alto valor paisajístico por sus volcanes; se caracteriza por la continuidad de plantaciones de café bajo sombra, que le confieren un ambiente verde y que permite la conexión y conectividad entre los núcleos arbóreos. Se compone principalmente de las ÁNP: San Blas o Las Brumas, San Francisco El Triunfo, San José Miramar, San Rafael Los Naranjos, San Isidro, volcán de Izalco, entre otras.

### 4. Bahía de Jiquilisco

Ubicada en el litoral central, pertenece a la Planicie Costera Central. Se caracteriza por presentar la mayor superficie de bosques salados del país, con asociaciones remanentes de bosques aluviales que conservan poblaciones amenazadas de mono araña, así como sitios de reproducción de aves costeras y marinas. Los principales ecosistemas asociados son el

bosque caducifolio, el bosque aluvial, los manglares, los arbustos espinosos y la vegetación de playa.

Comprende las siguientes ÁNP: isla San Sebastián, Chaguantique, complejo Nacuchiname (La Maroma, Mata de Piña, Porción VI, Porción V). Otras áreas naturales a destacar son Normandía, El Tercio, complejo Bahía de Jiquilisco, la laguna San Juan del Gozo, La Esperanza o Ceiba Doblada.

El AC Bahía de Jiquilisco posee un hábitat acuático y oceánico. Su gran extensión de bosque salado favorece la existencia de una rica diversidad: mono araña; sitios de anidación únicos en el país para aves migratorias; cocodrilos en los canales de los manglares, delfines y ballenas mar adentro.

### 5. Costa del Bálsamo

Ubicada en el centro-sur del país, pertenece a la Cadena Costera. Los ecosistemas característicos del área son el bosque subcaducifolio, el caducifolio y la vegetación de farallón. Comprende las ÁNP de Chiquileca, Comaesland, Santa Clara y San Juan Buenavista. Otras áreas naturales son Taquillo o franja del litoral, complejo parque Deininger (parque Walter Thilo Deininger, El Amatal, Espíritu Santo).

### 6. El Imposible - Barra de Santiago

Esta área se localiza en el extremo suroeste del país y pertenece a la Planicie Costera y a la cadena costera. Es uno de los sitios de mayor concurrencia de ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, estuarios y océano) que aportan hábitat para diferentes especies. Incluye las ÁNP Santa Rita, El Chino, Cara Sucia, El Cortijo, San Benito II, Monte Hermoso y Las Colinas. Otras áreas naturales destacables dentro de las AC son:

- El Imposible: 13 especies de peces han sido identificadas y registradas, tales como el tepemechín, pez migratorio que solo puede vivir en aguas limpias porque necesita altos niveles de oxígeno por lo que su presencia en los ríos garantiza la limpieza de sus aguas.
- Complejo Barra de Santiago que incluye Garita Palmera - Bola de Monte, Barra de Santiago y laguna El Bijagual.

En él se han identificado 78 especies de peces y ha sido recientemente declarado como Sitio Ramsar.

## 7. El Playón

Está en el centro del país y pertenece a la Cadena Volcánica Reciente. Incluye vegetación sobre lava volcánica y plantaciones de café de sombra como agroecosistema. Los principales ecosistemas son el bosque de pino, bosque mediano perennifolio, bosque subcaducifolio, bosque caducifolio y vegetación primaria sobre lava volcánica. Está constituida por las ÁNP del complejo El Playón, complejo El Volcán y El Espino.

El complejo El Playón es una importante zona de recarga hídrica, ubicado entre los municipios de Quezaltepeque y San Juan Opico, con una extensión de 1592.85 ha. Lo conforman ocho ÁNP: Los Abriles, La Catorce, Colombia, La Argentina, La Isla, Chanmico, San Lorenzo y San Andrés. La laguna de Chanmico es un sitio de anidamiento y desarrollo de fauna y aves acuáticas. Se reportan especies de peces nativos como la burra, el chimbolo común y el blanco, y la falsa anguila.

## 8. Golfo de Fonseca

Pertenece a la Cadena Volcánica Reciente, Planicie Costera y a las islas del Golfo de Fonseca. Es una de las regiones de mayor diversidad de ambientes en un pequeño territorio, posee un alto valor paisajístico y una gran biodiversidad. Los principales ecosistemas son los bosques de pino, el subcaducifolio, el caducifolio, el de galería, los morrales; los arbustos espinosos, los manglares, la vegetación ecotonal, la vegetación de playa y los carrizales pantanosos; en ella están las ÁNP El Faro Yologual, Maquigüe III y Suravaya, entre otras áreas naturales.

## 9. Jaltepeque - Bajo Lempa

Ubicada en la zona costera central del país, pertenece a la Planicie Costera. Consiste en una masa boscosa densa y semidensa en la cuenca baja del río Lempa, con especies arbóreas adaptadas a la inundación estacional y riqueza de especies acuáticas y semiacuáticas de ambientes salobres y de agua dulce. Prácticamente el 50 % de su superficie es ocupada

por vegetación, principalmente el bosque de manglar del Pacífico, y el bosque tropical. Destacan también ecosistemas asociados al bosque aluvial, al subcaducifolio y al de galería; a los carrizales pantanosos, a los arbustos espinosos y a la vegetación de playa. Posee hábitats acuáticos y de océano que incrementan su diversidad y son base para actividades económicas como la pesca y el turismo.

Comprende el ÁNP de El Astillero y el área natural de Escuintilla, ambas del complejo Jaltepeque.

## 10. Los Cóbanos

Ubicada en el sur del país, pertenece a la Planicie Costera. Es de carácter costero y posee particular relevancia por contener la única formación arrecifal entre México y Costa Rica; tiene bosques secos y vegetación de farallón. Comprende las ÁNP del complejo Los Cóbanos y de Los Farallones.

Las principales presiones a las que se encuentra sometida son en la sobreexplotación de las poblaciones de peces y otra fauna costero - marina, especialmente especies comerciales, sin respetar periodos de reproducción y tallas mínimas, además de utilizar métodos inadecuados e ilícitos de captura. Por otro lado, los hábitats naturales se encuentran fragmentados y dispersos, limitando su capacidad de conservar la biodiversidad y mantener otras funciones ecológicas.

## 11. Nahuaterique

Localizada en el noreste del país. Incluye las unidades morfoestructurales de la cordillera Fronteriza y la Gran Depresión Central con volcanes extintos. Se caracteriza por las formaciones de pino, pino-roble y bosques subcaducifolios; su alto valor paisajístico y marcado valor cultural por la presencia de poblaciones indígenas, petrograbados, sitios paleontológicos y del pasado conflicto bélico.

Comprende las ÁNP La Ermita y San Carlos. Destacan además las áreas naturales cerros Cacahuatique, El Ocotal, Ocotepeque, Corinto y Las Peñas; ríos Goascorán, Sapo, Torola y Unama.



## 12. San Vicente Norte

Ubicada en el centro del país, perteneciente a la Cadena Volcánica Reciente. Los principales ecosistemas asociados son el bosque nebuloso, mediano perennifolio, subcaducifolio, caducifolio, de galería, morrales, aluvial, y carrizales pantanosos.

Contiene el ÁNP de Tehuacán donde se conoce de la existencia de determinadas especies piscícolas como el chimbolo, la guavina, el pargo, el tepemechín y los crustáceos de río como el camarón y el cangrejo de río. Otras áreas naturales diferenciadas son La Joya, Parras Lempa, El Tecomatal y El Tamarindo.

## 13. Tecapa - San Miguel

En la zona oriental del país, en la Cadena Volcánica Reciente. Se caracteriza por el cultivo de café de sombra y por una marcada presencia de humedales de planicie costera y cráteres volcánicos. Los ecosistemas más característicos del área son el páramo, los bosques mediano perennifolio, subcaducifolio, caducifolio, de galería, aluviales inundables, y carrizales pantanosos.

Incluye las ÁNP de las lagunas de El Jocotal, Olomega, San Juan; hacienda El Triunfo, El Socorro, y Paso de Las Iguanas; así como otras áreas naturales destacables como las lagunas de Alegría, la seca, El Pacayal, Aramuaca; los pantanos de La Chiricana; el volcán de San Miguel; los ausoles de Chinameca, la Chilanguera y Tierra Blanca.

La deforestación de alto impacto en las partes altas de las microcuencas, la contaminación por aguas negras y por desechos sólidos de las poblaciones del AC son las principales amenazas para la salud de los habitantes de la zona y de la biodiversidad.

## 14. El Trifinio

Se localiza en el noroeste del país, en la subregión Metapán - La Palma, en la parte de la cuenca alta del río Lempa. Marca las fronteras de Honduras, Guatemala y El Salvador (punto Trifinio), el punto más alto del país (2418 msnm). Posee una superficie de 44 489 ha, con predominancia de granos básicos y pastizales (33.66 %) y bosques de pino (26 %). Constituye

una importante zona de recarga y producción hídrica. Comprende las ÁNP de La Montañita y San Diego - La Barra pertenecientes al complejo del lago Güija. Sustenta especies animales amenazadas y en peligro de extinción local e internacional, además de especies amparadas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), tales como reptiles, mamíferos y aves migratorias o residentes. Mantiene una comunidad ecológica amenazada como es el bosque Seco Tropical. Cuenta con especies con importancia regional como el caimán (*Caiman crocodilus*), cocodrilo (*Crocodylus acutus*) y la garza agamí (*Agamia*).

## 15. Volcán Chingo

Ubicada en el extremo oeste del país, pertenece a la unidad morfoestructural Gran Depresión Central con volcanes extintos y cadena volcánica reciente. Los principales ecosistemas del área son el bosque mediano perennifolio (robles), el subcaducifolio, el caducifolio, el de galería, y carrizales pantanosos.

La única área natural que tenía hasta el 2011, era el Paraje Galán, se incorporan La Magdalena, Tahuapa y Chaparrón / San Cayetano. Es una zona productora de agua que contiene especies de fauna y flora consideradas en peligro de extinción.

### 3.5.1.2. Humedales Ramsar

Estos ecosistemas incluyen manglares, pantanos dulces y salados, arrecifes de poca profundidad, embalses, lagunas, lagos, sistemas acuáticos subterráneos, entre otros. La Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) o "Convención Ramsar" es un tratado intergubernamental en el cual los países participantes contraen compromisos para conservar las características ecológicas y procurar el desarrollo sostenible de sus humedales de importancia internacional. El 22 de mayo de 1999, El Salvador se convierte en país integrante y a partir de esa fecha, de un total de 59 humedales relevantes identificados en el país, siete son declarados Sitios Ramsar (MARN, 2012d).

Mapa 16.  
Sitios Ramsar de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

- Área Natural Protegida laguna de El Jocotal declarada Sitio Ramsar en 1999, bajo el N° 970 en la lista de importancia internacional; abarca una superficie de 1571 ha. Está constituida por una laguna permanente con una profundidad promedio de 3 m. Gran parte de la superficie se encuentra cubierta por vegetación acuática compuesta de especies nativas y de la especie invasora Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*). La parte norte se ubica en la base del volcán Chaparrastique. Las inundaciones durante la época lluviosa inciden en el azolvamiento del área, el descenso del nivel de oxígeno en el agua, el arrastre de desechos sólidos y el manejo hidráulico complejo.  
Todo el humedal experimenta marcados cambios en el nivel del agua según sea la época lluviosa o seca, o por las crecidas del río Grande de San Miguel.
- Complejo Bahía de Jiquilisco declarado Sitio Ramsar el 31 de octubre de 2005 bajo el N° 1586 en la lista de importancia internacional; tiene una extensión de 63 500 ha. Contiene la mayor extensión de manglares del país, y de otros ecosistemas como dunas y playas de arena, y bosques terrestres saturados. Lo habita una gran cantidad de aves acuáticas y constituye un sitio de anidación importante para tortugas marinas, incluyendo la ya escasa tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*). Carece de invasión importante del Jacinto de Agua. Este humedal desarrolla una importante función en la prevención de catástrofes de origen natural al amortiguar las inundaciones asociadas a lluvia





intensa. En cuanto a las principales presiones cabe destacar la práctica de pesca con bombas, la tala de manglar, la expansión de actividades agropecuarias y de acuicultura, y los elevados niveles de aguas residuales no tratadas en los ríos que confluyen.

- Embalse de Cerrón Grande declarado Sitio Ramsar el 22 de noviembre de 2005, bajo el N° 1592 en la lista de importancia internacional, es el cuerpo de agua dulce más grande del país, con una extensión de 60 698 ha, incluyendo la superficie acuática y algunas microcuencas asociadas. Debe su origen a un reservorio artificial creado con fines de producción hidroeléctrica. Es un sitio con alta riqueza y abundancia de aves migratorias y residentes. El humedal funciona como controlador de inundaciones y depurador natural de la elevada carga orgánica que recibe. El bosque tropical seco se encuentra en las orillas de este humedal y en sus islas. Las principales presiones están relacionadas con la acumulación de desechos sólidos y aguas residuales domiciliarias, industriales y agrícolas que recibe del río Acelhuate. Algunas especies invasoras destacables son: el Jacinto de agua y el Pato chanco (*Phalacrocorax brasilianus*).
- Laguna de Olomega declarada Sitio Ramsar el 2 de febrero de 2010 bajo el N° 1899 en la lista de importancia internacional. Cubre una extensión estimada de 7556.8 ha, donde existe una laguna principal, pantanos herbáceos, un bosque tropical seco saturado y zonas de actividades agropecuarias. La laguna se encuentra invadida por el Jacinto de agua que limita la pesca, dificulta la navegación y genera condiciones adversas para los ciclos biológicos de la biodiversidad acuática. Por otro lado, las colonias permanentes de Pato chanco pueden estar causando reducción en los rendimientos pesqueros. La tala ilegal es otra de las presiones a las que se encuentra sometida, propiciando procesos erosivos y pérdida de biodiversidad.
- Complejo Güija declarado Sitio Ramsar el 16 de diciembre de 2010, bajo el N° 1924 en la lista de importancia internacional. Este humedal cubre una extensión de 10 180 ha. Abarca el ÁNP San Diego y San Felipe Las Barras, que incluye una buena

representación de bosque tropical seco, el lago de Güija y la laguna de Metapán. Las áreas terrestres y acuáticas albergan una gran riqueza de especies, muchas de ellas amenazadas o en peligro de extinción. Las principales presiones son la pérdida de cobertura boscosa y de biodiversidad debido a incendios provocados y a la invasión del Jacinto de agua.

- Complejo Jaltepeque declarado Sitio Ramsar el 2 de febrero de 2011, bajo el N° 1935 en la lista de importancia internacional. Posee una extensión de 49 454 ha, incluye manglares, pantanos de agua dulce y salobre, diversas variantes del bosque tropical seco, cultivos agrícolas, sistemas riparios, lagunares permanentes y estacionales, dunas y playas arenosas. Abarca territorios incluidos en el Sistema Nacional de ÁNP. En el humedal costero se realizan actividades de pesca, acuicultura, agricultura, pastoreo de ganado, turismo y marisqueo. Funciona como regulador de inundaciones, de erosión y de otras amenazas naturales. Las principales presiones son la tala de manglar, los vertidos de aguas residuales y desechos sólidos, y la falta de ordenamiento de las actividades turísticas.

Debido a su dinámica, entre agua dulce y salada, alberga una rica diversidad de especies de fauna y flora, incluyendo especies en peligro de extinción en el ámbito mundial como las tortugas marinas.

- Complejo Barra de Santiago declarado Sitio Ramsar, el 24 de julio de 2014 bajo el N° 2207 en la lista de importancia internacional. Ubicado al occidente del país, abarca una extensión de 11 519 ha; tiene formaciones naturales costeras, ecosistemas de manglar representativo del océano Pacífico norte seco, sucesiones de vegetación pantanosa, bosques inundados, arroyos estacionales y permanentes, y lagunas de inundación, además de dos áreas naturales protegidas, Barra de Santiago y Santa Rita - Zanjón del Chino. Las principales presiones son la parcelación y la urbanización no regulada de lotes de playa, el cultivo masivo de caña de azúcar, el pastoreo de ganado vacuno y la tala de mangle y árboles de bosque ubicados tras los manglares.



Alberga una rica diversidad de especies de fauna y flora, muchas de ellas amenazadas, como es el caso de ciertos reptiles (caimán, cocodrilo, tortuga Carey, tortuga prieta y tortuga negra), entre otras especies.

#### **3.5.1.3. Áreas certificadas por UNESCO como reservas de la biosfera**

Las reservas de la biosfera son zonas de ecosistemas terrestres o costeros / marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas internacionalmente como tales según el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO. Las reservas de la biosfera son designadas para promover y demostrar una relación equilibrada entre las poblaciones y la naturaleza (UNESCO, 2009).

En el caso de El Salvador, la UNESCO certifica tres áreas como reservas de la biosfera: Apaneca - Ilamatepec, Xiriuatlí - Jiquilisco, y Trifinio - Fraternidad.

#### **3.5.2. Áreas no protegidas**

En El Salvador también existen áreas no protegidas ni reguladas, pero por su importante valor ambiental deberían ser protegidas u ordenadas de alguna manera. Un ejemplo es la laguna Verde de Apaneca, ubicada en un cráter volcánico de la cordillera Apaneca - Ilamatepec, rodeada por un bosque nebuloso alterado para establecimiento de monocultivos de altura y bosques de ciprés. Su área es de 10 ha y su altura de 1600 msnm. El agua presenta bajos niveles de sales y refleja la poca influencia de escorrentías y degradación de suelos y rocas. La mayor presión en esta zona se relaciona con la extracción de agua con fines de consumo humano y agrícola durante la época seca. No se detectan especies invasoras ni actividades relacionadas con la quema y tala.





## 4. Inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos



En el presente apartado se exponen los resultados del Inventario de aguas superficiales y subterráneas de El Salvador. Este se realizó mediante la modelación hidrológica de las diez regiones hidrográficas (RH); la unidad mínima de modelación es la agrupación de subcuencas indicada en el Apéndice 01. Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas*. Los resultados obtenidos por agrupación de subcuenca se presentan agregados a nivel de ZP y/o RH. En el caso de las aguas subterráneas, se trabaja el acuífero y su agregación en masas de agua subterránea (MASub). El alcance del inventario incluye, entre otros, los siguientes elementos:

- Cobertura espacial a escala nacional así como de las cuencas transfronterizas de los ríos Lempa, Paz y Goascorán; el ámbito base de dominio de los modelos son las diez RH.
- Caracterización meteorológica con base en las series de datos de precipitación y temperatura de la red de estaciones de monitoreo del MARN e información procedente de Guatemala y Honduras.
- Análisis de las series de precipitación de 105 estaciones climatológicas y pluviométricas a escala nacional, que incluye el completado y extensión de las series con el programa HEC - 4 (U.S.A. Corps of Engineers). Actualización de la carta de isoyetas medias multianuales para el periodo de estudio 1965/2012.
- Naturalización de las series hidrométricas de las estaciones utilizadas en la calibración.
- Análisis y tratamiento de la información fisiográfica en el ámbito de la modelación.
- Inventario de recursos hídricos superficiales consistente en la evaluación de los mismos en la Serie Histórica a escala mensual.
- Inventario de MASub a escala nacional, incluyendo: 1) desarrollo de modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico de las MASub identificadas, y 2) evaluación de series temporales mensuales de recargas y flujos base en cada punto de cálculo.



## 4.1. Modelación de los recursos hídricos

La realización del inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos implicó el desarrollo de modelos hidrológicos basados en la caracterización climatológica y fisiográfica de las unidades de modelación (cuencas o agrupaciones de subcuencas) en el periodo de estudio (1965/66-2011/12); resultando la generación de series de las distintas variables que intervienen en el ciclo hidrológico. La modelación hidrológica permite así la caracterización tanto espacial como temporal de las diferentes variables hidrológicas.

### 4.1.1. Objetivos de la modelación

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con la modelación de recursos hídricos son:

- Evaluar los recursos hídricos superficiales y subterráneos en régimen natural a nivel de las diez RH y ZP inferiores a la RH, incluida la parte transfronteriza de las RH Lempa, Paz y Goascorán en Guatemala y Honduras.
- Generar series de aportaciones naturales de entrada a los modelos de gestión de recursos, para la elaboración de los balances hídricos.

### 4.1.2. Herramienta empleada en la modelación

AQUATOOL es un entorno de desarrollo de sistemas de soporte a la decisión (SSD), varios de sus módulos son aplicados en los trabajos de modelación realizados en el marco del PNGIRH. Para la evaluación de recursos hídricos en régimen natural, el programa Evaluación de los recursos Hídricos (Evalhid) versión 1.1 (Paredes, 2013) es la herramienta utilizada para la generación de caudales naturales en las diferentes cuencas definidas en El Salvador.

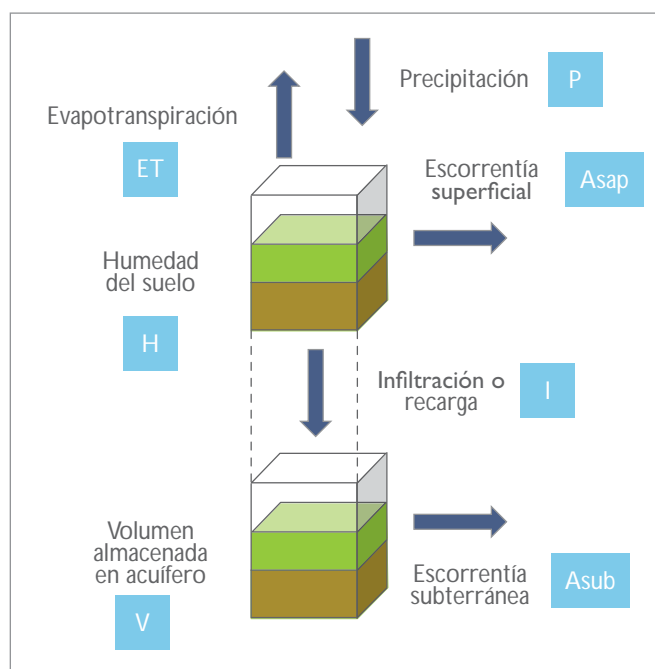
El módulo Evalhid desarrolla modelos de precipitación - escorrentía en cuencas complejas que tienen el objetivo de estimar la cantidad del recurso hídrico que producen en el régimen natural, es decir, sin

considerar las detracciones atribuibles a las demandas de la población usuaria.

El modelo hidrológico seleccionado en este caso es el modelo de Témez, 1977, ampliamente empleado en la modelación hidrológica; realiza el balance en un estrato superior del suelo, considerando dos términos, escorrentía superficial e infiltración o recarga en el suelo; balance para el cual se requiere definir las condiciones iniciales de humedad en el suelo y la capacidad máxima de infiltración en el mismo. A continuación el modelo considera un estrato más profundo o acuífero, en el cual penetra la infiltración o recarga definida en la unidad superior y, mediante la definición del coeficiente de desagüe y el almacenamiento inicial, regula las salidas desde este a la superficie del terreno por escorrentía subterránea.

Gráfico 6.

Esquema de flujos y almacenamiento del modelo de Témez.



Fuente: elaboración para la formulación del PNGIRH con información tomada de: Paredes, 2013.

La descripción precisa y detallada del esquema conceptual así como de las ecuaciones que rigen el funcionamiento del modelo de Témez puede consultarse en el manual técnico de Evalhid ([http://www.upv.es/aquatool/docs/Manual\\_Tecnico\\_Evalhid.pdf](http://www.upv.es/aquatool/docs/Manual_Tecnico_Evalhid.pdf)).



Los parámetros de calibración requeridos en la modelación pueden consultarse en el Anexo 01. *Inventario de aguas superficiales y subterráneas*.

**Cuadro 8.**  
Parámetros y rangos habituales de los modelos de Témez

Modelo	Parámetro	Descripción
MODELO DE TÉMEZ <sup>7</sup>	Hmax	Capacidad máxima de almacenamiento del suelo (mm). Depende de la textura, la pendiente del terreno y el espesor de la franja de suelo donde tiene lugar la evapotranspiración. Rango entre 50-250 mm.
	C	Coefficiente de inicio de excedente. Factor adimensional que toma valores en torno a 0.30 y permite obtener el valor umbral de precipitación, P <sub>0</sub> , a partir del déficit de humedad del suelo. Rango entre 0.2-1.
	Imax	Infiltración máxima (mm/mes). Su valor depende no solo de las propiedades del terreno, sino también de la intensidad y concentración de las precipitaciones. Suele tomar valores entre 100 y 400 mm/mes, según si la lluvia es esporádica o persistente (Témez, 1977).
	Alfa	Constante del acuífero de dimensiones [T <sup>-1</sup> ]. Regula el drenaje subterráneo. Rango: 0 < $\alpha$ < 1.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH con información tomada de Paredes, 2013

### 4.1.3. Unidad física de modelación

La unidad física de modelación abarca las cuencas o agrupaciones de subcuencas establecidas para cada una de las diez RH, considera dos de ellas binacionales (Paz y Goascorán) y una trinacional (Lempa). Se define un modelo por cada RH, cada una subdividida en cuencas o agrupaciones de subcuencas; en el caso de la RH A Lempa, debido a su gran extensión, se evalúa en dos modelos, correspondientes al tramo alto y al tramo medio-bajo, en total se han desarrollado once modelos.

### 4.1.4. Periodo de modelación

El periodo de simulación escogido abarca 47 años hidrológicos (mayo a abril) comprendidos en el periodo 1965/66-2011/12. La escala temporal evaluada es la mensual. La selección de dicho periodo se determina con base en la longitud de las series históricas disponibles de datos hidrométricos y climatológicos, necesarias para la construcción de las series de entrada a los modelos y para la calibración de los mismos. En el caso de las series hidrométricas se cuenta con registros en la mayoría de los casos a partir del año 1965, tratándose de series incompletas, y con un mayor número de datos concentrados en el periodo 1965/1985.

Es por este motivo que se establece el inicio de la serie histórica a evaluar en mayo de 1965, contando así con una mayor longitud de datos para la calibración. En el caso de las series de datos climatológicos se cuenta con información desde el año 1970. No obstante, para la obtención de resultados como valores promedio multianual se obtuvieron los resultados promedio de la serie con comienzo en 1970/71 a 2011/12 (42 años de longitud), en adelante Serie Histórica.

### 4.1.5. Proceso

El proceso de modelación de los once modelos hidrológicos desarrollados a escala nacional implica las siguientes actividades:

1. Definición de las cuencas o agrupaciones de subcuencas como unidad mínima de modelación por RH (Apéndice 01. Anexo 01).
2. Definición de los datos de entrada a la modelación: series históricas de precipitación (P) y evapotranspiración de los cultivos (ET<sub>c</sub>) para cada una de las cuencas o agrupaciones de subcuencas contempladas en los once modelos. (Apéndices 02 y 03. Anexo 01).
3. Definición de los puntos de cálculo o puntos de desagüe a considerar en cada uno de los modelos (Apéndice 01. Anexo 01).

<sup>7</sup> Los parámetros Hmax y C regulan el almacenamiento de agua en el suelo; Imax separa la escorrentía superficial de la subterránea y alfa regula el drenaje subterráneo. Para mayor detalle consultar el apartado correspondiente a la descripción metodológica del modelo de Témez en el Manual Técnico de Evalhid (Paredes et al, s/fecha) o en (Témez, 1977).





4. Selección del método de modelación del proceso lluvia - escorrentía.
5. Desarrollo de los modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico de las MASubs identificadas (Apéndice 05. Anexo 01).
6. Estimación de los parámetros de calibración requeridos en la modelación para cada una de las cuencas o agrupaciones de subcuencas contempladas en cada modelo (Apéndice 01. Anexo 01).

#### 4.1.6. Contraste y calibración del modelo Evalhid

Para la calibración de los modelos se sigue un proceso interactivo en el que, partiendo de unos valores iniciales de los parámetros de calibración estimados según las características físicas de los suelos y su uso, se realizan los ajustes necesarios hasta obtener la más óptima reproducción de la serie de datos observados disponibles.

Se da por válida una calibración obtenida tras diversas iteraciones, cuando el caudal promedio multianual en la serie simulada es muy similar al obtenido con la serie de datos observados naturalizada (similitud comprobada con el índice BIAS), y la distribución mensual de las aportaciones para el año medio sigue la misma pauta que en la serie observada, intentando reproducir lo más fielmente posible los caudales mínimos durante la época de estiaje y los caudales máximos durante la época lluviosa. Por último, se comprueba que la serie histórica también se vea bien reproducida.

### 4.2. Evaluación de los recursos hídricos

La información climatológica base para la construcción y calibración de los modelos de evaluación de los recursos hídricos se resume a continuación:

- Series de datos diarios de precipitación y temperatura de las estaciones actuales e históricas pertenecientes a la red nacional de estaciones gestionadas actualmente por la

Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA) del MARN.

- Para evaluar los recursos procedentes de las cuencas transfronterizas de Guatemala y Honduras, se utiliza la información pluviométrica y climatológica recopilada por las administraciones de dichos países.
- La información hidrométrica utilizada para la calibración de los modelos de evaluación de recursos en régimen natural consiste en series históricas de caudales registrados en 60 puntos de la red fluvial. Igualmente, se cuenta con la información adicional de salidas por vertedero y por turbinado en los cuatro embalses del Lempa, que junto con el resto de datos de almacenado en los embalses permite calcular la restitución de las entradas a los embalses y disponer de cuatro puntos adicionales de calibración.
- La información fisiográfica, correspondiente fundamentalmente a mapas de tipos de suelos, usos de suelo y cobertura vegetal de El Salvador, entre otros, para la caracterización de los suelos, permite la definición del valor de entrada a los parámetros de calibración de Evalhid.

Se presentan los resultados de la evaluación de los recursos hídricos realizada mediante la modelación hidrológica con Evalhid, así como otros resultados de interés obtenidos como paso previo a la modelación.

#### 4.2.1. Precipitación

Del análisis se estima que la precipitación promedio multianual en El Salvador asciende a 1785 mm/año para el periodo analizado 1965/2012 considerando únicamente el territorio de El Salvador. El análisis pluviométrico realizado permite la definición de series históricas de precipitación para cada una de las agrupaciones de subcuencas contempladas en la modelación, incluyendo las cuencas transfronterizas.

**Cuadro 9.**  
Valores de precipitación promedio multianual por RH para el periodo 1965/2012

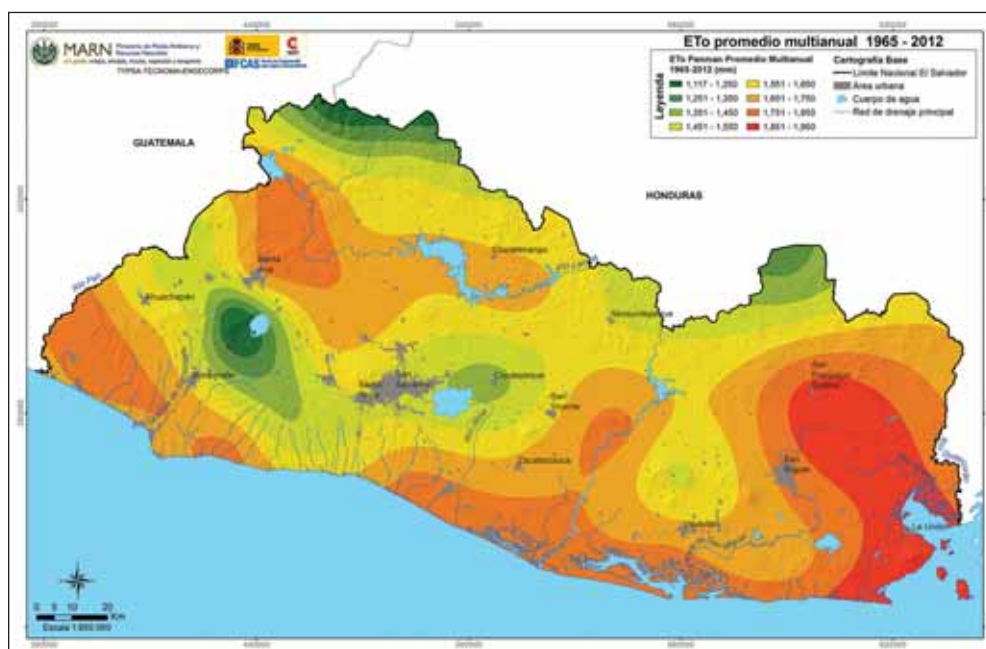
Región Hidrográfica	Precipitación (P) promedio multianual (MMC/año)
Lempa (territorio nacional + transfronterizo)	31 527.63
Paz (territorio nacional + transfronterizo)	3333.57
Cara Sucia-San Pedro	1514.48
Grande de Sonsonate-Banderas	1523.54
Mandinga-Comalapa	2361.86
Jiboa -Estero de Jaltepeque	2884.29
Bahía de Jiquilisco	3192.10
Grande de San Miguel	4094.42
Sirama	1702.79
Goascorán (territorio nacional + transfronterizo)	3903.32
<b>Total</b>	<b>56 038.00</b>

Nota: Se incluye el volumen de P en las subcuencas presentes en territorio transfronterizo.  
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

## 4.2.2. Evapotranspiración

El tratamiento de las series de temperatura disponibles y su procesado para la obtención del mapa de isolíneas de evapotranspiración potencial (o de referencia) promedio multianual en El Salvador, es mostrado en el mapa 17. El proceso completo para su obtención se describe en el Anexo 01.

**Mapa 17.**  
Isolíneas de ETP' media interanual en El Salvador para el periodo 1965/2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



Como un producto más del trabajo realizado, se obtuvo una evapotranspiración potencial o de referencia (ETP' o ETo) anual en el territorio de El Salvador, sin considerar las cuencas transfronterizas,

de 1682 mm/año. En el cuadro 10 se muestra la distribución mensual de la ETP' a escala nacional para el periodo 1965/2012.

**Cuadro 10.**  
Valores de ETP' mensual promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965/2012

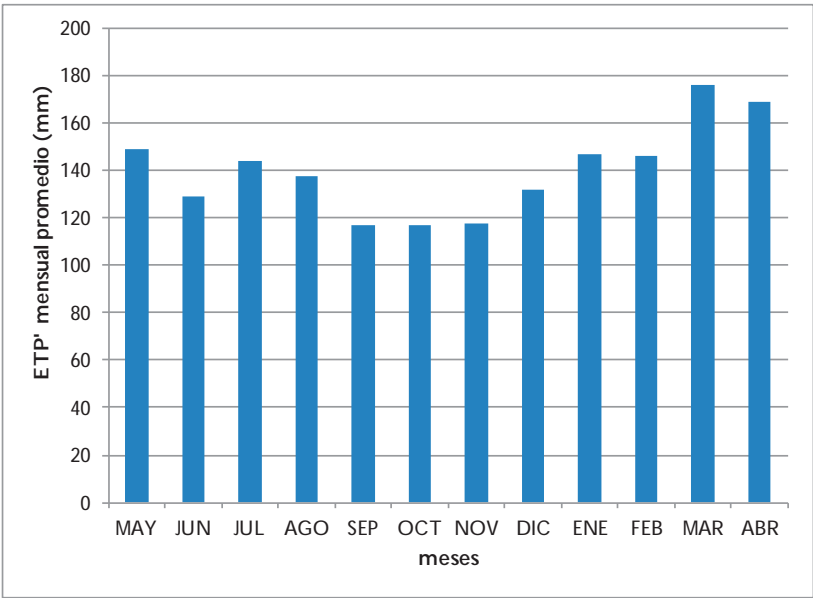
Evapotranspiración potencial mensual promedio multianual (mm)													Total	
Periodo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(mm)	(%)
Año 1965/2012	147	146	176	169	149	129	144	138	117	117	118	132	1682	
%	9 %	9 %	10 %	10 %	9 %	8 %	9 %	8 %	7 %	7 %	7 %	8 %		100 %
Húmedo					x	x	x	x	x	x			793.4	47 %
Seco	x	x	x	x							x	x	888	53 %

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

El valor de la ETP' en el periodo lluvioso, de mayo a octubre, es de 793.4 mm equivalente al 47 % de la evapotranspiración total anual y en el periodo seco, de noviembre a abril, es de 888 mm que representa

el 53 %. En el gráfico 7 se muestra el histograma de ETP' mensual promedio multianual en El Salvador para el periodo de cálculo considerado.

**Gráfico 7.**  
Histograma de ETP' mensual promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965/2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Para el desarrollo de los modelos hidrológicos se obtuvieron las series de evapotranspiración en el periodo 1965/2012 para las subcuencas consideradas en los modelos y se requirió utilizar técnicas GIS.

Previamente a su entrada en Evalhid se aplicó a cada serie el coeficiente de cultivo (Kc) de acuerdo a los usos del suelo en cada subcuenca.

**Cuadro 11.**

Valor de la ETc promedio multianual por RH utilizado como "input" para la modelación de los recursos hídricos de El Salvador

Región Hidrográfica	ETc entrada EvalHid (mm)	Kc promedio shape usos
Lempa (territorio nacional + transfronterizo)	1326	0.81
Paz (territorio nacional + transfronterizo)	1158	0.74
Cara Sucia - San Pedro	1525	0.91
Grande de Sonsonate - Banderas	1411	0.93
Mandinga - Comalapa	1474	0.89
Jiboa - Estero de Jaltepeque	1478	0.91
Bahía de Jiquilisco	1523	0.88
Grande de San Miguel	1492	0.84
Sirama	1407	0.77
Goascorán (territorio nacional + transfronterizo)	1389	0.81
Promedio (territorio nacional + transfronterizo)	1362	0.82

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Como resultado de la modelación con Evalhid se obtuvo la evapotranspiración real (ETR), tras el balance en el suelo por subcuenca.

**Cuadro 12.**

Valor de ETR promedio multianual por RH calculado por el modelo hidrológicos

Región Hidrográfica	ETR promedio multianual	
	(MMC/año)	mm
Lempa (territorio nacional + transfronterizo)	19 958.92	1111.49
Paz (territorio nacional + transfronterizo)	2325.55	1075.15
Cara Sucia - San Pedro	846.57	1101.59
Grande de Sonsonate - Banderas	833.52	1082.21
Mandinga - Comalapa	1605.97	1233.56
Jiboa - Estero de Jaltepeque	1474.00	902.58
Bahía de Jiquilisco	1181.88	1290.26
Grande de San Miguel	2817.42	1175.84
Sirama	1032.90	969.59
Goascorán (territorio nacional + transfronterizo)	2104.97	857.21
<b>Total</b>	<b>34 181.70</b>	<b>1 087.67</b>

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 4.2.3. Recursos superficiales

#### 4.2.3.1. Aportaciones totales por zona y región hidrográfica

El cuadro 13 recoge el valor de las aportaciones mensuales, el total promedio multianual y el total por

RH y ZH, incluyendo las aportaciones de Guatemala y Honduras. Se considera para la obtención de los valores promedio multianuales el periodo 1970/2012. Las aportaciones totales, resultado de la modelación, son la suma de las variables hidrológicas: escorrentía superficial y escorrentía subterránea.

**Cuadro 13.**

Valor de la aportación mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por zona y región hidrográfica y el total para el periodo 1970/2012

ZH	RH	Mayo	Junio	Julio	Agt.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total Anual
I	A. Lempa	404.7	1140.8	1193.1	1743.5	2764.3	1856.5	668.6	491.4	399.1	332.5	283.9	260.7	11 538.8
	Subtotal	404.7	1140.8	1193.1	1743.5	2764.3	1856.5	668.6	491.4	399.1	332.5	283.9	260.7	11 538.8
II	B. Paz	25.6	86.9	104.7	162.0	272.5	159.8	45.8	35.5	31.7	28.3	25.4	23.3	1001.4
	C. Cara Sucia - San Pedro	26.4	43.5	59.7	83.9	117.8	103.1	68.5	51.6	39.4	30.6	24.0	19.1	667.5
	D. Sonsonate-Bandera	31.5	55.3	68.8	96.6	129.7	89.4	48.7	40.1	36.4	33.2	30.3	27.8	687.8
	E. Mandinga - Comalapa	13.6	49.9	81.7	127.7	219.6	159.7	37.2	21.0	16.1	12.4	9.6	7.5	755.9
	F. Jiboa - Jaltepeque	92.5	178.1	161.2	229.8	312.7	227.9	82.3	45.5	29.9	19.9	13.7	13.6	1407.2
	Subtotal	189.6	413.7	476.1	700.0	1052.3	739.9	282.5	193.7	153.5	124.4	103.0	91.3	4519.8
	G. Bahía de Jiquilisco	16.9	43.1	31.8	73.4	149.2	115.1	23.7	12.1	10.4	9.0	7.7	6.7	499.2
III	H. San Miguel	53.9	105.6	97.8	155.6	285.7	258.5	100.4	69.8	51.1	37.7	27.9	23.5	1267.5
	I. Sirama	38.8	88.2	72.1	98.0	204.8	139.5	16.6	4.8	2.4	1.3	0.8	2.6	669.9
	J. Goascorán	137.3	259.9	221.2	273.3	459.8	288.4	65.8	32.9	20.7	13.5	9.5	15.6	1797.8
	Subtotal	246.9	496.8	422.9	600.3	1,099.5	801.5	206.5	119.6	84.6	61.5	45.9	48.4	4234.4
	Total	841.2	2051.3	2092.1	3043.8	4916.1	3397.9	1157.6	804.7	637.2	518.4	432.8	400.4	20 292.9

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

El cuadro 14 muestra el valor de la aportación total promedio multianual según el país de procedencia para el periodo 1970/2012.

**Cuadro 14.**

Valor de la aportación anual promedio multianual según el país de procedencia (en MMC/año) por RH y ZH para el periodo 1970/2012

ZH	RH	Aportaciones			
		Guatemala	Honduras	El Salvador	Totales
I	A. Lempa	1599.2	4857.6	5082.0	11 538.8
	Subtotal	1599.2	4857.6	5082.0	11 538.8
II	B. Paz	799.5	0.0	201.9	1001.4
	C. Cara Sucia - San Pedro	0.0	0.0	667.5	667.5
	D. Sonsonate - Banderas	0.0	0.0	687.8	687.8
	E. Mandinga - Comalapa	0.0	0.0	755.9	755.9
	F. Jiboa - Jaltepeque	0.0	0.0	1,407.2	1407.2
	Subtotal	799.5	0.0	3720.2	4519.8
III	G. Bahía de Jiquilisco	0.0	0.0	499.2	499.2
	H. San Miguel	0.0	0.0	1267.5	1267.5
	I. Sirama	0.0	0.0	669.9	669.9
	J. Goascorán	0.0	1146.2	651.6	1797.8
	A. Lempa	0.0	1146.2	3,088.2	4234.4
	Total	2398.7	6003.8	11 890.4	20 292.9

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



#### 4.2.3.2. Aportaciones totales en las zonas prioritarias

El cuadro 15 presenta la aportación total mensual promedio multianual por ZP para el periodo 1970/2012.

**Cuadro 15.**

Valor de la aportación mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZP para el periodo 1970/2012

ZP	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total Anual
Cuenca del Río Suquiapa	11.9	30.2	35.4	47.0	52.7	40.5	16.0	13.5	12.2	11.0	10.0	9.1	289.7
Cuenca del Río Sucio	36.3	64.0	83.2	98.5	110.5	80.1	49.3	44.4	41.0	37.8	35.0	32.4	712.3
Cuenca del Río Acelhuate	29.6	51.6	68.6	88.8	109.5	70.0	37.2	33.1	31.2	29.3	27.6	26.1	602.6
Cuenca del Río Mojaflares	0.7	3.0	3.0	4.2	5.7	3.2	1.2	1.0	0.9	0.7	0.7	0.6	24.9
Cuenca del Río Metayate	2.4	20.8	20.3	32.1	44.7	23.2	2.9	1.3	1.1	1.0	0.8	0.8	151.5
Cara Sucia - San Pedro	26.4	43.5	59.7	83.9	117.8	103.1	68.5	51.6	39.4	30.6	24.0	19.1	667.5
Grande de Sonsonate - Banderas	31.5	55.3	68.8	96.6	129.7	89.4	48.7	40.1	36.4	33.2	30.3	27.8	687.8
Estero de Jaltepeque	86.3	162.9	136.4	193.4	252.2	178.5	56.6	31.1	21.2	14.4	10.1	10.9	1154.0
Bahía de Jiquilisco	16.9	43.1	31.8	73.4	149.2	115.1	23.7	12.1	10.4	9.0	7.7	6.7	499.2
Grande de San Miguel	53.9	105.6	97.8	155.6	285.7	258.5	100.4	69.8	51.1	37.7	27.9	23.5	1267.5
La Unión	3.7	10.4	10.6	13.3	23.9	15.4	1.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	79.6
<b>Total</b>	<b>273.2</b>	<b>546.9</b>	<b>555.9</b>	<b>802.9</b>	<b>1163.8</b>	<b>873.9</b>	<b>337.8</b>	<b>246.8</b>	<b>205.7</b>	<b>174.2</b>	<b>150.1</b>	<b>137.9</b>	<b>5469.1</b>

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

#### 4.2.4. Recursos subterráneos

##### 4.2.4.1. Modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterráneas

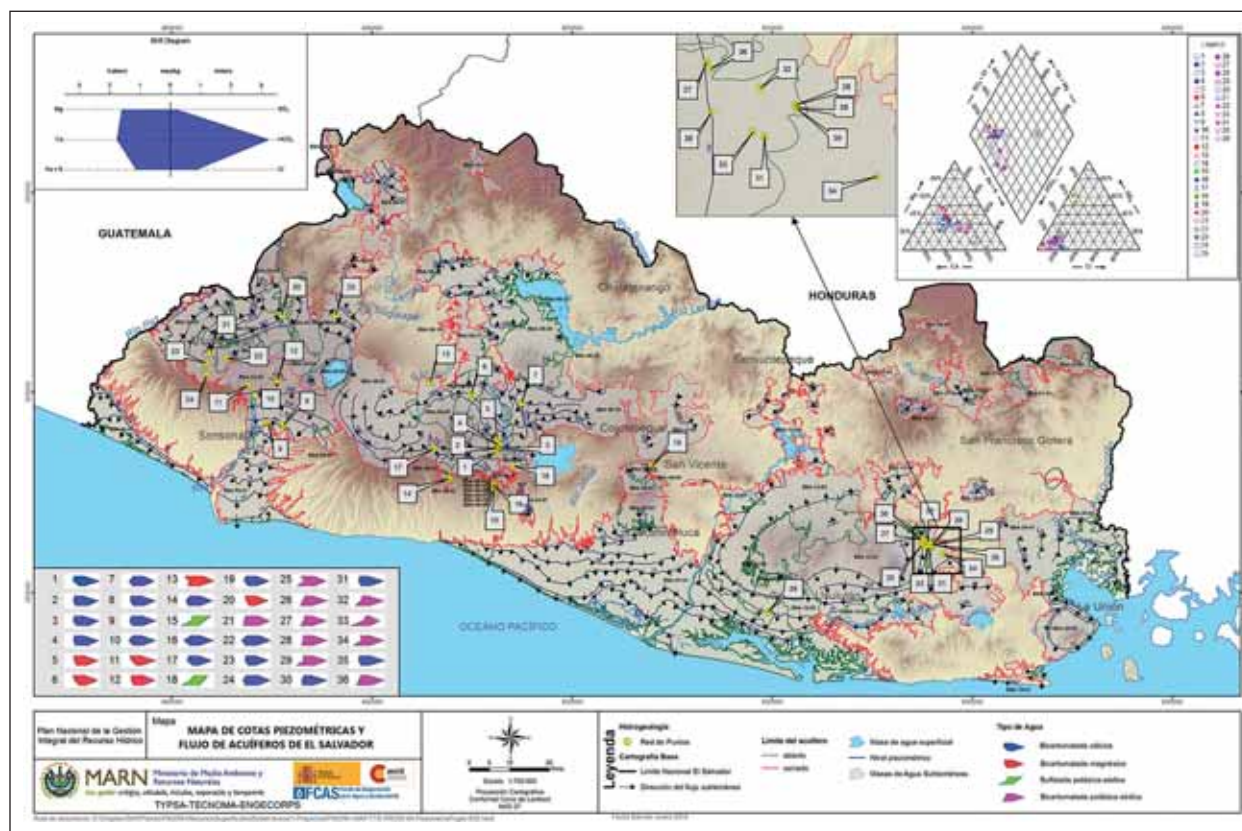
Previo a la modelación de recursos se requirió la delimitación de acuíferos y su agrupación en 21 MASubs, así como el desarrollo de los modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico de las mismas. Apéndice 05. Anexo 01.

Estos modelos contienen información diversa de cada MASub referente a aspectos tales como:

- Delimitación.
- Litologías aflorantes.
- Áreas de carga y descarga.
- Funcionamiento hidrogeológico.
- Hidroquímica, (Mapa 18).
- Balance hídrico.



Mapa 18.  
Mapa piezométrico e hidroquímico de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

#### 4.2.4.2. Infiltración por zona y región hidrográfica

Los resultados de infiltración o recarga en la modelación con Evalhid corresponden a la unidad mínima de modelación, en este caso, las agrupaciones de subcuencas. El paso a infiltración por MASub se

puede obtener en un proceso posterior y ajeno a la modelación con Evalhid. A continuación se presentan los resultados agrupados por ZH y RH (cuadro 16 y 17). Los valores mostrados corresponden a los promedios mensuales y anuales del periodo 1970/2012. Anexo 04. Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras.

Cuadro 16.

Valor de la recarga mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZH y RH para el periodo 1970 - 2012

ZH	RH	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total Anual
I	A. Lempa	375.7	883.0	820.9	992.8	1182.9	777.0	100.6	3.6	0.5	0.7	6.2	38.1	5182.0
	Subtotal	375.7	883.0	820.9	992.8	1182.9	777.0	100.6	3.6	0.5	0.7	6.2	38.1	5182.0
II	B. Paz	7.7	50.1	55.5	77.7	97.3	61.8	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	357.6
	C. Cara Sucia - San Pedro	23.5	75.5	79.9	104.9	132.1	83.9	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	509.3
	D. Sonsonate - Bandera	19.6	62.3	68.5	90.0	103.9	68.9	7.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	421.9

Continuación del Cuadro 16.

ZH	RH	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total Anual
	E. Mandinga - Comalapa	6.8	25.3	32.0	39.9	45.8	37.8	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.0
	F. Jiboa - Jaltepeque	36.3	58.0	66.4	84.9	106.5	84.8	20.1	0.6	0.2	0.0	0.7	6.7	465.2
	Subtotal	93.9	271.2	302.3	397.4	485.6	337.2	51.1	0.8	0.2	0.0	0.7	8.4	1949.0
III	G. Bahía de Jiquilisco	6.7	15.9	12.9	21.2	27.5	25.6	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.2
	H. San Miguel	44.4	84.1	71.8	107.4	172.2	137.7	20.5	0.3	0.0	0.0	0.0	2.9	641.1
	I. Sirama	7.3	11.2	9.6	11.5	13.3	12.2	3.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	68.8
	J. Goascorán	40.7	60.0	53.4	59.6	75.1	58.8	11.3	0.9	0.1	0.2	0.7	5.6	366.4
	Subtotal	99.1	171.2	147.7	199.7	288.0	234.3	40.4	1.3	0.1	0.2	0.7	8.8	1191.5
Total		568.7	1325.4	1270.9	1589.9	1956.5	1348.5	192.1	5.7	0.8	0.9	7.6	55.3	8322.5

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 17.

Valor de la recarga total según el país de procedencia (en MMC/año) por ZH y RH para el periodo 1970 - 2012

ZH	RH	Recargas			
		Guatemala	Honduras	El Salvador	Totales
I	A. Lempa	522.4	2211.0	2448.6	5182.0
	Subtotal	522.4	2211.0	2448.6	5182.0
II	B. Paz	265.3	0.0	92.3	357.6
	C. Cara Sucia - San Pedro	0.0	0.0	509.3	509.3
	D. Sonsonate - Banderas	0.0	0.0	421.9	421.9
	E. Mandinga - Comalapa	0.0	0.0	195.0	195.0
	F. Jiboa - Jaltepeque	0.0	0.0	465.2	465.2
	Subtotal	265.3	0.0	1683.7	1949.0
III	G. Bahía de Jiquilisco	0.0	0.0	91.6	115.2
	H. San Miguel	0.0	0.0	641.1	641.1
	I. Sirama	0.0	0.0	68.8	68.8
	J. Goascorán	0.0	276.4	90.0	366.4
	Subtotal	0.0	276.4	891.5	1191.5
Total		787.7	2,487.4	5,023.8	8,322.5

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



#### 4.2.4.3. Infiltración por zona prioritaria

El cuadro 18 presenta la recarga o infiltración total mensual promedio multianual por ZP para el periodo 1970/2012.

**Cuadro 18.**

Valor de la recarga mensual y total promedio multianual (en MMC/mes y MMC/año) por ZP para el periodo 1970/2012

ZP	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total Anual
Cuenca del río Suquiapa	7.9	22.9	25.7	31.3	32.2	19.8	1.7	0.1	0	0	0.1	0.4	142.1
Cuenca del río Sudio	29.6	76.3	91.2	102.6	106	63.1	5.6	0	0	0	0.3	1.7	476.6
Cuenca del río Acelhuate	18.6	52.2	65.9	77.5	84.3	53.7	7.6	0.1	0	0	0	0.9	360.7
Cuenca del río Mojaflares	0.3	1.7	1.7	2.1	2.3	1.5	0.1	0	0	0	0	0	9.9
Cuenca del río Metayate	0.8	2.3	2.3	2.5	2.6	2.2	0.5	0	0	0	0	0.1	13.2
Cara Sucia-San Pedro	23.5	75.5	79.9	104.9	132.1	83.9	9.2	0	0	0	0	0.3	509.3
Grande de Sonsonate - Banderas	19.6	62.3	68.5	90	103.9	68.9	7.9	0.2	0	0	0	0.5	421.9
Estero de Jaltepeque	32.5	45.66	45.7	54.22	62.5	53.43	15.45	0.66	0.16	0.01	0.68	6.33	317.3
Bahía de Jiquilisco	6.7	15.9	12.9	21.2	27.5	25.6	5.5	0	0	0	0	0	115.2
Grande de San Miguel	44.4	84.1	71.8	107.4	172.2	137.7	20.5	0.3	0	0	0	2.9	641.1
La Unión	0.6	0.9	0.9	0.9	1	0.9	0.3	0	0	0	0	0	5.7
<b>Total</b>	<b>161.0</b>	<b>364.3</b>	<b>386.6</b>	<b>489.7</b>	<b>594.5</b>	<b>426.8</b>	<b>65.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>12.8</b>	<b>2503.7</b>

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 4.3 Evaluación de recursos hídricos en el escenario de cambio climático

#### 4.3.1. Antecedentes

La Estrategia Nacional del Cambio Climático de El Salvador (MARN, 2013b) reconoce que la amenaza climática es muy significativa y que crecerá en las próximas décadas. Precisa que la temperatura promedio anual aumentó más de 1.3 °C en las últimas seis décadas y que los escenarios climáticos apuntan a aumentos de entre 2 °C y 3 °C adicionales, en las siguientes seis décadas, dependiendo de los esfuerzos que se realicen a escala planetaria para mitigar el calentamiento global.

Durante la elaboración del PNGIRH, se consideraron dos horizontes de planeamiento en el análisis a futuro (años 2017 y 2022) y el efecto del cambio climático se evaluó en el horizonte más lejano, 2022.

#### 4.3.2. Escenario de cambio climático para El Salvador

Para la definición del escenario de cambio climático a evaluar, en el marco del PNGIRH, se consideró el documento “Escenarios de Cambio Climático para El Salvador”, elaborado por la DGOA del MARN (Pérez D., 2013) trabajo basado, a su vez, en el Cuarto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático<sup>8</sup> (IPCC, 2007b), particularmente en los resultados del Grupo de Trabajo 1 (Ciencia Física); se seleccionó el Escenario A2, correspondiente al supuesto de alto desarrollo económico, horizonte 2020, que es el más próximo al horizonte 2022 del PNGIRH.

Las proyecciones de variación de los parámetros climáticos contempladas en dicho escenario de cambio climático se muestran en el cuadro 19.

<sup>8</sup> Esta organización, establecida por el United Nations Environment Programme (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es el referente internacional para la evaluación de los efectos del cambio climático.

**Cuadro 19.**  
Proyecciones de variación de los parámetros climáticos contemplados en el escenario de  
cambio climático desarrollado en el PNGIRH

Proyecciones de variación de temperatura (°C) y precipitación (mm) - PNGIRH			
Mes		Temperatura - Escenario A2-2020	Precipitación . Escenario A2-2020
Enero		0.70	-1.38
Febrero		0.88	-1.40
Marzo		0.42	-4.92
Abril		0.63	-7.41
Mayo		0.52	-18.07
Junio		0.76	-17.97
Julio		0.71	-31.09
Agosto		0.74	-4.95
Septiembre		0.52	40.84
Octubre		0.51	55.25
Noviembre		0.54	13.56
Diciembre		0.62	-1.49
Anual	Total	0.63	20.97
	Disminución		-88.68
	Aumento		109.65

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

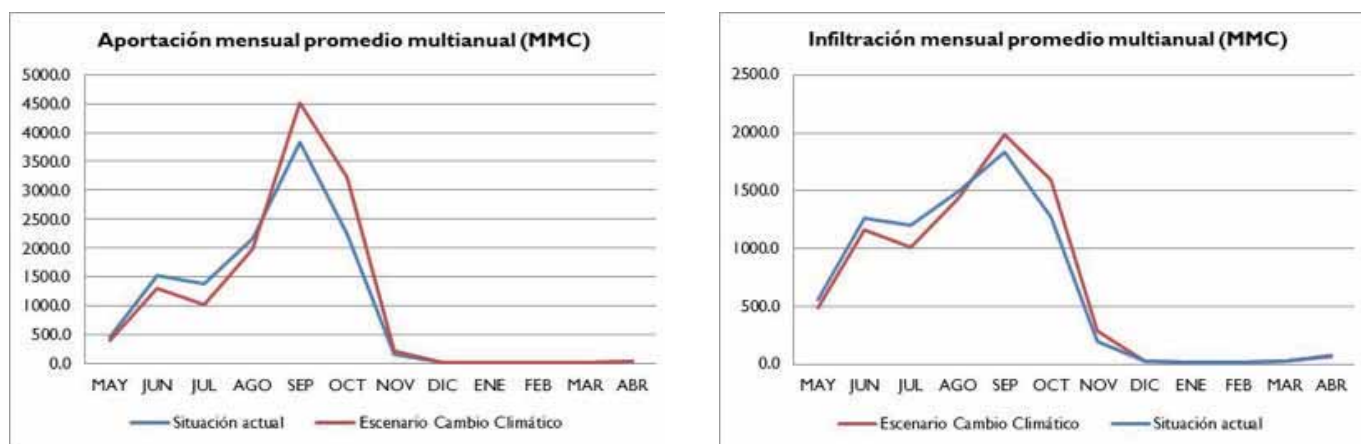
Los modelos hidrológicos desarrollados y calibrados, descritos en apartados previos son utilizados para la simulación del escenario de cambio climático, utilizando las series de entrada de P y ETc que resultan de aplicar las proyecciones de variación de la temperatura y la precipitación mostradas en el cuadro 19.

### 4.3.3. Resultados obtenidos

El gráfico 8 representa las diferencias entre las series de aportaciones totales e infiltración en régimen natural para el año medio, según su evaluación en situación actual y en el escenario de cambio climático.

**Gráfico 8**

Distribución de las aportaciones superficiales en régimen natural a nivel nacional en situación actual y para el escenario de cambio climático. Resultados promedio de la serie 1970/2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.





Se observa, en el escenario de cambio climático respecto al de situación actual un aumento significativo de las aportaciones en los meses de septiembre y octubre, y una leve disminución en junio a agosto, siendo las variaciones en la época seca muy poco significativas. En cuanto a la infiltración se puede apreciar un aumento de la misma entre septiembre y noviembre como consecuencia de mayores precipitaciones. En los últimos cuatro meses de la época seca la infiltración se reduce como consecuencia, en parte, del aumento de la evapotranspiración, aunque las diferencias con respecto a la situación actual son poco significativas.

## 4.4. Síntesis de la evaluación de recursos hídricos

### 4.4.1. Recursos superficiales

Las aportaciones naturales totales anuales estimadas como promedio histórico 1970/2012, ascienden a 20 293 MMC, distribuyéndose el 56.9 % de dichas aportaciones en la región y zona hidrográfica del Lempa, el 22.2 % en la zona occidental Paz - Jaltepeque, y el 20.9 % en la zona oriental Jiquilisco - Goascorán. En la zona hidrográfica del Lempa existe un mayor número de estaciones hidrométricas con mayor longitud de registros, dando una mayor confiabilidad al proceso de calibración que en otras regiones.

Cuadro 20.  
Comparación de resultados de evaluación de recursos entre el PNGIRH y estudios previos

ZH	Región Hidrográfica	PNGIRH <sup>1/</sup>		PLAMDARH <sup>2/</sup>		BHID <sup>3/</sup>	
		MMC/año	%	MMC/año	%	MMC/año	%
I	A. Lempa	11 539	56.9	11 260	62.7	10 604	58.2
	Subtotal	11 539	56.9	11 260	62.7	10 604	58.2
II	B. Paz	1001	4.9	938	5.2	1105	6.1
	C. Cara Sucia - San Pedro	668	3.3	398	2.2	449	2.5
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	688	3.4	806	4.5	497	2.7
	E. Mandinga - Comalapa	756	3.7	379	2.1	754	4.1
	F. Jiboa- Estero de Jaltepeque	1407	6.9	961	5.3	782	4.3
	Subtotal	4520	22.2	3482	19.4	3587	19.7
III	G. Bahía de Jiquilisco	499.2	2.5	649	3.6	340	1.9
	H. Grande de San Miguel	1268	6.3	1161	6.5	1263	6.9
	I. Sirama	670	3.3	295	1.6	616	3.4
	J. Goascorán	1798	8.9	1125	6.3	1814	10
	Subtotal	4234	20.9	3230	18	4033	22.1
Total		20 293	100	17 972	100	18 224	100

1/Aportaciones anuales promedias naturalizadas del periodo 1970/71-2011/12

2/Datos del PLAMDARH del año 1982 (sin naturalizar)

3/Aportaciones anuales promedias del periodo 1971/72-2000/01 (sin naturalizar)

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

De todas maneras, se comparan los resultados obtenidos con estudios previos de referencia como: el Plan maestro de aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos (PLAMDARH) (MAG-PNUD, 1982) y el Balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador (BHID) (SNET, 2005), en los cuales se

evaluaron los recursos hídricos de acuerdo a los datos existentes de caudales en régimen alterado, es decir, sin naturalizar. Analizando y comparando los resultados de unos y otros estudios, se observa que los resultados obtenidos con Evalhid, si bien están en el orden de magnitud que los resultados en los estudios

referenciados, proporcionan un mayor volumen de aportaciones anuales promedio a escala nacional, lo cual es esperable porque la evaluación de recursos se ha realizado en régimen natural, contrariamente a los estudios previos.

#### 4.4.2. Recursos subterráneos

Tras un proceso de recopilación y análisis de la información existente se presenta una nueva delimitación de los materiales hidrogeológicamente más interesantes en las MASub y sus acuíferos (en total 21 MASub y 72 acuíferos). Con esto, se mejora el conocimiento sobre el modelo de funcionamiento hidrogeológico regional en régimen natural.

La metodología del PNGIRH que agrupa los acuíferos en MASub significa un nuevo enfoque orientado a la mejor gestión de las aguas subterráneas, ya que dichas masas integran acuíferos con recursos hidráulicamente relacionados entre sí y con propiedades hidroquímicas similares. Así, en los próximos ciclos de planificación, las MASub deben ser consideradas como la unidad de gestión de los recursos hídricos subterráneos a las que se debe dar seguimiento para lograr una caracterización completa

en calidad y con homogeneidad espacial y temporal suficiente.

Se consideran áreas de especial interés hidrogeológico los entornos de los volcanes a) Apaneca, Santa Ana e Izalco, b) San Salvador, c) San Vicente, d) Tecapa, Usulután, El Tigre, Chinameca y San Miguel, e) Conchagua, y los cursos más bajos de los ríos Paz, Lempa y Goascorán, por constituir zonas de importante recarga acuífera con alto valor ambiental y/o mantenimiento de gran cantidad de actividades socioeconómicas.

Para la mayoría de las MASub se considera deficiente el número de estudios disponibles para su caracterización, especialmente su estructura geológica y su balance hídrico, así como la información de redes de control de las aguas subterráneas (cantidad y calidad). Se recomienda introducir el concepto de gestión conjunta para las aguas subterráneas y superficiales (incluidas las oceánicas y las de los esteros), puesto que existe una estrecha relación entre ellas, en la mayor parte de las MASub estudiadas. Dicha gestión requerirá un trabajo conjunto con las autoridades ambientales de los países vecinos.





## 5. Descripción de usos, demandas y presiones



El presente apartado contiene:

- Una breve descripción de los usos principales del agua en situación actual, las tendencias históricas en el país y su evolución.
- Un resumen del cálculo de las demandas en situación actual y en futuras, incluyendo el abastecimiento a poblaciones, demandas agropecuaria, industrial, energética, acuícola y hotelera. En cada caso se presenta una breve explicación de la metodología empleada para el cálculo, y los datos de partida.
- Una descripción de las presiones sobre los cuerpos de agua superficial y sobre las masas de agua subterránea, y los impactos más significativos.

Los aspectos antes mencionados se pueden consultar en el Anexo 02. *Usos y demandas de agua actuales y futuras*. Anexo 03. *Inventario de presiones*.

### 5.1. Usos de agua

La caracterización de los usos de agua consiste en una descripción de los rasgos principales de sus

diferentes usos, a partir del análisis de la información actual e histórica.

En el PNGIRH se consideran seis usos sectoriales del agua:

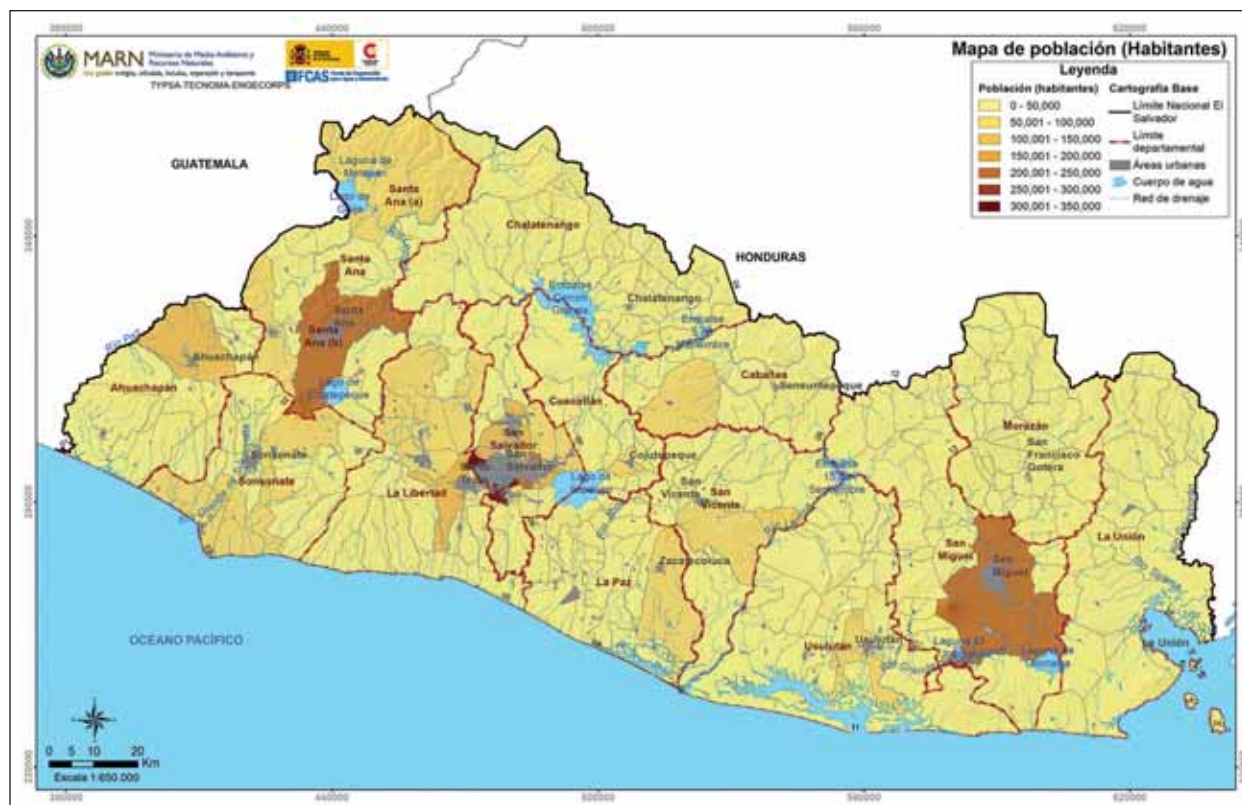
- Abastecimiento poblacional
- Uso agropecuario
- Uso industrial
- Uso para la producción de energía
- Uso acuícola
- Uso hotelero.

#### 5.1.1. Abastecimiento poblacional

El Salvador es el país más densamente poblado de Centroamérica. Según se aprecia en el mapa 19, las zonas de mayor densidad corresponden a los principales núcleos urbanos: San Salvador, Santa Ana y San Miguel, seguidos de los núcleos urbanos de La Libertad, Ahuachapán, Sonsonate, Metapán, Zacatecoluca, Cojutepeque, San Vicente y Usulután, entre otros.



Mapa 19.  
Límites departamentales y densidad poblacional de El Salvador

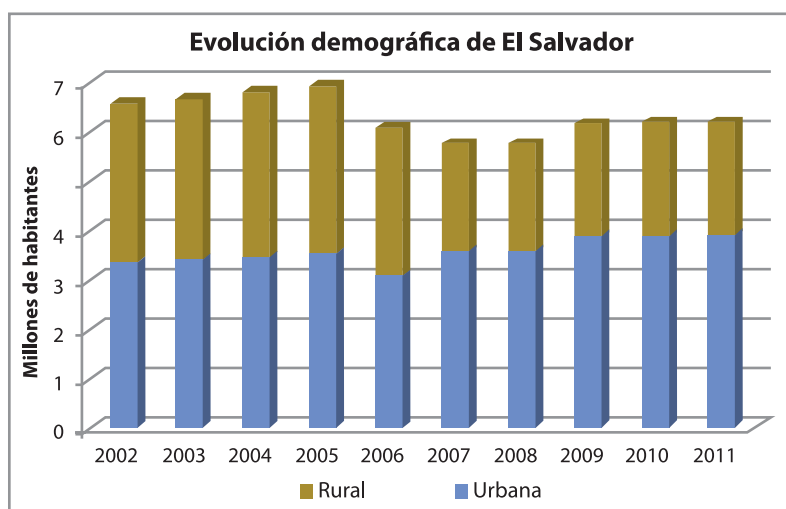


Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Desde el año 2002 la población de El Salvador no presenta grandes variaciones a pesar que se observa

una disminución en los años 2007 y 2008. A partir de este periodo la población crece de forma gradual.

Gráfico 9.  
Evolución demográfica de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH con información proporcionada por DIGESTYC, 2009.



En la actualidad, El Salvador cuenta con una población total aproximada de 6 216 141 habitantes concentrados mayoritariamente en las zonas urbanas del país.

**Cuadro 21.**  
Población urbana y rural por región hidrográfica, año 2012

Zona Hidrográfica	Región Hidrográfica	Población urbana	Población rural	Población total	%
I	A. Lempa	2 440 768	1 067 799	3 508 567	56 %
	Subtotal	2 440 768	1 067 799	3 508 567	56 %
II	B. Paz	187 439	191 055	378 494	6 %
	C. Cara Sucia - San Pedro	53 886	93 186	147 072	2 %
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	283 476	79 891	363 367	6 %
	E. Mandinga - Comalapa	194 926	150 461	345 387	6 %
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	265 350	223 702	489 052	8 %
	Subtotal	985 077	738 295	1 723 372	28 %
III	G. Bahía de Jiquilisco	119 114	54 835	173 949	3 %
	H. Grande de San Miguel	305 367	239 290	544 657	9 %
	I. Sirama	54 103	88 148	142 251	2 %
	J. Goascorán	33 007	90 338	123 345	2 %
	Subtotal	511 591	472 611	984 202	16 %
Total		3 937 436	2 278 705	6 216 141	100 %

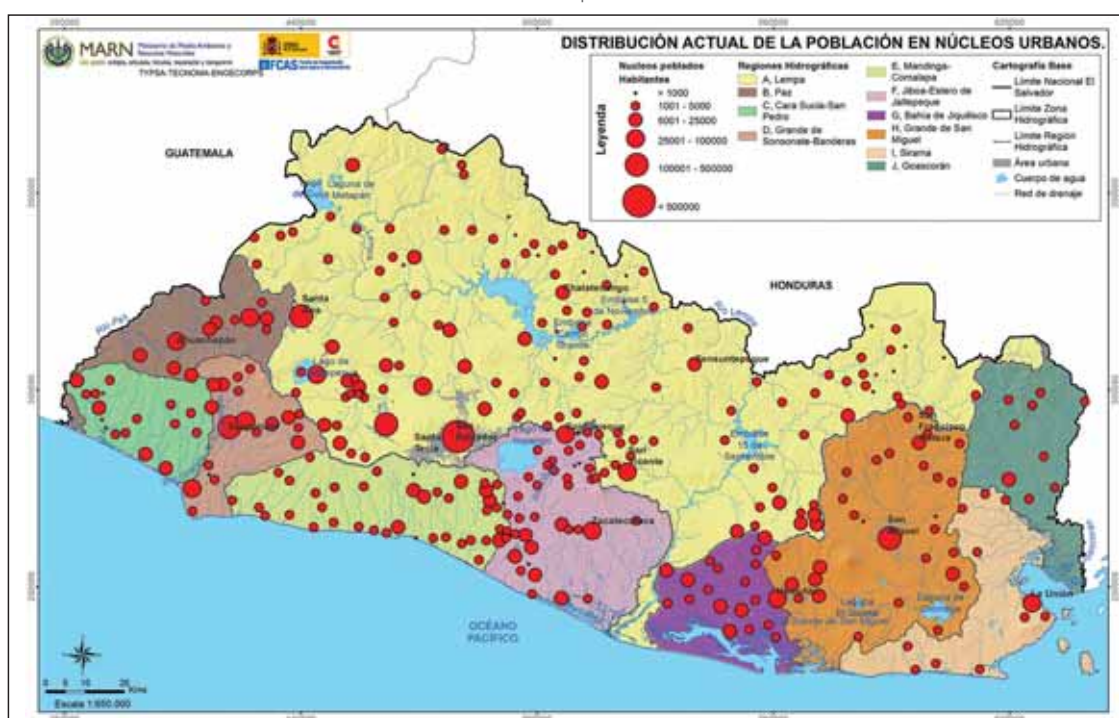
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

La RH Lempa por su tamaño es la que mayor número de habitantes tiene, representando el 56 % de la población total del país. Las zonas hidrográficas II y III

aportan el restante 28 % y 16 % respectivamente. El mapa 20 muestra la distribución de los núcleos urbanos por rangos de número de habitantes.

**Mapa 20.**

Distribución territorial de los núcleos urbanos por número de habitantes en situación actual



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



Para estimar la evolución de la población, factor determinante de demanda en los escenarios futuros, se cuenta con datos oficiales de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC). En el cuadro 22

se pueden consultar las proyecciones de población en cada RH y el cambio porcentual con respecto al año 2012.

Cuadro 22.  
Población por RH para 2012, 2017 y 2022

Zona Hidrográfica	Región Hidrográfica	Población			Cambio respecto 2012	
		2012	2017	2011	2017	2022
I	A. Lempa	3 508 567	3 665 401	3 817 637	4.5 %	8.8 %
	Subtotal	3 508 567	3 665 401	3 817 637	4.5 %	8.8 %
II	B. Paz	378 494	397 179	414 466	4.9 %	9.5 %
	C. Cara Sucia - San Pedro	147 072	150 614	155 468	2.4 %	5.7 %
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	363 367	367 858	378 273	1.2 %	4.1 %
	E. Mandinga - Comalapa	345 387	360 746	375 652	4.4 %	8.8 %
	F. Jiboa- Estero de Jaltepeque	489 052	506 489	530 711	3.6 %	8.5 %
	Subtotal	1 723 372	1 782 886	1 854 570	3.5 %	7.6 %
III	G. Bahía de Jiquilisco	173 949	180 390	186 849	3.7 %	7.4 %
	H. Grande de San Miguel	544 657	562 306	580 788	3.2 %	6.6 %
	I. Sirama	142 251	142 214	145 272	0.0 %	2.1 %
	J. Goascorán	123 345	123 519	126 461	0.1 %	2.5 %
	Subtotal	984 202	1 008 430	1 039 369	2.5 %	5.6 %
Total		6 216 141	6 456 716	6 711 575	3.9 %	8.0 %

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

5.1.2. Uso agropecuario

El sector agrícola está dominado mayormente por la producción de café, granos básicos (maíz, arroz, sorgo y frijol) y caña de azúcar (MAG, 2012a). Los suelos clasificados como pastos para el ganado seguidos por los destinados a caña de azúcar, ocupan la mayor superficie bajo riego, utilizan riego por gravedad e inundación en la mayoría de los casos. Sin embargo, un gran porcentaje de la tierra con potencial de riego actualmente no es utilizado (Romero, 2012).

Los principales cultivos que se encuentran en el país pueden dividirse en (MARN, 2004):

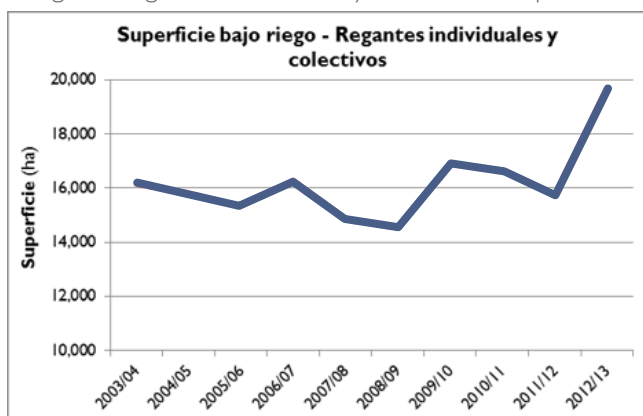
- Granos básicos: maíz, sorgo, frijol, arroz
- Cultivos agroindustriales: caña de azúcar, café
- Cultivos tradicionales de exportación: ajonjolí, chile dulce, papa, repollo, tomate, yuca, sandía, limón, naranjo, piña, plátano, cocotero (fruto), marañón (semilla), henequén, kenaff (fibra).

De los cultivos agroindustriales, el café representa más de un 10 % del territorio nacional (aunque no se trata de un cultivo bajo riego), le siguen la caña de azúcar y el maíz, a este último se destina una superficie muy superior a la reportada para otros granos básicos como el sorgo y el frijol.

En contraste con los distritos de riego, el arroz no resulta un cultivo significativo entre los regantes individuales y colectivos, predominan el pasto y la caña de azúcar (MAG, 2013). En cuanto a los cultivos tradicionales de exportación destacan las hortalizas y las frutas, cuyo potencial productivo se reconoce elevado, aunque también se importan grandes cantidades de los países cercanos, principalmente de Guatemala.

El sector de la agricultura bajo riego está en crecimiento según datos históricos registrados en las bases de datos del MAG. El gráfico 10 representa la evolución de la superficie cultivada bajo riego en los últimos diez años. No incluye los distritos de riego pues no se conoce su evolución histórica.

**Gráfico 10.**  
Superficie bajo riego de regantes individuales y colectivos. Temporada 2003/04 a 2012/13



Fuente: elaboración para el PNGIRH con información del documento (MAG, 2012b)

En la actualidad, El Salvador cuenta con cuatro distritos de riego que ocupan una superficie total de 26 190 ha y casi 700 regantes registrados oficialmente. La RH Grande de Sonsonate - Banderas es la que mayor superficie bajo riego posee, tal como se puede observar en el cuadro 23.

**Cuadro 23.**  
Número de regantes, superficie regada (ha) por Región Hidrográfica

Zona Hidrográfica	Región Hidrográfica	Nº Regantes	Superficie Regada (ha)
I	A. Lempa	130	1625.8
	Distritos (4)		6,94.6
	Subtotal	130	8120.4
II	B. Paz	33	116.8
	C. Cara Sucia - San Pedro	107	1492.9
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	152	11 658.8
	E. Mandinga - Comalapa	9	114.6
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	168	2283.9
	Subtotal	469	15 667.0
III	G. Bahía de Jiquilisco	22	994.9
	H. Grande de San Miguel	72	1403.0
	I. Sirama	-	-
	J. Goascorán	4	4.6
	Subtotal	98	2402.5
Total		697	26 189.9

Fuente: elaboración para el PNGIRH con información extraída de (MAG, 2013).

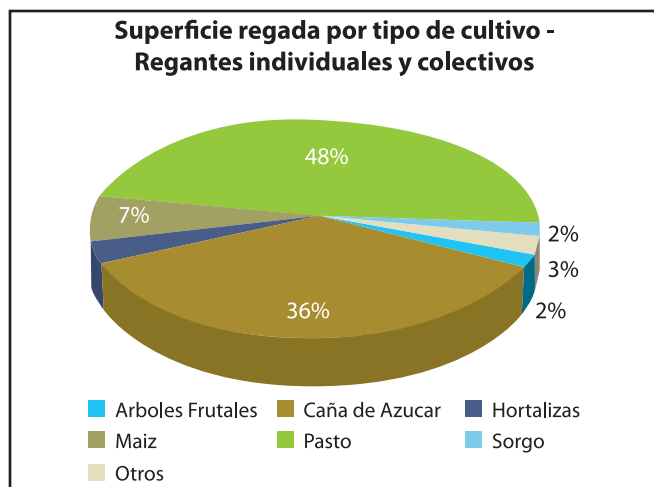
En cuanto a los tipos de cultivo bajo riego en situación actual, el pasto y la caña de azúcar son los que mayor superficie ocupan los regantes individuales y

colectivos (gráfico 11) y el arroz y el maíz en el caso de los distritos de riego. (gráfico 12).



Gráfico 11

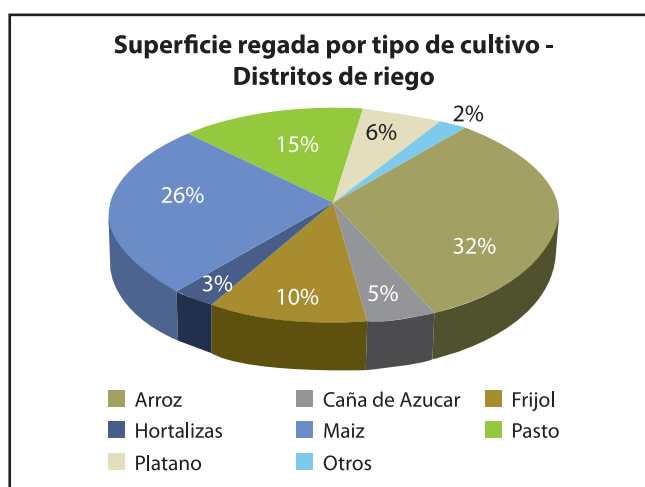
Superficie bajo riego por cultivo, regantes individuales y colectivos. Temporada 2013/13



Fuente: elaboración para el PNGIRH con información de MAG, 2012b.

Gráfico 12.

Superficie bajo riego por tipo de cultivo, distritos de riego. Temporada 2012/13

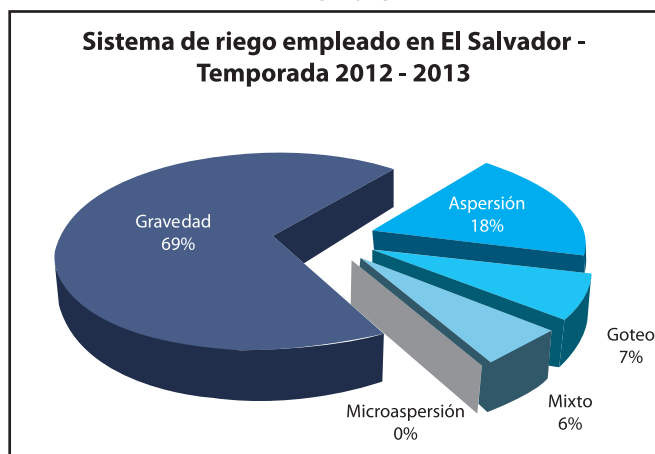


Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

El gráfico 13 muestra el porcentaje de la superficie irrigada con los distintos métodos de riego empleados en El Salvador por los regantes individuales y colectivos.

Gráfico 13.

Sistemas de riego empleados en El Salvador. Temporada 2012/13



Fuente: elaboración para el PNGIRH con información del documento MAG, 2012b.

Según el anuario de estadísticas agropecuarias 2011/2012 (MAG, 2012a), en el país hay 59 462 ganaderos con un hato bovino de 1 015 141 cabezas. Del total de ganaderos, un 58 % son de subsistencia sin acceso a una tecnología apropiada para su

producción en aspectos como la genética y la sanidad, además de que utilizan los suelos menos apropiados para este tipo de explotación.

Las actuales producciones bovinas son altamente dependientes del pastoreo extensivo. Mucha de la producción ganadera es realizada por pequeños productores de granos básicos, con un hato ganadero pequeño disperso en todo el territorio incluyendo las áreas montañosas (MARN, 2013c).

El hato porcino es minoritario con 142 703 cabezas en 2011, y el hato avícola es mayoritario con 31 715 901 cabezas en todo el territorio.

En cuanto a la evolución del sector ganadero no hay una tendencia muy marcada de disminución ni aumento. En el caso del número de aves domésticas se observan ligeras fluctuaciones en el mismo periodo y en el caso de las aves comerciales, debido a la ausencia de datos completos, la tendencia no se puede definir.

**Cuadro 24.**

Evolución del número de cabezas ganaderas por tipo de ganado en el periodo 2001/2011

Sector	N° de Cabezas de Ganado y Aves (Mill. de unidades)									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ganado bovino	1.30	1.25	1.26	1.26	1.28	1.37	1.39	1.34	1.25	1.02
Ganado porcino	0.15	0.17	0.19	0.18	0.20	0.20	0.12	0.09	0.10	0.14
Aves (familiar)	4.19	4.53	4.15	3.45	3.67	3.69	4.37	3.78	4.47	ND
Aves (comercial)	12.96	13.12	13.21	13.44	ND	ND	ND	ND	ND	*31.72

\* Cifra total nacional: aproximadamente 4 millones corresponden al sector aves (familiar). No se dispone de datos desagregados.  
ND: No Disponible

Fuente: elaboración para el PNGIRH con información proporcionada por el MAG, (sin fecha).

Con respecto a la evolución futura del sector, el cuadro 25 muestra las proyecciones de superficie regada definidas por las gerencias de dos distritos:

Atiocoyo Norte y Zapotitán. En Atiocoyo Sur y Lempa - Acahuapa, al no contar con proyecciones, se mantienen las superficies existentes.

**Cuadro 25.**

Proyección de las superficies bajo riego en los distritos de riego

Distrito de Riego	Superficie Regada (ha)		
	2012	2017	2022
Atiocoyo Norte	1067.7	1188.0	1747.0
Atiocoyo Sur	1575.5	1575.5	1575.5
Lempa - Acahuapa	1466.5	1466.5	1466.5
Zapotitán	2385.0	2700.0	5400.0
<b>Total</b>	<b>6494.7</b>	<b>6930.0</b>	<b>10 189.0</b>

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Adicionalmente se prevé la creación de tres nuevas zonas de riego para aumentar la seguridad alimentaria

del país y mejorar la productividad del sector agrícola.

**Cuadro 26.**

Nuevas zonas de riego previstas en los horizontes de planificación

Proyecto	Año	Zona hidrográfica	Región hidrográfica	Superficie (ha)	Cultivo
Zona de riego El Porvenir	2017	II	B. Paz	800	Arroz
Zona de riego Nueva Concepción	2022	I	A. Lempa	1600	Mixto
Proyecto de Usulután	2022	III	H. Grande de San Miguel	5000	Mixto

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

En el caso del sector ganadero los datos históricos no muestran una tendencia claramente definida y no se dispone de datos oficiales de proyecciones para el sector.

### 5.1.3. Uso industrial

El uso industrial cubre un amplio espectro de actividades con diversos requerimientos de agua.





Para el análisis de este sector se cuenta con datos del Directorio Económico de Empresas 2011/2012 de la DIGESTYC, que contiene un registro detallado de las

unidades económicas, sus actividades y número de empleados. Para las tendencias históricas se cuenta con menos información.

**Cuadro 27.**

Evolución del número de empleados por sector de actividad industrial (2005/2012)

Sector de actividad industrial	Nº Empleados							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Alimentación y bebidas	30 527	31 513	33 087	32 336	32 027	32 264	33 019	34 090
Textil	81 604	76 854	77 756	83 395	66 426	70 389	73 459	70 656
Papel, cartón y artes gráficas	7723	8016	7576	7865	7307	7354	7780	8042
Químico - farmacéutico	8631	9645	9886	10 048	10 053	10 190	10 364	10 434
Plástico	6312	6559	7354	7 581	6840	7435	7195	7940
Metal - Mecánica	-	-	8461	8 652	6764	6384	6633	7120

Fuente: elaboración para la formulación del PNGIRH a partir de las fuentes (ANEP, 2013) y (ASI, 2013).

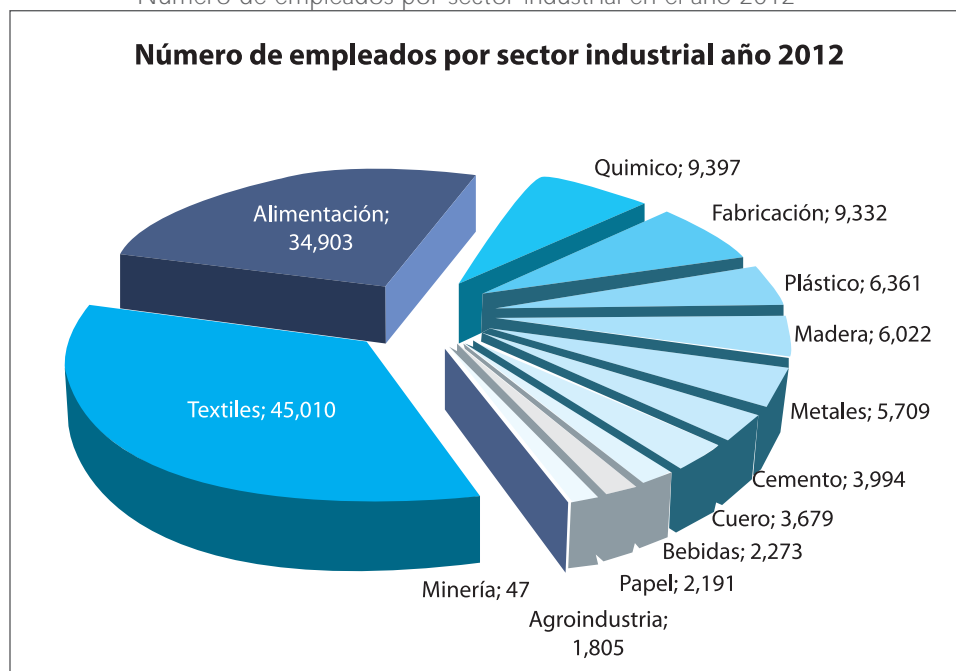
Los principales sectores industriales desarrollados en el país y sus características, según el último Directorio Económico 2011/2012 (ASI, 2013), son:

- Químico farmacéutica: reporta un total de 137 unidades, el 70 % clasificada como micro o pequeñas empresas. La actividad principal es la elaboración de productos químicos: 51 se dedican a la fabricación de productos farmacéuticos. Las actividades, en importancia, son la "Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador", la "Fabricación de productos químicos no clasificados previamente" y la "Fabricación de sustancias químicas básicas".
- Alimentos y bebidas: están registrados 10 849 establecimientos, el 97.89 % son microempresas, el 1.58 % pequeñas, el 0.21 % medianas y el 0.32 % gran empresa; un 58 % del total de las unidades económicas se dedica a alimentos y bebidas, el resto se agrupa en los subsectores de bebidas, snacks, cárnicos, molinería y panadería, productos lácteos y confites.
- Textil y confección: hay un total de 2324 unidades económicas, el 96 % está clasificada como micro o pequeña empresa. La actividad principal es la fabricación de productos textiles o de prendas de vestir; el 93 % se dedica a la fabricación de prendas de vestir. Los principales subsectores son textil, confección y maquila.
- Papel, cartón y artes gráficas: 561 establecimientos registrados, un 84 % son microempresas, el resto (16 %) son pequeñas, medianas y grandes empresas. Las dedicadas al papel, cartón y artes gráficas, representan el 3 %, sobresalen las actividades de impresión con el 88 %. Sin embargo, si únicamente se analiza la actividad de fabricación de papel y productos de papel, la distribución de empresas por tamaño es diferente, las microempresas representan el 30 %, pequeñas y medianas el 37 %, y el 33 % lo constituyen las grandes empresas.
- Plásticos: este sector representa el 0.4 % de los establecimientos económicos industriales a escala nacional. 82 establecimientos se dedican a la fabricación de productos plásticos, de los cuales el 80 % está relacionado con la fabricación de envases, bolsas plásticas y empaques, mientras que un 15 % produce productos basados en fibras plásticas. En cuanto al tamaño de las empresas, un 38 % son microempresas y 22 % pequeñas empresas, mientras que el 40 % corresponde a empresas medianas y grandes (16 % medianas y 24 % grandes).
- Metalmecánica: representa el 4 % del total de la producción industrial. El principal producto de exportación, en el año 2012, fueron las barras de hierro o acero, seguido por las barras y perfiles de aluminio sin alear, los desperdicios y desechos

de aluminio, el alambre de acero sin alear, y los perfiles de hierro o acero sin alear.

A partir de los datos de DIGESTYC se desagregan las actividades industriales en actividades más específicas para representar mejor el sector y contemplar las distintas necesidades de agua.

**Gráfico 14.**  
Número de empleados por sector industrial en el año 2012



Fuente: elaboración del MARN a partir de información de (DIGESTYC, 2012) y MARN.

También, se establece una relación entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el número de empleados de cada sector, de modo que a partir de las proyecciones del PIB del Banco Central de Reserva de El Salvador se hace una proyección futura para el sector industrial hasta el horizonte 2022.

**Cuadro 28.**  
Evolución prevista del número de empleados por sector industrial

Año	Número de empleados por sector												
	Agroindustria	Alimentación	Bebidas	Textiles	Papel	Químico	Plástico	Metales	Cuero	Madera	Cemento	Fabricación	Minería
2011	1799	34 768	2265	44 930	2167	9316	6279	5724	3659	5989	3973	9282	47
2012	1805	34 903	2273	45 010	2191	9397	6361	5709	3679	6022	3994	9332	47
2013	1812	35 036	2282	45 091	2214	9478	6442	5695	3699	6054	4016	9383	48
2014	1819	35 168	2290	45 172	2238	9558	6524	5682	3719	6087	4037	9433	48
2015	1826	35 300	2299	45 253	2261	9638	6605	5668	3738	6119	4059	9483	48
2016	1833	35 429	2308	45 334	2284	9717	6687	5655	3758	6151	4080	9533	48
2017	1840	35 564	2316	45 415	2308	9798	6769	5640	3778	6184	4102	9583	49
2018	1846	35 696	2325	45 496	2331	9878	6850	5627	3798	6216	4123	9633	49
2019	1853	35 828	2334	45 577	2355	9958	6932	5613	3817	6248	4145	9683	49
2020	1860	35 960	2342	45 657	2378	10 038	7014	5599	3837	6281	4166	9733	49
2021	1867	36 093	2351	45 738	2401	10 118	7095	5586	3857	6313	4188	9784	50
2022	1874	36 225	2359	45 819	2425	10 199	7177	5572	3877	6346	4209	9834	50

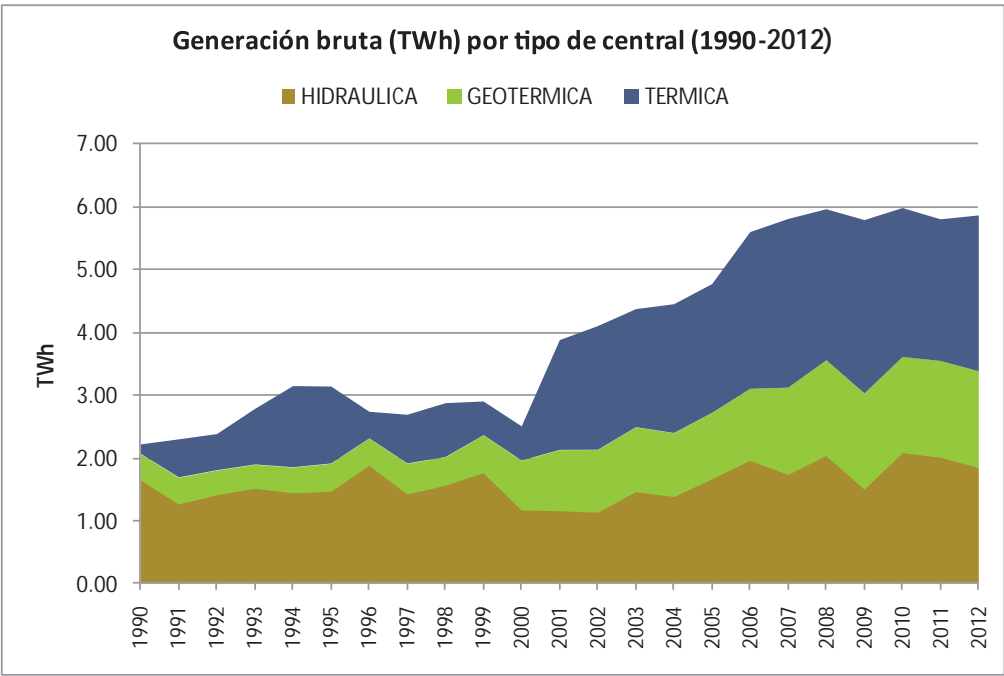
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



### 5.1.4. Uso para la producción de energía

En los últimos 15 años la demanda de energía aumentó de forma significativa y la contribución de energía producida por centrales térmicas creció más que la generación de energía geotérmica e hidráulica tal como se evidencia en el gráfico 15.

**Gráfico 15.**  
Evolución de la generación bruta de energía por tipo de central. Periodo 1990/2012



Fuente: elaboración del MARN para el PNGIRH a partir de datos de SIGET, 2013.

Todas las centrales requieren agua en distintas cantidades y de diferentes maneras para su funcionamiento. Las hidroeléctricas tienen un uso no consuntivo y el agua se devuelve al cauce directamente en casi todos los casos, o al acuífero en el caso de las centrales geotérmicas. Las otras centrales requieren agua para la producción de vapor y para enfriamiento, su uso es consuntivo. Anexo 02. Usos y demandas de agua actuales y futuras.

El Salvador contó con una capacidad instalada total de 1492.7 MW en el año 2012, entre grandes y pequeñas centrales (SIGET, 2013), mientras que la producción energética total nacional en el mismo año fue de 5924.8 GWh (SIGET, 2013). La mayor producción viene de las centrales térmicas e hidroeléctricas.

**Cuadro 29.**  
Cantidad de centrales energéticas y capacidad instalada por tipo de central en situación actual

Tipo de Central	Cantidad de Centrales	Capacidad Instalada (MW)
Térmica	11	696.4
Hidroeléctrica	20	487.4
Geotérmica	2	204.4
Biomasa	4	104.5
Total	37	1 492.7

Fuente: elaboración del MARN para el PNGIRH.

En el país existen once centrales térmicas con una capacidad total instalada de 696.4 MW, de las cuales dos son pequeñas centrales menores de 20 MW, Egi Holdco que no operó durante el año 2012, y AES Nejapa Gas cuya generación se realiza a partir de gas

metano producido en el relleno sanitario. Las grandes centrales térmicas son: Duke Energy International (Acajutla y Soyapango), Nejapa Power Company, Holcim El Salvador, Inversiones Energéticas, Textufl, GECSA, Energía Borealis e HILCASA Energy. La producción de estas centrales supone el 40 % de la producción total de energía eléctrica que se realiza en el país.

Para finales de 2012 se contabilizaron 20 centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada total de 487.4 MW, de las cuales 16 son pequeñas y cuatro las grandes centrales en el río Lempa. Destacar que del total de las pequeñas centrales, cuatro son para autoconsumo: La Chacra, Carolina, El Junquillo y Miracapa, todas ellas en el departamento de Morazán (CNE, 2014).

Las cuatro grandes centrales hidroeléctricas son operadas por la Comisión Ejecutiva del Río Lempa (CEL): Guajoyo, Cerrón Grande, 5 de Noviembre y 15 de Septiembre, dispuestas en serie sobre el río Lempa.

Las represas hidroeléctricas son una alternativa “sustentable” para generar más energía y reducir los costes de importación que implica la térmica o el petróleo. El aumento de la producción de energía es un elemento base para el desarrollo del país y para la satisfacción de la demanda de la población (Barrera Tomasino, 2013). El potencial hidroeléctrico total en El Salvador es de 2235 MW, la producción de energía anual promedio con potencial hidroeléctrico se estima en 7624 GWh/año. El aumento se justifica en un hipotético crecimiento económico nacional (Barrera Tomasino, 2013).

Se prevé que la demanda de energía siga aumentando en paralelo con el desarrollo del país y el crecimiento de la población, y como consecuencia será necesario ampliar la capacidad instalada. En los horizontes de planificación existen ocho proyectos diseñados con este fin, dos de ellos requieren la expansión de centrales hidroeléctricas existentes, mientras que los otros seis, de la construcción de nuevas centrales: dos hidroeléctricas, dos térmicas y dos de biomasa.

**Cuadro 30.**  
Nuevas centrales y ampliaciones previstas para los horizontes futuros

Proyecto	Tipo de Central	Región Hidrográfica	Municipio	Combustible	Horizonte
Gas Natural Licuado	Biomasa	A. Lempa	San Juan Opico	Zacate	2017
5 de Noviembre expansión 80 MW adicionales (incremento de 80 %)	Biomasa	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	Santiago Nonualco	Zacate	2017
Cerrón Grande expansión 86.4 MW adicionales (incremento de 50 %)	Térmica	C. Cara Sucia - San Pedro	Acajutla	Pet Coke	2017
Construcción de la presa El Cimarrón	Térmica	D. Grande de Sonsonate - Banderas	Acajutla	Gas Natural	2017
Construcción de la presa El Chaparral	Hidroeléctrica	A. Lempa	Nombre de Jesús	N/A	2017
Cerrón Grande expansión 86.4 MW adicionales (Incremento de 50 %)	Hidroeléctrica	A. Lempa	Potonico	N/A	2022
Construcción de la presa El Cimarrón	Hidroeléctrica	A. Lempa	El Cimarrón	N/A	2022
Construcción de la presa El Chaparral	Hidroeléctrica	A. Lempa	San Luis de La Reina y Carolina	N/A	2022

Fuente: elaboración para el PNGIRH con información del documento MARN, 2014.



### 5.1.5. Uso acuícola

Durante el periodo de 1997 a 2007, se observa un rápido crecimiento del sector acuícola en el país.

El Salvador y Nicaragua son los dos países, en la región de Centroamérica y El Caribe, que experimentaron el mayor desarrollo (FAO, 2011).

Cuadro 31.  
Crecimiento del sector acuícola en El Salvador

Indicador	1991/1993	1994/1996	1997/1999	2000/2002	2003/2005	2006/2008
Valor (millones de \$USD/año)	1.4	2.7	1.2	1.8	5.7	6.9
Producción (miles de toneladas/año)	0.4	0.7	0.4	0.5	1.9	3.5

Fuente: elaboración para el PNGIRH con información de FAO, 2011.

Cuadro 32.  
Consumo de marisco en El Salvador

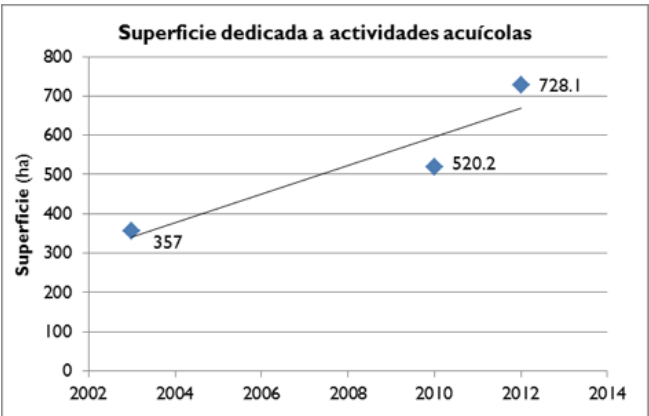
Consumo de Marisco	1987	1997	2007
Consumo total (toneladas)	14,083	14,145	42,113
Consumo per cápita (Kg/año)	2.8	2.4	6.9

Fuente: elaboración para el PNGIRH con información de (FAO, 2011).

Los datos disponibles de superficie dedicada a uso acuícola corresponden al año 2003 de acuerdo a la capa “Usos del Suelo” de Corine Land Cover 2002” y su posterior actualización de acuerdo al mapa MAG-UES-IICA (2010).

Según los últimos registros del MAG, El Salvador posee aproximadamente 728 ha dedicadas a actividades acuícolas en el 2012 con un crecimiento superior al 100 % desde el año 2003.

Gráfico 16.  
Superficie destinada a producción acuícola



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

La acuicultura es practicada en nueve cuerpos de agua del país, que desarrollan un total de 74 proyectos; solo las lagunas costeras reportan 53 proyectos. El volumen total de la producción acuícola en los cuerpos de agua continentales se estima en 639 956.48 kg/año (OSPESCA; TAIWAN; OIRSA; MAG, 2005a). Los cuerpos de aguas continentales con cultivo acuícola son:

- Lago de Güija: tilapia
- Lago de Ilopango: tilapia roja, gris y blanca
- Laguna de Apastepeque: tilapia roja
- Embalse Cerrón Grande: tilapia y camarón de río
- Embalse laguna Colima: tilapia
- Laguneta 124: sambo, lisa y chacalín
- Laguneta Ichanmichen: tilapia y carpa común.

También se conoce la existencia de estanques en los distritos de riego de Atiocoyo norte y sur, en la cuenca del río Lempa, donde se desarrolla esta actividad previa a la devolución de las aguas al río. En el resto de cuencas, de acuerdo a la información que se dispone, hay presencia de actividad acuícola de agua dulce en:

- RH Lempa: ríos Metayate, Acelhuate, Gualchayo (Asociación de Regantes Trinidad Sandoval), Copinolapa (aguas abajo del embalse 5 de Noviembre), quebrada El Puenteillo y en la cabecera del río El Brujo, tributario del río Guajoyo.
- RH Grande de Sonsonate - Banderas: ríos Grande de Sonsonate (Asociación de Regantes presa San Juan), Chamalapa (Asociación cooperativa



de producción Agropecuaria Siguanango de RL), Agua Caliente (Saloma Corporation S.A. de C. V.), Cuyuapa; tributario Grande de Sonsonate en el río Marías en Los Cóbano y río el Venado cerca de la costa.

- RH Jiboa - Estero de Jaltepeque: río Agua Caliente (Asociación de Regantes Madre Tierra), y tres asociadas a los ríos San Antonio, Acomunca y Sapuyo o a Cañón El Pájaro, ligeramente aguas arriba de la Bahía de Jiquilisco.
- RH Bahía de Jiquilisco: en los municipios de Jiquilisco (La Canoa - Las Mesitas, Salinas de Sahuayo, El Zompopera y El Potrero - Cuche de Monte), puerto El Triunfo (El Joba en la isla El Espíritu Santo y Salinas El Mapachín - hacienda La Carrera), San Dionisio (puerto Parada y puerto El Flor), así como en Jucuarán (La Ringlera y la isla Arco del Espino).
- RH Sirama: actividad acuícola en las proximidades de la quebrada El Pozo.

**Cuadro 33.**

Superficie actual dedicada a actividades acuícolas y superficie proyectada en 2017 y 2022

Ámbito	Superficie total para producción acuícola (ha)		
	2012	2017	2022
Agua dulce	359.4	420.7	510.9
Agua Salada	368.7	431.6	524.1
Total	728.1	852.3	1035.0

Fuente: elaboración del MARN para el PNGIRH.

### 5.1.6. Uso hotelero

Según las estadísticas disponibles, el turismo y el sector hotelero presentan un incremento en su actividad en el periodo de 2009 a 2012, jugando un papel cada vez más importante para la economía y la generación de empleo.

**Cuadro 34.**

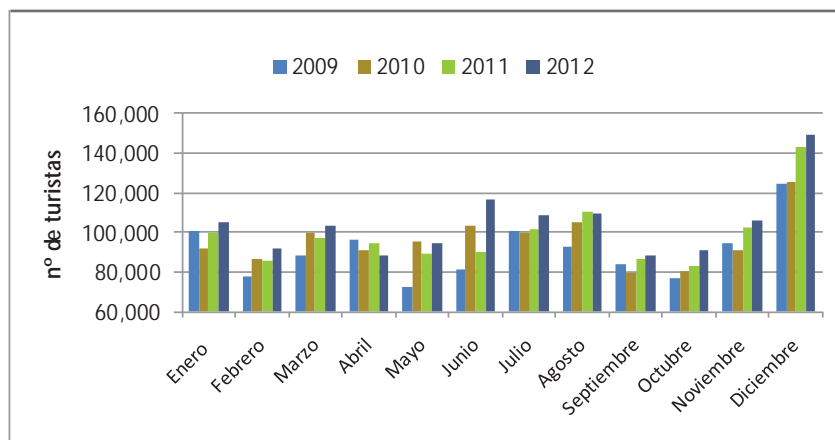
Número total de visitantes/turistas/excursionistas recibidos en El Salvador. Periodo: 2009/2012

Tipo	2009	2010	2011	2012	% Variación (2010-2009)	% Variación (2011-2010)	% Variación (2012-2011)
No. Visitantes	1 481 748	1 605 358	1 634 679	1 738 317	8.3	1.8	6.3
No. Turistas	1 090 926	1 149 561	1 184 497	1 254 724	5.4	3.0	5.9
No. Excursionistas	390 822	455 797	450 182	483 593	16.6	-1.2	7.4

Fuente: elaboración para el PNGIRH con datos de CORSATUR, 2012.

**Gráfico 17.**

Variabilidad mensual de llegada de turistas a El Salvador. Periodo 2009/2012



Fuente: elaboración para el PNGIRH con información de CORSATUR, 2012.



En el mismo periodo, según el comparativo 2009/2011 del MITUR, el índice promedio de ocupación hotelera anual en el AMSS aumentó: +0.85 % en 2010/2009, y 1.55 % en 2011/2010. En el año 2012 continuó el ascenso, a pesar de que los datos de enero a agosto, aún son estimaciones.

**Cuadro 35.**  
Índice promedio de ocupación hotelera anual en el Gran San Salvador

Índice de ocupación hotelera			
2009	2010	2011	2012*
62.93 %	63.78 %	65.33 %	66.27 %

Fuente: elaboración para el PNGIRH con datos de CORSATUR, 2012

El Plan Nacional de Turismo 2020 (MITUR, 2008), documento estratégico de referencia para el desarrollo y promoción del turismo, plantea aumentar para el año 2020 la oferta hotelera actual de habitaciones, con una capacidad no superior a 50 habitaciones por establecimiento, obteniendo un total de 23 000 habitaciones para uso turístico.

Adicionalmente, los Portafolios Proyectos de Inversión Turística para los años de 2011 y 2012 de CORSATUR, identifican actuaciones y planes de desarrollo turístico en zonas específicas del país. Los informes de prefactibilidad de los proyectos en los municipios de Santa Ana y Conchagua contienen datos del número de habitaciones y estimaciones del consumo de agua previsto.

**Cuadro 36.**  
Proyectos identificados para desarrollo turístico

Región Hidrográfica	Departamento	Municipio	Proyecto	Horizonte
Lempa	Santa Ana	Santa Ana	Rehabilitación del hotel de montaña Cerro Verde con 57 habitaciones. Fuente de agua: captación de lluvias.	2017
Bahía de Jiquilisco	Usulután	Jiquilisco	Isla Méndez y Bahía de Jiquilisco. Identificadas como zonas con buenas posibilidades de desarrollo turístico. Se estima la construcción de 2000* habitaciones de hoteles y 600* en pensiones, hostales o casas de huéspedes.	2017/2022
Sirama	La Unión	Intipucá	Desarrollo de cuatro hoteles en playa El Icacal con 811 habitaciones en total. Adicionalmente se estima la construcción de 400* habitaciones en pensiones, hostales o casas de huéspedes.	2017/2022
	La Unión	Conchagua	Desarrollo de 12 hoteles con un total de 3100 habitaciones e instalaciones deportivas.	2017/2022

Fuente: elaboración para el PNGIRH con datos de CORSATUR, 2011

## 5.2. Demandas actuales y futuras

En este apartado se detallan las estimaciones de las demandas actuales y futuras según los sectores económicos y el uso poblacional. Se utilizan registros oficiales sobre los usos del agua del año hidrológico 2012/2013 o, en su ausencia, del año más actual disponible, además de información sobre la evolución de diversas variables determinantes para el cálculo de las demandas, así como el efecto de las actuaciones previstas en cada horizonte de acuerdo a los sectores de actividad.

Para una desagregación completa de todas las demandas a escala municipal y por RH consultar la Geodatabase del PNGIRH y el Anexo 02. *Usos y demandas de aguas actuales y futuras.*

### 5.2.1. Abastecimiento a poblaciones

La estimación del abastecimiento de agua distingue entre población urbana y rural. Una consideración tomada en cuenta es que actualmente no toda la población tiene acceso al agua potable a través de redes de suministro; sin embargo, se estima la cantidad total

de agua requerida para proveer a toda la población, tanto urbana como rural.

La demanda bruta anual sube de 577.44 MMC/año en situación actual, a 662.23 y 715.08 MMC/año para los horizontes de 2017 y 2022 respectivamente.

**Cuadro 37.**

Estimaciones de la demanda futura de abastecimiento rural y urbano por región hidrográfica

Demanda Bruta de Abastecimiento (MMC/año)										
ZH	Región Hidrográfica	2012			2017			2022		
		Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
I	A. Lempa	305.11	38.97	344.08	335.91	58.99	394.9	367.07	65.13	432.2
	Subtotal	305.11	38.97	344.08	335.91	58.99	394.9	367.07	65.13	432.2
II	B. Paz	21.88	6.97	28.85	23.41	10.69	34.1	24.06	11.82	35.88
	C. Cara Sucia - San Pedro	7.63	3.4	11.03	8.09	5.11	13.2	8.42	5.61	14.03
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	30.86	2.92	33.78	32.43	4.26	36.69	33.62	4.62	38.24
	E. Mandinga - Comalapa	26.51	5.49	32.00	29.35	8.29	37.64	31	9.11	40.11
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	34.45	8.17	42.62	37.37	12.5	49.87	39.81	14	53.81
	Subtotal	121.33	26.95	148.28	130.65	40.85	171.5	136.91	45.16	182.07
III	G. Bahía de Jiquilisco	17.08	2	19.08	17.57	3.02	20.59	18.24	3.32	21.56
	H. Grande de San Miguel	37.63	8.73	46.36	39.17	13.12	52.29	40.71	14.38	55.09
	I. Sirama	8.05	3.22	11.27	8.2	4.72	12.92	8.41	5.14	13.55
	J. Goascorán	5.07	3.3	8.37	5.18	4.85	10.03	5.33	5.28	10.61
	Subtotal	67.83	17.25	85.08	70.12	25.71	95.83	72.69	28.12	100.81
Total		494.27	83.17	577.44	536.68	125.55	662.23	576.67	138.41	715.08

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

En todas las regiones se observa un incremento en la demanda poblacional en los horizontes futuros. La RH Lempa representa la mayor demanda, con aproximadamente el 59.63 % en 2017 y el 60.44 % en 2022, las regiones con menor demanda son Sirama y Goascorán.

### 5.2.2. Demanda agropecuaria

A escala nacional, el sector agrícola despliega la mayor demanda de agua y se estima un aumento significativo al mediano plazo, tras las nuevas actuaciones que crean nuevas zonas de riego o la expansión de las existentes.

La RH Grande de Sonsonate - Banderas presenta la mayor demanda de agua del sector agrícola, y no es de prever un cambio en los siguientes 5 y

10 años. También aumentará la demanda en las regiones hidrográficas Lempa, Paz y Grande de San Miguel.

La demanda bruta anual del sector agropecuario calculada en el horizonte 2017 es de 1153.22 MMC/año, 4.95 MMC/año más que en situación actual. Para el horizonte 2022 sería de 1322.43 MMC/año, que supone un incremento adicional para el 2017 de 169.21 MMC/año.

Se recomienda a la autoridad pertinente, a falta de datos reales de consumo del sector agropecuario, calcular las demandas agrícolas de acuerdo a la metodología establecida en los trabajos del Plan. (Anexo 02. Usos y demandas de aguas actuales y futuras).



**Cuadro 38.**

Demanda bruta del sector agropecuario por región hidrográfica

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta					
		2012		2017		2022	
		(MMC/año)	%	(MMC/año)	%	(MMC/año)	%
I	A. Lempa	281.63	24.5 %	261.51	22.7 %	360.42	27.3 %
	Subtotal	281.63	24.5 %	261.51	22.7 %	360.42	27.3 %
II	B. Paz	13.79	1.2 %	38.86	3.4 %	38.86	2.9 %
	C. Cara Sucia - San Pedro	118.18	10.3 %	118.18	10.2 %	118.18	8.9 %
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	429.18	37.4 %	429.18	37.2 %	429.18	32.5 %
	E. Mandinga - Comalapa	13.93	1.2 %	13.93	1.2 %	13.93	1.1 %
	F. Jiboa- Estero de Jaltepeque	204.32	17.8 %	204.32	17.7 %	204.32	15.5 %
	Subtotal	779.4	67.9 %	804.47	69.8 %	804.47	60.8 %
III	G. Bahía de Jiquilisco	31.14	2.7 %	31.14	2.7 %	31.14	2.4 %
	H. Grande de San Miguel	53.48	4.7 %	53.48	4.6 %	123.78	9.4 %
	I. Sirama	0.8	0.1 %	0.8	0.1 %	0.8	0.1 %
	J. Goascorán	1.82	0.2 %	1.82	0.2 %	1.82	0.1 %
	Subtotal	87.24	7.6 %	87.24	7.6 %	157.54	11.9 %
Total		1148.27	100 %	1153.22	100 %	1322.43	100 %

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 5.2.3. Demanda industrial

Esta demanda de agua es considerada en cantidades suficientes para llevar a cabo el proceso industrial, mantener las instalaciones y los requerimientos de la población trabajadora.

En situación actual se estima una demanda bruta anual de 78.00 MMC/año, que asciende a 79.61 y 81.22 MMC/año para los años 2017 y 2022 respectivamente. Para el horizonte 2017 se espera un crecimiento gradual de la demanda bruta total, a pesar de que hay regiones cuya demanda no cambia. En el año 2022, el crecimiento continúa de forma lineal sin disminución en ninguna región hidrográfica.

**Cuadro 39.**

Demanda industrial por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta Industrial (MMC/año)		
		2012	2017	2022
I	A. Lempa	68.18	69.6	71.03
	Subtotal	68.18	69.6	71.03
II	B. Paz	0.78	0.8	0.81
	C. Cara Sucia - San Pedro	0.07	0.07	0.07
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	1.87	1.9	1.94
	E. Mandinga - Comalapa	0.46	0.47	0.48
	F. Jiboa- Estero de Jaltepeque	3.94	4.01	4.09
	Subtotal	7.12	7.25	7.4
III	G. Bahía de Jiquilisco	1.49	1.52	1.54
	H. Grande de San Miguel	1.04	1.06	1.08
	I. Sirama	0.09	0.1	0.1
	J. Goascorán	0.08	0.08	0.08
	Subtotal	2.7	2.76	2.8
Total		78	79.61	81.23

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

#### 5.2.4. Demanda para la producción de energía

El uso de agua en las centrales geotérmicas e hidroeléctricas se considera como uso no consuntivo, mientras que las centrales térmicas y de biomasa utilizan y modifican el recurso de forma consuntiva. El análisis de la demanda del recurso hídrico para la producción de energía eléctrica, atendiendo al tipo de tecnología empleado en la central de generación,

estima que la demanda bruta anual (consuntiva) de las centrales térmicas y de biomasa sería de 252.07 MMC/año. Para el horizonte 2017, las nuevas centrales proyectadas requerirán una cantidad adicional de 4.21 MMC/año, que resulta en una demanda total de 256.28 MMC/año, según datos proporcionados por el MARN (2014). Para el horizonte 2022 no se proyectan centrales adicionales, por lo que la demanda permanece constante e igual al 2017.



**Cuadro 40.**

Demanda de agua para la producción de energía térmica y de biomasa por RH en situación actual y horizontes 2017 y 2022

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta (MMC/año)					
		2012			2017 y 2022		
		Térmica	Biomasa	Total	Térmica	Biomasa	Total
I	A. Lempa	148.35	9.78	158.13	148.35	13.77	162.12
	Subtotal	148.35	9.78	158.13	148.35	13.77	162.12
II	B. Paz	-	-	0.00	-	-	0.00
	C. Cara Sucia - San Pedro	-	-	0.00	-	-	0.00
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	76.95	13.97	90.92	76.95	13.97	90.93
	E. Mandinga - Comalapa	-	-	0.00	-	-	0.00
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	-	-	0.00	-	0.22	0.22
	Subtotal	76.95	13.97	90.92	76.95	14.19	91.15
III	G. Bahía de Jiquilisco	-	-	0.00	-	-	0.00
	H. Grande de San Miguel	-	3.02	3.02	-	3.02	3.02
	I. Sirama	-	-	0.00	-	-	0.00
	J. Goascorán	-	-	0.00	-	-	0.00
	Subtotal	0.00	3.02	3.02	0.00	3.02	3.02
Total		225.30	26.87	252.07	225.30 *	30.98	256.28

\* En Cara Sucia - San Pedro y Grande de Sonsonate - Banderas para el horizonte 2017 se contempla una demanda de 4.9 MMC/año a ser abastecida con agua del mar, por lo que no se considera este valor en la suma del total de la ZH II ni en el total nacional.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

### 5.2.5. Demanda acuícola

El incremento de la demanda para uso acuícola afecta a todas las RH con demandas acuícolas en situación actual, es decir, a las regiones Lempa, Grande de Sonsonate - Banderas y Jiboa - Estero de Jaltepeque. La RH Lempa sigue siendo la que más demanda tiene y presenta un aumento de 15.08 MMC ó el 42.16 % durante el periodo de 2012 a 2022.

**Cuadro 41.**

Demanda acuícola por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta (MMC/año)		
		2012	2017	2022
I	A. Lempa	35.77	41.87	50.85
	Subtotal	35.77	41.87	50.85
II	B. Paz	0	0	0
	C. Cara Sucia - San Pedro	0	0	0
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	4.38	5.12	6.22
	E. Mandinga - Comalapa	0	0	0
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	22.15	25.93	31.48
	Subtotal	26.53	31.05	37.7
III	G. Bahía de Jiquilisco	0	0	0
	H. Grande de San Miguel	0	0	0
	I. Sirama	0	0	0
	J. Goascorán	0	0	0
	Subtotal	0	0	0
Total		62.29	72.92	88.55

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

## 5.2.6. Demanda hotelera

En situación actual, la demanda bruta anual del sector hotelero se estima en 2.34 MMC/año mientras que en los horizontes 2017 y 2022, las proyecciones apuntan a un aumento significativo, calculado en demandas brutas anuales de 3.40 y 4.54 MMC/año, respectivamente.

Este aumento afecta a todas las regiones hidrográficas, pero con una distribución desigual. Las regiones con mayor incremento son Lempa, Bahía de Jiquilisco y Sirama, 0.42 MMC/año, 0.36 MMC/año y 1.14 MMC/año respectivamente.

**Cuadro 42.**

Demanda hotelera por región hidrográfica en situación actual y horizontes 2017 y 2022

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta (MMC/año)		
		2012	2017	2022
I	A. Lempa	1.34	1.55	1.76
	Subtotal	1.34	1.55	1.76
II	B. Paz	0.07	0.07	0.08
	C. Cara Sucia - San Pedro	0.01	0.02	0.02
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	0.42	0.47	0.53
	E. Mandinga - Comalapa	0.13	0.15	0.17
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	0.04	0.06	0.07
	Subtotal	0.67	0.76	0.87
III	G. Bahía de Jiquilisco	0.02	0.17	0.38
	H. Grande de San Miguel	0.25	0.29	0.33
	I. Sirama	0.02	0.59	1.16
	J. Goascorán	0.04	0.04	0.04
	Subtotal	0.33	1.09	1.91
Total		2.34	3.40	4.54

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

## 5.2.7. Resumen de las demandas

### 5.2.7.1. Demandas de los usos consuntivos

Las demandas actuales y futuras de los usos consuntivos estimadas por zona y RH, para los horizontes 2017 y 2022 se resumen en el cuadro 43 y gráfico 18. Como síntesis, a escala nacional se prevé un aumento de la demanda de agua del 5.06 % en el año 2017, y del 16.40 % en el año 2022, respecto a la situación actual (2012).

De acuerdo a dichas estimaciones, las RH que experimenta el mayor crecimiento de la demanda de agua

en el horizonte más lejano (2022) son Grande de San Miguel y Paz, con un aumento del 76.00 % y del 73.90 % respectivamente, debido sobre todo al desarrollo de zonas de riego en los horizontes de 2017 y 2022 (Proyecto de Usulután y zona de riego El Porvenir). Sin embargo, en términos volumétricos, es la RH Lempa que requiere un mayor volumen de agua adicional. El crecimiento en esta región, 21.28 % para 2022, representa una demanda adicional de 189.25 MMC/año. Las regiones de Cara Sucia - San Pedro, Grande de Sonsonate - Banderas y Bahía de Jiquilisco son las que menos crecimiento en la demanda presentan.

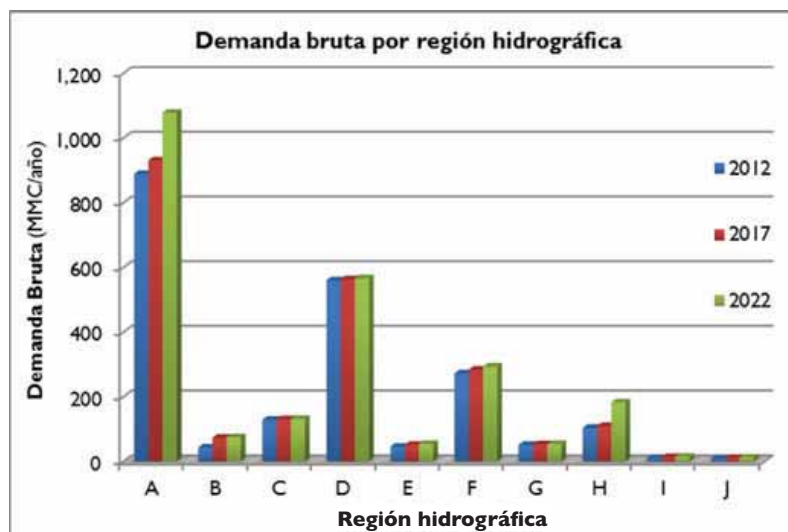


**Cuadro 43.**  
Resumen de demandas estimadas por región hidrográfica en situación actual (2012)  
y en los horizontes futuros 2017 y 2022

ZH	Región Hidrográfica	Demanda Bruta (MMC/año)			Crecimiento	
		Situación Actual (2012)	2017	2022	2012/2017	2012/2022
I	A. Lempa	889.13	931.54	1078.38	4.77 %	21.28 %
	Subtotal	889.13	931.54	1078.38	4.77 %	21.28 %
II	B. Paz	43.49	73.83	75.63	69.76 %	73.90 %
	C. Cara Sucia - San Pedro	129.29	131.47	132.3	1.69 %	2.33 %
	D. Grande de Sonsonate - Banderas	560.56	564.29	567.04	0.67 %	1.16 %
	E. Mandinga - Comalapa	46.52	52.19	54.68	12.19 %	17.54 %
	F. Jiboa - Estero de Jaltepeque	273.07	284.41	293.99	4.15 %	7.66 %
	Subtotal	1052.91	1106.19	1123.65	5.06 %	6.72 %
III	G. Bahía de Jiquilisco	51.73	53.42	54.62	3.27 %	5.59 %
	H. Grande de San Miguel	104.15	110.14	183.3	5.75 %	76.00 %
	I. Sirama	12.18	14.41	15.61	18.31 %	28.16 %
	J. Goascorán	10.31	11.97	12.55	16.10 %	21.73 %
	Subtotal	178.37	189.94	266.08	6.49 %	49.17 %
Total		2120.41	2227.67	2468.10	5.06 %	16.40 %

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

**Gráfico 18.**  
Demandas estimadas por región hidrográfica para la situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

El sector de mayor crecimiento, porcentualmente, es el hotelero, cuyo incremento a escala nacional es de 105.09 % en el periodo 2012-2022, lo que supone una demanda adicional de 2.2 MMC/año.

En términos de cantidad, el mayor incremento en la demanda de agua está en el sector agropecuario, con una demanda adicional de 174.16 MMC/año en 2022, que representa un 15.17 % en situación actual.

El sector de abastecimiento también muestra un aumento significativo, con una demanda adicional de

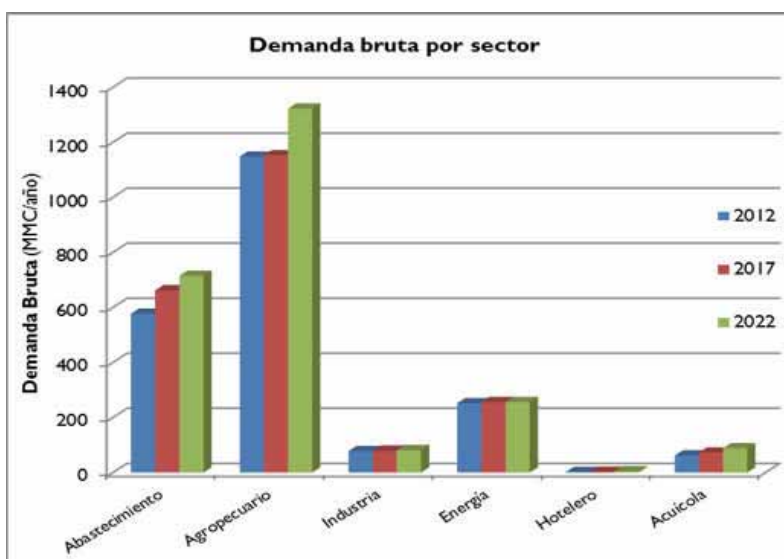
137.64 MMC/año en 2022, un incremento del 23.84 % con respecto a la demanda en situación actual.

**Cuadro 44.**  
Demandas estimadas por sector en situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022

Sector	Demanda Bruta (MMC/año)			Crecimiento	
	Situación Actual (2012)	2017	2022	2012 - 2017	2012 - 2022
Abastecimiento	577.44	662.23	715.08	14.68 %	23.84 %
Agropecuario	1148.27	1153.22	1322.43	0.43 %	15.17 %
Industria	78.00	79.61	81.22	2.09 %	4.17 %
Energía	252.07	256.28	256.28	1.63 %	1.63 %
Hotelero	2.34	3.41	4.54	45.73 %	94.02 %
Acuicola	62.29	72.92	88.55	17.05 %	42.13 %
<b>Total</b>	<b>2120.41</b>	<b>2227.67</b>	<b>2 468.10</b>	<b>5.05 %</b>	<b>16.39 %</b>

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

**Gráfico 19.**  
Demandas estimadas por sector en situación actual y horizontes futuros 2017 y 2022



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

#### 5.2.7.2. Demandas de los usos no consuntivos

La demanda principal de los usos no consuntivos proviene de la producción de energía hidroeléctrica y geotérmica. El cuadro 45 contempla también las dos nuevas centrales térmicas en los usos no consuntivos, dado que utilizarán agua de mar.

La RH Lempa es donde se encuentra la mayoría de los usos no consuntivos y la mayor demanda de agua. El río Lempa es la fuente principal de agua superficial en El Salvador y la región contiene todas las grandes centrales hidroeléctricas con posibilidades de aumentar la capacidad instalada de las centrales existentes y para construir las nuevas centrales de Cimarrón y El Chaparral.



Cuadro 45.

Demandas de usos no consuntivos en situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022

RH	Uso	Nombre	Demanda Bruta (MMC/año)		
			2012	2017	2022
A. Lempa	Energético/Geotérmico	Berlin	56.76	56.76	56.76
	Energético/ Hidroeléctrico	Guajoyo	695.97	695.97	695.97
		Cerrón Grande	3952.49	5928.74	5928.74
		5 de Noviembre	4296.27	7733.29	7733.29
		15 de Septiembre	8645.71	8645.71	8645.71
		El Cimarrón	-	-	1848.31
		El Chaparral	-	-	2765.71
B. Paz	Energético/Geotérmico	Ahuachapán	75.77	75.77	75.77
C- Cara Sucia - San Pedro	Energético/Térmico*	Energía Eléctrica S.A. DE C.V	-	1.84	1.84
D- Grande de Sonsonate - Banderas	Energético/Térmico*	LNG TO POWER	-	3.06	3.06
Subtotal Energético/Geotérmico			132.53	132.53	132.53
Subtotal Energético/Hidroeléctrico			17 590.44	23 003.71	27 617.73
Subtotal Energético/Térmico*			-	4.9	4.9
Total			17 722.97	23 141.14	27 755.16

\*Nota: Las centrales térmicas contempladas en los escenarios futuros consumirán agua de mar por lo que no se consideran dentro de los usos consuntivos.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 5.2.8. Demandas transfronterizas

Para el proceso de modelación de la gestión en las cuencas transfronterizas de El Salvador, es necesario considerar las demandas existentes fuera de los límites nacionales en las regiones de Paz, Lempa y Goascorán, tanto en situación actual como en los horizontes futuros.

Cuadro 46.

Población y demanda futura transfronteriza por región hidrográfica

Demandas Transfronterizas - Región Lempa				
País	Variable	Horizonte		
		2012	2017	2022
Guatemala	Población (No. hab)	342 972	392 099	426 074
	Dotación (m <sup>3</sup> /hab/año)	209.4	254.1	282.3
	Demanda Bruta (MMC/año)	71.8	99.6	120.3
Honduras	Población (No. hab)	394 098	439 964	475 757
	Dotación (m <sup>3</sup> /hab/año)	209.4	254.1	282.3
	Demanda Bruta (MMC/año)	82.5	111.8	134.3
Total Demanda bruta (MMC/año)		154.3	211.5	254.6



Continuación Cuadro 46

Demandas Transfronterizas - Región Paz				
Guatemala	Población (No. de habitantes)	240 489	272 705	296 334
	Dotación (m³/hab/año)	114.9	185.9	182.5
	Demanda Bruta (MMC/año)	27.6	50.7	54.1
Demandas Transfronterizas - Región Goascorán				
Honduras	Población (No. de habitantes)	69 077	77 117	83 390
	Dotación (m³/hab/año)	83.6	96.9	99.4
	Demanda Bruta (MMC/año)	5.8	7.5	8.3

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

## 5.3. Presiones

Se presenta un resumen de las principales presiones sobre las aguas superficiales y subterráneas a partir de diversas fuentes de información. Anexo 03. Inventario de presiones.

### 5.3.1. Presiones sobre los cuerpos de agua superficiales

Las presiones se establecen desde el punto de vista cuantitativo, presiones relacionadas con la calidad del agua (contaminación puntual o difusa) y cualitativo, la cantidad o regulación del recurso (extracción de agua, regulación, etcétera).

#### 5.3.1.1. Contaminación originada por fuentes puntuales

Se observa una serie de problemas comunes en todo el país. En gran medida se deben al bajo índice de cobertura de alcantarillado sanitario y al prácticamente inexistente tratamiento de aguas residuales urbanas y parte de las industriales, antes de su vertido a las aguas superficiales, lo que contamina seriamente las aguas superficiales y las subterráneas con bacterias coliformes, nutrientes (compuesto de nitrógeno y fósforo, fundamentalmente), metales y otros.

En el caso de disponer de un sistema de alcantarillado, las aguas son vertidas sin una depuración previa, por lo que los problemas de salubridad y calidad del agua no son eliminados sino que se trasladan a otros puntos de la red de drenaje. Esta situación es especialmente peligrosa en aquellas zonas receptoras donde se usan las aguas de los ríos para atender

necesidades domésticas básicas (como lavado de la ropa, aseo personal e incluso el consumo directo), con el consecuente impacto sobre la salud, sobre todo en época seca, cuando hay una menor dilución de los vertidos que se producen aguas arriba y llega una mayor carga contaminante por unidad de volumen consumido.

Actualmente solo 14 municipios cuentan con planta de tratamiento para la depuración de sus aguas residuales, sin embargo, a menudo estas se encuentran infra dimensionadas para dar servicio a la población existente, por lo que el grado de tratamiento suele ser bajo. También existen numerosas plantas de tratamiento en urbanizaciones y colonias que dan servicio a sectores poblacionales muy pequeños y, en ocasiones, se encuentran en estado de abandono o mal funcionamiento.

De acuerdo a las definiciones incluidas en la Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor (Ministerio de Economía, 2009), se conoce como aguas residuales de tipo ordinario a las generadas por actividades domésticas, tales como el uso de los servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y similares. Las aguas residuales de tipo especial son generadas por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.

La presión por vertidos ordinarios y especiales es destacable aguas abajo de los principales núcleos de población. Estos vertidos se concentran en su mayor parte en los departamentos de San Salvador (principalmente en el término de San Salvador), Santa Ana (predominando en el municipio de



Santa Ana), Sonsonate, La Libertad y San Miguel, lo que supone aportes de carga contaminante sobre los ríos Acelhuate, Suquiapa, Grande de Sonsonate, Sucio y Grande de San Miguel.

Dentro de los vertidos especiales se encuentran, entre otros, los producidos por las industrias y los rastros. De acuerdo a datos del MARN, en el año 2010 había un total de 87 instalaciones de rastros

municipales, de los cuales 47 están actualmente en funcionamiento. De estos, el 68 % no cuenta con tratamiento de aguas residuales, y el resto dispone de fosa séptica; sin embargo, son sistemas que no reciben el mantenimiento adecuado y su infraestructura está obsoleta o se encuentra en mal estado. El 23 % de los rastros no recibe ningún tipo de disposición final de desechos sólidos.

Vertido de aguas residuales del casco urbano de San Miguel sin tratamiento



Aguas residuales de industria avícola vertidas con tratamiento al río Colón (Ciudad Arce)



Fuente: Fotografías en el marco de las actividades para el PNGIRH.

Además de las presiones por vertidos directos al cauce o al terreno de aguas residuales domésticas e industriales, otra presión puntual sobre las aguas superficiales puede ser la actividad acuícola, la cual puede producir la descarga de altos niveles de nutrientes en el agua a través de los concentrados y las heces, lo que podría dar lugar a fenómenos graves de eutrofización<sup>9</sup>.

Las áreas que presentan una mayor producción se encuentran en el departamento de Cuscatlán, donde se ubica el embalse Cerrón Grande, y en la Bahía de Jiquilisco. El tipo de sistema empleado en el embalse es principalmente intensivo, organizado en jaulas, pilas y, en menor medida, estanques, siendo las especies cultivadas tilapia y camarón de agua dulce. Esta actividad

se desarrolla en la Bahía de Jiquilisco, en estanques y en granjas de agua salada que originalmente fueron salineras. Los sistemas de cultivo predominantes son el extensivo, semi-intensivo y el artesanal, siendo la especie cultivada de forma mayoritaria el camarón marino. Asimismo es importante mencionar que el aumento de los proyectos de acuicultura en la Bahía de Jiquilisco está reduciendo de forma importante la cobertura arbórea.

Además, la actividad acuícola es importante en otras zonas, como el lago de Ilopango, con diversos proyectos dedicados al cultivo de tilapia en jaulas flotantes; en los ríos Grande de Sonsonate, Cuyuapa (tributario de Grande de Sonsonate), Marías, Los Cóbano y El Venado, cerca de la costa.

<sup>9</sup> Fenómeno por el que se produce un crecimiento masivo de algas, las cuales al descomponerse consumen el oxígeno disuelto en el agua tan necesario para la supervivencia de los peces.

Cultivo de camarón en la Bahía de Jiquilisco



Fuente: Fotografía en el marco de las actividades para el PNGIRH.

#### 5.3.1.2. Contaminación originada por fuentes difusas

Las fuentes difusas producen afecciones sobre las aguas superficiales a través de lixiviados o lavados del terreno en época de lluvias.

Las principales fuentes difusas identificadas son, en primer lugar, la gran cantidad de zonas de acopio de desechos sólidos en las proximidades de los cursos de agua, lo que acaba lixiviando a las aguas superficiales y dañando la calidad del agua y la salud pública. Esto y las fuentes puntuales debidas a vertidos directos sin depurar suponen un serio problema en la actualidad.

En el año 2007, la Asamblea Legislativa decretó la prohibición de depositar desechos sólidos en botaderos a cielo abierto. Con esta acción, el volumen de desechos que no recibían una disposición final adecuada disminuyó de 1611 toneladas de desechos diarios en 2007 a unas 800 toneladas en 2012,

y se alcanzaron coberturas de recolección y disposición final adecuada de 75 % para las zonas urbanas del país.

Acopio de residuos sólidos en el río Las Cañas (cuenca del río Acelhuate)



Fuente: Fotografía en el marco de las actividades para el PNGIRH.



No obstante, los costos de transporte y disposición final de los desechos se tornaron insostenibles para varias municipalidades por la limitada oferta de sitios de disposición final, la ausencia de mecanismos para regular la calidad de esos servicios y sus costos, la desactualización en las tasas municipales y en los mecanismos de cobro inadecuados, dando como resultado la proliferación de puntos de transferencia ilegales precarios e insalubres, y la disminución de la cobertura y frecuencia del servicio de recolección municipal. Todo ello causó problemas sanitarios en algunas ciudades, situación que se agrava en las zonas periurbanas y rurales (MARN, 2013d).

Tras lo decretado por la AL en 2007 se invierte en la construcción de rellenos sanitarios que disponen de impermeabilización, entre otros aspectos, para agrupar los desechos de varios municipios. Si bien es cierto que se produce una mejora desde el 2007 en el manejo de los desechos sólidos, el problema no desaparece. Aun estando los botaderos clausurados no pueden dejar de ser considerados como una presión sobre el recurso hídrico, ya que en el suelo pueden persistir los contaminantes que acaban por llegar a las fuentes de agua por escorrentía superficial o por infiltración a través del suelo.

En la actualidad, de acuerdo a la información disponible, existen 134 botaderos sobre los cuales solo en 20 se ha llevado a cabo un cierre técnico, es decir, un enterramiento sanitario de desechos, así como la disposición de chimeneas, drenajes de aguas lluvias y engramado, entre otros aspectos. En otros cinco casos se ha dado la reconversión a relleno sanitario, mientras que en el resto se coloca material de cobertura y cercado, y se deja de arrojar desperdicios. La mayor parte de estos botaderos se encuentran distribuidos en la RH Lempa, principalmente en la cuenca del río Acelhuate, así como en las regiones Iboá - Estero de Jaltepeque y Grande de San Miguel.

Por otro lado, es importante mencionar que el MARN efectuó un Inventario de Plaguicidas y Sitios Contaminados en el 2012, en el que registró cinco sitios en todo el país. En la ZH I. Lempa se encontraron dos sitios de acumulación de plaguicidas (bodega ex IRA en Santa Ana y MINSAL en San Salvador)

y un caso de suelo contaminado por plomo en el cantón Sito del Niño (San Juan Opico). En la ZH II. Paz - Jaltepeque se encontraron grandes cantidades de plaguicidas y otros químicos en San Luis Talpa (La Paz), mientras que en la ZH III. Jiquilisco - Goascorán, se da el conocido caso de suelo contaminado por el plaguicida toxafeno, en el municipio de San Miguel.

A esta situación se suman las presiones derivadas de la actividad agropecuaria. Por un lado, se identifica un uso inadecuado de los fitosanitarios y fertilizantes en los campos de cultivo, lo que produce cambios en la química del suelo y el agua por un exceso de nutrientes en ambos, y la presencia de contaminantes persistentes en algunas zonas. El uso inadecuado de fertilizantes genera una repercusión en la calidad de las aguas, apareciendo concentraciones elevadas de nutrientes que dan lugar a fenómenos de eutrofización y a la aparición de blooms algales, con la posible liberación de toxinas al medio acuático, que los nutrientes, por infiltración en el terreno, llegan a las aguas subterráneas. Del mismo modo el empleo indebido de plaguicidas se traduce en la aparición de compuestos tóxicos para las comunidades piscícolas y otros organismos, así como para el ser humano. Los más usados se pueden dividir en tres grupos: organoclorados, organofosforados y carbamatos.

Es de destacar que la frontera agrícola está desplazando al bosque de mangle, produciendo un descenso en la superficie del manglar y un deterioro del ecosistema en lugares como la Bahía de Jiquilisco o la Barra de Santiago, ambos Sitios Ramsar.

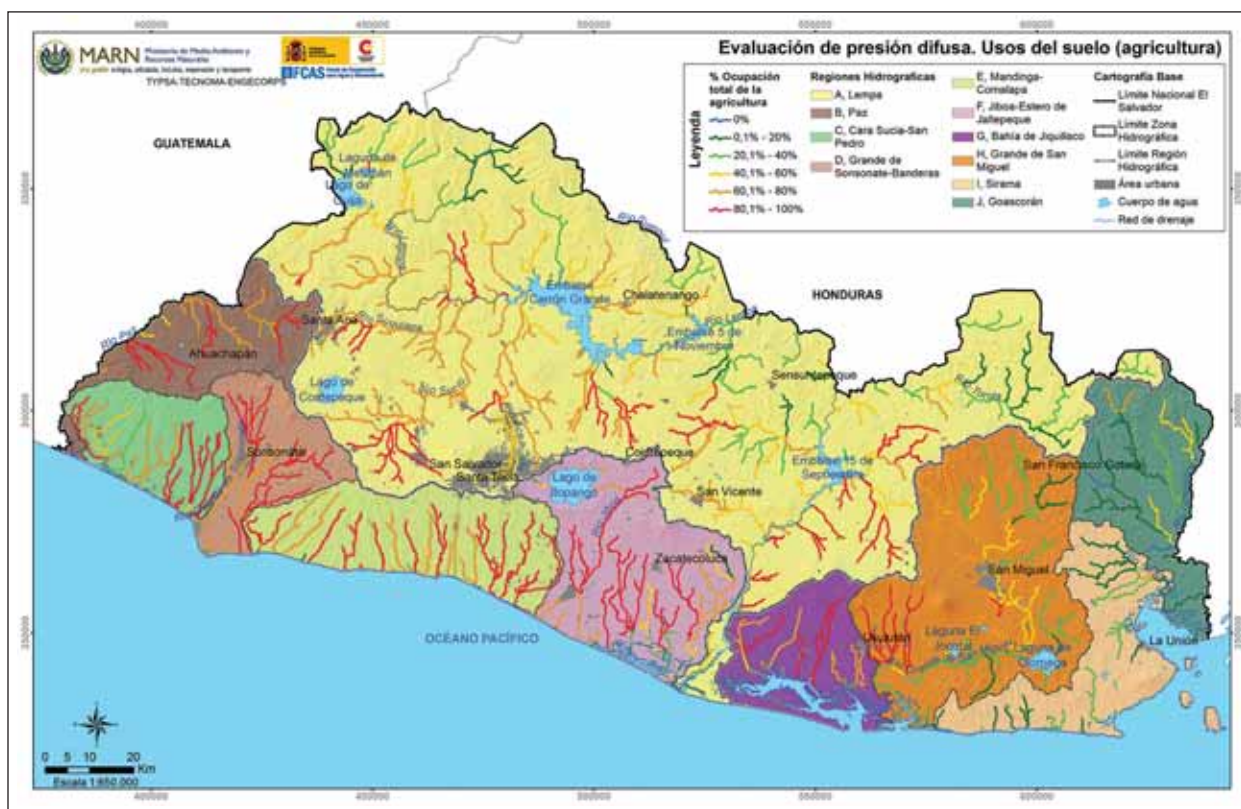
La presión significa que el cuerpo de agua tiene la probabilidad de sufrir una afección, pero que dicha afección no necesariamente tiene que producirse.

Para determinar la presión ejercida por la actividad agrícola sobre la red de drenaje se realiza un análisis espacial donde se acumula la presión a una cuenca vertiente dada. La metodología seguida consiste en relacionar, mediante SIG, las áreas de cada una de las subcuencas de 30 km<sup>2</sup> con la cobertura de usos de suelo, obteniendo el porcentaje de ocupación agrícola en cada una de las subcuencas estudiadas.



Mapa 21.

Evaluación de la presión difusa por agricultura en los ríos de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH con información de Capa Usos del Suelo Corine Land Cover, 2002.

De este manera, se identifican los lugares con la mayor presión de este tipo, siendo los siguientes: ZH I en el entorno del embalse Cerrón Grande (río Jayuca, cabecera del río Suquiapa, ríos del Distrito de Riego Zapotitán, río San Antonio - cuenca del río Acelhua-te) y ríos Quezalapa y afluentes, entorno del embalse 15 de Septiembre (ríos Titihuapa, Tamarindo y Sesorí, tributarios de los ríos Ijutique, Gualcho, Gaspar y Mercedes Umaña), parte baja del río Lempa, y el río Chimalapa que desemboca en la laguna de Metapán; la ZH II en la mayor parte de los ríos de todas las RH que la conforman; y por último, la ZH III en La Cañada afluente del río El Espino, el río El Cacao y la quebrada El Desparramo, que forman parte de la RH Bahía de Jiquilisco, así como los tributarios del tramo bajo del río Grande de San Miguel.

La exposición a agroquímicos y el consumo de aguas contaminadas con los mismos, pueden ser parte de las causas por las que se produce la enfermedad renal crónica (ERC) en las comunidades agrícolas, de acuerdo a estudio realizado por El Instituto Nacional de Salud del MINSAL (MINSAL-INS, 2014).

En cuanto a las explotaciones ganaderas, estas suponen una importante presión de tipo difuso, debido a la contaminación asociada a las tareas de mantenimiento de las instalaciones y a una gestión de residuos inadecuados: orina, heces y concentrado para ganado, que pueden ser vertidos directamente al cauce o provocar una contaminación difusa por infiltración de los afluentes.



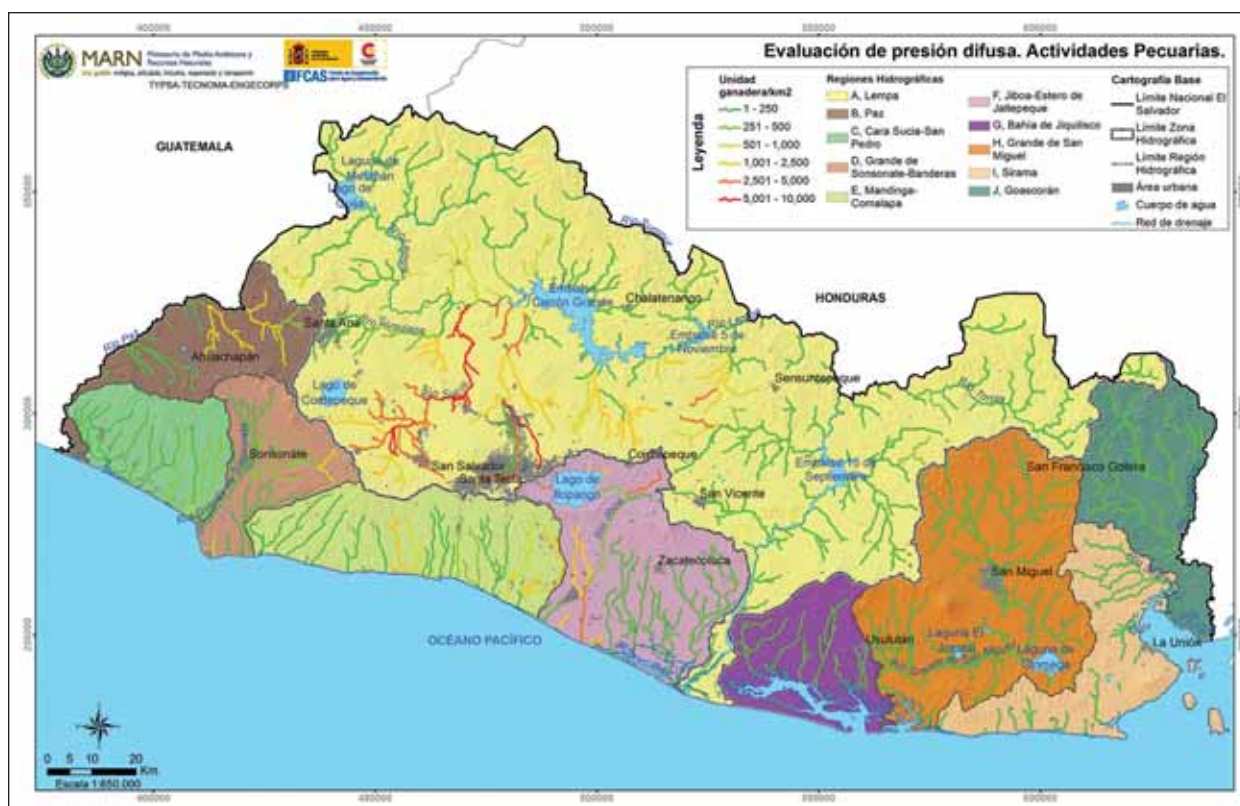


Como se cuenta con el número de cabezas de ganado por municipio, obtenido del IV Censo Agropecuario 2007/2008 (MINEC-MAG, 2009), para evaluar la presión derivada del uso ganadero se convierten las cabezas de ganado a unidades ganaderas, y así, se derivan los coeficientes para el resto de ganado considerado, siendo estos: coeficiente avícola 0,01; coeficiente bovino 0,8 y coeficiente porcino 0,4 (INE - Rurostat.)

Para el estudio de la presión que provoca contaminación difusa producida por la actividad ganadera se realiza un análisis espacial similar al realizado con las actividades agrícolas, donde se acumula la presión difusa en una cuenca vertiente igual a 30 km<sup>2</sup>, asignando una presión por tramo de río. Así, se estima la presión ejercida por la actividad ganadera en cada tramo de río y se valora si afecta la calidad del agua.

Mapa 22.

Evaluación de la presión difusa por actividades pecuarias en los ríos de El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para el PNGIRH con información de MINEC-MAG, 2009.

Las zonas que presentan una mayor presión indican que la probabilidad de que el agua sufra una afección por la misma es alta, pero no necesariamente se tiene que producir. Igual ocurriría a la inversa, en las zonas donde la presión es menor la probabilidad de que el agua sufra un impacto es baja, sin embargo puede llegar a producirse, por ejemplo en el caso de que el ganado estuviera al borde del río.

Las zonas identificadas con una mayor presión de este tipo son las cuencas de los ríos Sucio y Acelhuate, tramos de las cuencas de los ríos Quezalapa,

Copinolapa y Altina, de la ZH I; y la parte baja del río Jiboa, perteneciente a la ZH II.

Por otro parte, las actividades asociadas a la extracción de minerales metálicos son causa de importantes alteraciones en los sistemas naturales y generan, en muchas ocasiones, impactos ambientales de carácter irreversible.

Actualmente, la minería se encuentra casi y exclusivamente en fase de exploración, estando las licencias para tal fin próximas a su extinción,

y no existiendo ninguna de explotación. En el pasado hubo una importante actividad minera y en un futuro podría reactivarse, si se dieran las condiciones económicas, técnicas y administrativas necesarias.

Uno de los principales pasivos ambientales generados por la minería metálica, de los que se tiene constancia, es el del drenaje ácido de la mina de San Sebastián en el municipio de Santa Rosa de Lima, el cual presenta altos niveles de sustancias contaminantes (cianuro, hierro, aluminio, y cadmio). La actividad de esta mina se suspendió hace 30 años, y 15 años después comenzó a producirse el drenaje; sin embargo se conoce de la existencia de personas realizando labores de minería metálica de tipo artesanal, (MARN, 2012e), lo que podría agravar la situación. Las aguas del río San Sebastian resultan no aptas para el consumo humano, pero a pesar ello se utilizan para el lavado de ropa y, ocasionalmente, para el aseo personal. Así mismo, en las minas ubicadas en Jocoro los residuos eran depositados en el cauce del río Seco, cuya agua servía para abreviar ganado, uso doméstico y recreación local.

Es importante mencionar la minería no metálica como una fuente de contaminación difusa, por el aporte de sólidos que genera en las aguas mediante procesos de escorrentía superficial; y el de la extracción de arenas, gravas y rodados en los lechos de los ríos para uso en proyectos de carreteras y de urbanizaciones del país, que genera alteraciones morfológicas en los cauces de los ríos y sobre la cobertura vegetal en la ribera; no existe una cuantificación del volumen total de material extraído.

En la ZH I se da la extracción de arenisca y calizas (municipio de Metapán), mientras que en la ZH II se localizan puntos de extracción de diferentes materiales (municipios de Ahuachapán, Izalco y La Libertad). En la ZH III la fuerte actividad llevada a cabo en las partes media y baja de la cuenca del río San Miguel, propicia la generación de fenómenos de azolvamiento por la acumulación de sólidos, principalmente en la parte baja de la cuenca.

### 5.3.1.3. Extracción de agua y regulación de flujo

Las extracciones de agua en un río provocan alteraciones hidrológicas. Se consideran las extracciones consuntivas de agua para diferentes usos y las regulaciones del flujo, concretamente, desvíos para uso hidroeléctrico.

Los desvíos de agua para uso hidroeléctrico implican una presión por extracción sobre la masa de agua de origen, y otra por incorporación de un volumen ajeno en la masa de agua de destino; existe presión por regulación de flujo (desvíos) siempre que hay presencia de central hidroeléctrica.

Las mayores presiones por extracción se encuentran en las RH Cara Sucia - San Pedro, y Jiboa - Estero de Jaltepeque por extracción agrícola; Grande de Sonsonate por extracción agrícola y energética (hidroeléctrica y térmica); Grande de San Miguel por extracción agrícola y energética (biomasa), y Lempa por extracción agrícola, energética (hidroeléctrica, térmica y biomasa) y abastecimiento poblacional.

### 5.3.1.4. Alteraciones morfológicas

Se consideran alteraciones morfológicas a las producidas por modificaciones longitudinales como canalizaciones, protecciones de márgenes y coberturas de cauces, o por alteraciones transversales como pequeñas represas y presas; así como, las producidas por el desarrollo de actividades humanas sobre el cauce, como extracción de áridos, explotación forestal y otras actividades que supongan la alteración o pérdida de la zona de ribera (ocupación de márgenes).

Se da la presencia de presas en los embalses de la cuenca del río Lempa y de represas en las pequeñas centrales hidroeléctricas distribuidas en las cuencas de los ríos Lempa, Grande de Sonsonate, Paz y en determinados lugares para aprovechamiento de las aguas para riego.

Se tiene constancia de la existencia de alteraciones morfológicas del tipo encauzamiento, extracción de áridos, protección de márgenes, etc., pero no se dispone de su localización exacta ni de su magnitud



(longitud del encauzamiento, volumen de extracción de áridos y demás).

En aquellos cuerpos de agua con presencia de algún elemento que produzca alteración morfológica habrá que comprobar si existe un cambio sustancial en su naturaleza. Los indicadores biológicos tales como los macro invertebrados son indicadores de estas alteraciones.

### 5.3.1.5. Otras presiones

Como otras presiones se identifican aquéllas causadas por especies invasoras en los principales embalses, lagos y lagunas del país. Provocan disminución o desaparición de especies autóctonas, generan problemas para las actividades pesqueras, dificultan la navegación, y disminuyen la productividad primaria de los ecosistemas, etcétera.

Las especies invasoras más importantes identificadas son: la Tilapia (*Oreochromis Sp.*), el Guapote tigre (*Cichlasoma sp*) y el Pato Chanco o Cormorán Neotropical (*Phalacrocorax Brasilianus*). Además debido a la elevada cantidad de nutrientes que llega a los cuerpos de agua, proliferan especies como el Jacinto de agua.

Se recomienda realizar estudios para precisar la magnitud del problema: identificación de los lugares con presencia de especies invasoras, la relevancia de estas en el ecosistema (población) y el grado de desplazamiento o amenaza de las especies nativas. Este tipo de estudios ayudará a la adopción de las mejores medidas para la mitigación del problema. (Mapa 23).

Mapa 23.  
Especies invasoras de El Salvador, año 2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 5.3.2. Presiones sobre las masas de agua subterráneas

En los siguientes acápite se presenta el tipo de presiones de carácter antropogénico a las que pueden verse expuestas las masas de agua subterráneas.

#### 5.3.2.1. Contaminación originada por fuentes puntuales

Debido a los bajos índices de cobertura de alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales cuyo destino es el terreno (potreros, fosas sépticas, etc.), se genera contaminación en las aguas subterráneas por infiltración a través del suelo con bacterias coliformes, nutrientes (compuesto de nitrógeno y fósforo fundamentalmente), metales, y otros contaminantes.

Las masas de agua que presentan una mayor presión por vertidos ordinarios y especiales son las masas ESA-02, ESA-03, ESA-06 y ESA-12, debido a que sobre ellas se encuentran núcleos de alta densidad de población como Santa Ana; el conglomerado urbano de Sonsonate y los núcleos adyacentes, Colón y Lourdes; el ÁMSS y San Miguel, cuyos vertidos a terreno generan contaminantes que al percolar llegan a las aguas subterráneas.

#### 5.3.2.2. Contaminación originada por fuentes difusas

Las fuentes difusas también producen afecciones sobre las aguas subterráneas mediante la filtración de contaminantes desde la superficie a los acuíferos, lo que se acentúa en la época de lluvias.

Del mismo modo que en las aguas superficiales, la acumulación de desechos sólidos provoca grandes problemas de calidad de aguas y salud pública, principalmente por los lixiviados que terminan contaminando los suelos y masas de agua subterránea.

Las MASub que presentan una mayor susceptibilidad de sufrir contaminación debido a la mayor presencia de botaderos, especialmente sin cierre técnico, rellenos sanitarios y suelos contaminados, son la ESA-03 sobre la que se sitúan nueve antiguos botaderos de los cuales siete no disponen de clausura técnica. La ESA-06 de gran extensión sobre la que se encuentran 55 botaderos de los cuales 13 permanecen cerrados y del resto se desconoce su estado, además sobre esta masa se localiza el suelo contaminado por plomo en el cantón Sitio del Niño. La ESA-12, de gran extensión, tiene 22 botaderos, todos clausurados, pero sólo tres con cierre técnico, además existe un relleno sanitario. La ESA-15 puede sufrir contaminación por suelo contaminado por toxafeno, debido al abandono de numerosos barriles en las instalaciones de una ex fábrica formuladora de plaguicidas, así como por la presencia de un relleno sanitario.

Por otro lado, la actividad agrícola puede tener una repercusión negativa en la calidad de las aguas subterráneas por los nitratos, sales y plaguicidas procedentes del uso de fertilizantes y químicos para mejorar la fertilidad del suelo y combatir plagas.

Las masas que presentan una mayor presión por esta actividad son la ESA-02, ESA-03, ESA-06, ESA-07, ESA-12 y ESA-15, sobre las que existen grandes extensiones de cultivo de café, granos básicos, caña de azúcar, mosaico de cultivos y pastos, y cultivos anuales asociados con los permanentes.

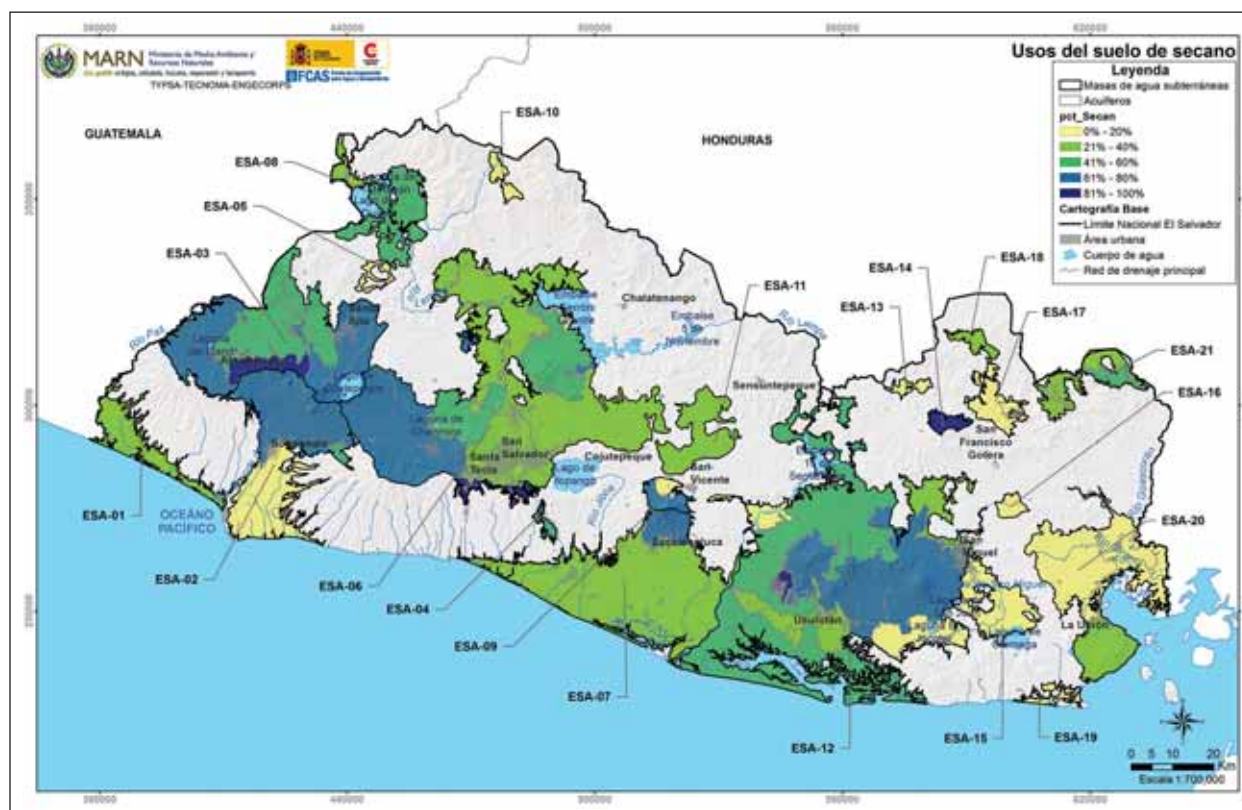
El mapa 24 presenta el porcentaje de ocupación del suelo de los cultivos (regadío y secano), que recae sobre cada acuífero integrante de las masas de agua subterránea. Sobre estas masas existe mayor presión por las actividades agrícolas, presentando coberturas de cultivos de secano superiores al 60 % sobre algunos de los acuíferos que las integran, y superiores al 40 % en relación a cultivos de regadío.





Mapa 24.

Porcentaje de ocupación de cultivos de secano sobre las masas de agua subterránea



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH con información de Capa Usos del Suelo Corine Land Cover, 2002

En relación a las actividades pecuarias, se calcula la densidad de las cabezas de ganado, agrupadas como una única unidad ganadera que recae sobre cada masa de agua subterránea. La que soporta una mayor presión de este tipo es la ESA-06, debido a la fuerte actividad avícola que se da en la zona, además del ganado de tipo bovino y, en menor medida, porcino.

Por último, si se reactiva la actividad de extracción de minerales metálicos puede causar graves afecciones también sobre las masas de agua subterráneas.

### 5.3.2.3. Extracción de agua

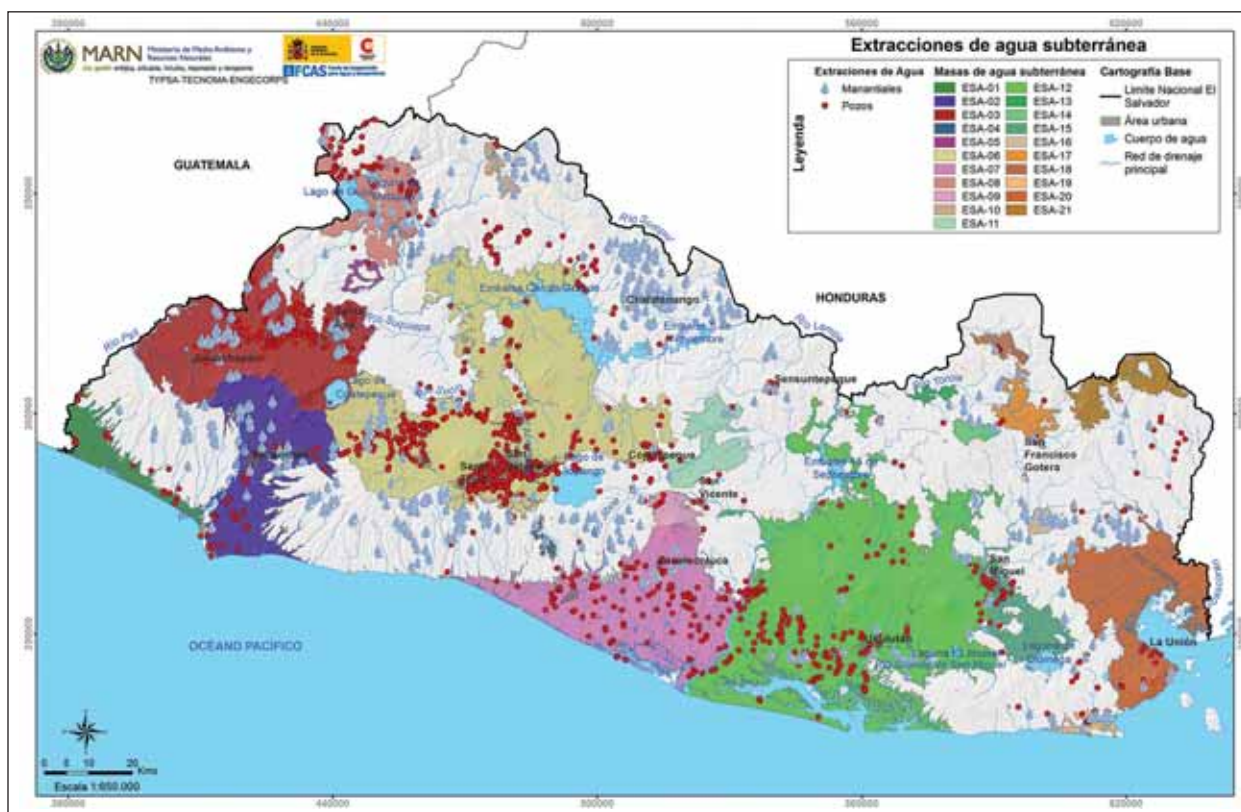
Para determinar la presión por extracción de agua sobre las MASub es necesario conocer el volumen de extracción de los pozos y manantiales actualmente en explotación, y la evolución del nivel piezométrico para evaluar las tendencias de la masa.

De acuerdo a la información disponible, es posible que las masas con mayor riesgo por extracción de agua (basado en el número de pozos y manantiales) sean la ESA-06 en el entorno del AMSS; ESA-03 en el entorno del municipio de Santa Ana y alrededores; ESA-07 en la región del Estero de Jaltepeque y ESA-08 en los alrededores del lago Güija. (Mapa 25).



Mapa 25.

Distribución de pozos y manantiales en El Salvador, varios años



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Hay que tener en cuenta que la sobreexplotación de las MASub puede tener consecuencias, no solo de disminución del recurso subterráneo sino también de deterioro de los cuerpos de agua superficial asociados (ríos y lagos) y de los ecosistemas terrestres dependientes de este recurso.

#### 5.3.2.4. Otras presiones

La explotación intensa de las MASub limítrofe a la costa puede generar problemas de intrusión marina, con el consiguiente aumento de la salinidad en las aguas subterráneas y la afección a los diferentes usos a los que es destinada.

En la zona costera las MASub con mayor número de extracciones y por ende, mayor susceptibilidad de sufrir este tipo de presión, son las ESA-12 en el entorno de la Bahía de Jiquilisco, ESA-07 en la zona del Estero de Jaltepeque, ESA-02 en el área de Acajutla y ESA-01 al sur de Ahuachapán.

#### 5.3.3. Resumen de las presiones sobre los cuerpos de agua superficial y masas de agua subterránea.

A partir de la información disponible se identifican, en gran medida, las presiones existentes en el país, no obstante con los datos actuales es difícil determinar su magnitud y, por tanto, evaluar si la presión identificada es significativa.

La principal fuente identificada es la gran cantidad de vertidos directos a cauce de aguas residuales, domésticas e industriales, sin una depuración previa o con un tratamiento insuficiente que está generando problemas de salubridad y calidad del agua. La presión por vertidos ordinarios y especiales se destaca en aguas abajo de los principales núcleos de población.



En relación a las presiones de tipo difuso, las principales fuentes son, en primer lugar, la gran cantidad de zonas de acopio de desechos sólidos en las proximidades de los cursos de agua que acaban lixiviando las aguas superficiales y percolando las subterráneas, y las presiones derivadas de la actividad agropecuaria que genera, entre otros, un exceso de nutrientes y la presencia de contaminantes persistentes en algunas zonas.

Respecto a las presiones relacionadas con la extracción de agua y regulación de flujo no se dispone de mucha información para poder valorar realmente ese tipo de presión sobre los recursos hídricos.

En cuanto a otras presiones en los cuerpos de agua superficiales se identifican aquellas causadas por las especies invasoras. En la Estrategia Nacional de Biodiversidad (MARN, 2013a) se menciona la problemática de este hecho como consecuencia de los desequilibrios de los ecosistemas. Las especies invasoras más importantes identificadas en el país son: la Tilapia, el Guapote tigre, el Jacinto de Agua, y el Pato Chanco o Cormorán Neotropical. En el caso de las aguas subterráneas, se identifica la causada por la intrusión salina. Aquellas MASub limítrofes a la costa con una reducción del flujo o una alteración de la dirección del flujo como consecuencia de la sobreexplotación, están en riesgo por problemas de intrusión.



## 6. Prioridad de usos, asignación y reserva de recursos



Uno de los objetivos de la planificación hídrica es la satisfacción de las demandas de agua. Para la evaluación del grado de satisfacción de las demandas y el cálculo de los posibles déficits hídricos se recurre a la simulación de la respuesta de los sistemas de explotación ante distintos escenarios de gestión, en situación actual y en situación futura.

Para ello se da la identificación y descripción de los sistemas de explotación, la construcción, calibración y validación de modelos de gestión, de cada SE, en situación actual y la simulación de distintos escenarios de gestión. Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras.*

El objetivo es identificar los déficits de atención a las demandas que implican fallos en los criterios de garantía, y que a su vez condicionarán la asignación de recursos de demandas actuales y la reserva de recursos hídricos para demandas futuras.

Los escenarios de gestión planteados son, en primer lugar el orden preferencial de los usos, y en segundo la incorporación en el uso de la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) para la sostenibilidad de los

ecosistemas, el cual se sitúa por detrás del uso para abastecimiento poblacional.

Los resultados del balance hídrico son analizados sobre la base de los valores promedio multianuales obtenidos en la Serie Histórica para cada uno de los componentes de la ecuación general de balance hídrico. Además de los términos de balance, se analizan términos como demandas, suministros y consumos de las demandas, déficits de suministro a las demandas e indicadores de estrés del sistema; estos son algunos de los resultados parciales del balance hídrico que ayudan a la comprensión y al análisis del funcionamiento del sistema de explotación, al mismo tiempo, sirven de base para el análisis posterior de garantías y el establecimiento de asignaciones y reservas.

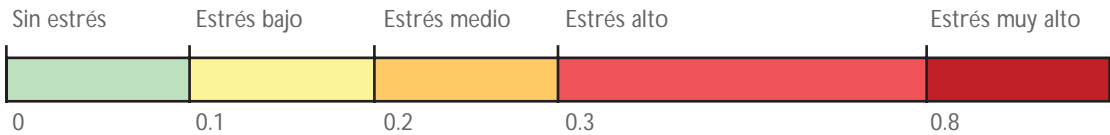
El indicador de estrés definido coincide con el Water Exploitation Index (WEI) (EEA, 2003), calculado como el cociente entre la extracción media anual (demanda bruta) y la media del recurso disponible. Este índice es utilizado a escala mundial en los estudios de vulnerabilidad de recursos hídricos por efecto del cambio climático, por el Panel Interguber-



namental sobre Cambio Climático (IPCC). El valor diferenciador se establece por lo general a partir del 20 % que separa los sistemas considerados sin estrés hídrico o con uno bajo, de los sistemas con estrés hídrico. Un valor mayor del 40 % indica un alto o se-

vero estrés hídrico. Algunos expertos creen que este límite podría establecerse en el 60 %, siendo el 40 % un límite bajo; sin embargo para otros, por encima del 40 % la fuerte competencia por el agua pone en dificultades la salud de los ecosistemas acuáticos.

**Gráfico 20.**  
Ponderación del índice de estrés hídrico WEI considerada en el PNGIRH



Fuente: elaboración para el PNGIRH basada en EEA, 2003

Asimismo, calcula el Índice de Explotación de las MASub como el coeficiente resultante de dividir el valor anual de las extracciones artificiales de aguas subterráneas (bombeos + déficit mínimo detectado) entre el valor anual de las entradas a dicho sistema subterráneo. Una masa con un Índice de Explotación de valor inferior a 0,8 se considera en buen estado cuantitativo, con un valor entre 0,8 y 1 en riesgo de sobreexplotación y con un valor superior a 1 en claro proceso de sobreexplotación (MIMAM, 2008).

## 6.1. Criterios de prioridad de usos y criterios de garantía

### 6.1.1. Criterios de prioridad de usos

Los criterios contemplados (MARN, 2012a) establecen el orden preferencial por el cual los recursos son asignados a las demandas, en función del uso al que estén destinados y en caso de conflicto o competencia por el recurso. El orden preferencial es el siguiente:

- a. Uso para necesidades primarias y abastecimientos de poblaciones
- b. Uso para la sostenibilidad de ecosistemas
- c. Uso agropecuario
- d. Uso para la generación de energía eléctrica
- e. Uso industrial y comercial
- f. Usos recreativos
- g. Otros usos.

### 6.1.2. Criterios de garantía

Para que el concepto de satisfacción de las demandas de agua se establezca y maneje con precisión en los instrumentos de planificación hídrica, es necesario introducir el concepto de garantía aplicado a los sistemas de explotación de recursos hídricos como una medida, manejable numéricamente, de la capacidad de dichos sistemas para satisfacer las demandas en un momento dado. Es necesario, por tanto, definir criterios de garantía numéricos.

Los criterios de garantía establecidos para la evaluación de los sistemas de explotación en el marco del PNGIRH constituyen, por tanto, un instrumento de planificación. Se utilizan para definir las situaciones de fallo en la satisfacción de demandas sobre la base de niveles pre establecidos de exigencia en cantidad (volumen), tiempo (frecuencia de ocurrencia), o repercusión de los fallos (máximo déficit asumible).

Para la evaluación del cumplimiento de las demandas, el método más adecuado es la simulación, que requiere de la construcción, calibración y validación de modelos de gestión de los sistemas de explotación, así como, de la elaboración del balance hídrico entre recursos y demandas. De dicho balance se desprenderá la existencia de unidades de demanda sometidas a déficit hídrico, entendidas como la diferencia entre la demanda y el suministro. Representa por tanto la demanda que no ha sido servida.



Los criterios de garantía establecidos para evaluar qué déficits hídricos superan el límite establecido como tolerable, en función del uso al que afecte, se exponen a continuación:

- Criterios de garantía para las demandas de abastecimiento poblacional. A efectos de evaluación de la satisfacción de la demanda poblacional, esta se considera satisfecha cuando se cumplen las siguientes comprobaciones:
  1. El número de meses sin déficit sea superior al 95 % de los meses de la serie evaluada.
  2. La garantía volumétrica para todo el periodo sea superior al 98 %.
- Criterios de garantía para las demandas ambientales. En lo relativo a los caudales ecológicos, su tratamiento como demandas (o uso para la sostenibilidad de los ecosistemas) (MARN, 2012a), conduce a un criterio de garantía que evalúa las condiciones de su cumplimiento, y actúa correspondientemente para su correcta gestión. Al igual que en el caso de las de uso poblacional, las demandas ambientales son objeto de evaluación en el cumplimiento de dos tipos de criterio de garantía:
  1. Criterio temporal mensual. Debido a la gran variabilidad que presentan los flujos circulantes en condiciones naturales<sup>10</sup> a lo largo de la Serie Histórica, no se puede aplicar un mismo criterio temporal para todos los meses, sino que debe ser específico para cada mes del año
  2. Criterio volumétrico. Asimismo, y de forma particular para las demandas ambientales, ambos criterios son específicos de cada tramo, por lo que son calculadas en cada uno de ellos a partir de las series de aportaciones totales en régimen natural en cada tramo.
- Criterios de garantía para las demandas agrícolas. Se toma el Criterio de Utah para evaluar las garantías agropecuarias en los modelos del PNGIRH. Este considera el déficit en un año

conjuntamente con los acumulados en dos y diez años consecutivos, estableciendo que el suministro falla cuando se da una de las tres condiciones siguientes:

1. Máximo déficit sobre la demanda anual es superior al 50 %.
  2. Máximo déficit acumulado en dos años es superior al 75 % de la demanda anual.
  3. Máximo déficit acumulado en diez años es superior al 100 % de la demanda anual.
- Criterios de garantía para las demandas industriales, energéticas y turísticas. En el caso de estas demandas, cuyos suministros proceden de aguas de origen subterráneo a través de explotaciones privadas, y puesto que no se conocen limitaciones en el acceso al recurso hídrico por parte de las mismas, el criterio de garantía evaluado es el empleado para abastecimiento poblacional.

## 6.2. Escenarios

Para realizar los análisis requeridos por el PNGIRH se definen cinco escenarios temporales e hidrológicos, con las siguientes características:

- Situación Actual: refleja la realidad estimada de cada uno de los sistemas de explotación en el año 2012, y permite la calibración y la validación de los modelos para su empleo en la simulación de escenarios de gestión en situación actual o futuras. Incluye los recursos superficiales y subterráneos en régimen natural y las demandas estimadas en el año 2012.
- Escenario 1. Implantación (situación actual 2012 + Qeco), contempla la entrada en vigor del ALGA, por lo que supone un escenario de referencia que analiza el funcionamiento de los sistemas de explotación en el marco de este anteproyecto de ley. Dentro de esta gestión, se implantan los criterios de prioridad de uso del agua tal y como se definen en el art. 54 del ALGA, a nivel de sistema de explotación, y con el objetivo de racionalizar su uso sin comprometer las necesidades primarias

<sup>10</sup> Se hace referencia a la gran variabilidad existente entre el régimen de caudales altos y el régimen de estiaje entre sí, así como a la gran variabilidad que estos regímenes experimentan en función de la ocurrencia de periodos secos o húmedos.





de la población. En segundo lugar, este escenario implanta un régimen de caudales ecológicos en los tramos seleccionados en una primera fase de planificación, que son evaluados como demandas ambientales en los modelos de gestión de los sistemas de explotación, e intervienen en el segundo nivel del orden preferencial establecido en el ALGA. Como actuaciones previstas, este escenario plantea la entrada en funcionamiento del Proyecto Piloto Agua Potable del Lago Ilopango (PAPLI), para el año 2012 y queda fuera de modelado en situación actual. Dicha aportación al sistema de abastecimiento del AMSS supone una entrada de recursos externos a la cuenca del Lempa.

- Escenario 2. Escenario futuro a corto plazo (horizonte 2017 + Qeco) plantea la simulación de un escenario de planificación a cinco años. Parte del escenario de referencia o escenario de implantación, y pone de manifiesto el panorama hídrico del país ante las demandas proyectadas en el horizonte 2017, considerando las actuaciones previstas en ciertos sectores económicos, fun-

damentalmente el agrícola. También considera la consolidación del Proyecto PAPLI para la mejora del abastecimiento al AMSS.

- Escenario 3. Escenario futuro a medio plazo (horizonte 2022 + Qeco) diseña un horizonte de planificación a medio plazo, diez años, proyecta la demanda al horizonte 2022 e incluye las actuaciones previstas por las Administraciones en los distintos sectores de actividad. De ellas, las actuaciones más significativas consisten en nuevos desarrollos en el sector agrícola e hidroeléctrico implicando la entrada en funcionamiento de los embalses El Cimarrón y El Chaparral. Este escenario recoge también las medidas propuestas por el Plan de Acción Global del PNGIRH.
- Escenario 4. Cambio climático (horizonte 2022 + Qeco + Cambio Climático) parte del Escenario 3 y añade, en la evaluación realizada, el análisis del efecto del cambio climático en los sistemas de explotación y su impacto en la satisfacción de las demandas de los diferentes usuarios.

**Cuadro 47.**

Actuaciones propuestas en el Plan de Acción Global para las ZP

ZPa	Tipo de actuación	Actuación
ZP1	Modernización regadíos: mejora canales	Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo dentro de la UDA - CENIZA - 01. Superficie afectada: revestimiento de canales 245.9 ha (351.3 mzs)
	Modernización regadíos: goteo o aspersión	Sustitución de sistemas de riego por gravedad por sistemas de goteo en las parcelas de hortalizas y árboles frutales. UDA - CENIZA - 01, sistemas de goteo 74.4 ha (106.3 mzs).
	Aprovechamiento recursos subterráneos	Construcción de una captación de aguas subterráneas por pozos perforados totalmente penetrantes en la UDA - CENIZA - 01. Incluye perforación de al menos dos pozos con rendimientos esperados de 25 l/s y 100 m de profundidad de pozo (con base en la información de pozos existentes en las proximidades y condicionado al estudio hidrológico de detalle), y una potencia instalada por bomba de 14 kW.
		Construcción de captación de aguas subterráneas por pozos perforados totalmente penetrantes en la UDA - ING IZALCO. Incluye perforación de al menos cuatro pozos con rendimientos esperados de 35 l/s y 100 m de profundidad de pozo (con base en la información de pozos existentes en las proximidades y condicionado al estudio hidrológico de detalle), y una potencia instalada por bomba de 22 kw.

Continuación Cuadro 47.

ZP4	Modernización de regadíos: mejora de canales	Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo dentro de la UDA - Des - SAN JUAN - 01. Superficie afectada: revestimiento de canales 107.7 ha (153.9 mzs)
		Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo dentro de la UDA - LAS CAÑAS - 03. Superficie afectada: revestimiento de canales 9.8 ha (14 mzs)
		Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo dentro de la UDA - MÉNDEZ - 01. Superficie afectada: revestimiento de canales 279.6 ha (399.4 mzs)
	Obras de regulación (presas, con o sin aprovechamiento hidroeléctrico, grandes balsas)	Construcción de una balsa de riego de 20 000 m3 de capacidad para el almacenamiento de agua superficial del río Méndez y su suministro a la UDA - MENDEZ - 01.
ZP7	Modernización de regadíos: mejora de canales	Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo para parcelas de caña de azúcar. UDA - SUQUIAPA - 02, superficie afectada 150.5 ha (215 mzs).

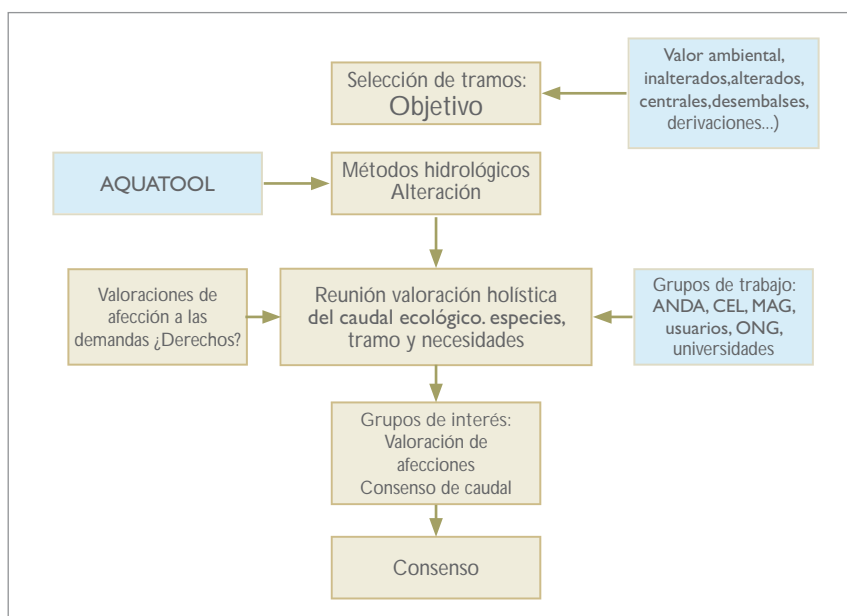
### 6.3. Caudales ecológicos

En el marco de los trabajos del PNGIRH se realiza una primera fase de selección de tramos de ríos a escala nacional para la implantación de caudales ecológicos, bajo criterios de mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas, y a la satisfacción de las

necesidades sociales y económicas de la población en un número limitado de tramos seleccionados por el MARN; se pretende sentar una base para la futura implantación de caudales ambientales a una mayor escala. El detalle de los trabajos realizados se puede consultar en el Anexo 05. *Caudales ecológicos*.

Gráfico 21.

Proceso de determinación e implementación de los caudales ecológicos



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

En la selección de los 13 tramos prioritarios piloto a escala nacional se toma en cuenta el análisis del grado de conservación y de las afecciones antrópicas

de una lista de tramos más extensa, propuestos inicialmente por el MARN.



**Cuadro 48.**  
Tramos piloto de implantación de caudales ecológicos

Tramos seleccionados					
Cód.	Nombre	Región Hidrográfica	Zonas Prioritarias	Criterio selección	Observaciones adicionales
I-01	Cimarrón-Alto Lempa	Lempa	No prioritaria	MARN. Por futura CH Cimarrón.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevista la construcción de la futura central hidroeléctrica, El Cimarrón, con una capacidad generadora de 261 MW en el río Lempa.</li> <li>• El tramo se encuentra en la zona de transición de la Reserva de la Biosfera (RB) Trifinio - Fraternidad.</li> <li>• Principales amenazas: introducción de especies exóticas, avance de la frontera agrícola y prácticas productivas no respetuosas con el medio ambiente, explotación minera de hierro, cobre, plomo, zinc y plata.</li> <li>• Las principales especies piscícolas continentales nativas que pueden encontrarse en el tramo son: alma seca (<i>Roeboides bouchellei</i>), Filin / Juilin (<i>Rhamdia guatemalensis</i>; <i>Rhamdia laticauda</i>), topote de El Salvador (<i>Poecilia salvatoris</i>), guapote manchote (<i>Poeciliopsis pleurospilus</i>).</li> <li>• La selección de este tramo se justifica principalmente ante la futura central hidroeléctrica de El Cimarrón y el resto de actividades que puedan surgir ante la construcción de la presa multipropósito. En un futuro podrían surgir posibles conflictos por los distintos usos del agua en la zona, por lo que conviene que el régimen de caudales mínimos quede definido para que las figuras de protección y sus ecosistemas asociados no se vean deteriorados.</li> </ul>
I-02	Guajoyo - Desagüe	Lempa	No prioritaria	Afección antrópica + conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de la central hidroeléctrica de Metapán ubicada a 1.8 km aguas arriba del tramo propuesto, con una capacidad de 19.8 MW.</li> <li>• Zona de interés minero, principalmente de hierro, cobre, plomo, zinc y plata.</li> <li>• El tramo está comprendido dentro del área de conservación Trifinio, próximo al SR Complejo Güija y dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Trifinio - Fraternidad.</li> <li>• Las principales especies piscícolas continentales nativas que pueden encontrarse en el tramo son: plateada (<i>Astyanax aeneus</i>), alma seca, Filin / Juilin.</li> <li>• La selección de este tramo se justifica ante la importancia ambiental al estar comprendido dentro de un área de conservación y reserva de la biosfera así como muy próximo a un SR. Conviene considerar este tramo para su conservación ante las demandas de usos no consuntivos (central hidroeléctrica de Metapán) y conservar de este modo la conectividad longitudinal del río en el tramo de derivación.</li> </ul>
I-04	Las Pavas - Lempa	Lempa	No prioritaria	MARN. Ampliación de planta potabilizadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de grandes demandas de abastecimiento del AMSS (PTAR Las Pavas) y agrícolas (Distrito de Atiocoyo Norte).</li> <li>• El tramo forma parte del área protegida complejo ribereño del río Lempa.</li> <li>• Principales especies piscícolas continentales nativas que pueden encontrarse en el tramo son: plateada, alma seca, Filin / Juilin.</li> <li>• La selección de este tramo se debe a las actividades antrópicas de agricultura y abastecimiento. La posible ampliación de la planta potabilizadora de Las Pavas, supondrá un aumento en las demandas de agua superficial para abastecimiento. En un futuro podrían surgir conflictos por los distintos usos del agua en la zona (principalmente riego y demandas de agua potable).</li> </ul>

Tramos seleccionados					
Cód.	Nombre	Región Hidrográfica	Zonas Prioritarias	Criterio selección	Observaciones adicionales
I-07	Río Sudio - 02	Lempa	ZP8	Afección antrópica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Principales usos detectados: agrícola (UDA-Sudio-02) e hidroeléctrico (pequeña central hidroeléctrica ubicada 2 km aguas abajo del río Sudio, con una capacidad de 2.5 MW).</li> <li>El tramo queda comprendido dentro del área de conservación de El Playón, donde han sido identificadas 61 especies de preocupación especial, algunas de ellas consideradas a escala nacional como amenazadas o en peligro de extinción.</li> <li>En este tramo se sabe de la presencia de plateada, alma seca, filin / juilin.</li> <li>La selección de este tramo se debe a los posibles conflictos de usos, así como por la importancia en la conservación del ecosistema y poblaciones asociadas.</li> </ul>
I-08	Jayuca	Lempa	No prioritaria	Afección antrópica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Principal uso detectado: el agrícola. Zona potencial de construcción de central hidroeléctrica con capacidad superior a 20 MW.</li> <li>Presencia de plateada, filin / juilin, burra / burrita (<i>Amatitlania nigrofasciata</i>), topote de El Salvador y guapote manchote.</li> <li>La selección se justifica por los posibles conflictos de usos que puedan surgir entre los diferentes usos y la construcción de central hidroeléctrica con capacidad superior a 20 MW.</li> </ul>
I-09	Metayate	Lempa	ZP6	Afección antrópica + conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se trata del único de entre 55 principales afluentes superficiales a escala nacional que cumple con las normas de la OMS sobre aguas para recreación con contacto humano. Sufre presión por usos agrícolas y piscícolas.</li> <li>Parte baja de la subcuenca comprendida dentro del SR Cerrón Grande y del área de conservación Alto Lempa.</li> <li>Las principales especies piscícolas a preservar en este tramo son: Burra/ Burrita, Plateada, Topote de El Salvador, Guapote manchote, y Filin / Juilin.</li> <li>La importancia ambiental al estar comprendido dentro de un área de conservación, la influencia directa sobre un SR, y el interés turístico que presenta la zona, justifica la elección de este punto.</li> </ul>
OI-14	Río Torola	Lempa	No prioritaria	MARN. Futuras dos CH.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La principal afección del punto de estudio es la posible construcción de dos centrales hidroeléctricas unos pocos kilómetros aguas abajo, con una potencia superior a 20MW en cada una de ellas. Asimismo, es uno de los atractivos turísticos de la zona oriental del país.</li> <li>En esta zona se pueden encontrar especies de alto valor en el país, como una población de nutria (<i>Lontra longicaudis</i>), puma (<i>Puma concolor</i>), garza tigre (<i>Tigrisoma mexicanum</i>) y martin pescador verde (<i>Chloroceryle amazona</i>).</li> <li>En cuanto a las especies piscícolas cabe destacar la presencia de burra/ burrita, plateada, olomina (<i>Poecilia gillii</i>), guapote manchote y filin / juilin y false anguila.</li> <li>Al ser un río fronterizo, no se pueden aprovechar a fondo sus posibilidades de regulación y explotación multiuso por falta de acuerdo entre El Salvador y Honduras.</li> </ul>



Tramos seleccionados					
Cód.	Nombre	Región Hidrográfica	Zonas Prioritarias	Criterio selección	Observaciones adicionales
I-16	Tramo bajo Lempa	Lempa	No prioritaria	Conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usos principales: agrícola, acuicultura, pesca y turístico.</li> <li>Las principales especies piscícolas nativas a preservar en el tramo de estudio son el bagre cuatete (<i>Ariopsis guatemalensis</i>), guavina (<i>Gobiomorus maculatus</i>), cuatro ojos (<i>Anableps dowei</i>), guapote del Pacífico (<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>); a estas se suman otras especies con mayor tolerancia a la salinidad como son la corvina, el jurel, la mojarra, el pargo, la sardina, el róbalo, ruco y sambo.</li> <li>El tramo en sí, no queda comprendido dentro de ninguna de las áreas prioritarias de intervención aunque tiene influencia directa sobre el Estero de Jaltepeque y la bahía de Jiquilisco, áreas de interés prioritario dentro del Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del Recurso Hídrico.</li> </ul>
II-03	El Naranjo	Cara Sucia - San Pedro	ZP5	Afección antrópica + conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>El principal uso es el agrícola.</li> <li>El tramo queda comprendido dentro del área de conservación El Imposible - Barra de Santiago, justo antes del área natural protegida de Barra de Santiago. Actualmente, la zona Barra de Santiago se encuentra en trámites para la declaración del lugar como sitio Ramsar. El área contiene especies de flora y fauna que se encuentra amenazada y en peligro de extinción a nivel local.</li> <li>Especies piscícolas identificadas: plateada, róbalo, sambo, guavina, gobio cola de palma (<i>Gobionellus microdon</i>) y la especie nativa machorra o pez lagarto (<i>Atractosteus tropicus</i>), única especie piscícola de agua continental que se encuentra "En peligro" según la lista oficial de especies de vida silvestre amenazada o en peligro de extinción.</li> <li>El régimen de caudales de la parte baja del río El Naranjo tiene una influencia directa sobre el ANP Barra de Santiago, para la conservación de los manglares y de las distintas poblaciones de fauna presente.</li> </ul>
II-04	Sonsonate 01	Grande de Sonsonate - Banderas	ZP1	Afección antrópica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Principales usos: agrícola, ganadero e hidroeléctrico, con previsión de 3 posibles futuros desarrollos hidroeléctricos.</li> <li>Especies piscícolas a preservar: burra/burrita, gobio del río, guavina manchada (<i>Eleotris picta</i>), chupapiedra (<i>Gobiesox potamius</i>), guavina, topote de Ilopango (<i>Poecilia marcellinoi</i>), topote de El Salvador, guapote manchote y dormilón pecoso (<i>Sicydium multipunctatum</i>).</li> <li>El río está fuertemente antropizado en su parte alta por la presencia de centrales hidroeléctricas y de UDA. De ahí la importancia de llevar a cabo un estudio de caudales ecológicos en la zona, ante los posibles futuros conflictos que puedan surgir.</li> </ul>
II-08	San Antonio	Mandinga - Comalapa	No prioritaria	MARN. Conservación estero San Diego.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta un alto grado de actividad industrial, en donde la totalidad de estas demandas son de aguas subterráneas; y en la desembocadura al estero existe una zona de extracción minera.</li> <li>El tramo se encuentra dentro del área de conservación Costa del Bálsamo y en el ANP El Bálsamo. El régimen de caudales ecológicos tiene un efecto directo sobre el estero de San Diego aguas abajo y sus ecosistemas asociados.</li> </ul>



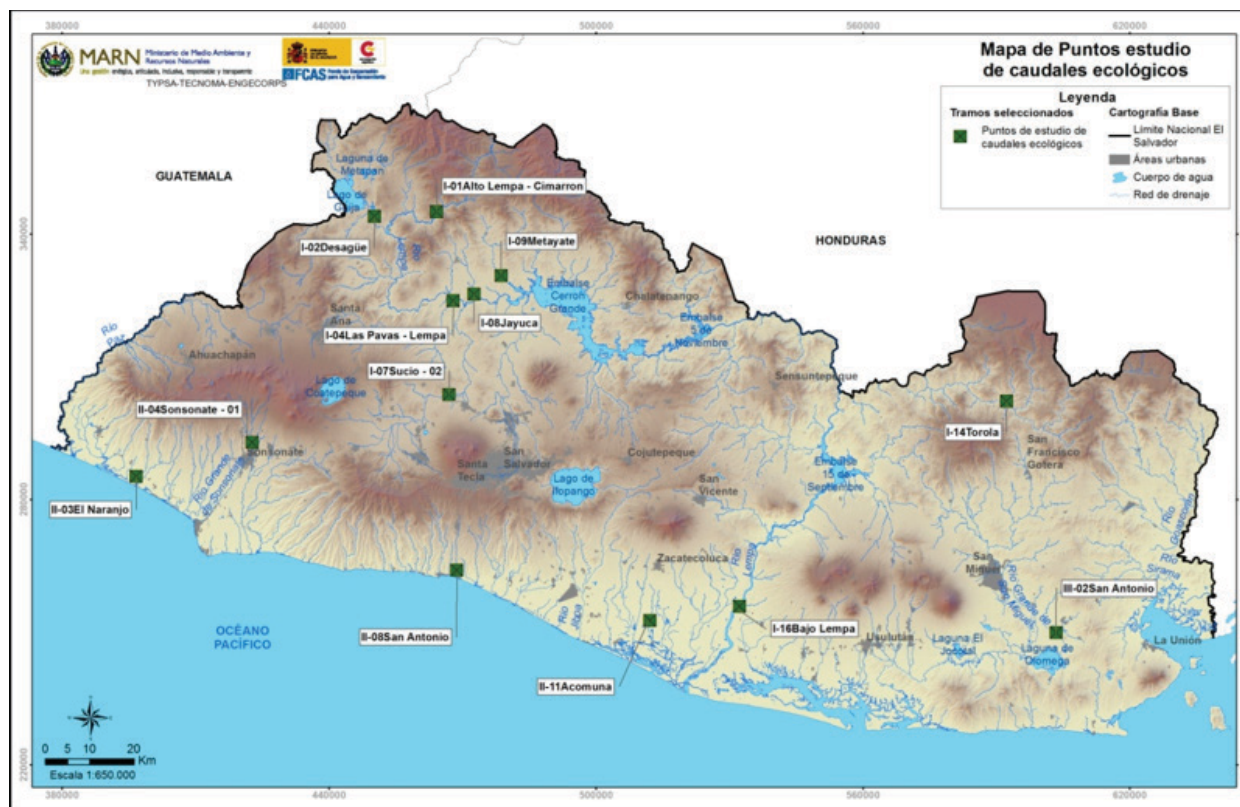
Tramos seleccionados					
Cód.	Nombre	Región Hidrográfica	Zonas Prioritarias	Criterio selección	Observaciones adicionales
					<ul style="list-style-type: none"> <li>Las especies piscícolas a preservar de esta zona son: temepechin (<i>Ago-nostomus monticola</i>), gobio del río (<i>Awaous banana</i>), guavina manchada, chupapiedra (<i>Gobiesox potamius</i>), guavina, topote de Ilopango, guapote manchote y dormilón pecoso.</li> <li>La conservación de los manglares en el estero de San Diego es uno de los principales objetivos ambientales que se persigue.</li> </ul>
II-11	Acomunca	Jiboa - Este-ro de Jaltepeque	ZP2	Conserva-ción	<ul style="list-style-type: none"> <li>El principal uso es el agrícola.</li> <li>El régimen de caudales en el tramo bajo tiene una influencia en el esta-do de conservación de los manglares y de las distintas poblaciones de fauna presente.</li> </ul>
III-02	San Antonio	Grande de San Miguel	ZP4	Conserva-ción	<ul style="list-style-type: none"> <li>El principal uso lo constituye la agricultura.</li> <li>El punto se encuentra en el área de conservación Tecapa - San Miguel, así como en el ÁNP de La Chiricana. A su vez, está comprendido dentro del sitio Ramsar Olomega.</li> <li>Las principales especies piscícolas presentes en esta zona son: cuatro ojos, sambo, botete diana (<i>Sphoeroides annulatus</i>) y falsa anguila.</li> <li>La selección del tramo de estudio viene justificada por su valor eco-lógico, el cual se encuentra comprendido en el área de conservación Tecapa –San Miguel. Además, el régimen de caudales de este tramo tiene influencia directa sobre las lagunas de Olomega y El Jocotal, ambas catalogadas como sitios Ramsar.</li> </ul>

Nota: para mayor descripción de los tramos consultar el Anexo 05: *Caudales ecológicos*.

Fuente: elaboración del MARN con datos del 2014 para la formulación del PNGIRH.



Mapa 26.  
Ubicación de los puntos de estudio de caudales ecológicos en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN con datos del 2014 para la formulación del PNGIRH.

A estos 13 tramos se aplican métodos hidrológicos para la determinación de los caudales ecológicos a evaluar en los modelos de gestión de los SE. Estos métodos se basan en el análisis de caudales mínimos de la serie de caudales en régimen natural de cada tramo, requiriéndose al menos 20 años de longitud de datos y alternancia de periodos secos y húmedos. Dada la ausencia de datos observados o medidos en los tramos prioritarios en cantidad y frecuencia suficiente se aplican las series de caudales obtenidas, en dichos puntos, con los modelos hidrológicos de Evalhid. De los métodos hidrológicos se emplean cuatro formulaciones para el cálculo de caudales ecológicos atendiendo al tipo de información hidrológica de partida. (Anexo 05. *Caudales ecológicos*).

- “NGPRP” (Northern Great Plains Resource Program). (USFWS, 1974).
- Método de Tessman (Tessman, 1980).

- Método basado en el 30 % del caudal medio mensual (Scarf, 1983).
- Métodos de Tennant o Montana.

De estas formulaciones, se seleccionan dos valores para la definición de un rango de caudales ecológicos en función de tres objetivos de conservación establecidos por tramo:

- Tramos que persiguen el Objetivo Tipo 1, correspondiente a la conservación de la biodiversidad natural, la calidad de las aguas y los valores culturales y paisajísticos. De las cuatro formulaciones se seleccionan las dos que establecen el rango con los dos valores más elevados o restrictivos.
- Tramos que persiguen el Objetivo Tipo 2, adecuado para abastecer las necesidades de la comunidad y minimizar los riesgos para la salud. De las cuatro formulaciones se seleccionan las dos

que establecen el rango con los dos valores más bajos o menos restrictivos.

- Tramos que persiguen el Objetivo Tipo 3, conveniente para abastecer las necesidades de la comunidad sin comprometer la disponibilidad de aguas abajo, la salud ambiental o los bienes y servicios naturales. De las cuatro formulaciones se seleccionan aquellas dos que establecen el rango con los dos valores intermedios.

Para la evaluación de la implantación de caudales ecológicos en el contexto actual y futuro de los SE, fueron incluidos en los modelos de gestión como demandas ambientales de uso no consuntivo en los escenarios de implantación, y los futuros a corto y medio plazo. Del rango de caudales definidos para cada tramo según el objetivo se modela el valor mínimo.

**Cuadro 49.**

Valores de caudales mínimos (en m<sup>3</sup>/s) por tramo de estudio considerados en los escenarios de planificación del PNGIRH

Cód.	Tramo	Objetivo	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
I-01	Cimarrón - Alto Lempa	3	14.39	19.39	19.39	20.47	30.23	19.39	11.63	11.63	11.63	11.63	8.81	7.68
I-02	Guajoyo - Desagüe	3	6.79	16.45	16.45	18.51	33.70	19.03	9.87	3.86	6.90	5.75	3.96	3.41
I-04	Las Pavas - Lempa	2	12.18	38.46	37.29	45.91	45.91	45.91	20.55	14.45	11.30	10.06	7.54	7.17
I-07	Sucio - 02	2	3.13	5.89	7.46	8.68	8.81	6.90	4.37	3.79	3.50	3.58	2.99	2.86
I-08	Jayuca	2	0.04	0.17	0.18	0.32	0.32	0.32	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
I-09	Metayate	3	0.37	2.42	2.41	3.61	5.18	2.60	0.56	0.46	0.40	0.38	0.29	0.26
I-14	Torola	3	2.98	8.67	8.12	10.15	22.40	16.75	6.09	5.94	3.98	2.96	1.79	1.24
I-16	Bajo Lempa	1	145.64	182.05	182.05	258.81	424.27	275.62	145.64	145.64	131.83	121.86	104.89	99.49
II-03	Naranjo	3	0.17	0.37	0.37	0.47	0.66	0.65	0.42	0.28	0.28	0.28	0.17	0.12
II-04	Sonsonate 01	2	0.59	1.04	0.98	1.20	1.54	1.29	0.86	0.76	0.71	0.73	0.62	0.59
II-08	San Antonio	1	0.09	0.23	0.26	0.40	0.66	0.37	0.17	0.14	0.11	0.10	0.07	0.06
II-11	Acomunca	1	0.58	0.87	0.72	0.90	1.21	0.80	0.46	0.35	0.24	0.17	0.11	0.14
III-02	San Antonio	1	0.24	0.26	0.31	0.31	0.68	0.85	0.31	0.19	0.19	0.18	0.10	0.07

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

## 6.4. Sistemas de explotación: balances, asignación y reserva de recursos

En el Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras* se hace la evaluación del balance hídrico entre recursos y demandas en los diez SE y las 21 MASub tanto en situación actual como en los cuatro escenarios de gestión. Entre los resultados obtenidos, cabe destacar la caracterización del grado de estrés hídrico al que se encuentran sometidos, tanto los sistemas de explotación como las MASub, así como la determinación de los fallos en la satisfacción de las unidades de demanda, obtenidas mediante la evaluación de los criterios de garantía.

Con base en estas determinaciones, y con carácter general, se asignan los recursos disponibles a los aprovechamientos ya existentes que no presentan fallos en el cumplimiento de las garantías. Para ello es esencial considerar las medidas básicas de gestión introducidas con el PNGIRH como son la implantación de caudales ecológicos y los criterios de prioridad y garantía, por lo que el escenario que se emplea para el establecimiento de asignaciones es el Escenario 1: implantación (situación actual 2012 + Qeco).

Por otro lado, se definen reservas de recursos en previsión de las demandas que corresponde atender para alcanzar los objetivos de la planificación hidrológica, las cuales quedan condicionadas al



cumplimiento de los criterios de garantía de las unidades de demanda, tras la materialización de las actuaciones contempladas en el PAG, así como de las actuaciones previstas por las diversas Administraciones. Considerando el tiempo necesario para la aprobación del PNGIRH y la normativa que permita su articulación, se adopta como escenario para la propuesta de reservas el Escenario 3: futuro a medio plazo (horizonte futuro 2022 + Qeco).

En los siguientes apartados se describen brevemente los resultados fundamentales del balance hídrico en los diez SE y las asignaciones y reservas de recursos establecidas en el marco del ciclo actual de planificación.

#### 6.4.1. Sistema de explotación Lempa

El SE Lempa incluye la totalidad de la cuenca del río Lempa ubicada dentro del territorio de El Salvador. Debido a que se trata de una cuenca transfronteriza, se introduce en este análisis las aportaciones de las subcuencas de Guatemala y Honduras, y las demandas transfronterizas estimadas. Limita al norte y al oeste con las fronteras de Honduras y Guatemala, ocupando una extensión aproximada dentro del límite nacional de 10 234 km<sup>2</sup>, que representa el 57 % de la superficie de la cuenca del río Lempa y el 50 % de la superficie nacional, en cuanto SP.

Se trata del mayor SP del país, y cuenta con una parte muy significativa de los recursos hídricos superficiales y subterráneos nacionales; asimismo concentra una gran parte de las demandas de los diferentes sectores económicos usuarios del agua.

Este sistema está constituido por 84 subcuencas que permiten modelar las cuencas de los principales afluentes del río Lempa, por el margen derecho las de los ríos Suquiapa, Sucio, Acelhuate, Quezalapa, Copinolapa, Titihuapa y Acahuapa, entre otros; y afluentes por su margen izquierda los ríos Mojaflares, Jayuca, Metayate, Grande de Tilapa, Tamulasco, Sumpul, Torola, Jiotique y Gualcho.

En el SE Lempa afloran un total de 15 MASub que ocupan aproximadamente un 42 % de la superficie del SE.

Las masas identificadas como ESA-05, ESA-06, ESA-08, ESA-10, ESA-11, ESA-13, ESA-14, ESA-17 y ESA-18, 9 de 15, se encuentran prácticamente en su totalidad incluidas dentro de los límites de explotación. De forma parcial existen otras masas compartidas con los sistemas adyacentes: la ESA-02 con el SE Grande de Sonsonate - Banderas, la ESA-03 con el SE Paz, la ESA-07 con los SE Bahía de Jiquilisco y Jiboa - Estero de Jaltepeque, la ESA-09 con el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, ESA-12 con el SE Grande de San Miguel y la masa ESA-21 compartida con el SE Goascorán. El resto del subsuelo del SE Lempa (58 % restante) se clasifica como ESA-ND-LEM (MASub no delimitada Lempa), cuyos límites coinciden con los del sistema de explotación.

Se trata del único SE con capacidad de regulación. Cuenta con cuatro embalses, tres de ellos ubicados en el cauce del río Lempa, y un cuarto ubicado en el lago de Güija. De ellos, la mayor capacidad la presenta el embalse Cerrón Grande. En los Escenarios futuros 3 y 4 (horizonte 2022) se identifica la construcción de dos nuevos embalses: El Cimarrón sobre el río Lempa y El Chaparral sobre el río Torola.

En el SE Lempa se definen 18 unidades de demanda poblacional, tanto urbanas como rurales (UDP) de 138 municipios, entre las que destaca el abastecimiento al AMSS, el núcleo poblacional más populoso (27.8 % del total de la población nacional) e industrializado del país. El abastecimiento al AMSS se realiza, por un lado, desde la potabilizadora de Las Pavas, en el cauce del río Lempa, y por otro, con los pozos del Sistema Norte, los del Sistema Guluchapa y el sistema de pozos tradicionales. Estos sistemas dan cobertura de agua potable a un total de 15 municipios (ANDA, 2012a). En el resto de los municipios del SE Lempa, así como de la parte del AMSS no cubierta por ANDA, no se tiene un conocimiento preciso de los sistemas de abastecimiento y de las infraestructuras con las que se cuenta. Por otra parte, el AMSS recibe recursos superficiales externos del río Cuaya y del lago de Ilopango, estando previsto en el horizonte a corto plazo (2017) el incremento de la captación desde el lago Ilopango de 50 l/s actuales a 2000 l/s. Por tratarse de una cuenca trinacional se tiene en consideración las demandas transfronterizas estimadas de la parte de la cuenca del río Lempa ubicada en

Guatemala y Honduras; determinando una demanda transfronteriza en Guatemala de 71.8 MMC/año en situación actual, agrupada en dos UD, y de 82.5 MMC/año en Honduras, agrupada en tres UD.

Adicionalmente, se seleccionan ocho tramos de implantación de caudales ecológicos, modelados como demandas ambientales de uso no consuntivo.

En el SE Lempa se considera una superficie de bajo riego de 12 216 ha, de las cuales un 53 % corresponden a los cuatro distritos de riego (DR) del país, y el restante 47 % a la superficie potencial bajo riego de regantes individuales y colectivos.

Los DR se abastecen, en su mayor parte, de las aguas superficiales del río Lempa y del río Sucio, a excepción del distrito de Zapotitán, que capta un 14 % de los recursos que necesita de pozos de la ESA-06. A partir de los datos reportados por las gerencias de los distritos, la producción de agua para el abastecimiento a los cuatro distritos alcanza los 245.55 MMC/año (incluyendo el uso acuícola y ganadero), siendo

el de mayor consumo el DR - Atiocoyo Sur (51 %), seguido del DR - Zapotitán (25 %), DR - Atiocoyo Norte (15 %) y el DR - Lempa - Acahuapa (9 %).

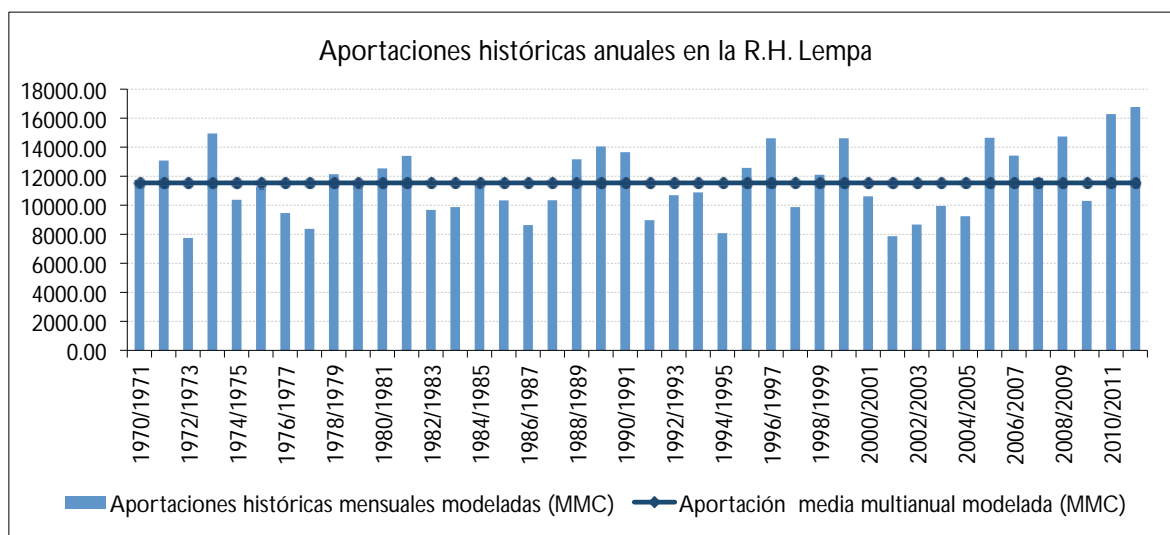
Los regantes individuales y colectivos cuentan con una red de bocatomas en diversos cauces fluviales del SE Lempa, así como captaciones de aguas subterráneas a través de manantiales y pozos; el sistema de riego más utilizado es aquel por gravedad.

El SE Lempa incluye además tres UDE de uso consuntivo y cuatro UDI, siendo todas ellas abastecidas con aguas subterráneas.

Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, son cuantificadas en 11 539 MMC/año. Este volumen es la suma de las aportaciones superficiales fruto de la escorrentía superficial, y de las aportaciones subterráneas procedentes de los acuíferos, constituyendo las primeras el 55 % de las aportaciones totales y las subterráneas el restante 45 % aproximadamente.

**Gráfico 22.**

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71 - 2011/12 para la RH Lempa  
(incluye componente transfronteriza)



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



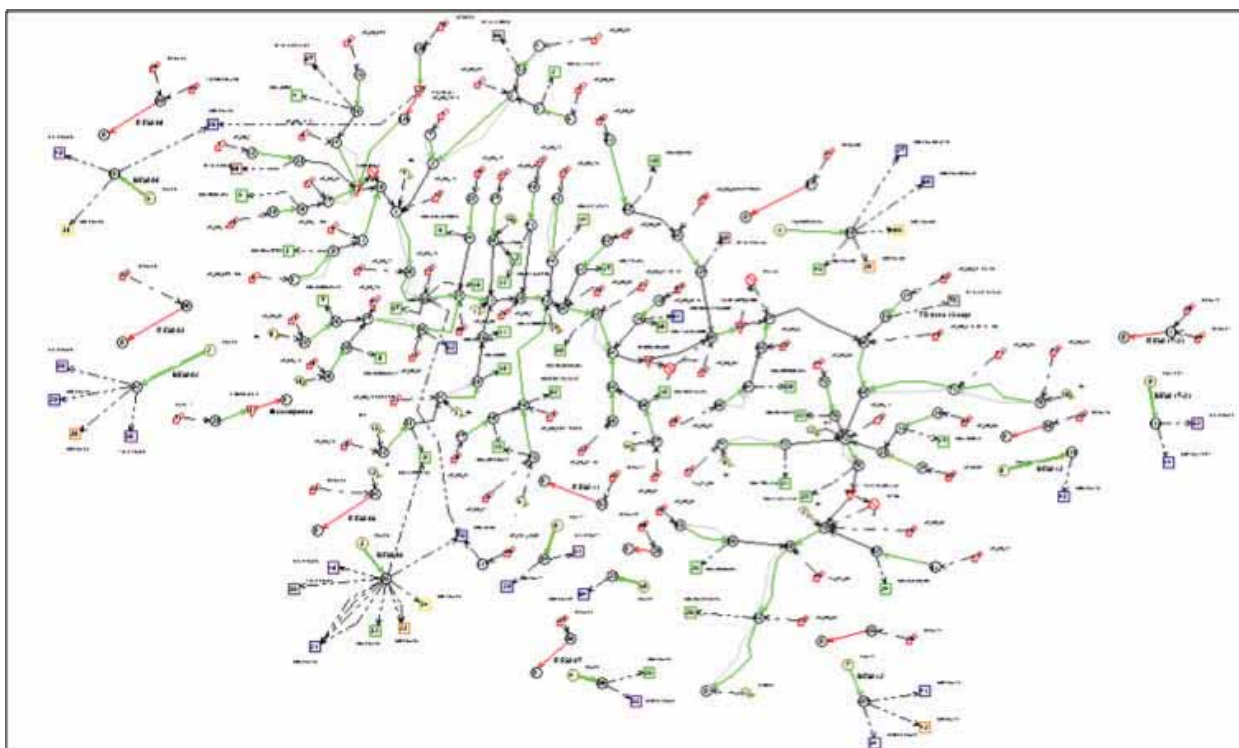


Para el análisis de la parte superficial del SE Lempa se emplea un modelo matemático de simulación, que representa sus elementos más significativos: los recursos, los acuíferos, las infraestructuras y conducciones, las demandas y los retornos. Se modelan en relación río - acuífero las ESA-03, ESA-06, ESA-07, ESA-08, ESA-09, ESA-11, ESA-12, ESA-13, ESA-17 y ESA-21, y la ESA-ND-LEM (se presenta de forma esquemática

en el Gráfico 27). Todas las MASub se modelan como acuíferos unicelulares en el modelo de gestión. La recarga promedio multianual considerada como input de entrada a las MASub indicadas asciende a 5180.4 MMC/año. (Apéndice 01 del Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras*).

**Gráfico 23.**

Esquema del modelo Simges del SE Lempa en situación actual



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Los balances del SE Lempa ponen de manifiesto que el valor del indicador de estrés (demanda bruta consuntiva / entradas por aportaciones superficiales y recargas) es inferior al valor 0.1 en situación actual y en el Escenario 1, por lo que se considera que el sistema no presenta estrés hídrico. En los escenarios futuros 2017 y 2022, el indicador asciende a 0.11 y 0.12 respectivamente, lo que indica una situación de estrés bajo.

El déficit hídrico evidenciado corresponde solo a la falta de suministro superficial de las UDA que se encuentran ubicadas en cuencas que no cuentan con posibilidad de almacenamiento y regulación del

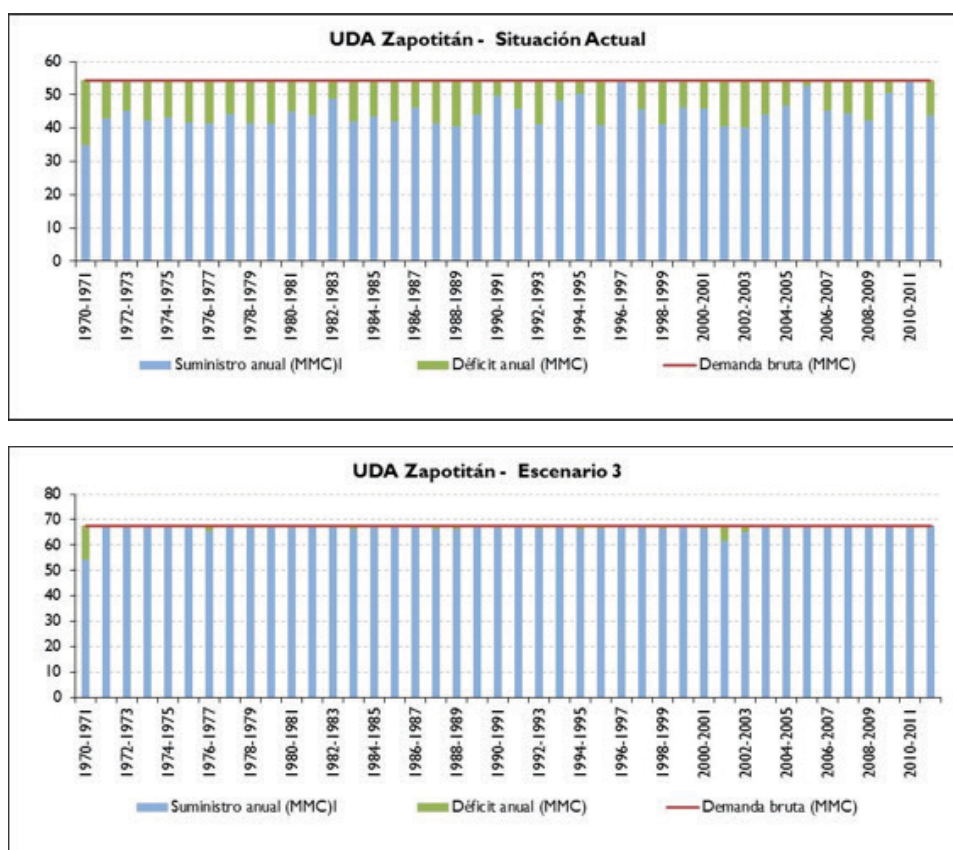
recurso: en 3 UDA (de 33): UDA - Suquiapa - 02, UDA - Zapotitán y UDA - SanSimón se presenta fallo en el cumplimiento de las garantías en situación actual, lo que supone un 22.3 % de la demanda bruta (DB) del sector agropecuario. Por otro lado, tres de los ocho tramos seleccionados para la implantación de caudales ecológicos (I - 01 - Cimarrón, I - 09 - Metayate y I - 14 - Torola) presentan problemas en el cumplimiento de las garantías, con un déficit de 26.9 MMC/año siendo la demanda ambiental requerida para estos tres tramos de 779.7 MMC/año. En el caso del tramo I - 01 - Cimarrón el incumplimiento de la garantía ambiental cesa en el Escenario 3, al entrar en funcionamiento el futuro embalse Cimarrón. El déficit

hídrico disminuye en los escenarios futuros con el cambio de cultivos en dos de los DR hacia cultivos con un menor requerimiento de agua, y debido al aumento de los retornos de agua superficial como consecuencia del aumento de las demandas que captan recursos subterráneos.

Las UDA en las que persisten los fallos en el Escenario 3 son: Angue, Metayate y San Simón. En cuanto a la demanda ambiental, los déficits hídricos

disminuyen notablemente en el Escenario 3 (2022) por la entrada en funcionamiento del embalse Cimarrón, que permite asegurar el mantenimiento del caudal ambiental aguas abajo del embalse. La demanda ambiental I -14 - Torola se mantiene en fallo en los restantes escenarios, mientras que la demanda ambiental I - 09 - Metayate deja de fallar en el Escenario 3 pero vuelve a fallar en el Escenario 4 debido al incumplimiento del criterio temporal.

Gráfico 24.  
SE Lempa UDA Zapotitán. Suministro y déficit en situación actual y Escenario 3



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

En cuanto al componente subterráneo, debido al interés estratégico de la ESA-06 que presenta en el ámbito territorial del SE Lempa, requiere de los mayores esfuerzos de seguimiento, protección y gestión para tratar de seguir atendiendo la demanda subterránea actual y futura sin degradar la masa. Asimismo, se debe reducir el estrés hídrico de la masa ESA-09 (su estado cuantitativo se

encuentra próximo a considerarse en riesgo de sobreexplotación, con un índice de explotación cercano a 0.8). En cuanto a la ESA-ND-LEM que presenta volúmenes de extracciones significativos, se recomienda la realización de estudios hidrogeológicos complementarios que permitan caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico no descritas en la bibliografía consultada.



Se asigna al SE Lempa 360.92 MMC/año para la satisfacción de las demandas de abastecimiento, de ellos el 22 % son recursos superficiales propios del SE (80.08 MMC/año), 76 % recursos subterráneos propios (275.20 MMC/año), y 5.64 MMC/año (2 %) recursos superficiales externos procedentes del SE Jiboa - Estero de Jaltepeque. Adicionalmente, se propone una reserva de 76.35 MMC/año de recursos superficiales del río Lempa. Se mantienen los recursos externos procedentes del río Cuaya, por lo que no se establecen reservas adicionales; y se propone una reserva adicional de 61.51 MMC/año del lago de Ilopango, recursos externos pertenecientes al SE Jiboa - Estero de Jaltepeque. Todo ello permite reducir en 80.81 MMC/año los recursos subterráneos necesarios de la ESA-06. Adicionalmente se establecen reservas de 1.01 MMC/año de origen superficial para el abastecimiento a los municipios de Chalatenango y San Pablo Tacachico; de origen subterráneo correspondientes a otras MASub se establece una reserva adicional de 34.34 MMC/año con destino al abastecimiento del resto de municipios del SE.

La asignación de caudales ecológicos coincide con los caudales mínimos implantados, excepto en el caso de los tramos Metayate, Cimarrón y Torola, que permanecen sin asignación. Para los tramos de Metayate y Cimarrón se propone una reserva que sí coincide con los caudales mínimos implantados.

El volumen asignado al conjunto de las UDA y UDAC es de 237.37 MMC/año, solo 10.53 MMC/año son de origen subterráneo. No se efectúan asignaciones de recursos a las UDA: Nunuapa - 01, Suquiapa - 02, Zapotitán, Metayate y San Simón, lo que supone una demanda bruta de 68.11 MMC/año. Para este mismo uso se propone una reserva de 148.27 MMC/año, en su totalidad de recursos superficiales.

El volumen asignado al conjunto de las UDE consuntivas es de 158.23 MMC/año, procedentes exclusivamente de recursos subterráneos; se propone una reserva para este uso de 3.98 MMC/año, que corresponden a recursos subterráneos adicionales a los ya asignados para atender la demanda de la nueva Planta de Cogeneración Industrial prevista en el municipio de San Juan Opico.

El volumen asignado a las UDI es de 61.40 MMC/año, exclusivamente de recursos subterráneos. Para este uso se propone una reserva de 2.58 MMC/año, que corresponden a recursos subterráneos adicionales a los ya asignados.

Las actuaciones que condicionan las reservas en el horizonte 2022, previstas por las Administraciones, son las citadas a continuación:

- El nuevo embalse El Cimarrón es un embalse multipropósito con fines de regulación y generación hidroeléctrica ubicado sobre el río Lempa, entre los municipios de Agua Caliente (Chalatenango) y Metapán (Santa Ana). Contará con una capacidad máxima de 650 MMC lo que aumentará la disponibilidad de recursos superficiales y la satisfacción de las demandas ambientales en el tramo alto del Lempa; mejorando las garantías de las DAP y DPA, facilitando la sustitución de los bombeos sobre la masa de agua ESA-06, y liberando sus recursos para otros posibles usos.
- El nuevo embalse El Chaparral se proyecta inicialmente como embalse para generación hidroeléctrica; ubicado sobre el río Torola, municipios de San Luis de la Reina y Carolina, y posee una capacidad de almacenamiento de 190.1 MMC/año; supondrá por tanto un aumento de la disponibilidad de recursos superficiales.
- En el horizonte a medio plazo (2022) está previsto que la planta de Las Pavas pase a potabilizar 4.8 m<sup>3</sup>/s derivados del futuro embalse multipropósito El Cimarrón, en lugar de los actuales 2.4 m<sup>3</sup>/s captados en la toma del Lempa. Con ello se facilita el destino de los recursos superficiales adicionales para futura satisfacción del abastecimiento del AMSS.
- Además se prevé la infraestructura necesaria para trasvasar y potabilizar el incremento de volumen procedente del lago de Ilopango que pasa de 1.56 a 63.07 MMC anuales.
- Debe atenderse la infraestructura necesaria para la puesta en marcha de la ZR Nueva Concepción, departamento de Chalatenango, que supone la expansión del DR Atiococho Norte, con una

nueva área bajo riego ubicada al norte del distrito existente. El desarrollo de este proyecto dependerá de la construcción de la presa Cimarrón y aprovechará un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s (información proporcionada por CEL, Coordinación técnica / Unidad ambiental) suministrado por un canal de derivación. Con este recurso adicional se espera regar unas 1600 ha adicionales a la superficie existente en esta zona.

- Además se tiene en cuenta la ejecución de la nueva Central de biomasa en San Juan Opico, prevista para 2017, y que supone un aumento en la demanda para el uso energético consuntivo.

Adicionalmente, condicionan las reservas las actuaciones propuestas en el PAG a ser implementadas en el horizonte 2022:

- Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo para parcelas de caña de azúcar en la UDA - Suquiapa - 02.

De no llevarse a cabo estas actuaciones (previstas y propuestas), las reservas indicadas serán susceptibles de actualización, de acuerdo a la realidad del país, así como en futuros ciclos de planificación.

#### 6.4.2. SE Paz

El SE Paz se encuentra localizado en la zona occidental del país, fronteriza con Guatemala, limitando entre el océano Pacífico y el extremo oeste de la sierra Apaneca - Iamatepec. Ocupa el extremo norte del departamento de Ahuachapán y se extiende mínimamente por el departamento de Santa Ana en el extremo sur. Ocupa una extensión aproximada en el territorio nacional de 895 km<sup>2</sup>, siendo la extensión total de la RH de 2165 km<sup>2</sup> entre El Salvador y Guatemala.

La evaluación de recursos contempla un total de 35 subcuencas que permiten modelar las tres cuencas principales: ríos Pampe y Agua Caliente que confluyen

en la cabecera de la cuenca y dan lugar al río Paz. Existe además una pequeña cuenca litoral junto a la desembocadura.

En el SE Paz se delimitan dos MASub que ocupan el 88.32 % del subsuelo del sistema: la ESA-01, ubicada en la zona costera y compartida con la RH Cara Sucia - San Pedro, y la ESA-03 que ocupa el subsuelo de la cabecera de la cuenca en el territorio de El Salvador, y es compartida con la RH Lempa. El resto del subsuelo, tanto en territorio nacional como transfronterizo, es clasificado como ESA-ND-PAZ.

Se definen tres UDP de once municipios. Los núcleos poblacionales más significativos corresponden a los municipios de Ahuachapán, Chalchuapa, Candelaria de la Frontera y Concepción de Ataco. El suministro a las UDP se realiza en todos los casos mediante captaciones de agua subterránea de la MASub ESA-03.

Por tratarse de una cuenca binacional se considera la demanda transfronteriza correspondiente a la cuenca ubicada en Guatemala que asciende a 27.6 MMC/año en situación actual; esta es agrupada en tres unidades de demanda.

Se consideran en situación actual tres UDA, teniendo en cuenta las bocatomas de regantes individuales y colectivos, que captan recursos superficiales procedentes de la cuenca del río Agua Caliente (en un 78 %) y de la MASub ESA-03. En el horizonte futuro se prevé la construcción de una nueva zona de riego en el municipio de El Porvenir, para la producción de arroz, que utilizará las aguas subterráneas de la MASub ESA-03.

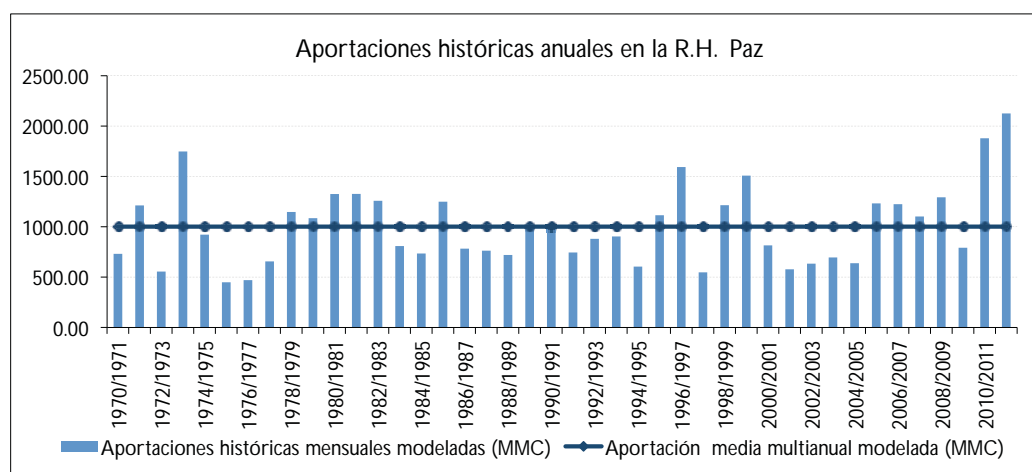
Las demandas industriales en el modelo del SE Paz se agrupan en cinco UDI abastecidas con agua subterránea. Las aportaciones totales en régimen natural, según promedio de la Serie Histórica, se estima en 1001 MMC/año.





Gráfico 25.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Paz  
(incluye componente transfronteriza)



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la adecuada modelación de las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas en el SE Paz se modelan como acuíferos de tipo unicelular las MASub ESA-01 y ESA-03, además de la ESA-ND-PAZ. La recarga promedio multianual de entrada a las MASub se estima en 343.7 MMC/año en situación actual. (Apéndice 01 del Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras*)

Los balances del SE manifiestan que el valor del indicador de estrés es inferior a 0.1, no presenta estrés hídrico. En los tres escenarios futuros simulados, este valor asciende a 0.12, situándose dentro del rango de estrés bajo.

El déficit hídrico evidenciado (inferior al 2 % de la DB anual) corresponde a la falta de suministro superficial de UDA en la cuenca alta del río Agua Caliente. En ésta solo la UDA Caliente - 02 resulta en fallo del criterio de garantía en consideración a la superficie potencial de riego, muy superior a la registrada bajo riego. La determinación del fallo de esta UDA queda supeditada a la elaboración de los estudios correspondientes definidos en el marco del PAG.

En cuanto al componente subterráneo, debido a su mayor ocupación en el sistema, la ESA-03 resulta ser la MASub que más influencia presenta en la

hidrología subterránea del mismo, para satisfacer su demanda hídrica de origen subterráneo, que se proyecta aumenta a casi el doble de la demanda actual subterránea, a partir del Escenario 2. Por tanto, esta masa requiere de los mayores esfuerzos de seguimiento, protección y gestión para seguir atendiendo la demanda subterránea actual y futura, sin degradar la masa.

Se asignan, en el SE Paz, 26.3 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de las demandas de abastecimiento. Adicionalmente, se propone una reserva de 7.02 MMC/año de recursos de origen subterráneo para este uso.

Para las UDA se realiza una asignación de 6.47 MMC/año, 3.67 MMC/año de origen superficial y 2.80 MMC/año de origen subterráneo. Para la nueva zona de riego El Porvenir se propone una reserva de 25.07 MMC/año de recursos subterráneos de la MASub ESA 03.

El volumen asignado al conjunto de las UDI es de 0.74 MMC/año, exclusivamente de origen subterráneo, se propone una reserva adicional de 0.03 MMC/año para este uso.

La actuación que condiciona las reservas de la demanda agropecuaria en el horizonte 2022, prevista



por las diferentes Administraciones se concentra en: la infraestructura necesaria para la puesta en marcha de la ZR El Porvenir, en el departamento de Santa Ana (2017). El proyecto aprovechará recursos subterráneos para el riego de una superficie de 800 ha aproximadamente; este está siendo promovido por el MAG y KOICA.

El PAG no propone actuaciones estructurales para este SE porque queda fuera del ámbito de actuación de las ZP. En futuros ciclos de planificación las reservas serán susceptibles de modificación y/o actualización.

### 6.4.3. SE Cara Sucia - San Pedro

El sistema de explotación Cara Sucia - San Pedro se encuentra localizado en la zona occidental del país, limitado entre el océano Pacífico y la sierra Apaneca - Ilamatepec. Ocupa el extremo sur del departamento de Ahuachapán y se extiende mínimamente por el departamento de Sonsonate, por el extremo oeste. Este SE tiene una superficie de aproximadamente 768.7 km<sup>2</sup>. Allí se encuentran las cuencas de los ríos principales Canal Barra de Santiago, El Rosario, Metalío, Suncita y San Pedro (indicados de este a oeste) y la pequeña cuenca litoral del cañón San Juan.

Para la evaluación de recursos se contempla un total de 15 subcuencas que permiten modelar las cuencas de los ríos principales.

La principal MASub presente en el SE Cara Sucia - San Pedro es la ESA-01, la cual se encuentra compartida con los SE Paz y Grande de Sonsonate - Banderas. Se modela también la ESA-02, con un porcentaje de ocupación prácticamente despreciable. El resto del subsuelo del sistema, que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se denomina ESA-ND-CSSP y supone el 77 % del subsuelo del sistema de explotación.

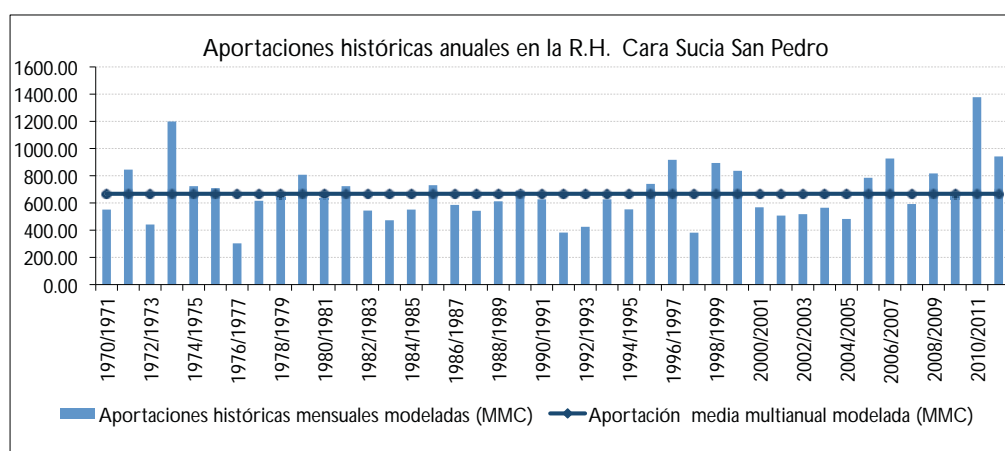
Se definen dos UDP de seis municipios, las cuales se abastecen de aguas subterráneas de las ESA-01 (el 85 %) y la ESA-ND-CSSP (el 15 %). En el SE Cara Sucia - San Pedro se selecciona un tramo en el río El Naranjo para la implantación de caudales ecológicos.

Se consideran en situación actual 12 UDA, teniendo en cuenta las bocatomas de regantes individuales y colectivos, que captan recursos superficiales de los ríos Aguachapío, Guayapa, el Naranjo, el Rosario, Metalío, Suncita y San Pedro. En menor proporción captaciones de manantial o de pozo de aguas procedentes de la ESA-01.

Las demandas industriales se agrupan en tres UDI abastecidas con agua subterránea; y las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 667.5 MMC/año.

Gráfico 26.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Cara Sucia - San Pedro



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



En el SE Cara Sucia - San Pedro se modelan las MASub ESA 01 y ESA-02, además de la ESA-ND-CSSP, para definir la relación río - acuífero establecida de acuerdo a los modelos de funcionamiento hidrogeológico. La recarga promedio multianual de entrada a las MASub modeladas supone 509.3 MMC/año en situación actual.

Los balances realizados para el SE manifiestan que el valor del indicador de estrés es de 0.2, estrés hídrico medio (valores comprendidos entre 0.2 y 0.4), sin que las proyecciones previstas a futuro demuestren un impacto significativo en el sistema.

Únicamente la UDA El Naranjo - 01 no cumple los criterios de garantía impuestos. La demanda ambiental implantada en dicho tramo, sin embargo, si cumple con estos. El déficit que se genera en esta UDA aumenta con la implantación del tramo de caudal ecológico, de un 5.5 % a un 10 % de la DB total anual, como promedio multianual. La determinación del fallo queda supeditada a la elaboración de los estudios correspondientes definidos en el marco del PAG.

Respecto al componente subterráneo, debido al interés hidrogeológico que la ESA-01 presenta en el SE Cara Sucia - San Pedro, se requiere de mayores esfuerzos de seguimiento, protección y gestión para tratar de atender la demanda subterránea actual y futura sin degradar la masa. En cuanto al resto del subsuelo clasificado como ESA-ND-CSSP se contabilizan volúmenes de extracción anual relativamente importantes; se recomienda estudios hidrogeológicos complementarios que permitan caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico que no están descritas dentro de esta área.

Se asignan al SE Cara Sucia - San Pedro 14.26 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de las demandas de abastecimiento; y se propone una reserva de 3.15 MMC/año de recursos de origen subterráneo para este uso.

La asignación de caudal ecológico coincide con el caudal mínimo implantado en El Naranjo. No se proponen reservas de recursos superficiales adicionales a las asignaciones para la sostenibilidad de

ecosistemas, al no tener prevista la implantación de nuevos tramos de caudal ecológico en el horizonte 2022 en este SE.

Para las UDA se asignan 107.60 MMC/año, 106.64 MMC/año de origen superficial y 0.96 MMC/año subterráneo. No se proponen reservas de recursos adicionales a los establecidos, quedando pendientes para estudios definidos en el marco del PAG y a la determinación del fallo de la UDA - El Naranjo - 01.

El volumen asignado al conjunto de las UDI es de 0.03 MMC/año de origen subterráneo, proponiendo una reserva adicional de 0.02 MMC/año.

En el caso del SE Cara Sucia - San Pedro, ni las Administraciones ni el PAG proponen actuaciones que condicionen las reservas en el presente ciclo de planificación. No obstante, en futuros ciclos de planificación las reservas serán susceptibles de modificación y/o actualización.

#### **6.4.4. SE Grande de Sonsonate - Banderas**

El SE Grande de Sonsonate - Banderas localizado en la zona occidental del país, limitado entre el océano Pacífico y la sierra Apaneca - Ixmiquilpan; ocupa parcialmente el departamento de Sonsonate y se extiende mínimamente por los departamentos de Ahuachapán y de Santa Ana. Su superficie total es de aproximadamente 770 km<sup>2</sup>. Incluyendo las cuencas de los ríos principales Grande de Sonsonate o Sensunapán y Banderas, y las cuencas litorales de ríos menores como el Chimalapa, Domínguez, Huiscóyol, Las Marias y El Venado (indicados de este a oeste).

Este sistema destaca por su alta vocación agrícola y ganadera, y la mayor superficie regada del país. Para la evaluación de recursos se contempla un total de 22 subcuencas que permiten modelar las cuencas de los ríos principales.

Los límites del SE son prácticamente coincidentes con los límites de la MASub ESA-02. Otras MASub como la ESA-01, ESA-03 y ESA-06 aparecen en este

sistema aunque sin intervención apreciable en el funcionamiento del mismo; el 21 % del subsuelo del sistema se define como ESA-ND-SB.

Se definen tres UDP de once municipios, los cuales se abastecen fundamentalmente de aguas subterráneas de la ESA-02. La ciudad de Sonsonate es el núcleo más grande tanto en tamaño como en población. También destacan los núcleos urbanos de Izalco y Nahuizalco, en la parte interior de la región, y la ciudad y puerto de Acajutla, en la costa.

Se propone un tramo del río Sensunapán, aguas abajo de la central hidroeléctrica de Cacumacayán, para la implantación de caudales ecológicos.

En situación actual, se consideran 25 UDA, teniendo en cuenta las bocatomas de regantes individuales y colectivos, algunos de ellos, desempeñando actividades piscícolas que captan recursos superficiales de los ríos Papaloate, Bebedero, Las Monjas, Cuyuapa y Sensunapán, en el caso de la cuenca del río Sensunapán; y de los ríos Ceniza, Tecuma, Chiquihuat, Tazula y Banderas en el caso de la cuenca del río Banderas. En menor proporción se encuentran captaciones de pozo de aguas procedentes de la ESA-02. En el horizonte futuro 2017 no se tiene previsto actuar sobre las infraestructuras existentes de regantes individuales y colectivos. Sin embargo, el PAG propone la modernización de regadíos y el uso

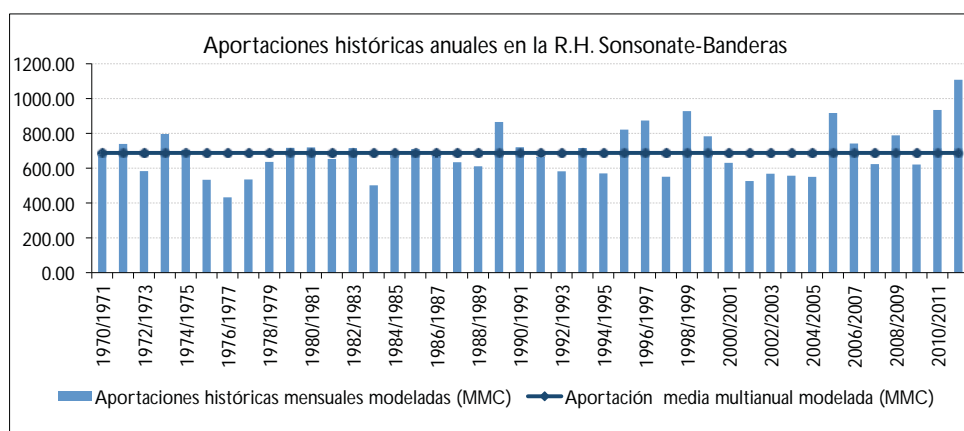
conjunto de aguas superficiales y subterráneas en la UDA Ceniza - 01.

El sector energético no consuntivo tiene una amplia presencia en este SE pues es uno de los sistemas con mayor potencial de generación hidroeléctrica a pequeña escala. Existen seis pequeñas centrales en el cauce del río Sensunapán, y dos centrales actualmente en construcción. El uso hidroeléctrico, al tratarse de un uso no consuntivo, no entra en conflicto con las demandas que dependen de los recursos superficiales del río Sensunapán a excepción de las demandas ambientales. Las demandas energéticas de uso consuntivo, agrupadas en dos UDE, correspondientes a la Central Térmica de Acajutla que capta recursos subterráneos de la ESA-ND-SB, y a la Central de Biomasa del ingenio azucarero Izalco, que capta recursos superficiales del río Ceniza. Como parte de las medidas del PAG, para la atención de esta UDE, se propone el bombeo de agua subterránea desde la ESA-02 al ingenio Izalco.

En el SE Grande de Sonsonate - Banderas se identifican cuatro UDI, una toma recursos superficiales del río Ceniza y las restantes de origen subterráneo. En situación actual se identifica una UDT de uso consuntivo en la zona costera del municipio de Acajutla abastecida con aguas subterráneas. Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 687.8 MMC/año.

**Gráfico 27.**

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71 - 2011/12 para la RH Grande de Sonsonate - Banderas



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



Para el análisis de la parte superficial del SE Grande de Sonsonate - Banderas se modelan la MASub ESA-02 y la ESA-ND-SB, estableciendo la relación entre las aguas subterráneas y los tramos de ríos de acuerdo a los modelos de funcionamiento hidrogeológico. La recarga promedio multianual, promedio de la Serie Histórica, considerada en la modelación asciende a 419.6 MMC/año.

Los balances del SE muestran el valor del indicador de estrés en 0.65, situación de estrés hídrico alto, ya que el 65 % de las entradas actuales al sistema procedentes del régimen natural son utilizadas para la satisfacción de las demandas consuntivas. Las proyecciones futuras no suponen un empeoramiento adicional al ya reflejado en situación actual. Este sistema tiene un mayor índice de aprovechamiento del recurso disponible en comparación con los restantes sistemas, y es el que mayores déficits presenta, debido a la falta de capacidad de almacenamiento y regulación, y a una mayor dependencia del recurso superficial frente al subterráneo.

El déficit hídrico corresponde solo a la falta de suministro superficial para cubrir las necesidades hídricas de las UDAC y UDA (UDA G - Sonsonate - 02 a 05, UDA Cuyuapa, UDA Ceniza - 01, UDA Tazula - 01, UDA Banderas - 01 y UDA - Banderas - 02) y del SE del Ingenio Azucarero Izalco, que pasa de no cumplir los criterios de garantía a cumplirlos a partir del Escenario 3, cuando se pone en marcha el bombeo desde la ESA-02, propuesta hecha en el PAG.

El déficit agrícola es del 4 % de su DB en situación actual y Escenario 1, y disminuye al 3 % en el Escenario 2, y al 2 % en los Escenarios 3 y 4. El tramo de caudal ecológico implementado desde el Escenario 1 cumple los criterios de garantía impuestos, a excepción de un fallo leve (inferior al 2 % de desviación) del criterio de garantía temporal mensual en el Escenario 4 para el mes de junio (en régimen de caudales altos).

En cuanto al componente subterráneo la ESA-02 requiere de seguimiento, protección y gestión en el SE Grande de Sonsonate - Banderas, para atender la demanda subterránea actual y futura (de la que se espera un ligero ascenso a partir del Escenario 2)

sin degradar la masa. De la ESA-ND-SB se extraen importantes volúmenes anuales de recursos subterráneos (sensiblemente mayores que de la ESA-02); se recomienda la realización de estudios hidrogeológicos complementarios que permitan la identificación de nuevas zonas de interés o de aquellas delimitadas en la actualidad.

Se asigna al SE Grande de Sonsonate - Banderas 31.76 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de las demandas de abastecimiento; y se propone una reserva de 4.47 MMC/año de recursos de origen subterráneo más.

La asignación de caudal ecológico coincide con el caudal mínimo implantado en el río Sensunapán. No se tiene previsto la implantación de nuevos tramos de caudal ecológico en el horizonte 2022 en este SE.

Para las UDA se asignan 192.87 MMC/año, 173.43 MMC/año de origen superficial y 19.44 MMC/año subterráneo; y una reserva para el conjunto de las UDA y acuícolas de 124.9 MMC/año de recursos superficiales y subterráneos.

El volumen asignado al conjunto de las UDE consuntivas es de 76.95 MMC/año de origen subterráneo. El suministro de origen superficial requerido por la UDE - Biomasa - Ceniza no es susceptible de ser asignado, por no cumplir las garantías en el suministro de esta demanda en situación actual. Se propone una reserva de 13.97 MMC/año de recursos subterráneos para dicha unidad de demanda energética.

El volumen asignado al conjunto de las UDI es de 1.32 MMC/año, 0.86 MMC/año de origen superficial y 0.46 MMC/año de origen subterráneo. Se propone una reserva de 0.05 MMC/año, que corresponden a 0.03 MMC/año superficiales y 0.02 MMC/año subterráneos, a los ya asignados.

Se establece una asignación de recursos para la unidad de demanda turística, UDT Acajutla, de 0.35 MMC/año subterráneo de la ESA-02 y una reserva de 0.09 MMC/año, en su totalidad de origen subterráneo de la ESA-02.

Las actuaciones que condicionan las reservas de las UDA y UDE en el horizonte 2022 son las propuestas en el marco del PAG, y se citan a continuación:

- Revestimiento de 245.9 ha (351.3 mzs) de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo rojo dentro de la UDA - Ceniza - 01.
- Sustitución de sistemas de riego por gravedad por goteo en las parcelas de hortalizas y árboles frutales. UDA - Ceniza - 01, 74.4 ha (106.3 mzs).
- Construcción de una captación de aguas subterráneas de al menos 2 pozos perforados totalmente penetrantes en la UDA - Ceniza - 01 con rendimientos esperados de 25 l/s y 100 m de profundidad de pozo (a partir de la información de pozos existentes en las proximidades, pero queda condicionada al estudio hidrológico de detalle), y una potencia instalada por bomba de 14 kw.

De no llevarse a cabo estas propuestas las reservas indicadas serán susceptibles de actualización.

#### 6.4.5 SE Mandinga - Comalapa

El SE Mandinga - Comalapa se encuentra localizado en la zona central, al sur de la capital del país. Comprende la agrupación de varias cuencas litorales limitadas por el océano Pacífico y el extremo oeste de la sierra La Libertad - San Salvador - San Vicente. Ocupa el extremo sur de los departamentos de La Libertad y San Salvador, y mínimamente el extremo este de Sonsonate y el extremo oeste de La Paz, con una extensión aproximada de 1302 km<sup>2</sup>. Incluye las cuencas de los ríos principales Comalapa, Huiza y Mandinga.

Para la evaluación de sus recursos se contempla un total de 23 subcuencas para modelar las cuencas de los ríos principales, además de otras pequeñas subcuencas costeras.

En el SE Mandinga - Comalapa se identifica la presencia de cuatro MASub: la ESA-02 compartida con el SE Grande de Sonsonate - Banderas; la ESA-06 con el SE Lempa; la ESA-07 con el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque y la ESA-04, la cual se encuentra en su totalidad dentro del sistema. El 83.3 % del subsuelo del SE no corresponde a ninguna de las MASub delimitadas, por lo que se constituye como la ESA-ND-MC.

Se definen 13 UDP de 17 municipios, abastecidas básicamente de aguas subterráneas, a excepción del municipio de La Libertad que capta aguas superficiales del río Chilama y aguas subterráneas de la ESA-07. Los principales núcleos urbanos son Zaragoza, puerto de La Libertad y la zona costera hacia San Blas.

Se propone un tramo, para evaluar la implantación de caudales ecológicos, ubicado en el río San Antonio, en una de las pequeñas cuencas litorales que conforman este sistema, con un criterio fundamentalmente de conservación.

Se consideran, en situación actual, cinco UDA teniendo en cuenta las bocatomas de regantes individuales y colectivos. Todas ellas se abastecen de aguas superficiales de los ríos principales Mandinga, Grande, Chilama y Comalapa. En los escenarios futuros no se prevé el incremento de la demanda agropecuaria. En cuanto a las demandas industriales se agrupan en cuatro UDI y son abastecidas de recursos subterráneos. Así mismo, se identifica una unidad de demanda turística de uso consuntivo en la zona costera entre los municipios de La Libertad y Tamanique, abastecida con aguas subterráneas.

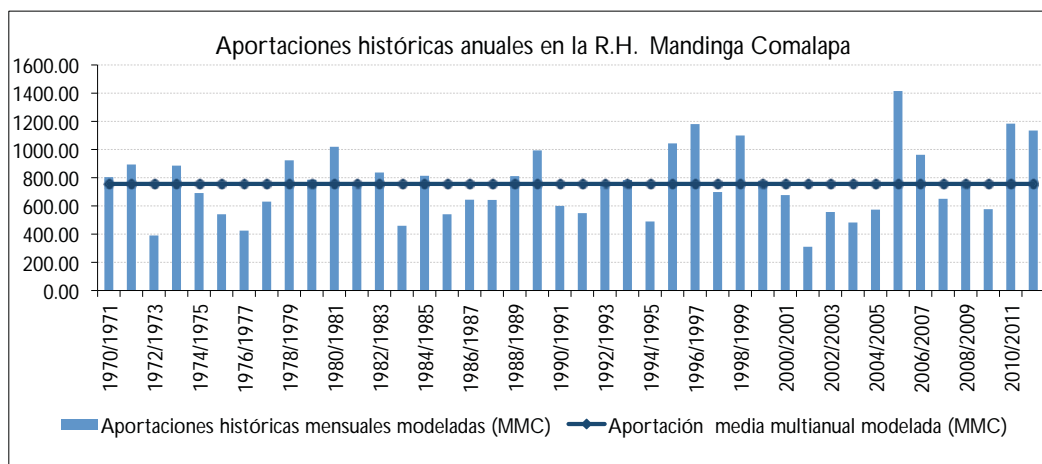
Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 755.9 MMC/año.





Gráfico 28.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Mandinga - Comalapa



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

En la modelación del componente subterráneo y la relación río-acuífero en el SE Mandinga - Comalapa se consideran las MASub ESA-02, ESA-04, ESA-06, ESA-07 y ESA-ND-MC. La recarga promedio multianual de entrada a las MASub tiene un valor de 195 MMC/año.

Los balances realizados para este SE manifiestan que el valor del indicador de estrés es de 0.05, el sistema no presenta estrés hídrico.

De los sectores de uso consuntivo, el uso agrícola es el único en el que se identifican déficits hídricos en ciertas UDA por falta de disponibilidad de recursos superficiales. Al tratarse de una zona no prioritaria, las medidas correspondientes serán formuladas en el próximo ciclo de planificación. El tramo de caudal ecológico implantado en el río San Antonio tiene fallo en el cumplimiento de garantías en los Escenarios 2, 3 y 4.

Respecto al componente subterráneo, la ESA-04 requiere de mayores esfuerzos de seguimiento, protección y gestión para atender la demanda subterránea actual y futura, y mejorar su estado cuantitativo. Esta MASub se encuentra sobreexplotada, con un índice de explotación próximo a 1.

Dado que en la ESA-ND-MC se extraen importantes volúmenes de recursos hídricos subterráneos para cubrir una parte de las demandas del sistema de explotación, se recomienda realizar estudios hidrogeológicos complementarios para caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico que no están descritas en la bibliografía consultada.

Se asigna al SE Mandinga - Comalapa 25.92 MMC/año de recursos, 1.90 MMC/año superficiales y 24.02 MMC/año subterráneos, para la satisfacción de las demandas de abastecimiento; y Se propone una reserva de 3.95 MMC/año de recursos subterráneos y 2.79 MMC/año superficiales.

La asignación de caudal ecológico coincide con el caudal mínimo implantado en el río San Antonio. No se proponen reservas de recursos superficiales adicionales a las asignaciones realizadas para la sostenibilidad de ecosistemas, al no tener previsto la implantación de nuevos tramos de caudal ecológico en el horizonte 2022 en este SE.

El volumen asignado al conjunto de las UDA y UDAC es de 4.57 MMC/año, 3.07 MMC/año superficial y 1.5 MMC/año subterráneo. No se proponen reservas de recursos adicionales para este uso.

El volumen establecido para el conjunto de las UDI es de 0.29 MMC/año, exclusivamente de origen subterráneo, proponiendo una reserva adicional de 0.02 MMC/año. Para la UDT se estipula un volumen de 0.12 MMC/año, de origen subterráneos de la ESA-ND-MC, y se propone una reserva de una 0.04 MMC/año, procedentes en su totalidad de origen subterráneo.

En el caso del SE Mandinga - Comalapa, ni las Administraciones ni el PAG, se hace alguna asignación adicional pues queda fuera del ámbito de actuación de las ZP.

#### 6.4.6. SE Jiboa - Estero de Jaltepeque

El SE Jiboa - Estero de Jaltepeque se encuentra localizado en la zona paracentral del país, limitado por el océano Pacífico y el extremo este de la sierra La Libertad - San Salvador - San Vicente. Ocupa casi la totalidad del departamento de La Paz y parcialmente los departamentos de San Salvador, Cuscatlán y San Vicente. Su superficie total es de 1634 Km<sup>2</sup>. Comprende las cuencas de los ríos principales Jiboa y Estero de Jaltepeque en el cual desembocan los afluentes: Cañón La Empalizada, río Sapuyo, río Acomunca (indicados de este a oeste). Los principales afluentes del río Jiboa son el río El Chaguíte, río El Desagüe y río Sepaquiapa.

Para la evaluación de recursos la RH se divide en 23 subcuencas, seis en la cuenca del Jiboa y 17 en la cuenca del Estero de Jaltepeque, y se modela el lago de Ilopango.

La principal MASub presente en el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque es la ESA-07, que se comparte con SE Mandinga - Comalapa y SE Lempa; menor ocupación presenta la MASub ESA-06, compartida con estos

misimos sistemas. El resto del subsuelo, que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se denomina ESA-ND-JIB-JAL y supone el 43 % del subsuelo del sistema de explotación.

Se definen ocho UDP de 28 municipios abastecidos por aguas subterráneas de la ESA-07 (54 %) y la ESA-ND-JIB-JAL (46 %). Además, desde el río Cuaya y el lago de Ilopango se realiza una transferencia de recursos al SE Lempa para uso poblacional en el ÁMSS en un volumen de 4.09 MMC/año en situación actual.

Se define un tramo de implantación de caudal ecológico en el río Acomunca (Qeco - II -11 - Acomunca), modelado como una demanda ambiental de uso no consuntivo.

En situación actual, se consideran 12 UDA, dos de origen superficial en la cuenca del río Jiboa (5 % de la demanda agropecuaria), ocho de origen superficial en la cuenca del Estero de Jaltepeque (88 %), con dos destinadas también al uso acuícola, y dos UDA que captan recursos de origen subterráneo fundamentalmente de la ESA-07 (6 %).

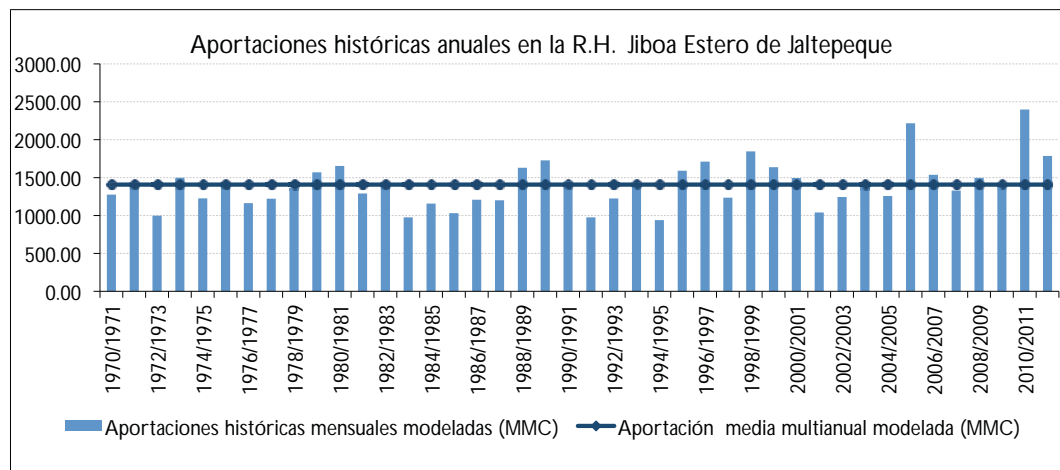
Se define una UDE de uso consuntivo para las centrales térmicas y de biomasa previstas en los horizontes futuros a corto y medio plazo, que dependerá de recursos subterráneos de la ESA-07; en situación actual no hay demanda de recursos hídricos en este sistema.

Las demandas industriales se agrupan en tres UDI, abastecidas con recursos subterráneos de la ESA-06 y ESA-07. En cuanto a la demanda del sector turístico se conforma una UDT abastecida con recursos subterráneos de la ESA-07. Por último, las aportaciones totales en régimen natural, de la Serie Histórica, se estiman en 1407.16 MMC/año.



Gráfico 29.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Jiboa - Estero de Jaltepeque



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la definición de la parte subterránea se modelan las MASub ESA-06, ESA-07 y la ESA-ND-JIB-JAL. Entre ellas suman un volumen de recarga promedio multianual de 458.3 MMC/año.

Los balances realizados para el SE manifiestan que el valor del indicador de estrés es de 0.18, bajo estrés hídrico, pasando a una situación de estrés hídrico medio (0.23) en el horizonte futuro 2022.

Se evidencian déficits hídricos en el sector agropecuario, en las UDA dependientes de recursos superficiales en previsión del riego de la superficie potencial; todas están en situación de fallo a excepción de la UDA El Espino - 01 en donde la superficie regada y la potencial bajo riego coinciden. La demanda ambiental cumple el criterio de garantía.

La componente subterránea, la MASub ESA-06 compartida con el SE Lempa y SE Mandinga - Comalapa presenta un estado de estrés hídrico considerable en situación actual (con un índice de explotación de la MASub superior a 0.5, pero debajo del límite superior 0.8). Se recomienda la realización de estudios hidrogeológicos complementarios que permitan caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico en la zona del subsuelo actualmente clasificado como ESA-ND-JIB-JAL.

En el SE Grande de San Miguel se asignan 40.63 MMC/año de recursos subterráneos para el abastecimiento: 86 % de las demandas son de origen subterráneo, el 10 % provienen del río Cuaya y el 4 % del lago de Ilopango, destinadas ambas al AMSS. Se propone una reserva de 7.38 MMC/año de recursos de origen subterráneo con destino al abastecimiento de los municipios del SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, y 61.56 MMC/año de recursos de origen superficial destinados al AMSS en el SE Lempa.

En cuanto al uso para la sostenibilidad de los ecosistemas, la asignación de recursos para el caudal ecológico en el río Acomunca en el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque coincide con el caudal mínimo implantado. No se proponen reservas superficiales adicionales a las asignaciones hechas por no tener prevista la implantación de nuevos tramos de caudal ecológico en el horizonte 2022.

Para las demandas agropecuarias y acuícolas se asigna 25.71 MMC/año, 44 % de origen superficial y 54 % subterráneo de la ESA-07, más 2 % de la ESA-ND-JIB-JAL. Para el horizonte 2022, no se proponen reservas adicionales. Para la demanda energética no se realizan asignaciones de recursos; sin embargo se prevé una reserva de recursos subterráneos de la ESA-07 de 0.22 MMC/año, para atender la demanda de la nueva Central Térmica Green Energy. (Demanda no incluida en el PAG).

El volumen del conjunto de las UDI es de 4.86 MMC/año de origen subterráneo, con el 49 % procedente de la ESA-ND-JIB-JAL, el 32 % de la ESA-06 y el 19 % de la ESA-07. Reservas adicionales de 0.18 MMC/año en el horizonte 2022. En cuanto al sector turístico se asignan 0.02 MMC/año de aguas subterráneas procedentes de la ESA-07.

La actuación prevista que condiciona las reservas de la demanda agropecuaria en el horizonte 2022 es solo la ejecución de la nueva Central Térmica Green Energy en el municipio de Santiago Nonualco en el año 2017. Por su lado, el PAG no contempla actuaciones estructurales para el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, por lo que las reservas serán susceptibles de ser modificadas y/o actualizadas.

#### 6.4.7. SE Bahía de Jiquilisco

El SE Bahía de Jiquilisco se encuentra en la zona oriental del país entre el océano Pacífico, y el borde Sur de la sierra de Tecapa - Chinameca, ubicado en el departamento de Usulután en el extremo sur costero. Su superficie total es de 917 Km<sup>2</sup>. Comprende las cuencas principales de la Bahía de Jiquilisco, el estero el Bajón y el estero El Espino.

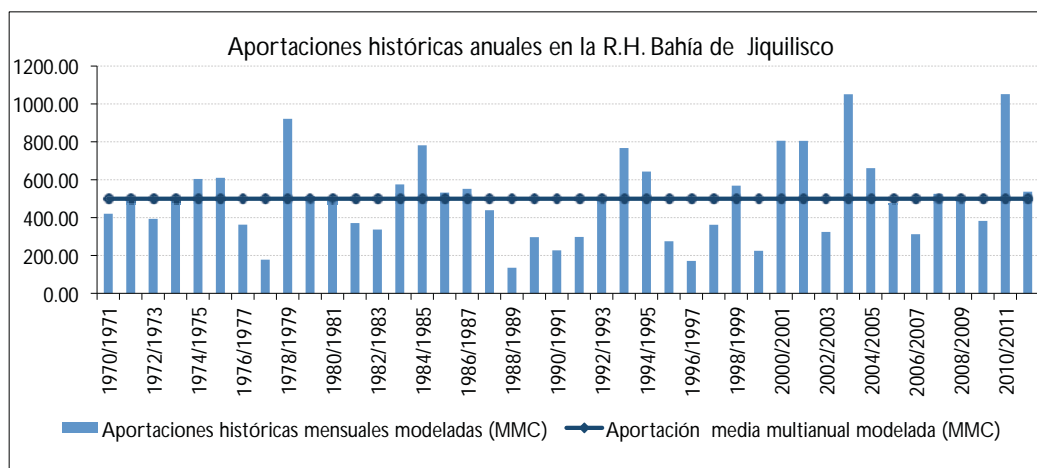
Para la evaluación de recursos la RH se dividen en un total de 15 subcuencas. La principal MASub es la ESA-12 compartida con el SE Grande de San Miguel. El resto del subsuelo que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se denomina ESA-ND-JIQ y supone el 15 % del subsuelo del sistema de explotación.

Se definen seis UDP de nueve municipios, los cuales se abastecen de aguas subterráneas de la ESA-12; y considerado en situación actual cinco UDA, de las cuales solo una capta recursos subterráneos de la ESA-12 y representa el 82 % de la demanda agropecuaria del sistema.

Las demandas industriales son dos UDI abastecidas con recursos subterráneos de la ESA-12 (20 %) y la ESA-ND-SMI (80 %). El sector turístico actualmente no presenta ninguna unidad de demanda, y en los escenarios futuros una UDT (0.15 MMC/año en 2017 y 0.36 MMC/año en 2022). Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 499.20 MMC/año.

Gráfico 30.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Bahía de Jiquilisco



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la definición de la parte subterránea se modelan las MASub ESA-12 y la ESA-ND-JIQ, que entre ellas hacen un volumen de recarga promedio multianual

de 112.9 MMC/año. Para mayor información consultar el Apéndice 01 del Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para demandas de aguas actuales y futuras,*



tanto en situación actual como en los demás escenarios.

Los balances realizados para el SE manifiestan que el valor del indicador de estrés es de 0.11, estrés bajo, tanto en situación actual como futura.

No se evidencia la existencia de unidades de demanda deficitarias significativas en ninguna de sus tipologías - agrícola, poblacional o industrial - y cumplen los criterios de garantía de aplicación, tanto en la situación actual como en los escenarios propuestos.

Su explotación se concentra sobre el recurso subterráneo, evidenciando el deterioro cuantitativo de la ESA-12 compartida con el SE Grande de San Miguel; se recomiendan altos esfuerzos de seguimiento, protección y gestión en esta masa de agua.

Para el SE bahía de Jiquilisco se asignan 20.83 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de las demandas de abastecimiento, y una reserva de 2.61 MMC/año de recursos subterráneos en el horizonte 2022.

Para las demandas agropecuarias se asigna 31.22 MMC/año, el 87 % son de origen subterráneo de la ESA-12. Para el horizonte 2022 no se proponen reservas adicionales.

El volumen para el conjunto de las UDI es de 1.28 MMC/año, de origen subterráneo, con 80 % procedente de la ESA-ND-JIQ, se reservan 0.05 MMC/año para el horizonte 2022. Para el sector turístico se asignan 0.36 MMC/año de aguas subterráneas procedentes de la ESA-12 en el horizonte 2022.

En el caso del SE Bahía de Jiquilisco ni las Administraciones ni el PAG prevén actuaciones que condicionen las reservas; por lo que estas son susceptibles de modificación y/o actualización en futuros ciclos de Planificación.

#### 6.4.8. SE Grande de San Miguel

El SE Grande de San Miguel se encuentra localizado en la zona oriental del país, entre el océano Pacífico,

pasando por la sierra de Tecapa - Chinameca y la sierra Cacahuatique - Corobán. Ocupa la mayor parte del departamento de San Miguel y parte de los departamentos de Usulután y Morazán. La superficie total de este sistema es 2397 Km<sup>2</sup>.

La red hidrográfica comprende la cuenca del río principal Grande de San Miguel, el cual se forma de la confluencia de los ríos Las Cañas y Guayabal. En la parte media de la cuenca recibe los afluentes Taisihuat, Papalón y Miraflores por su margen izquierda, y San Esteban y El Jute, por su margen derecha. En la cuenca baja se incorpora, por la izquierda el río Desagüe de la laguna de Olomega, que recibe a su vez las aguas de los ríos San Antonio y Huiscoyol, y en la derecha la laguna El Jocotal, además de un diseminado de pequeñas formaciones lagunares en torno al cauce presentes hasta su desembocadura. Por último, antes de su salida al mar, recibe los aportes, por su margen derecha, de las pequeñas cuencas de los ríos Méndez, Ereguayquín y El Zope.

Para la evaluación de recursos, la RH se ha dividido en 40 subcuencas; y modelado las lagunas de Olomega y Jocotal como dos elementos tipo embalse. La principal MASub presente en el SE Grande de San Miguel es la ESA-12, compartida con el SE Bahía de Jiquilisco y mínimamente con el SE Sirama. La ESA-15 y ESA-16 están ubicadas en su totalidad dentro de este sistema. El resto del subsuelo, que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se denomina ESA-ND-SMI y supone el 53 % del subsuelo de explotación.

Se definen nueve UDP de 26 municipios, los cuales se abastecen de aguas subterráneas de la ESA-12 (78 %), ESA-16 (1 %) y la ESA-ND-SMI (21 %). Hay un tramo de implantación de caudal ecológico en el río San Antonio (Qeco - III - 02 - San Antonio), modelado como una demanda ambiental de uso no consuntivo.

En situación actual se consideran 17 UDA, solo dos captan recursos subterráneos de la ESA-12 y ESA-15. El resto (87 % de la DB agropecuaria del sistema) dependen de recursos superficiales de las cuencas de los ríos Guayabal y Las Cañas en cabecera del sistema, y Villerías - Chapeltique y Grande de San Miguel



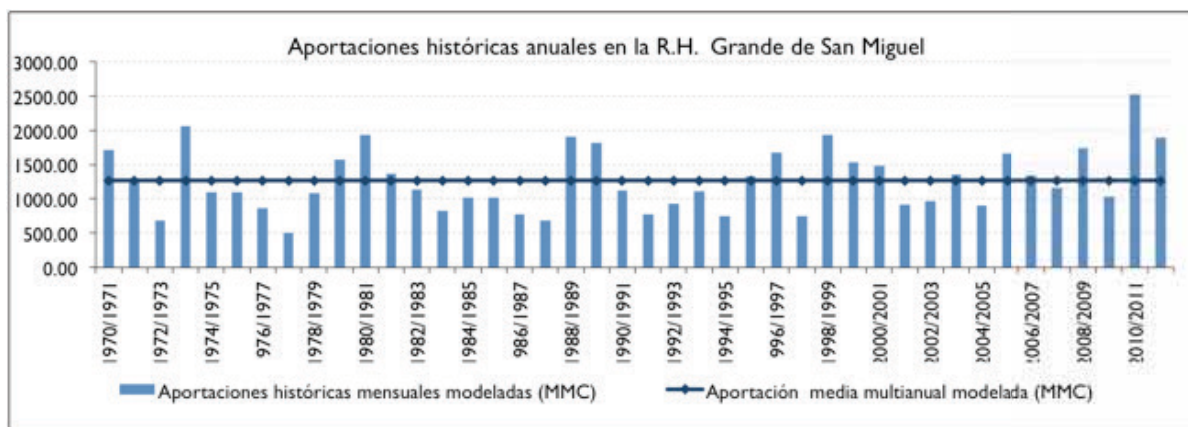
en el tramo medio. En el horizonte 2022 se define una nueva UDA correspondiente a la futura zona de riego en Usulután, que captará recursos subterráneos de la ESA-12.

Se define una UDE de uso consuntivo que depende de recursos subterráneos de la ESA-15.

Las demandas industriales se agrupan en tres unidades abastecidas con recursos subterráneos de la ESA-12, ESA-15 y ESA-ND-SMI. Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 1,267.49 MMC/año.

Gráfico 31.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Grande de San Miguel



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la definición de la parte subterránea se modelan las MASub ESA-12, ESA-15, ESA-16 y la ESA-ND-SMI. Suponen entre ellas un volumen de recarga promedio multianual de 637.3 MMC/año.

Los balances realizados para el SE manifiestan un valor de indicador de estrés de 0.08, sin estrés hídrico, que pasa a una situación de estrés hídrico bajo (0.14) en el 2022.

El sector agropecuario evidencia déficits hídricos, algunas UDA están en situación de fallo en el cumplimiento de la garantía (Villerías - 01, Las Cañas - 01 y Las Cañas - 02 en situación actual y San Antonio en el Escenario 1 de implantación). El déficit hídrico aumenta en los escenarios futuros así como la UDA Desagüe San Juan - 01 en fallo en el Escenario 2, que deja de presentarlo tras la aplicación de las medidas del PAG. La demanda ambiental cumple garantías en situación actual y en los horizontes futuros, salvo en el escenario de cambio climático, en el que se produce un incumplimiento de la garantía temporal en el

mes de julio, pero no de la garantía volumétrica.

Respecto a la componente subterránea, la MASub ESA-16 presenta estrés hídrico (con un índice de explotación de la MASub de entre 0.5 y 0.7, considerando una reserva ambiental del 35 %, que está dentro del límite superior recomendado para el mantenimiento apto del estado cuantitativo de la MASub, establecido en 0.8). Se recomiendan estudios hidrogeológicos complementarios para caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico en la zona del subsuelo ESA-ND-SMI.

Para el SE Grande de San Miguel se asignan 43.14 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de abastecimiento, y una reserva de 8.21 MMC/año de recursos del mismo origen y uso para el horizonte 2022.

En cuanto al uso para la sostenibilidad de los ecosistemas la asignación de recursos para el caudal ecológico en el río San Antonio en el SE Grande de San



Miguel coincide con el caudal mínimo implantado. No se proponen reservas de recursos superficiales a las asignaciones por estar prevista la implantación de nuevos tramos de caudal ecológico en el horizonte 2022.

Para las UDA se destinan 34.23 MMC/año, de origen superficial (79 %) y subterráneo (17 % de la ESA-12 y 4 % de la ESA-15). Para el horizonte 2022 se proponen reservas adicionales de 70.30 MMC/año de recursos subterráneos de la ESA-12 para la nueva zona de riego de Usulután.

La demanda energética tiene una asignación de 3.02 MMC/año de aguas subterráneas procedentes de la ESA-15. El volumen concedido a las UDI es de 0.55 MMC/año, exclusivamente de origen subterráneo, con 85 % procedente de la ESA-12, y con reservas adicionales de 0.03 MMC/año en el horizonte 2022.

La actuación que condiciona las reservas en el horizonte 2022, previstas por las diferentes Administraciones, es: la infraestructura necesaria para la puesta en marcha de la zona de riego Usulután. El proyecto aprovechará recursos subterráneos de la masa de agua ESA-12 para el riego de una superficie de 5000 ha aproximadamente.

A la vez, se condicionan las reservas por las actuaciones propuestas en el PAG a ser implementadas en el año 2022:

- Modernización de regadíos mediante el revestimiento de los canales de riego con hormigón o ladrillo rojo dentro de las UDA: Des - San Juan 01, Las Cañas 03 y Méndez 01.
- Construcción de una balsa de riego de 20 000 m<sup>3</sup> para el almacenamiento de agua superficial del río Méndez y su suministro a la UDA Méndez 01.

De no llevar a cabo estas actuaciones las reservas indicadas serán susceptibles de actualización, de acuerdo a la realidad del país, en futuros ciclos de planificación.

#### 6.4.9. SE Sirama

El SE Sirama está localizado en la zona oriental del país, limitado por el océano Pacífico y los sistemas de explotación Goascorán al norte, y Grande de San Miguel al oeste. Ocupa el extremo sur del departamento de La Unión y parte de los departamentos de Usulután, San Miguel y Morazán. Su superficie total es de 1098 km<sup>2</sup>. Comprende la cuenca del río principal Sirama o Amatillo y las cuencas de ríos menores como Madre del Barquito, estero El Tamarindo y estero El Espino (indicados de este a oeste).

Para la evaluación de recursos se contemplan 15 subcuencas para modelar las cuencas de los ríos principales. Existe una cuenca endorreica con la formación de tres lagunas principales, Los Negritos, El Pilón y Manquigüe, modeladas de forma simplificada como un único elemento tipo embalse, por no disponerse de información sobre ellas para su modelación de forma independiente.

La principal MASub en el SE Sirama es la ESA-20, compartida con SE Goascorán. Se modela también la ESA-19, que pertenece al SE Sirama y la ESA-12 mínimamente presente en el SE Sirama. El resto del subsuelo del sistema que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se denomina ESA-ND-SIR y supone el 51 %.

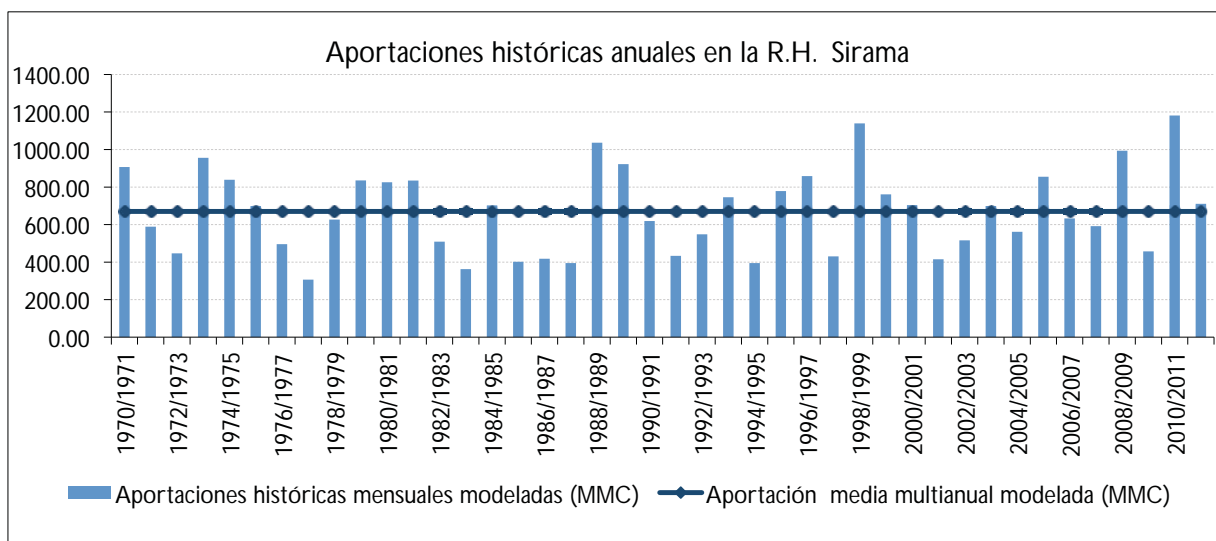
Hay cinco UDP de nueve municipios, que se abastecen de aguas subterráneas de la ESA-19 (27 %), ESA-20 (40 %) y la ESA-ND-SIR (33 %). En situación actual se consideran cinco UD pecuaria, dos captan recursos superficiales del río Sirama, y las restantes de los esteros El Naranjal, El Tamarindo y El Esterón.

Las UDI se agrupan en una única unidad, abastecida con recursos subterráneos de la ESA-20. El sector turístico representa una demanda poco significativa en situación actual (0.006 MMC/año), pero prevé aumentar considerablemente en los escenarios futuros (0.56 MMC/año en 2017 y 0.832 MMC/año en 2022).

Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 669.9 MMC/año.

Gráfico 32.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Sirama



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la definición de la parte subterránea se modelan las MASub ESA-12, ESA-19 y la ESA-20, además de la ESA-ND-SIR. La recarga promedio multianual de entrada a las MASub asciende a 68.8 MMC/año.

Los balances realizados para este SE muestran que el valor del indicador de estrés es de 0.02, sin estrés hídrico, sin que las proyecciones previstas a futuro impliquen un impacto significativo en el sistema.

No se evidencian déficits hídricos en ninguna de las unidades de demanda evaluadas, por lo que no se producen fallos en el cumplimiento de las garantías de los distintos usuarios.

En cuanto al componente subterránea, la MASub ESA-19 presenta mal estado cuantitativo tanto en el presente como en el futuro simulado (con un índice de explotación superior al recomendado para el mantenimiento apto del estado cuantitativo); por ello se requiere de un seguimiento, vigilancia y monitoreo para su preservación. Asimismo, como de la ESA-ND-SIR se extraen volúmenes anuales relativamente importantes de recursos subterráneos, se recomienda la realización de estudios hidrogeológicos que permitan caracterizar nuevas zonas hidrogeológicas.

Para el SE Sirama se asignan 12.27 MMC/año de recursos subterráneos para la satisfacción de las demandas de abastecimiento, y se propone una reserva de 2.44 MMC/año de similar origen. No se prevé tramos de implantación de caudal ecológico.

Para las demandas pecuarias se asigna 0.60 MMC/año de origen superficial. No se proponen reservas adicionales de recursos al no preverse cambios en la demanda.

El volumen asignado al conjunto de las UDI es de 0.04 MMC/año, exclusivamente de origen subterráneo. No se consideran necesarias reservas adicionales. En cuanto al uso turístico, se realiza una asignación de 0.006 MMC/año de origen subterráneo y reservas de 0.83 MMC/año para el horizonte 2022.

En el caso del SE Sirama, las Administraciones y el PAG no proponen actuaciones que condicionen las reservas en el presente ciclo de planificación.

#### 6.4.10. SE Goascorán

Este sistema pertenece a la cuenca binacional del río Goascorán entre El Salvador y Honduras. Está en el extremo noreste del país, fronterizo con Honduras



y limitado al sur por el océano Pacífico, en el norte del departamento de La Unión y parte en el departamento de Morazán al este. Su superficie total es de 1083 km<sup>2</sup> y la cuenca posee una superficie adicional de 1345 km<sup>2</sup> en territorio hondureño. Dentro de él se encuentran las cuencas de los ríos principales Pasiquina y El Sauce (de este a oeste).

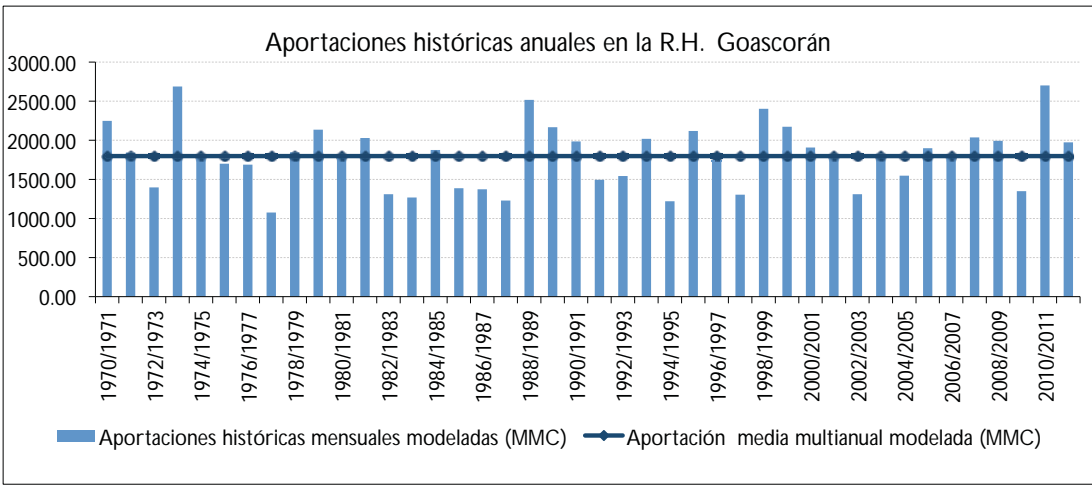
Para la evaluación de recursos se contempla un total de 29 subcuencas que modelan las cuencas de los ríos principales. La principal MASub presente en el SE Goascorán es la ESA-20, compartida con el SE Sirama. Se ha modelado también la ESA-21, compartida con el SE Lempa. El resto del subsuelo del sistema, que no corresponde a ninguna MASub delimitada, se ha denominado ESA-ND-GOA y supone el 79 %.

El SE tiene cuatro UDP de ocho municipios, abastecidas por aguas subterráneas de las ESA-20 (56 %) y la ESA-ND-GOA (44 %); dos UDA, solo una capta recursos superficiales del río Aguachapío, la otra capta recursos subterráneos de la MASub ESA-ND-GOA.

Las demandas industriales forman dos UDI abastecidas con agua subterránea; se considera una demanda transfronteriza de 5.8 MMC/año en situación actual dividida en dos UD. Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la Serie Histórica, se estiman en 1797.8 MMC/año

Gráfico 33.

Serie de aportaciones naturales históricas para el periodo 1970/71-2011/12 para la RH Goascorán



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Para la definición de la parte subterránea se modelan las MASub ESA-20, ESA-21, y ESA-ND-GOA. La recarga promedio multianual de entrada a las MASub asciende a 365.9 MMC/año.

Para el SE el valor del indicador de estrés es de 0.01, sin estrés hídrico; las proyecciones previstas a futuro no implican un impacto significativo. No se evidencian déficits hídricos en ninguna de las unidades de demanda evaluadas, por lo que no hay fallos en cumplimiento de las garantías de los distintos usuarios.

Respecto al componente subterráneo, la MASub ESA-ND-GOA presenta un volumen de bombeo similar al estimado para la masa delimitada ESA-20, por tanto, se deben realizar estudios hidrogeológicos complementarios que permitan caracterizar nuevas zonas de interés hidrogeológico actualmente no delimitadas.

Para el SE Goascorán se asignan 8.06 MMC de recursos subterráneos, y se propone una reserva de 2.05 MMC/año del mismo origen siempre para abastecimiento de demandas para el horizonte 2022.

No se prevé inicialmente tramos de implantación de caudal ecológico en este SE. Para las demandas agropecuarias se asignan 0.47 MMC/año, de los que 0.02 MMC/año son de origen subterráneo. No se proponen reservas adicionales al no darse cambios en la proyección de la demanda agrícola en el horizonte 2022.

El volumen para las demanda industriales es de 0.03 MMC/año, exclusivamente de origen subterráneo. No se proponen reservas adicionales por no proyectarse un crecimiento significativo.

Para el SE Goascorán ni las Administraciones ni el PAG prevén actuaciones al quedar fuera de las ZP que condicionan el presente ciclo de planificación.

## 6.5. Síntesis de los balances hídricos y de las asignaciones y reservas

### 6.5.1. Síntesis de los balances hídricos SE Jiboa - Estero de Jaltepeque y SE Bahía de Jiquilisco

En general, de los diez sistemas de explotación evaluados solo uno presenta un índice de estrés hídrico alto (valores comprendidos entre 0.4 y 0.8), el SE Grande de Sonsonate - Banderas. Le sigue el SE Cara Sucia - San Pedro con un índice de estrés medio (valores entre 0.2 y 0.4). El SE Grande de Sonsonate - Banderas es el sistema más explotado en proporción a los recursos que genera. Los sistemas SE Jiboa - Estero de Jaltepeque y SE bahía de Jiquilisco presentan un índice de estrés bajo, mientras que el resto de sistemas, SE Lempa, SE Paz, SE Mandinga - Comalapa, SE Grande de San Miguel, SE Sirama y SE Goascorán, no presentan estrés. En los escenarios futuros solo presenta cambios el SE Jiboa - Estero de Jaltepeque, que pasa a tener un índice de estrés medio.

Cuadro 50.

Índice de estrés de los sistemas de explotación en los escenarios futuros

Índice de estrés en los escenarios futuros en las RH transfronterizas					
Sistema de Explotación/Ámbito		Situación Actual y Escenario 1	Escenario 2. 2017+Oeco	Escenario 3. 2022+Oeco	Escenario 4. 2022+Oeco+CC
SE Lempa	Nacional + transfronterizo	0.09	0.10	0.11	0.11
	Solo nacional	0.12	0.13	0.15	0.15
SE Paz	Nacional + transfronterizo	0.06	0.12	0.12	0.11
	Solo nacional	0.08	0.14	0.15	0.15
SE Goascorán	Nacional + transfronterizo	0.01	0.01	0.01	0.01
	Solo nacional	0.01	0.01	0.01	0.01
Índice de estrés en los escenarios futuros en el resto de SE					
Sistema de Explotación		Situación Actual y Escenario 1	Escenario 2. 2017+Oeco	Escenario 3. 2022+Oeco	Escenario 4. 2022+Oeco+CC
SE Cara Sucia - San Pedro		0.22	0.23	0.23	0.22
SE Grande de Sonsonate - Banderas		0.64	0.65	0.65	0.64
SE Mandinga - Comalapa		0.05	0.06	0.06	0.06
SE Jiboa - Estero de Jaltepeque		0.18	0.22	0.23	0.22
SE Bahía de Jiquilisco		0.11	0.11	0.12	0.11
SE Grande San Miguel		0.08	0.08	0.14	0.13
SE Sirama		0.02	0.02	0.02	0.02

Leyenda de colores: verde - sin estrés hídrico (0-0.1); amarillo - estrés hídrico bajo (0.1-0.2); naranja - estrés hídrico medio (0.2-0.4); rojo - estrés hídrico alto (0.4-0.8)

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH





El tipo de uso consuntivo que mayores dificultades presenta en la satisfacción de su demanda hídrica es el uso agropecuario. Su mayor dependencia del recurso de origen superficial lo convierte en el sector más susceptible a la alta variabilidad estacional y que conlleva un suministro deficitario, con incumplimiento de las garantías en ciertos casos. Los modelos de gestión evidencian este hecho en la mayoría de los SE, a excepción del SE bahía de Jiquilisco, Sirama y Goascorán, que no presentan incumplimiento de las garantías al suministro en ninguno de los sectores. Los SE con mayores problemas de garantía son Jiboa - Estero de Jaltepeque y Grande de Sonsonate - Banderas. A la vista de estos resultados, los fallos tienen que ser analizados con precaución, ya que el cálculo de la demanda bruta conforme a la superficie potencial

de riego, en lugar de para la superficie regada, puede implicar una sobrevaloración del déficit hídrico real. Por ello, el PAG considera medidas para la mejora del conocimiento, en particular, para la identificación de las superficies realmente cultivadas y bajo riego.

En cuanto al uso no consuntivo para la sostenibilidad de ecosistemas (o uso ambiental), la evaluación de 13 tramos de implantación en 6 sistemas de explotación, evidencia tres de los 13 tramos en incumplimiento de las garantías, junto con la competencia por el recurso con el uso agrícola en algunos sistemas. En este sentido, el PAG contempla medidas complementarias, para asegurar la compatibilidad de usos ante la implantación de las demandas ambientales.

**Cuadro 51.**  
Unidades de demanda con fallo en el cumplimiento de las garantías y déficits acumulados por sistema de explotación en los escenarios futuros

N° UD que incumplen el criterio de garantía y déficit acumulado en las UD con fallo							
Sistema de Explotación	Usos con incumplimientos	Situación Actual	Situación actual		Horizontes futuros		
			Escenario 1. 2012+Qeco	Escenario 2. 2017+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+CC	
SE Lempa	Agropecuario	UDA con fallo	3/33	5/33	5/33	3/33	3/33
		Déficit UDA con fallo	14.3	14.8	5	3.4	3.4
	Ambiental	UD con fallo	N/A	3/8	3/8	1/8	2/8
		Déficit UD con fallo	N/A	26.9	27.4	5.2	7.8
SE Paz	Agropecuario	UDA con fallo	1/3	1/3	2/3	2/4	1/4
		Déficit UDA con fallo	0.5	0.5	1.1	1.2	0.8
SE Cara Sucia-San Pedro	Agropecuario	UDA con fallo	1/12	1/12	1/12	1/12	1/12
		Déficit UDA con fallo	7.2	13.1	13.2	13.2	12.9
	Ambiental	UD con fallo	N/A	0/1	0/1	0/1	1/1
		Déficit UD con fallo	N/A	0	0	0	0.06
SE Grande de Sonsonate-Banderas	Agropecuario	UDA con fallo	5/25	5/25	2//25	2/25	1/25
		Déficit UDA con fallo	13.6	13.7	3.1	0.8	0.7
	Energético	UDE con fallo	1/2	1/2	1/2	0/2	0/2
		Déficit UDE con fallo	0.4	0.4	0.4	-	-
	Ambiental	UD con fallo	N/A	0/1	0/1	0/1	1/1
		Déficit UD con fallo	N/A	0	0	0	0.01
SE Mandinga-Co-malapa	Agropecuario	UDA con fallo	2/5	2/5/	2/5	2/5	2/5
		Déficit UDA con fallo	2.8	2.8	1.1	1.2	1.0
	Ambiental	UD con fallo	N/A	0/1	1/1	1/1	1/1
		Déficit UD con fallo	N/A	0	0.2	0.2	0.3
SE Jiboa-Estero de Jaltepeque	Agropecuario	UDA con fallo	7/12	7/12	7/12	7/12	7/12
		Déficit UDA con fallo	72.2	79.6	83.0	83.9	81.7
SE Bahía de Jiquilisco	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0

Continuación Cuadro 51.

N° UD que incumplen el criterio de garantía y déficit acumulado en las UD con fallo							
Sistema de Explotación	Usos con incumplimientos	Situación Actual	Situación actual		Horizontes futuros		
			Escenario 1. 2012+Qeco	Escenario 2. 2017+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+CC	
SE Grande San Miguel	Agropecuario	UDA con fallo	3/17	4/17	5/17	4/18	4/18
		Déficit UDA con fallo	6.8	7.7	7.9	8.1	7.5
	Ambiental	UD con fallo	N/A	0/1	0/1	0/1	1/1
		Déficit UD con fallo	N/A	0	0	0	0.3
SE Sirama	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0
SE Goascorán	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

La introducción de los efectos del cambio climático en el Escenario 4 tiene como resultado general una ligera disminución de los déficits en las unidades de demanda de los sistemas de explotación, lo que se esperaba al contar con mayor disponibilidad de recursos a nivel anual. En los meses precedentes al periodo de estiaje, la precipitación y por lo tanto la recarga de las MASub crece, traduciéndose en un ligero aumento de la transferencia acuífero - río en los meses siguientes. En todo caso, este efecto tiene escasa relevancia en relación a los volúmenes de las demandas. Los sistemas de explotación de

Jiboa - Estero de Jaltepeque, Grande de San Miguel y Goascorán, en la zona central y oriental del país, son los que muestran mayor sensibilidad al cambio climático.

### 6.5.2. Síntesis de resultados en las MASub

Con base en el índice de explotación<sup>11</sup> obtenido en cada masa de agua subterránea, las masas con peor estado cuantitativo son la ESA-04, ESA-09 y ESA-19, con índices de explotación superiores a 0.8 y cercanos a 1.

Cuadro 52.

MASub con mayor contribución a las demandas subterráneas de cada SE y MASubs en mal estado cuantitativo en alguno de los escenarios modelados

Sistemas de explotación (SE)	MASub con mayor contribución a las demandas en los SE	MASubs en mal estado cuantitativo en situación actual	MASubs próximas a alcanzar mal estado cuantitativo en el horizonte 2022
Lempa	ESA-06	ESA-09. IE(sin reserva ambiental)= 0.74 IE(Reserva Ambiental 35 %)= 1.13	
Paz	ESA-03		
Cara Sucia - San Pedro	ESA-01		
Grande de Sonsonate - Banderas	ESA-02		
Mandinga - Comalapa	ESA-07, ESA-04, ESA-06	ESA-04. IE(sin reserva ambiental) = 0.97 IE(Reserva Ambiental 35 %) = 1.49	
Jiboa - Estero del Jaltepeque	ESA-07		
Bahía de Jiquilisco	ESA-12		
Grande de San Miguel	ESA-12		ESA-16 IE(sin reserva ambiental)=0.45 IE(Reserva Ambiental 35 %)=0.69
Sirama	ESA-20, ESA-19	ESA-19. IE(sin reserva ambiental)= 0.78 IE(Reserva Ambiental 35 %)= 1.21	
Goascorán	ESA-20		

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

11 Coeficiente resultante de dividir el valor anual de las extracciones artificiales de aguas subterráneas (bombeos+déficit) entre el valor anual de las entradas a dicho sistema subterráneo



### 6.5.3. Síntesis de asignaciones y reservas

Con carácter general se asignan recursos disponibles a los ya existentes que cumplen el criterio de garantía, con base en los resultados del Escenario 1 de implantación en situación actual, persiguiéndose como objetivo genérico su consolidación.

Las reservas de recursos, en previsión de las demandas que corresponde atender para alcanzar los objetivos de la planificación hidrológica, están condicionadas a la ejecución de las medidas previstas por las distintas Administraciones y a las actuaciones propuestas en el PAG. Considerando el tiempo necesario para la aprobación del PNGIRH y la normativa que permita su articulación, se opta, para la propuesta

de reservas, el Escenario 3 (horizonte futuro 2022 + Qeco), correspondiente a las demandas futuras que cumplan los criterios de garantía. En el caso de no acometerse estas medidas, las reservas son susceptibles de modificación o actualización en el próximo ciclo de planificación.

Los valores de caudales ambientales considerados en el PNGIRH, aun consensuados, son susceptibles de variación una vez se lleven a cabo los estudios específicos propuestos en el PAG. Por lo tanto, los criterios de asignación y reservas de los usos ambientales (asignación de los caudales mínimos cuando se cumplen las garantías y ninguna asignación en caso contrario) podrán ser modificados.

**Cuadro 53.**

Asignaciones y reservas. Resumen por Sistemas de Explotación y usos (salvo el ambiental)

ZH	SE	Abastecimiento Poblacional		Uso Agropecuario y Acuícola		Uso Energético		Uso Industrial		Uso Turístico	
		Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas
		2012	2022	2012	2022	2012	2022	2012	2022	2012	2022
		MMC/año		MMC/año		MMC/año		MMC/año		MMC/año	
I	Lempa	355.28 (*)	30.89 (*)	237.37	148.27	158.23	3.98	61.4	2.58	0	0
	Subtotal	355.28	30.89	237.37	148.27	158.23	3.98	61.4	2.58	0	0
II	Paz	26.31	7.02	6.47	25.06	0	0	0.74	0.03	0	0
	Cara Sucia - San Pedro	14.26	3.15	107.6	0	0	0	0.03	0.02	0	0
	Grande de Sonsonate - Banderas	31.76	4.47	192.87	124.9	76.95	13.97	1.32	0.05	0.35	0.09
	Mandinga - Comalapa	25.92	6.74	4.57	0	0	0	0.29	0.02	0.12	0.04
	Jiboa - Estero de Jaltepeque	40.63 (**)	68.94 (**)	25.71	0	0	0.22	4.86	0.18	0.02	0.01
	Subtotal	138.88	90.32	337.22	133.97	76.95	0.22	7.24	0.3	0.49	0.14
III	Bahía de Jiquilisco	20.83	2.61	31.22	0	0	0	1.28	0.05	0	0.36
	Grande de San Miguel	43.14	8.21	34.23	70.3	3.02	0	0.55	0.03	0	0
	Sirama	12.27	2.44	0.6	0	0	0	0.04	0	0	0.83
	Goascorán	8.06	2.05	0.47	0	0	0	0.03	0	0	0
	Subtotal	84.3	15.31	66.52	70.3	3.02	0	1.9	0.08	0	1.19
<b>TOTAL</b>		<b>578.46</b>	<b>136.52</b>	<b>641.11</b>	<b>352.54</b>	<b>238.2</b>	<b>4.2</b>	<b>70.54</b>	<b>2.96</b>	<b>0.49</b>	<b>1.33</b>

(\*) Se descuentan los recursos superficiales externos al SE Lempa, procedentes del SE Jiboa - Estero de Jaltepeque y cuyas reservas y asignaciones se incluyen al tratarse este sistema para evitar que se dupliquen estos volúmenes en el cuadro.

(\*\*) Se incluyen los recursos destinados al abastecimiento del ÁMSS, en el SE Lempa.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

**Cuadro 54.**

Asignaciones en m<sup>3</sup>/s. Resumen por tramos y sistemas de explotación para el uso ambiental

SE	Cód.	Tramo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Lempa	I-02	Guajoyo - Desagüe	6.79	16.45	16.45	18.51	33.70	19.03	9.87	3.86	6.90	5.75	3.96	3.41
	I-04	Las Pavas - Lempa	12.18	38.46	37.29	45.91	45.91	45.91	20.55	14.45	11.30	10.06	7.54	7.17
	I-07	Sucio 02	3.13	5.89	7.46	8.68	8.81	6.90	4.37	3.79	3.50	3.58	2.99	2.86
	I-08	Jayuca	0.04	0.17	0.18	0.32	0.32	0.32	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	I-16	Bajo Lempa	145.64	182.05	182.05	258.81	424.27	275.62	145.64	145.64	131.83	121.86	104.89	99.49
Cara Sucia - San Pedro	II-03	El Naranjo	0.17	0.37	0.37	0.47	0.66	0.65	0.42	0.28	0.28	0.28	0.17	0.12
Grande de Sonsonate - Banderas	II-04	Sonsonate 01	0.59	1.04	0.98	1.20	1.54	1.29	0.86	0.76	0.71	0.73	0.62	0.59
Mandinga - Comalapa	II-08	San Antonio	0.09	0.23	0.26	0.40	0.66	0.37	0.17	0.14	0.11	0.10	0.07	0.06
Jiboa - Estero de Jaltepeque	II-11	Acomunca	0.58	0.87	0.72	0.90	1.21	0.80	0.46	0.35	0.24	0.17	0.11	0.14
Grande de San Miguel	III-02	San Antonio	0.24	0.26	0.31	0.31	0.68	0.85	0.31	0.19	0.19	0.18	0.10	0.07

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

**Cuadro 55.**

Propuesta de reservas en m<sup>3</sup>/s. Resumen por tramo y sistemas de explotación para el uso ambiental

Cód.	Tramo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
I-01	Cimarrón - Alto Lempa	14.39	19.39	19.39	20.47	30.23	19.39	11.63	11.63	11.63	11.63	8.81	7.68
I-09	Metayate	0.37	2.42	2.41	3.61	5.18	2.60	0.56	0.46	0.40	0.38	0.29	0.26

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH







## 7. Programas existentes de Control y Seguimiento



Este acápite describe brevemente las redes de monitoreo existentes para el control y el seguimiento de la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. (Anexo 06. *Redes de monitoreo*).

Desde el PAG se propone ampliar las diferentes redes existentes en el país, tanto en cantidad como en calidad, y se establecen los criterios deseables para su correcto diseño.

### 7.1. Redes de monitoreo de cantidad

La Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA) es la Unidad del MARN que se encarga, entre otras funciones, de la administración y gestión de las estaciones que componen las redes de control climatológico, pluviométrico, hidrométrico y piezométrico actuales, así como de los datos de estaciones históricas.

La DGOA está conformada por las gerencias de Meteorología, Hidrología, Geología, Oceanografía y Riesgo, pero son las áreas de Meteorología e Hidrología las que tienen mayor aplicabilidad en los trabajos de planificación hidrológica.

#### 7.1.1. Red climatológica y pluviométrica

A continuación<sup>12</sup> se describen las redes de control climatológico y pluviométrico.

- Red climatológica: consta de 25 puntos o estaciones de control climatológico. Las variables medidas son: precipitación acumulada diaria; temperatura máxima, mínima y promedio diaria; humedad relativa promedio diaria; entre otras
- Red pluviométrica: cuenta con 87 puntos o estaciones de control pluviométrico, en las que se mide la precipitación acumulada diaria.

<sup>12</sup> El recuento de estaciones de cada tipología se ha realizado con la información proporcionada por el MARN para la elaboración del PNGIRH en 2013, por lo que podría variar del número existente en 2015 tras la instalación de nuevos equipos o la avería de otros.



Mapa 27.

Red actual de estaciones climatológicas y pluviométricas



Fuente: elaboración del MARN con datos del 2013 para la formulación de PNGRH.

### 7.1.2. Red hidrométrica

La red hidrométrica consta de 37 puntos de control hidrométrico en ríos, que miden el nivel diario. Además, CEL controla las variables de funcionamiento en los cuatro grandes embalses del país, cuyos datos de

nivel almacenado, volumen almacenado, volumen de descarga por turbina y volumen de descarga por vertedero, con frecuencia diaria, están a disposición de la DGOA. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con registros de cota o nivel del espejo de agua para lagos y lagunas del país.

Mapa 28.

Red actual de estaciones hidrométricas



Fuente: elaboración del MARN con datos de 2013 para la formulación del PNGRH.

Algunas de las estaciones de la red de control climático, pluviométrico e hidrométrico, alimentan a su vez al Sistema de Alerta Temprana (SAT), el cual cuenta con ocho equipos de radar meteorológico.

### 7.1.3. Red piezométrica

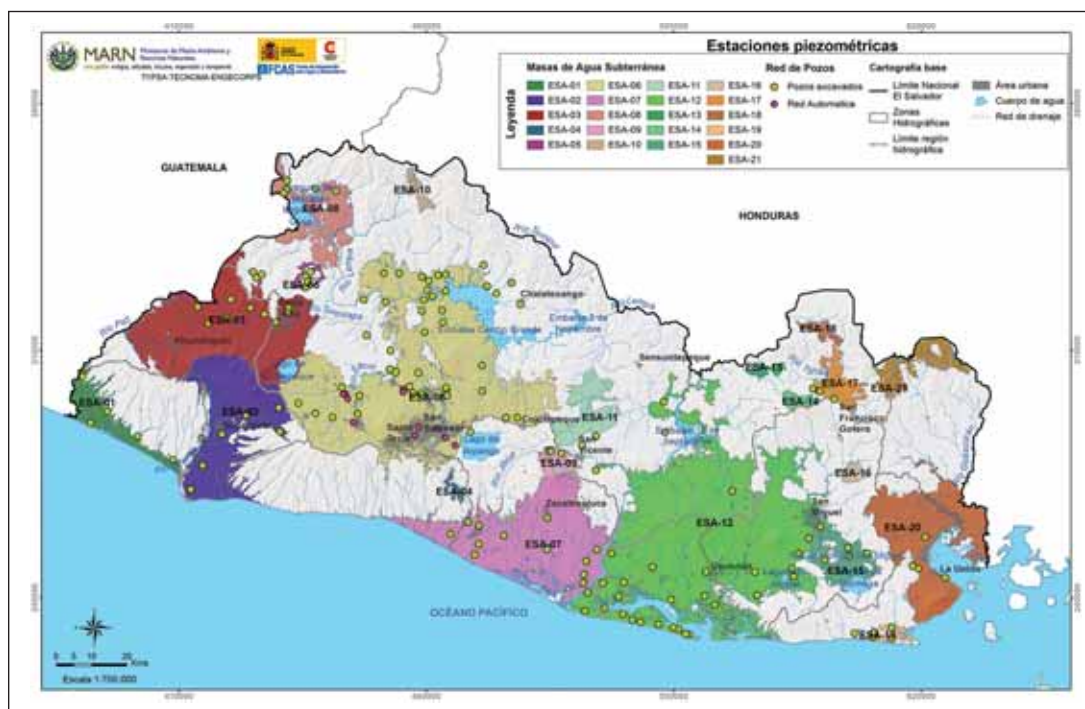
Únicamente se cuenta con información sistematizada

de 12 puntos de control piezométrico de la red automática del MARN, localizados en seis municipios del AMSS y del valle de Zapotitán. Estos puntos controlan la evolución diaria del nivel piezométrico.

Adicionalmente se monitorean, aunque con frecuencia esporádica, 142 puntos de control en la red de pozos excavados en 65 municipios de El Salvador.

Mapa 29.

Redes actuales de control piezométrico y su posición con respecto a las MASub identificadas en el país



Fuente: elaboración del MARN con datos del 2013 para la formulación del PNGIRH.

## 7.2. Redes de monitoreo de calidad

La DGOA, en su área de hidrología, realiza el monitoreo permanente de la calidad de las aguas fluviales y de ciertos humedales a través de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua en ríos, y la red en los entornos de la laguna de Metapán y del lago de Güija.

### 7.2.1. Sitios de muestreo de ríos y lagos

El muestreo de calidad de agua en ríos es de 123 sitios de control distribuidos en 55 ríos en el

territorio nacional. En todos se realizan mediciones de caudal instantáneo, de parámetros in situ y toma de muestras para su posterior análisis en laboratorio, en una frecuencia de muestreo y análisis anual.

En lo relativo al monitoreo de la calidad de las aguas en humedales, el MARN, a través de la Unidad de Humedales, realiza el monitoreo permanente en la laguna de Metapán y su afluente el río San José, así como en el lago de Güija y sus afluentes, Angue, Ostúa y Cusmapa. La red consta de 13 puntos que in situ toman muestras tanto de agua como de sedimento.





Mapa 30.

Red actual de estaciones de control del MARN en ríos y humedales



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

### 7.2.2. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas

Cabe mencionar que el MARN realiza la toma de muestras y análisis en un número variable de pozos pero sin contar con una red permanente.

Los pozos, principalmente localizados en las zonas costeras (con especial énfasis en la península de San Juan del Gozo) y en los entornos de San Miguel, Santa Ana y Zapotitán son monitoreados. De acuerdo a los últimos datos disponibles, en el año 2013 se monitorearon 91 pozos, de los cuales se toma una muestra en la época seca y otra en época húmeda.

### 7.2.3. Monitoreo de vertidos

En lo relativo al control de la calidad de las aguas residuales, el MARN, a través de la Gerencia de Cumplimiento Ambiental realiza el seguimiento de aquellos vertidos de carácter industrial que reciben denuncias, así como su impacto sobre el cuerpo receptor.

En el año 2012, el MARN lleva a cabo el proyecto piloto Monitoreo de la Calidad del Agua Descargada al Río Sucio y sus Impactos sobre éste, cuyo objetivo fue examinar la calidad del agua descargada en la subcuenca del río Sucio, para así determinar su impacto en el río.

Asimismo, dentro de los trabajos de elaboración del PNGRIH se realiza la Actualización del Inventario de Vertidos en las zonas prioritarias, llevando a cabo la toma de muestras y determinaciones analíticas en vertidos y en cuerpos receptores de las zonas prioritarias, así como en otras zonas consideradas de relevancia como el lago de Güija, la laguna de Metapán y el río Lempa a su entrada en el país (Citalá).

Los trabajos de Actualización del Inventario de Vertidos se realizaron entre el 4 de septiembre y el 6 de noviembre de 2013, inventariando un total de 260 vertidos, de los cuales el 35 % son de carácter especial y el 65 % ordinario. Para mayor detalle consultar el Apéndice 02 del Anexo 03. *Inventario de presiones*.

En cuanto a los trabajos de toma de muestras, estos iniciaron el 20 de julio de 2015 y finalizaron el 28 de agosto de 2015. Las determinaciones analíticas comenzaron un día después del inicio de la toma de muestras y se prolongaron hasta el mes de septiembre.

La selección de los lugares de muestreo se hizo sobre la base del estudio de presiones y diagnóstico de calidad con el fin de realizar una caracterización adecuada de las ZP, mejorar el conocimiento y verificar el enfoque de las medidas de solución de los problemas identificados.

Se muestrearon en total 169 puntos, de los cuales 133 fueron en cuerpos receptores (ríos, lagos) y 36 en vertidos. Las mediciones de parámetros fueron in situ, y las determinaciones analíticas en el laboratorio fueron de parámetros fisicoquímicos generales, nutrientes, metales, compuestos tóxicos y plaguicidas del tipo organoclorados, organofosforado, glifosatos y carbamatos. Estos tres últimos únicamente en los lugares que, debido al estudio de presiones, podían ser susceptibles de presentarlos. Asimismo se hicieron mediciones de caudal de descarga en vertidos y de caudal del cuerpo receptor. Para mayor detalle se puede consultar el Apéndice 02 del Anexo 08. *Calidad de las aguas*.







## 8. Riesgo por fenómenos extremos



En el presente apartado se trata el problema del riesgo por fenómenos extremos de inundaciones y sequía. En el primer caso el ámbito de estudio es la región hidrográfica, aunque el análisis se concreta en las ocho zonas prioritarias. En el caso de la sequía, esta se trata a escala nacional. Mayor detalle en el Anexo 07. *Riesgo por fenómenos extremos, puede consultarse el detalle de ambos problemas.*

### 8.1. Riesgo por inundaciones

El Salvador por su ubicación geográfica está expuesto a la presencia de tormentas tropicales y huracanes como fue el caso de Mitch, Stan y 12E, que ocasionaron graves daños a la infraestructura social y productiva así como a las poblaciones asentadas en las zonas vulnerables.

La franja costera del país es la zona más susceptible de sufrir grandes inundaciones, especialmente la cuenca baja del río Lempa, río Paz y Bahía de Jiquilisco. Estas zonas se ven especialmente afectadas por las grandes crecidas provocadas por las tormentas tropicales, de gran intensidad y larga duración, que provocan inundaciones que tardan

días, incluso meses, en ser drenadas, afectando seriamente a comunidades agrícolas, campos de cultivo e infraestructuras.

En el interior del país, las tormentas de escasa duración y gran intensidad provocan crecidas que se propagan con gran rapidez y energía, causando graves problemas por inundación. Las zonas de mayor riesgo son aquellas en las que hay mayor concentración de población y, por tanto, mayor antropización del espacio natural de expansión de los ríos y quebradas durante las crecidas. En esta misma condición de riesgo se encuentran las infraestructuras, sociales o productivas. Los daños ocasionados por las inundaciones como consecuencia del huracán Mitch, por ejemplo, fueron calculados en cientos de millones de dólares estadounidenses.

En cuanto a la gestión de riesgos, no es adecuada por estar principalmente enfocada a la atención de las emergencias ante la presencia de inundaciones y no a la prevención.

Uno de los trabajos realizados para el PNGIRH fueron los diagnósticos sobre las zonas de riesgo



por inundación, tanto para la población como para las infraestructuras esenciales, con el objetivo de identificar y priorizar dichas zonas basándose en al riesgo potencial de inundación y los cursos fluviales que lo generan. El nivel de detalle de los trabajos realizados no permite un diagnóstico preciso del problema y de sus causas, por lo tanto, tampoco de las medidas concretas a adoptar, solo pueden presentarse aquellas limitadas a los estudios de detalle.

Este trabajo se desarrolla en dos fases: la primera identifica los puntos de mayor riesgo deducidos de las experiencias más recientes provocadas por eventos extremos, y los cartografiadas en el mapa de susceptibilidad de inundación del MARN-DGOA. Dicho mapa constituye uno de los antecedentes más relevantes para la elaboración del presente diagnóstico de riesgo. El resultado es una capa con las zonas de inundación de frecuencia muy alta, alta y moderada.

La elaboración del mapa de riesgo de inundación se realiza a partir de otros existentes, correspondientes a las modelaciones hidráulicas de los ríos Lempa, Arenal de Monserrat y Paz. Para la delimitación de las zonas inundables asociadas a cada frecuencia se aplicaron los siguientes criterios:

- Delimitación de zona MODERADA a partir del límite de inundación en el evento Mitch a través de la imagen Landsat.
- Delimitación de zona ALTA a partir de la cota de 10 metros.
- Delimitación de zona MUY ALTA a partir de la cota de 5 metros.

En ausencia de este tipo de datos, se propone una forma simplificada de considerar toda la zona inundable como zona de peligro y trabajar con la frecuencia como elemento de valoración del nivel de riesgo de los elementos expuestos. De esta forma, la gradación de la peligrosidad resulta la siguiente:

• Zonas de frecuencia de inundación muy alta	→	peligrosidad muy alta.
• Zonas de frecuencia de inundación alta	→	peligrosidad alta.
• Zonas de frecuencia de inundación baja	→	peligrosidad moderada - baja

La segunda fase realizó el estudio de inundabilidad de las zonas complementarias; que identifica zonas potencialmente inundables, complementarias a las identificadas en el citado mapa de susceptibilidad, a partir de las cuales se definen los potenciales riesgos por inundación en dichas zonas, y se organizan siguiendo la estructura de las prioritarias.

A continuación se exponen los resultados de los trabajos realizados a nivel de región hidrográfica. Cabe señalar que la población en riesgo por inundaciones que se muestra por RH, corresponde solo a la parte del municipio que se encuentra dentro de la misma y no al total de la población. Un municipio puede compartir territorio entre una o varias regiones hidrográficas o zonas prioritarias, como es el caso de Sonsonate o Usulután.

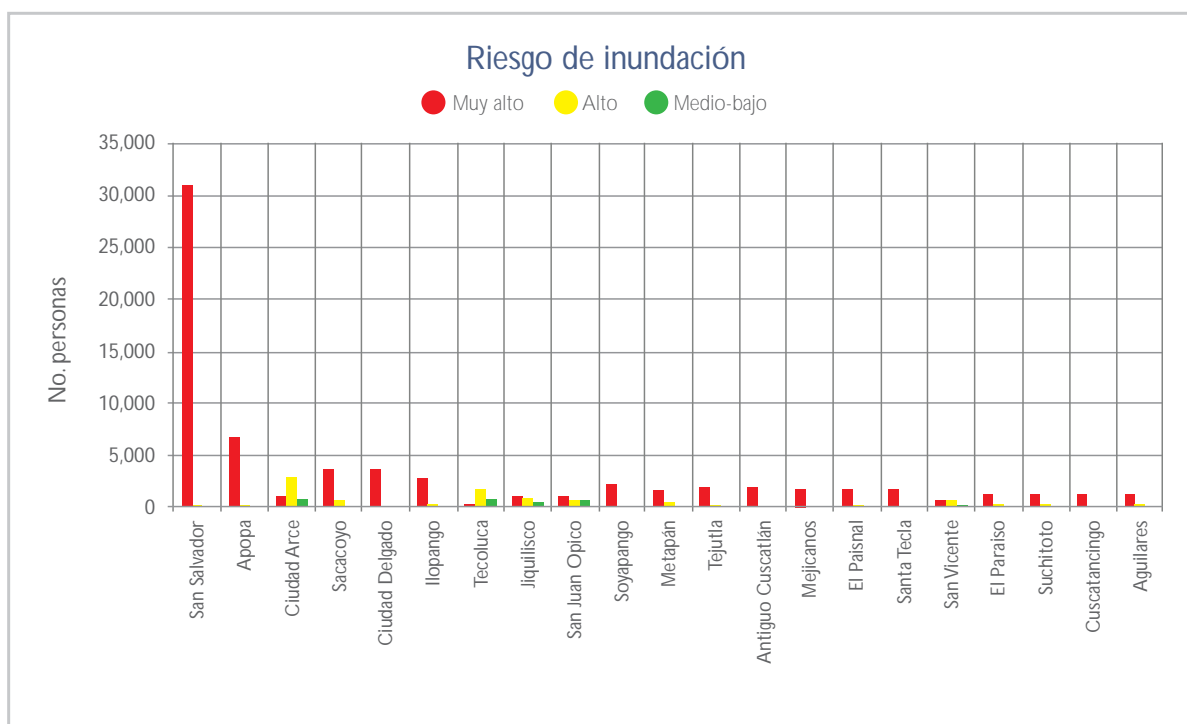
### 8.1.1. RH Lempa

#### 8.1.1.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Las poblaciones de los municipios de San Salvador, Apopa y Ciudad Delgado están sujetas a mayor nivel de riesgo por inundación.

La principal concentración de población en riesgo está en el núcleo urbano de San Salvador, donde se encuentran más de 31 000 personas en nivel de riesgo muy alto generado por las crecidas del río Acelhuate. En el gráfico 38 se muestran los municipios donde el número de personas en riesgo muy alto supera el millar.

**Gráfico 34.**  
Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica Lempa



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

En la zona de riesgo muy alto de mayor extensión está el municipio de San Pablo de Tacachico; con una extensión de 128 km<sup>2</sup>, se localiza cerca del río Suquiapa, afluente del río Lempa, situado en el departamento La Libertad.

El número de asentamientos de población ubicados en esta zona inundable es de 1760, destacando el municipio de Jiquilisco, en la desembocadura del río Lempa, que cuenta con 243 asentamientos con peligrosidad muy alta.

Entre los edificios de uso público en zona inundable se identifican 54 centros escolares, de los cuales 42 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, 17 de ellos en el municipio de San Salvador.

Infraestructura vial: se cuantifican 9.4 km de carretera implantada en zonas definidas como

inundables; dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta 2.3 km en el municipio de Tejutla, y 1.7 km en el de Suchitoto.

Áreas cultivadas: superficie superior a 8300 ha potencialmente inundables dedicadas a caña de azúcar, café, pastizales y granos básicos. El principal riesgo es la afección a cultivos esenciales para la población, que se ven afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 2670 ha en toda la región, siendo el municipio de Metapán el más afectado con 269 ha de granos básicos en una zona de frecuencia muy alta.

En la región Lempa existe un alto riesgo de inundación que afecta directamente a 90 000 personas en riesgo, de las cuales más de 75 000 se encuentran en riesgo muy alto. Además, en esta RH los granos básicos se ven especialmente amenazados por las inundaciones.

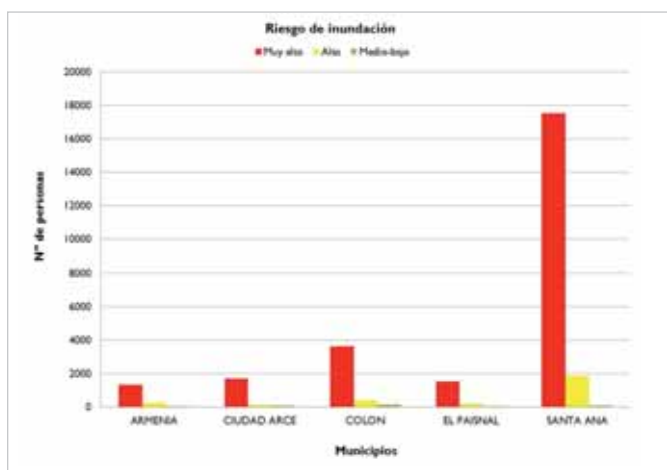


### 8.1.1.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio que concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación es Santa Ana, con más de 17 900 personas, de las cuales 16 255 se encuentran en riesgo muy alto de inundación. Este municipio se localiza cerca del río El Puente, afluente del río Suquiapa.

**Gráfico 35.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Lempa, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Se ubican en las zonas complementarias de esta RH en zona de inundación de frecuencia muy alta 368 asentamientos, destacando el municipio de El Paisal con 88.

En cuanto a las edificaciones de uso público, 19 centros escolares están en riesgo, de los cuales 16 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta (en el municipio de Santa Ana están diez).

En relación a las áreas cultivadas se identifica una superficie superior a 2500 ha potencialmente inundables dedicadas a la caña de azúcar, café, granos básicos y pastizales. Los granos básicos se ven afectados en unas 485 ha.

### 8.1.2. RH Paz

#### 8.1.2.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones en riesgo de inundación, el municipio de San Francisco Menéndez tiene el mayor nivel de riesgo, con más de 5200 personas. Este municipio está localizado cerca del río Cara Sucia, en el departamento de Ahuachapán.

**Gráfico 36.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Paz



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La zona de riesgo muy alto, de mayor extensión, está en el municipio de San Francisco Menéndez, tiene una extensión de 35.5 km<sup>2</sup>. El área total en riesgo de inundación de esta RH es de 154.2 km<sup>2</sup>.

El número de asentamientos de población es de 324, destacando el municipio de San Francisco Menéndez con 279 en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Entre los edificios de uso público están cinco centros escolares en zona de inundación de frecuencia muy alta, en San Francisco Menéndez.

Infraestructura vial: se cuantifican 0.2 km de carretera dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, en el municipio de Ahuachapán.



Áreas cultivadas: se identifica una superficie superior a 1482 ha dedicadas a caña de azúcar, pastizales y granos básicos, con 107 ha en zona de inundación de frecuencia muy alta en San Francisco Menéndez.

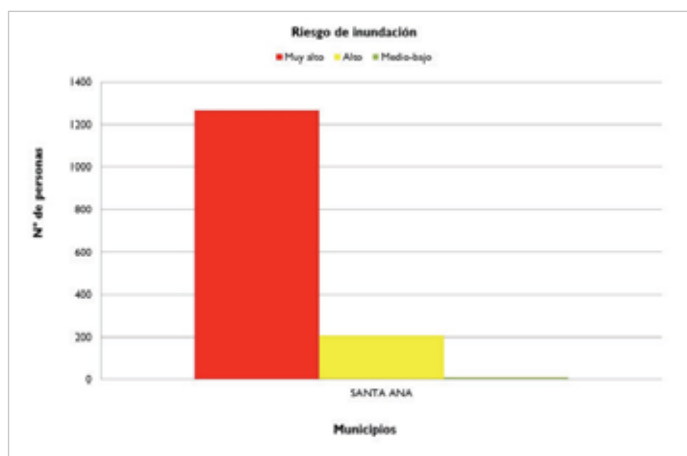
En la región Paz existe un alto riesgo de inundación que afecta directamente a 6700 personas, de las cuales más de 5200 se encuentran en riesgo muy alto.

### 8.1.2.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio que concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación es Santa Ana, con más de 1400 de las cuales 1269 se encuentran en riesgo muy alto. Siete asentamientos de población están ubicados en zonas inundables complementarias de esta región con frecuencia muy alta, en el municipio de Santa Ana.

Gráfico 37.

Riesgo de inundación de municipios. RH Paz, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Las edificaciones de uso público afectadas, está un centro escolar en zona de inundación de frecuencia muy alta.

Áreas cultivadas: una superficie de 53 ha dedicadas al café o a los granos básicos son potencialmente

inundables y 0.35 ha están dentro de zonas de inundación de frecuencia muy alta.

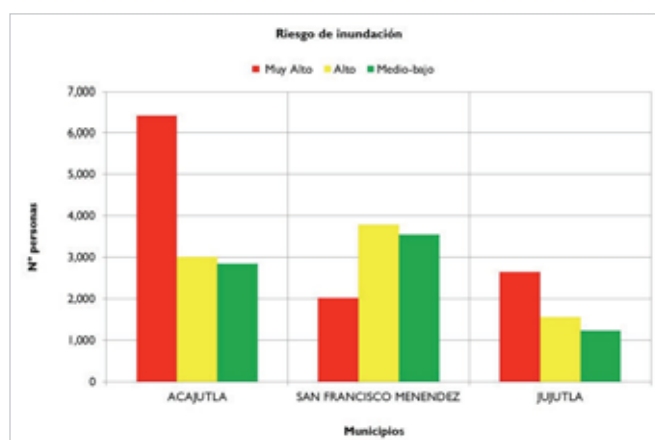
### 8.1.3. RH Cara Sucia - San Pedro

#### 8.1.3.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN-DGOA

El municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, tiene el mayor nivel de riesgo por inundación, 2000 personas en riesgo muy alto; es bañado por el río Grande de Sonsonate. El riesgo de inundación viene dado por las crecidas del curso bajo del río Sensunapán o Grande de Sonsonate.

Gráfico 38.

Riesgo de inundación de municipios. RH Cara Sucia - San Pedro



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La mayor zona de riesgo muy alto tiene una extensión de 65.6 km<sup>2</sup>, y la que se encuentra en riesgo de inundación es de 428.8 km<sup>2</sup>.

El número de asentamientos de población es de 1546, destacando, en el municipio de Acajutla, la presencia de 399 en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

De los edificios de uso público localizados en zona inundable diez centros escolares están en riesgo (seis en zona de inundación de frecuencia muy alta, tres de ellos en Acajutla).



Se identificaron 24.1 km de carretera en zonas inundables, entre estos, con frecuencia de inundación muy alta hay 0.4 km.

Los cultivos tienen 7700 ha potencialmente inundables (caña de azúcar, pastizales y granos básicos), inundación de frecuencia muy alta para unas 425 ha de los cuales 177 ha están en el municipio de Jujutla.

En la región Cara Sucia - San Pedro existe un alto riesgo de inundación que afecta a 27 000 personas, de las cuales más de 11 000 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

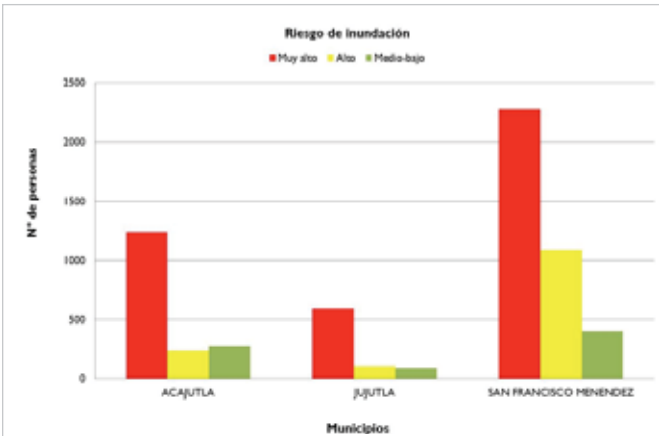
8.1.3.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio que concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación es San Francisco Menéndez, departamento de Ahuachapán, con más de 3700 personas, de las cuales 2272 se encuentran en riesgo muy alto de inundación. Es atravesado por el río Cara Sucia.

Otras poblaciones a destacar son los municipios de Acajutla, departamento de Sonsonate, y Jujutla, departamento de Ahuchapan, con 1755 y 791 personas en riesgo muy alto de inundación respectivamente. Ambos municipios son contiguos.

Gráfico 39.

Riesgo de inundación de municipios. RH Cara Sucia - San Pedro, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El número de asentamientos de población ubicados en zonas inundables complementarias de esta región es de 118 en zona de inundación de frecuencia muy alta. Acajutla tiene 55 y San Francisco Menéndez 46.

En cuanto a las edificaciones de uso público en zonas potencialmente inundables, de seis centros escolares cuatro se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta.

En relación a las áreas cultivadas, se identifica una superficie de unas 1900 ha potencialmente inundables, dedicadas a cultivos esenciales para la población como los granos básicos, y 450 ha en zonas de inundación de frecuencia muy alta.

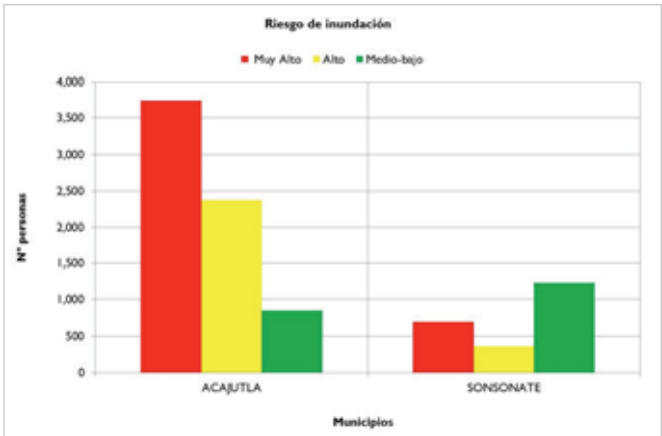
8.1.4. RH Grande de Sonsonate - Banderas

8.1.4.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones sujetas a riesgos por inundaciones, Acajutla es el municipio con mayor nivel de riesgo con más de 3700 personas. El número de asentamientos de población es de 343, destacando en el municipio de Sonsonate 156 en zonas de inundación muy alta.

Gráfico 40.

Riesgo de inundación de municipios. RH Grande de Sonsonate - Banderas



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La zona de riesgo muy alto de mayor extensión contiene al municipio de Sonsonate, 15.3 km<sup>2</sup>, y en riesgo de inundación, 338.5 km<sup>2</sup>.

De los edificios de uso público hay tres centros escolares, de los cuales dos se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, uno en Acajutla y otro en Sonsonate.

Infraestructura vial, se cuantifican 6.4 km de carretera implantada en zonas definidas como inundables, 1.9 km dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, en Acajutla.

Con respecto a los cultivos, un área superior a 2565 ha es potencialmente inundable, y la zona de inundación de frecuencia muy alta cubre unas 122 ha concentradas en el municipio de Sonsonate.

En la región Grande de Sonsonate el riesgo de inundación afecta directamente a 9200 personas, de las cuales más de 4400 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

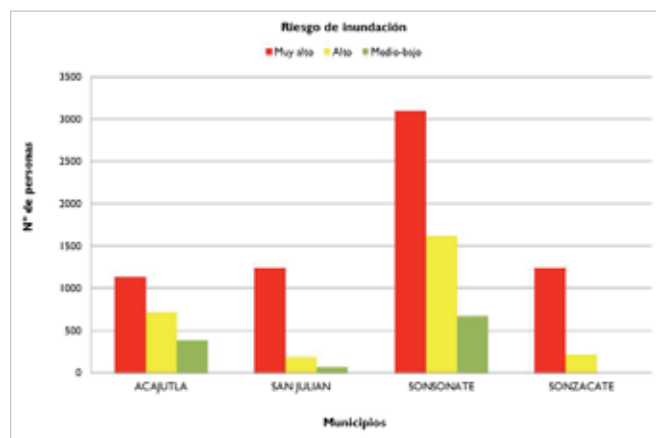
#### 8.1.4.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio que concentra un mayor número de personas en riesgo de inundación es Sonsonate, con más de 5300 personas en riesgo, de las cuales más de 3000 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

Otra población a destacar es el municipio de San Julián, con más de 1500 personas en riesgo de inundación, de las cuales más de 1200 están en riesgo muy alto de inundación.

**Gráfico 41.**

Riesgo de inundación de municipios. RH  
Grande de Sonsonate - Banderas,  
Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El número de asentamientos de población ubicados en las zonas inundables complementarias de esta región es de 219 en zona de inundación de frecuencia muy alta, destacando los municipios Sonsonate y Caluco con 56 y 51 asentamientos respectivamente.

Las edificaciones de uso público localizadas en las zonas potencialmente inundables, destacan siete centros escolares, tres se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, ubicados en los municipios de Caluco, Izalco y San Julián.

Áreas cultivadas: se identifica una superficie mayor de 2500 ha potencialmente inundables, dedicadas a la caña de azúcar, café, granos básicos y pastizales. Los granos básicos se ven afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 350 ha.



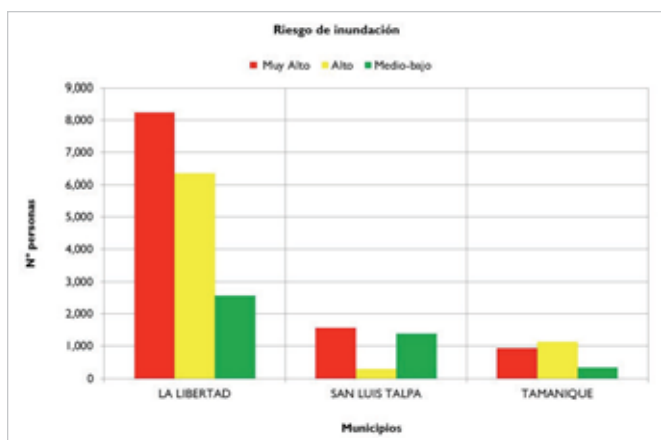
## 8.1.5. RH Mandinga - Comalapa

### 8.1.5.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones sujetas a riesgos por inundaciones destaca el municipio de La Libertad como el de mayor nivel de riesgo por inundación (17 127 personas). Este municipio cuenta con más de 8200 personas que se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

Gráfico 42.

Riesgo de inundación de municipios. RH Mandinga - Comalapa



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La zona de riesgo muy alto de mayor extensión esta en el municipio de La libertad, departamento La Libertad, cuenta con una extensión de 30.5 km<sup>2</sup>, localizada en la desembocadura de los ríos Tihuapa, Huiza, Aquiquisquillo, Amayo, San Antonio y Chilama. En esta región el área que se encuentra en riesgo de inundación es de 1216.9 km<sup>2</sup>.

El número de asentamientos de población ubicados en zona inundable es de 1788; 558 de ellos en zonas de frecuencias de inundación muy alta en el municipio de la Libertad.

De los edificios de uso público localizados en zona inundable se ubican 27 centros escolares, de los cuales siete se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, tres de ellos en el municipio de San Luis Talpa.

Infraestructura vial: se consideran 47 km de carretera implantada en zonas definidas como inundables, 9.8 km dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, de los cuales 4.6 km se encuentran en el municipio de La Libertad.

Áreas cultivadas: se identifica una superficie total superior a 7249 ha potencialmente inundables dedicadas a caña de azúcar, pastizales y granos básicos. El principal riesgo se identifica en la afección a cultivos esenciales para la población como son los granos básicos. Este tipo de cultivo se ve afectado por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 219 ha en toda la región, siendo el municipio de La Libertad el más afectado con 97 ha de granos básicos situado en una zona de inundación con frecuencia muy alta.

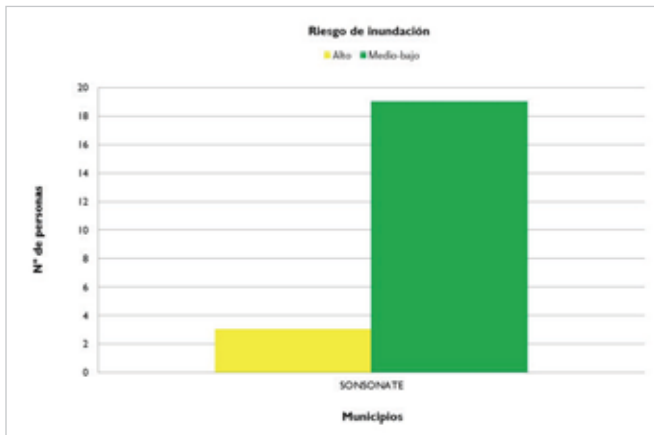
En la región Mandinga - Comalapa existe un alto riesgo de inundación que afecta directamente a 29 500 personas en riesgo, más de 13 000 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

### 8.1.5.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio que concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación es Sonsonate, con 22 personas en riesgo de inundación; cabe señalar que este número solo hace referencia a la parte del municipio que se encuentra dentro de la región Mandinga - Comalapa. La mayor parte de municipios están localizados en la RH Grande de Sonsonate - Banderas, donde más de 3000 personas se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

**Gráfico 43.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Mandinga - Comalapa, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Áreas cultivadas: se identifica una superficie total mayor de 60 ha potencialmente inundables, dedicadas a pastizales.

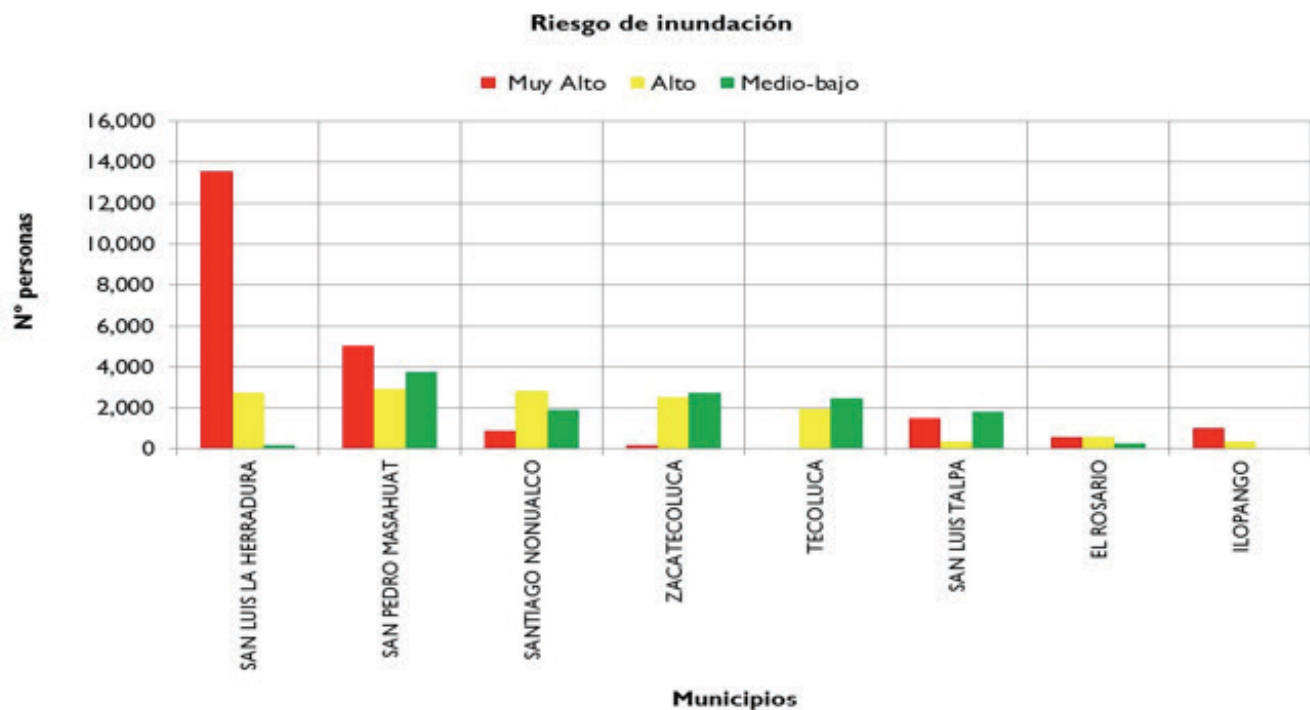
### 8.1.6. RH Jiboa - Estero de Jaltepeque

#### 8.1.6.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones sujetas a riesgos por inundaciones, el municipio que enfrenta el mayor nivel de riesgo es San Luis la Herradura, departamento de La Paz; está ubicado en la desembocadura del río Amayo. En este municipio, más de 16 400 personas están en riesgo de inundación, de las cuales 13 000 se sitúan en el nivel de riesgo muy alto.

**Gráfico 44.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Jiboa - Estero de Jaltepeque



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El municipio de Santiago Texacuango es la zona de mayor extensión, 106.6 km<sup>2</sup>, con riesgo muy alto, se localiza en el departamento de San

Salvador. La RH es atravesada por el río Chaguíte; el área que se encuentra en riesgo de inundación es de 1990.6 km<sup>2</sup>.





El número de asentamientos de población ubicados en zona inundable es de 680; 132 en el municipio de San Luis Talpa en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Entre los edificios de uso público en zona inundable se identifican ocho centros escolares: siete se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, tres de ellos en el municipio de San Luis Talpa.

Infraestructura vial: 69.6 km de carretera implantada en zonas definidas como inundables, 35.2 km dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, de los cuales 17.9 km se encuentran en el municipio de San Luis La Herradura.

Las áreas cultivadas abarcan una superficie total de 20 549 ha, potencialmente inundables, dedicadas a caña de azúcar, café, pastizales y granos básicos. Este último cultivo es afectado por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 1384 ha en toda la región, siendo el municipio de San Pedro Masahuat el más afectado con 517 ha.

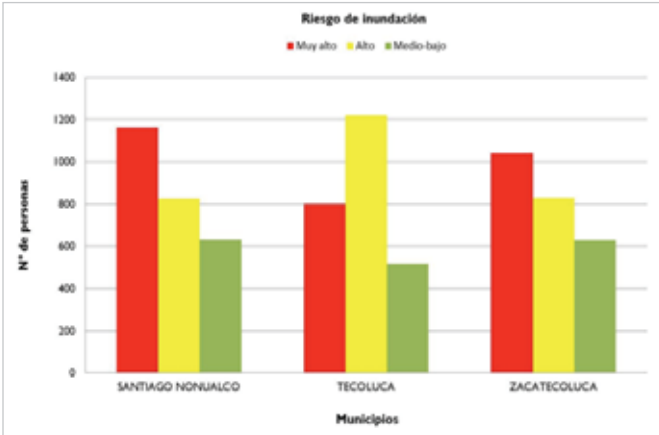
En la región Jiboa - Estero de Jaltepeque existe un alto riesgo de inundación que afecta directamente a 51 000 personas, de las cuales más de 23 000 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

8.1.6.2. Estudio de zonas complementarias

El municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz, concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación con más de 2600 personas, de ellas más de 1160 en riesgo muy alto de inundación; es atravesado por el río Comapa.

Otro municipio es Zacatecoluca, departamento de La Paz, con más de 2490 personas en riesgo de inundación, de las cuales más de 1000 en riesgo muy alto de inundación.

Gráfico 45.  
Riesgo de inundación de municipios. RH  
Jiboa - Estero de Jaltepeque,  
Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Los asentamientos de población ubicados en las zonas inundables complementarias de esta región son 203 en zona de inundación de frecuencia muy alta, destacando el municipio de Jiquilisco con 96 asentamientos en esta condición.

Las edificaciones de uso público en zonas potencialmente inundables llegan a nueve centros escolares, de los cuales seis se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, tres en Jiquilisco y tres en Usulután.

Las áreas cultivadas comprenden una superficie mayor de 1400 ha potencialmente inundables, dedicadas a la caña de azúcar, café, pastizales y granos básicos; los últimos afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 250 ha.

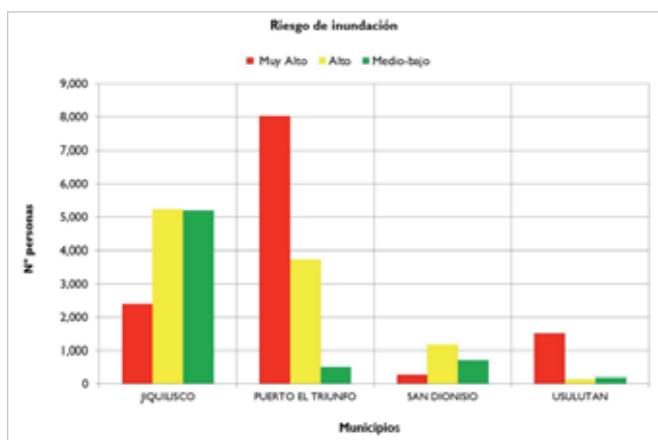
8.1.7. RH Bahía de Jiquilisco

8.1.7.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones sujetas a riesgos por inundaciones destaca el municipio de Puerto El Triunfo con 8000 personas en nivel de riesgo muy alto.

**Gráfico 46.**

Riesgo de inundación de municipios. Región Hidrográfica  
Bahía de Jiquilisco



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La zona de riesgo muy alto de mayor extensión está en el municipio de Jiquilisco, departamento de Usulután, con una extensión de 33 km<sup>2</sup>. En esta RH el área que se encuentra en riesgo de inundación es de 3409.9 km<sup>2</sup>.

Los asentamientos de población ubicados en zona inundable llegan a 4444, solo en el municipio de Jiquilisco, 1559 en zonas de frecuencia de inundación muy alta; y el municipio de Puerto el Triunfo con 1299 asentamientos en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Los edificios públicos en zona inundable llegan a 33 centros escolares, de los cuales 24 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, diez de ellos en el municipio de Jiquilisco y otros diez en Puerto el Triunfo.

Infraestructura vial: se cuantifican 28.3 km de carretera en zonas definidas como inundables; de ellos 3.6 km de inundación muy alta en el municipio de Usulután.

Las áreas cultivadas alcanzan una superficie superior a 9202 ha potencialmente inundables, en su mayor parte dedicadas a caña de azúcar, café, pastizales y granos básicos; estos últimos afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta

en unas 1101 ha en toda la región, el municipio de Jiquilisco es el más afectado con 924 ha situadas en una zona de inundación con frecuencia muy alta.

La región Bahía de Jiquilisco presenta un alto riesgo de inundación que afecta directamente a 29 000 personas en riesgo, de las cuales más de 12 000 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

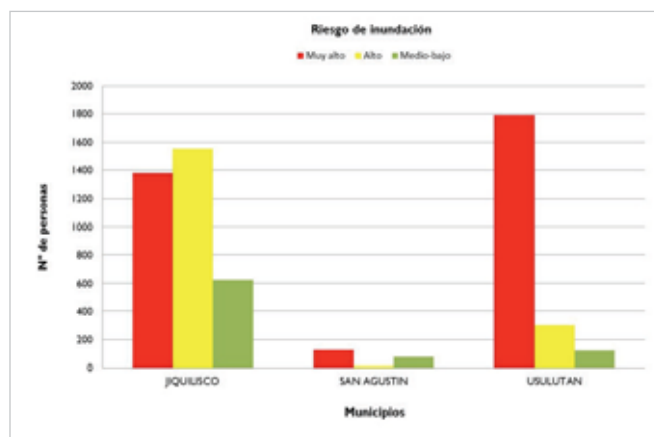
#### 8.1.7.2. Estudio de zonas complementarias

Usulután es el municipio que concentra el mayor número de personas, 3500 en riesgo de inundación, de las cuales más de 1700 se encuentran en riesgo muy alto.

Le sigue el municipio de Jiquilisco con más de 1300 personas en riesgo muy alto de inundación. El número de personas del municipio de Usulután que se muestra en el siguiente gráfico corresponde sólo a la parte del municipio que está dentro de la RH Bahía de Jiquilisco y no a la población total.

**Gráfico 47.**

Riesgo de inundación de municipios. RH  
Bahía de Jiquilisco, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El número de asentamientos de población ubicados en las zonas inundables complementarias de esta región es de 203 en zona de inundación de frecuencia muy alta, destacando el municipio Jiquilisco con 96 asentamientos.



En cuanto a las edificaciones de uso público en zonas potencialmente inundables se encuentran nueve centros escolares, de los cuales seis están en zona de inundación de frecuencia muy alta, tres en el municipio Jiquilisco y otros tres en Usulután.

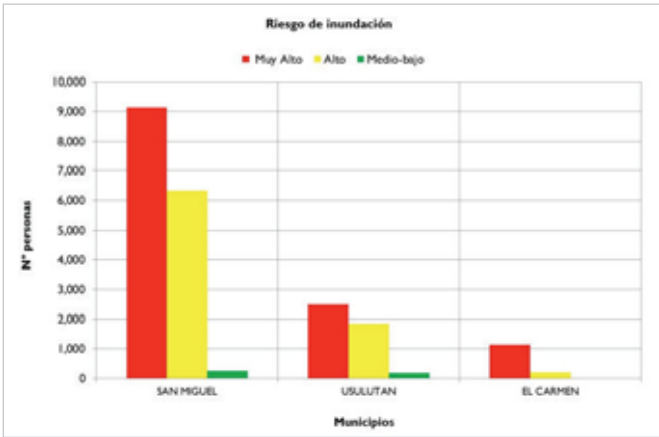
Áreas cultivadas: se identifica una superficie total mayor de 1400 ha potencialmente inundables, dedicadas a la caña de azúcar, café, granos básicos y pastizales. Los granos básicos se ven afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 250 ha.

### 8.1.8. RH Grande de San Miguel

#### 8.1.8.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

Entre las poblaciones sujetas a riesgos por inundaciones, el municipio de San Miguel enfrenta mayor nivel de riesgo por inundación; más de 9000 personas están en nivel de riesgo muy alto.

**Gráfico 48.**  
Riesgo de inundación de municipios. RH Grande de San Miguel



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El municipio de San Miguel, en el departamento del mismo nombre, cuenta con la zona de riesgo muy

alto de mayor extensión: 134.2 km<sup>2</sup>. El municipio es atravesado por el brazo del río Grande de San Miguel. En esta RH el área total que se encuentra en riesgo de inundación es de 4446.3 km<sup>2</sup>.

El número de asentamientos de población en zona inundable, en esta RH, es de 1240; 438 en el municipio de San Miguel en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Entre los edificios de uso público en zona inundable se identifican 33 centros escolares, de los cuales 24 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, 12 de ellos en el municipio de San Miguel.

Infraestructura vial: se cuantifican 23.1 km de carretera en zonas definidas como inundables, 15.1 km dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, de los cuales 13.3 km están en el municipio de San Miguel.

Áreas cultivadas: se identifica una superficie total superior a 8980 ha potencialmente inundables dedicadas a caña de azúcar, pastizales y granos básicos; estos últimos se ven afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 1,846 ha en toda la región; 1578 ha en el municipio de San Miguel.

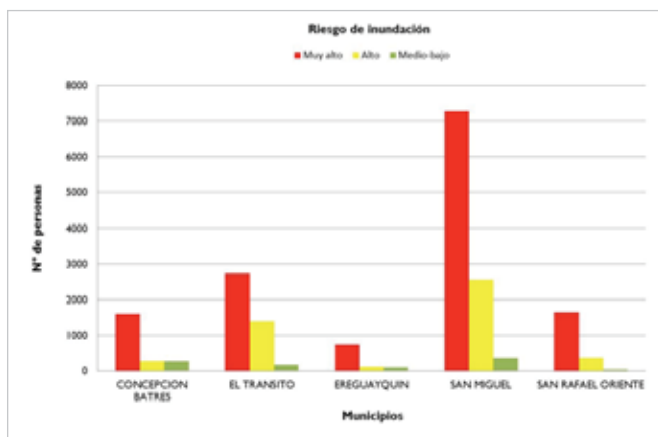
En la región Grande de San Miguel existe un alto riesgo de inundación que afecta a más de 28 000 personas en riesgo, de las cuales más de 14 500 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

#### 8.1.8.2. Estudio de zonas complementarias

En cuanto a las zonas complementarias, el municipio que concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación es San Miguel, con más de 10 200 personas en riesgo, de las cuales 7280 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

**Gráfico 49.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Grande de San Miguel, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El número de asentamientos de población ubicados en zonas inundables complementarias de esta región es de 540 en zona de inundación de frecuencia muy alta, destacando los municipios de El Tránsito y Concepción Batres con 85 y 72 asentamientos respectivamente.

Las edificaciones públicas en zonas potencialmente inundables llegan a 14 centros escolares, de los cuales 12 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, seis de ellos ubicados en el municipio de San Miguel.

Áreas cultivadas: una superficie mayor de 1 680 ha potencialmente inundables, dedicadas a la caña de azúcar, café, pastizales y granos básicos; este último es el cultivo con mayor superficie potencialmente inundable, se ve especialmente afectado por las inundaciones de frecuencia muy alta en unas 575 ha.

### 8.1.9. RH Sirama

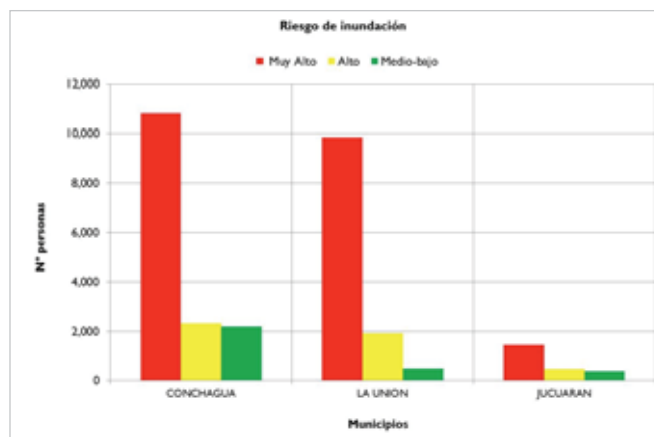
#### 8.1.9.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

En esta RH son los municipios de Conchagua con la mayor población en riesgo, y La Unión con la mayor población con riesgo de inundación muy

alto (9840 personas). Ambos municipios son contiguos y están localizados en el departamento de La Unión.

**Gráfico 50.**

Riesgo de inundación de municipios. RH Sirama



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La zona de riesgo muy alto de mayor extensión está en el municipio de Jucuarán, departamento de Usulután, con una extensión de 111.8 km<sup>2</sup> y es atravesada por el río Grande de San Miguel. En esta RH el área en riesgo de inundación es de 3262 km<sup>2</sup>.

Los asentamientos de población ubicados en zona inundable son 1522, destacando en el municipio de Conchagua 367 en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Los edificios públicos en zona inundable suman 38 centros escolares; 22 se encuentran en zona de inundación de frecuencia muy alta, de estos, ocho están en el municipio de La Unión.

Infraestructura vial: 31.7 km de carretera implantada en zonas inundables, 10.6 km dentro de la zona de frecuencia de inundación muy alta, de los cuales 5.1 km se encuentran en el municipio de Conchagua.



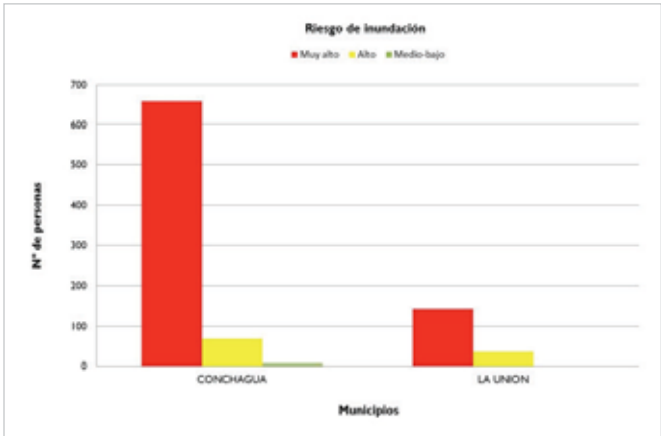
Áreas cultivadas: superficie superior a 4443 ha potencialmente inundables, dedicadas a caña de azúcar, pastizales y granos básicos. Este último se ve afectado por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 617 ha en toda la región; el municipio más afectado es Conchagua con 295 ha.

La RH Sirama presenta un alto riesgo de inundación que afecta directamente a más de 34 800 personas en riesgo, de las cuales más de 23 200 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

8.1.9.2. Estudio de zonas complementarias

Conchagua concentra el mayor número de personas en riesgo de inundación, en zonas complementarias, con más de 730 personas en riesgo, más de 650 en riesgo muy alto de inundación.

Gráfico 51.  
Riesgo de inundación de municipios. RH Sirama, Zonas Complementarias



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

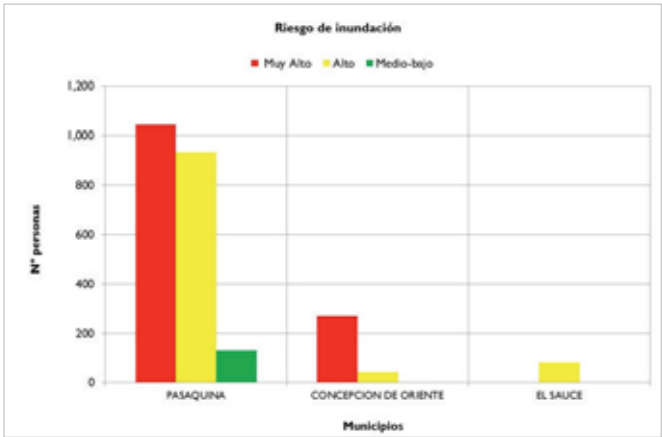
Dos son los asentamientos poblacionales en zona de inundación de frecuencia muy alta, ubicados en el municipio Conchagua. En relación a las áreas cultivadas, una superficie total mayor de 13.75 ha potencialmente inundables es dedicada a pastizales.

8.1.10. RH Goascorán

8.1.10.1. Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN - DGOA

En esta región el área que se encuentra en riesgo de inundación es de 609.9 km<sup>2</sup>. El municipio de Pasaquina, departamento de La Unión, atravesado por el río Pasaquina, es el que presenta mayor nivel de riesgo por inundación. Más de 1000 personas se encuentran en el nivel de riesgo muy alto.

Gráfico 52.  
Riesgo de inundación de municipios.  
RH Goascorán



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

El municipio de Concepción de Oriente, departamento de La Unión, atravesado por el río Guaripe, tiene la zona de riesgo muy alto de mayor extensión, 18.5 km<sup>2</sup>.

Los asentamientos de población ubicados en zona inundable son 269; solo en el municipio de Pasaquina hay 159 en zonas de frecuencia de inundación muy alta.

Cuatro centros escolares están en zona de inundación de frecuencia muy alta, todos en el municipio de Pasaquina.

Infraestructura vial: 0.2 km de carretera implantada en zona de frecuencia de inundación muy alta en el municipio de Pasaquina.



Una superficie total de 1394 dedicadas a pastizales y a granos básicos están en zonas potencialmente inundables. Los granos básicos se ven afectados por zonas de inundación de frecuencia muy alta en unas 262 ha en toda la región.

En la RH Goascorán el riesgo de inundación afecta directamente a 2400 personas, de las cuales más de 1300 se encuentran en riesgo muy alto de inundación.

#### 8.1.10.2. Estudio de zonas complementarias

En la RH Goascorán no se encuentra ninguna ZP por lo que no se incluye en el estudio.

#### 8.1.11. Síntesis

Actualmente, más de 180 000 personas están en zonas de riesgo muy alto de inundación. Si no se realizan actuaciones para reducir este riesgo, dicha población se incrementará dado el crecimiento demográfico previsto y la falta de ordenamiento territorial que impide la creación y/o ampliación de los usos antrópicos en zonas inundables.

## 8.2. Riesgo por sequía

Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica constituyen la lista de países ubicados en el Corredor Seco Centroamericano. Este es un fenómeno climático de base ecológica, definido como un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecorregión de bosque tropical seco de Centroamérica, que inicia en Chiapas, México, y abarca especialmente las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región comprendida entre las elevaciones de 0 a 800 msnm en los países desde Guatemala hasta Guanacaste en Costa Rica.

La sequía característica del Corredor Seco Centroamericano tiene una definición diferente a las sequías de otras partes del mundo, se refiere a ese periodo de tiempo durante la estación lluviosa denominado “canícula interestival”. Es un fenómeno cíclico asociado al fenómeno El Niño

de la Oscilación Sur (ENOS). En los últimos 60 años se observan alrededor de diez eventos “Niños”, que se extienden entre 12 y 36 meses, según la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.

La sequía en Centroamérica se relaciona más con la distribución anómala de la precipitación dentro del periodo lluvioso, especialmente cuando inicia la lluvia, se manifiesta en las dos últimas semanas del mes de junio, en la segunda y tercera semana de julio y en las primeras semanas del mes de agosto. Solo en los eventos más críticos, la anomalía aumenta por un déficit importante de precipitación total anual o se prolonga durante todo el periodo de la postrera. Es decir, que la sequía meteorológica es suficientemente acentuada para convertirse en una sequía agrícola; sin embargo, la prolongación no suele ser tan grande como para convertirse en una sequía hidrológica severa, y muchos de los efectos de estrés hídrico derivados se deben generalmente a un mal manejo de cuencas, relacionados con otros aspectos como deforestación, uso inadecuado de suelos, pérdida de la capacidad de almacenamiento del suelo, de fertilidad, de capacidad de infiltración, de fuentes de agua, secado de ríos, bajo rendimiento de los cultivos, etc. La agricultura es muy susceptible a los impactos de la canícula, lo que conlleva a un mayor uso de fertilizantes y pesticidas químicos, a un aumento de costos y a la descapitalización de las unidades productoras.

Para lograr la resiliencia de los sistemas productivos, lo esencial de la seguridad alimentaria tiene que estar basada en la retención de la humedad y la fertilidad de los suelos, el acceso al agua y la gestión del riesgo. Para ello se requiere un enfoque de cuenca, subcuenca, microcuenca e incluso de finca o parcela, pasando por la restauración ambiental de los ecosistemas, que permita mejorar el ciclo hidrológico como un objetivo estratégico regional.

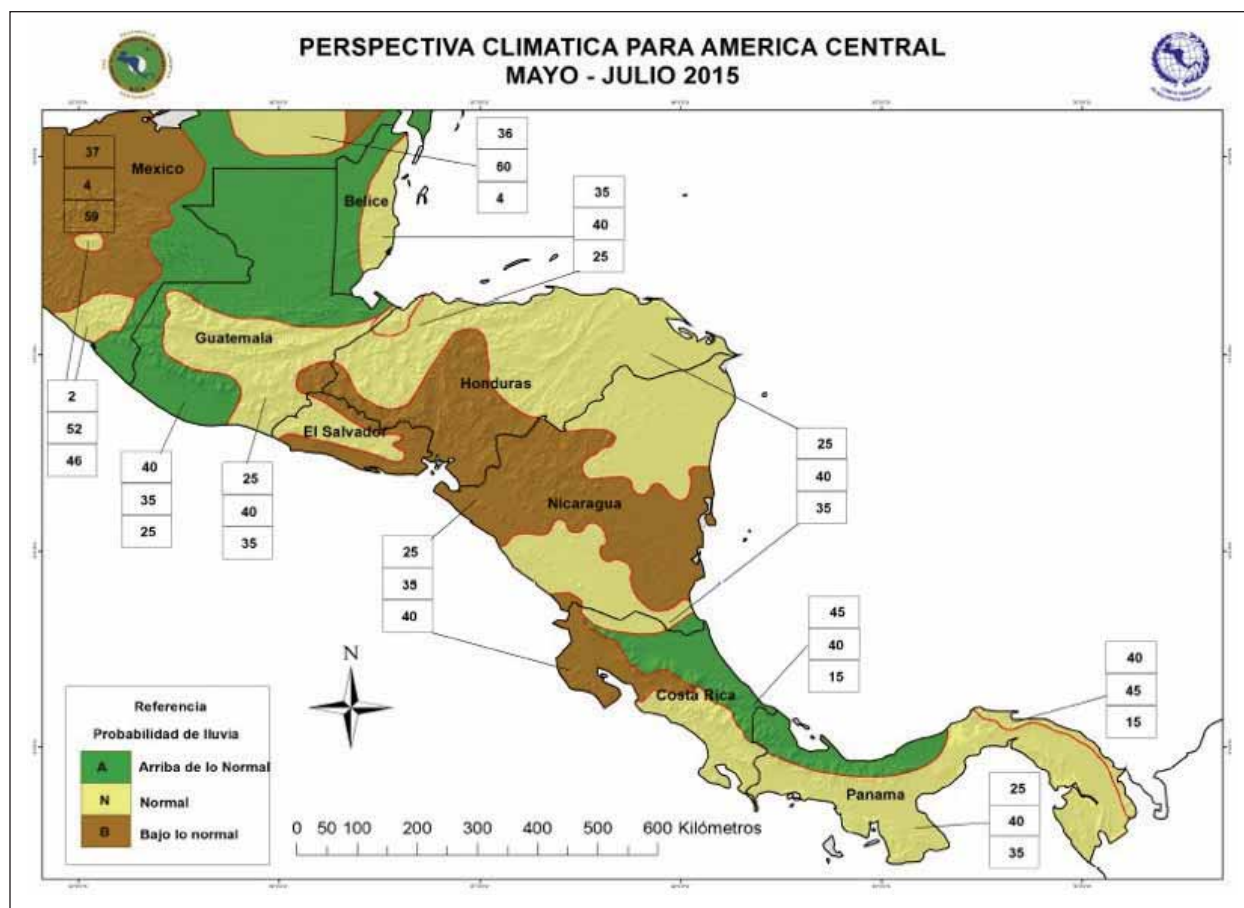
En el XLVI Foro del Clima de América Central (CRRH-SICA, 2015) se estimaron las probabilidades



de que la lluvia acumulada en el periodo mayo-julio 2015 esté en un rango debajo de lo normal (B), en el rango normal (N), o en el rango arriba de lo normal (A).

Las zonas en que la lluvia acumulada en el periodo se ubique dentro de cada uno de estos rangos, se identifican con colores en el mapa 31. Para cada zona se indican los niveles de probabilidad de ocurrencia dentro de cada rango.

Mapa 31.  
Perspectiva climática para Mesoamérica



Fuente: CRRH-SICA, 2015.

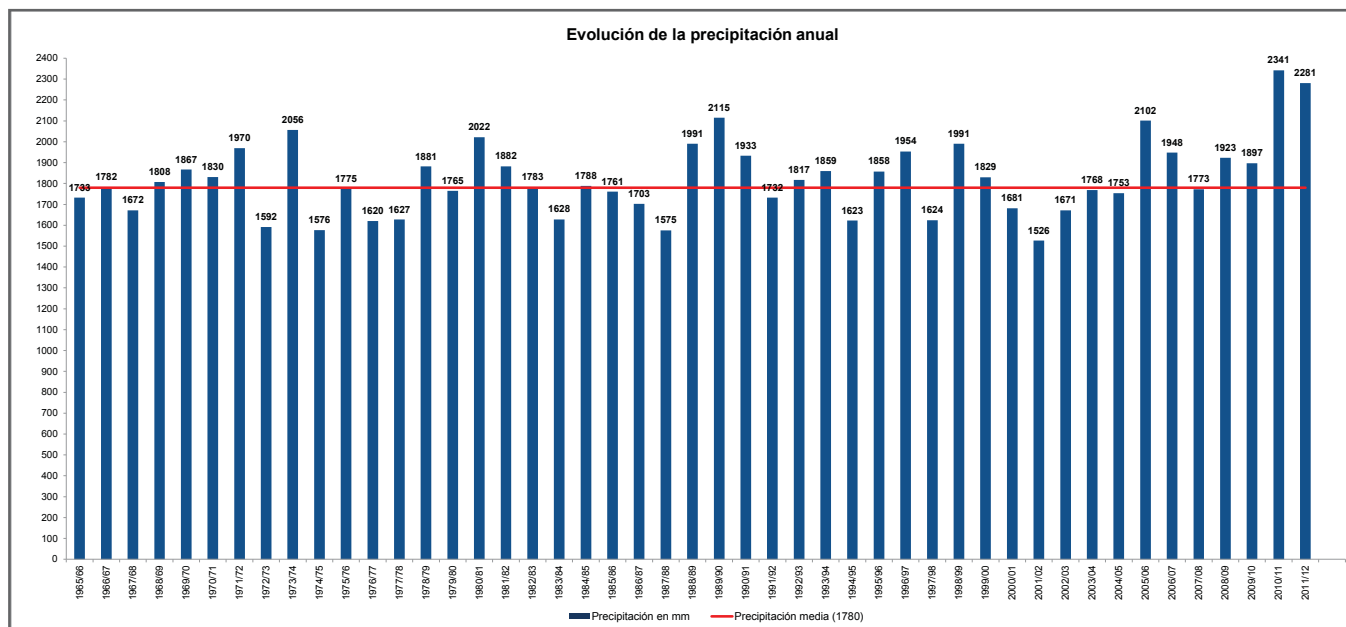
En El Salvador, la precipitación promedio histórica multianual del periodo 1965/2012 se cifra en 1785 mm, con una desviación típica de 219 mm. En dicho periodo, se consideran años secos aquellos que se encuentran por debajo del valor promedio. En total se contabilizan diez periodos de precipitación por debajo de la media, que suponen un

total de 23 años secos de los 47 años de la Serie Histórica.

A la variabilidad temporal en la distribución de las precipitaciones se añade la variabilidad en la distribución espacial. Las precipitaciones ofrecen una buena correlación con la altitud.

Gráfico 53.

Evolución de la precipitación anual en El Salvador (en mm/año) e identificación de años secos



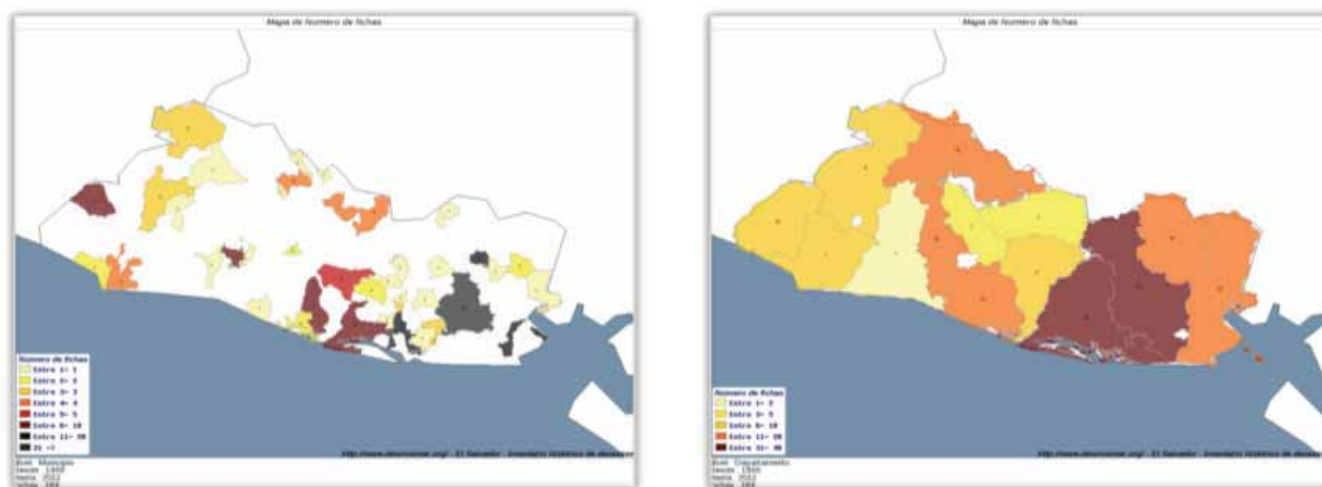
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

En la geobase de datos de desastres naturales a nivel mundial, Desinventar, con comienzo en 1900, se trazan 184 fichas de eventos de sequías que afectan a diferentes regiones o municipios en El Salvador. Así, los departamentos de Usulután, San

Miguel, Morazán y La Unión son los que registran mayor número de eventos de sequía en el país. Por municipios, los que presentan un mayor número de registro de impactos por sequía son San Miguel, Usulután, San Francisco Gotera y La Unión.

Mapa 32.

Distribución de fichas de sequías por municipios (izq.) y por departamento (dcha.)



Fuente: Desinventar, 2012.

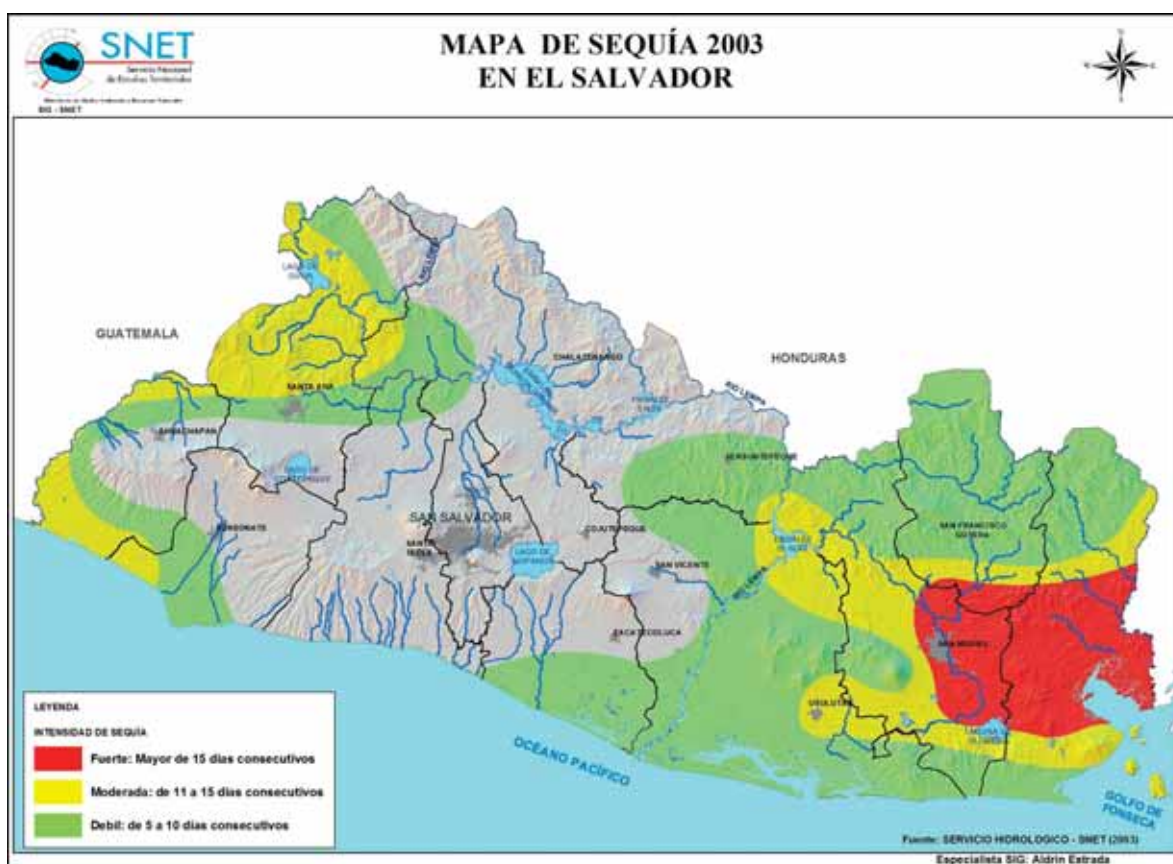


El caso de la canícula en El Salvador es objeto de estudio y seguimiento por la DGOA (anteriormente SNET) del MARN, y cuenta con una caracterización de los fenómenos de sequía canicular registrados. La canícula aparece con mayor frecuencia en el segundo grupo de diez días de julio y los primeros diez días de agosto. En la zona oriental, estos periodos de canícula, especialmente en el mes de julio, suponen disminuciones apreciables de la precipitación acumulada mensual, como sucedió en 1976 (50 mm), 1977 (2 mm), 1983 (60 mm), 1986 (15 mm), 1991 (8 mm) y 1994 (39 mm) (SNET, 2003), en comparación con los 268 mm de lluvia como promedio multianual de la serie histórica en el mes de julio. Es más frecuente que en buena parte del país, en la segunda década de julio, aparezcan periodos secos consecutivos de

seis días o menos, siendo menos frecuentes los periodos de diez días; estos últimos se concentran en la zona oriental.

El mapa mostrado es elaborado a partir de mapas correspondientes a los periodos caniculares de 2002 y anteriores. En la zona oriental se muestra un área apreciable afectada por una sequía fuerte (más de 15 días secos consecutivos); el resto de la zona oriental, hasta parte de la zona central, es afectada con sequías de débiles a moderadas (de 5 a 10 días y de 11 a 15 días secos consecutivos). También, la zona occidental es influenciada por sequías de débiles a moderadas, y solo algo menos de la mitad del territorio nacional no es afectado significativamente con periodos secos frecuentes asociados al periodo canicular.

Mapa 33.  
Canículas de El Salvador



Fuente: SNET, 2003.

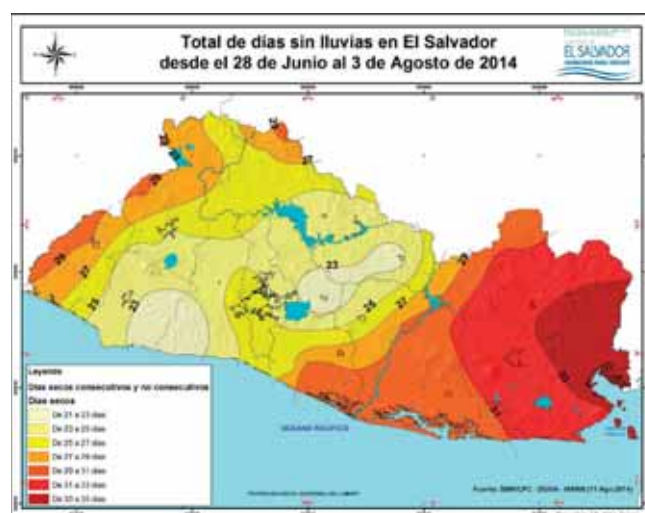


Desde 2012, se registran episodios de fuerte canícula<sup>13</sup>; 32 días en el 2012; en 2013, 23 días; en el 2014, 31 días secos consecutivos. Julio de 2014

es el mes más seco históricamente registrado (MARN-DGOA, 2015)

Mapa 34.

Caracterización de eventos de sequía de tipo canicular recientes en El Salvador



Fuente: MARN - DGOA, 2015.

Para la elaboración del PNGIRH se analizaron distintos tipos de índices para la caracterización y seguimiento de la sequía. Entre ellos, se consideran los indicadores de peligrosidad de la sequía que permiten definir la intensidad de la sequía y establecer protocolos de actuación para su gestión y mitigación de sus impactos. Entre los distintos tipos de indicadores evaluados, se seleccionó el Índice SPI, cuya clasificación se presenta en el Cuadro 56:

Cuadro 56.

Clasificación de valores de SPI

Intensidad de la sequía	Valor del SPI
Sequía extrema	$< -2,00$
Sequía severa	$-2,00 < \text{SPI} < -1,50$
Periodo seco	$-1,50 < \text{SPI} < -1,00$
Periodo normal	$-1,00 < \text{SPI} < 0,00$

Fuente: McKee; Doesken; Kleist, 1995

Se desarrollan dos tipos de análisis del Índice SPI:

- El Índice SPI anual y anual acumulado: permite identificar años y periodos de años secos por sequía meteorológica de larga duración y caracterizar su intensidad. Los tres periodos secos, de al menos cuatro años de duración, identificados en la Serie Histórica se presentan en el cuadro 57. Dado que la escala temporal de análisis de este índice es la anual, este no es adecuado para el seguimiento de sequías de tipo canicular (de corta duración, medidas en días secos consecutivos).
- El Índice SPI mensual: se efectúa a escala mensual y permite la identificación de fenómenos de canícula acaecidos a lo largo de la Serie Histórica, fundamentalmente los eventos de mayor intensidad, ya que canículas de muy corta duración (inferiores o iguales a seis días), probablemente no sean detectadas en el análisis a nivel mensual.

<sup>13</sup> En función de su duración la canícula se considera débil (5 a 10 días secos consecutivos), moderada (11 a 15 días secos consecutivos) y fuerte (mayor de 15 días secos consecutivos).



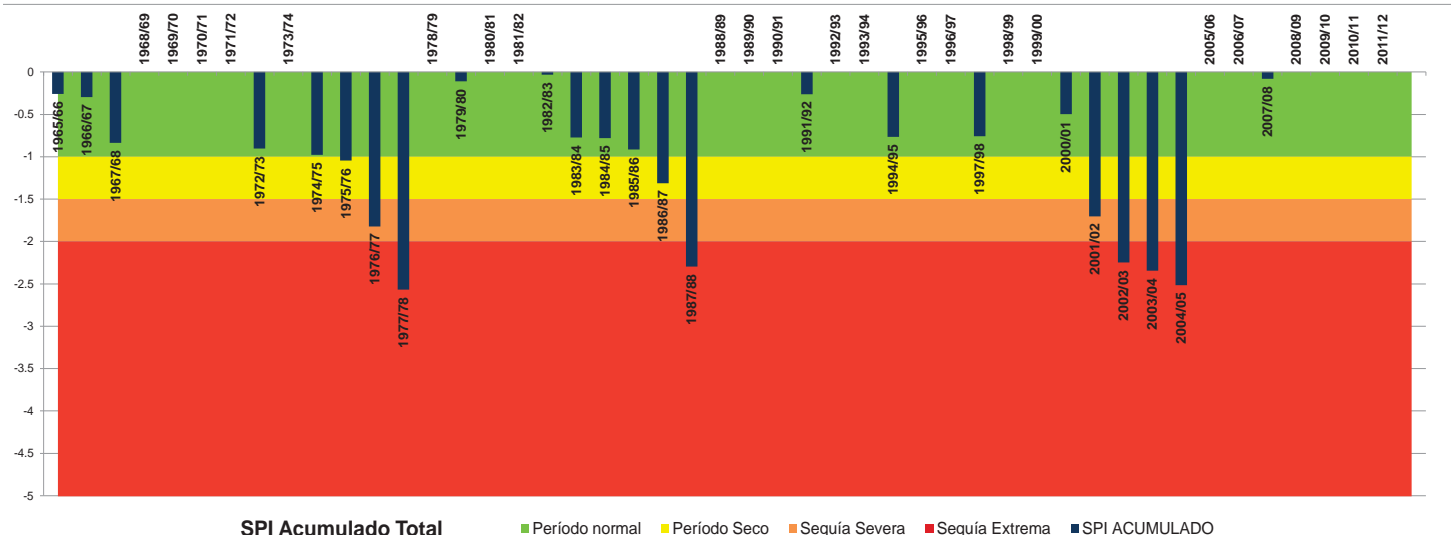


Cuadro 57.  
Clasificación de periodos secos en El Salvador

Período	Duración (años hidrológicos)	SPI acumulado	Precipitación mínima
			mm
1974/75 - 1977/78	4 años	-2,61	1576 (1974/75)
1982/83 - 1987/88	6 años	-2,35	1575 (1987/88)
2000/01 - 2004/05	5 años	-2,51	1526 (2000/01)

Fuente: elaboración del MARN con datos del 2014 para la formulación del PNGIRH.

Gráfico 54.  
SPI global acumulado para periodos secos en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Adicionalmente, se buscan indicadores que permitan estimar la vulnerabilidad de los sistemas de explotación frente a las sequías. Así, se proponen como indicadores de vulnerabilidad frente a la sequía los siguientes:

- El Índice de estrés hídrico (IEH o WEI) de los sistemas de explotación, que consiste en la relación entre el volumen de demandas consuntivas con los recursos disponibles. Este índice puesto en relación con el mapa de peligrosidad por sequía permite localizar las zonas o sistemas de explotación más vulnerables a la sequía, y qué peso sobre el volumen de recursos hídricos disponibles representan las demandas que podrían verse comprometidas en situación de

sequía. El análisis del déficit hídrico experimentado por las UDA en la Serie Histórica, permite evaluar la mayor afección que los años secos tienen en los cultivos bajo riego, con déficits hídricos más o menos atribuidos en función del grado de peligrosidad de la sequía. En este caso, los resultados de la modelación del balance hídrico en los sistemas de explotación, ubican los meses con déficits hídricos durante la época seca, en marzo y abril, aunque depende del tipo de cultivo. Por tanto, la sequía canicular no implica daños directos sobre las demandas de usos consuntivos ni sobre la agricultura de bajo riego. Sin embargo, sí se pueden ver afectadas por la sequía meteorológica de larga duración y la sequía hidrológica.

- El Índice de estrés hídrico para los cultivos no regados: obtenido de la relación entre el déficit promedio experimentado por los cultivos principales no regados (maíz y frijol) por unidad de superficie cultivada, es de aplicación únicamente a los cultivos no regados, que resultan vulnerables a la sequía de tipo canicular al carecer de sistemas de riego alternativos. Para obtenerlo es necesaria la previa evaluación de

los déficits hídricos de los cultivos no regados en la Serie Histórica, así como la identificación de los periodos de sequía canicular.

A modo de ejemplo se presentan los resultados del balance entre precipitación y necesidad hídrica del maíz para las SE Grande de San Miguel y Goascorán, la más afectada por las canículas.

Gráfico 55.

Déficit de lluvia (mm) respecto a la necesidad hídrica del cultivo de maíz - RH San Miguel



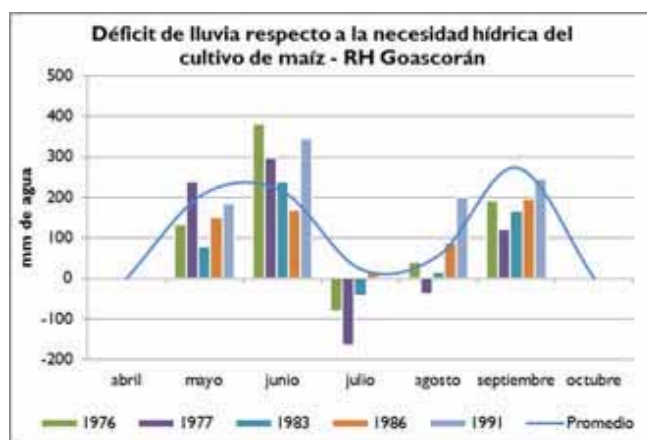
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Como se observa, en los meses de julio, y en algunos casos agosto, la lluvia de estos años está muy por debajo de las necesidades mínimas del cultivo, indicando un gran estrés e impacto sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo.

A partir del déficit promedio experimentado por el cultivo del maíz y el frijol en los meses de julio y agosto, se calcula el volumen de agua necesario en un año seco para cubrir dichos déficits hídricos en tales meses, y mitigar los impactos de la sequía. El volumen corresponde al déficit promedio de la Serie Histórica, por lo que no sería suficiente para cubrir el déficit hídrico en los años más secos, aunque evitaría la pérdida de cultivos y reduciría las

Gráfico 56.

Déficit de lluvia (mm) respecto a la necesidad hídrica del cultivo de maíz - RH Goascorán



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

pérdidas de forma significativa. No obstante, son necesarias medidas adicionales para mitigar los efectos de las sequías más extremas.

Los sistemas con mayor índice de estrés hídrico para la agricultura no regada son el SE Sirama, Goascorán, Grande de San Miguel y algunas zonas del Lempa, que afectan a los municipios del corredor seco definido por el MAG, en los departamentos de La Unión, San Miguel, Usulután, Morazán, La Paz, Ahuachapán y Santa Ana. Los sistemas que registran el menor índice de estrés para los granos básicos son Mandinga - Comalapa y Grande de Sonsonate - Banderas. (Cuadro 59).



**Cuadro 58.**

Volumen de agua promedio para la mitigación del impacto de la canícula requerido por sistema de explotación

Sistema de explotación		Superficie (Ha)			Volumen de agua requerido (MMC) o déficit hídrico promedio				
		Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	En julio	En agosto
A	Lempa 1	48 104.4	19 602.6	67 707.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Lempa 2	38 982.5	15 885.5	54 868.0	13.2	2.2	15.3	15.3	0.0
	Lempa 3	34 402.3	14 019.0	48 421.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Lempa 4	32 354.2	13 184.4	45 538.6	20.3	4.1	24.4	16.5	7.9
Total	Lempa	153 843.4	62 691.5	216 534.9	33.5	6.3	39.8	31.9	7.9
B	Paz	11 732.5	4781.0	16 513.6	2.6	1.1	3.6	3.6	0.0
C	Cara Sucia San Pedro	20 333.2	8285.8	28 619.0	8.7	2.8	11.5	10.4	1.1
D	Grande de Sonsonate - Banderas	9 404.7	3832.5	13 237.2	0.5	0.4	0.9	0.9	0.0
E	Mandinga - Comalapa	25 786.1	10 507.9	36 293.9	1.0	0.5	1.5	1.5	0.0
F	Jiboa - Estero de Jaltepeque	24 688.7	10 060.7	34 749.4	12.2	1.7	13.9	4.8	9.2
G	Bahía de Jiquilisco	10 073.2	4104.8	14 178.0	6.0	1.3	7.4	5.0	2.4
H	Grande de San Miguel	27 477.7	11 197.2	38 674.9	23.6	5.3	28.9	19.0	9.9
I	Sirama	8817.6	3593.2	12 410.7	8.3	1.7	9.9	6.1	3.8
J	Goascorán	2325.9	947.8	3 273.7	2.1	0.4	2.5	1.6	0.9
Total		294 483.0	120 002.4	414 485.4	98.5	21.5	120.0	84.9	35.1

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

**Cuadro 59.**

Índice de estrés hídrico de los cultivos no regados por sistema de explotación

Sistema de explotación		Índice de estrés hídrico de los cultivos no regados (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> cultivados)
A	Lempa 1	0.000
	Lempa 2	0.028
	Lempa 3	0.000
	Lempa 4	0.054
Total	Lempa	0.018
B	Paz	0.022
C	Cara Sucia San Pedro	0.040
D	Grande de Sonsonate - Banderas	0.007
E	Mandinga - Comalapa	0.004
F	Jiboa - Estero de Jaltepeque	0.040
G	Bahía de Jiquilisco	0.052
H	Grande de San Miguel	0.075
I	Sirama	0.080
J	Goascorán	0.076
Total		0.029

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



## 9. Diagnóstico de la calidad del agua



En El Salvador, la calidad del agua es uno de los principales desafíos socio ambientales. En las últimas décadas, la contaminación de los cuerpos de agua es un problema grave para la población y los ecosistemas, y hace que la disponibilidad de los recursos hídricos disminuya enormemente para las diferentes actividades de la población.

En este apartado se presenta un resumen del estado actual de las aguas superficiales, subterráneas y costeras de El Salvador a partir de la información bibliográfica recopilada, los valores de referencia obtenidos de la normativa salvadoreña en materia de calidad de aguas, y de los criterios internacionales para la realización de una adecuada valoración del estado de las aguas.

El diagnóstico de calidad de las aguas superficiales se muestra por RH y el de las aguas subterráneas a nivel de MASub. Todos los aspectos antes mencionados se pueden consultar en detalle en el Anexo 08. *Calidad de las aguas.*

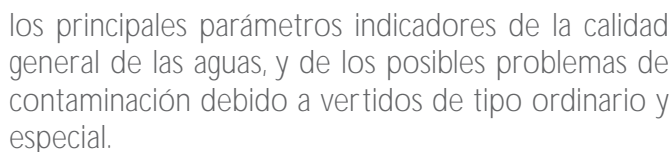
### 9.1. Calidad de las aguas superficiales: ríos y lagos

Se presenta una síntesis del estado general de la calidad de las aguas superficiales en El Salvador por RH evaluada y su diagnóstico detallado, sobre la base de un exhaustivo análisis de las fuentes de información disponible, entre ellas la red nacional de sitios de muestreo del MARN (DGOA). Asimismo, se incluyen las principales conclusiones obtenidas de la campaña de muestreo, realizada en las ZP entre los meses de julio y agosto del 2015, enmarcada en la elaboración del PNGIRH.

#### 9.1.1. RH Lempa

El MARN cuenta con una red nacional de sitios de muestreo que brinda información detallada, por medio de los informes de calidad de aguas de los ríos de El Salvador para el periodo 2006/2011. Para la RH Lempa se dispone de 58 sitios de muestreo



[illegible]

Asimismo, la contaminación es muy evidente en el río San José, aguas abajo del núcleo urbano de Metapán, presentando aguas próximas a la anoxia en determinados momentos, y muy altas concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , fenoles, fosfatos, nitrógeno amoniacal y coliformes fecales; también se detecta aluminio por encima del umbral recomendado por FAO. En el 2015, se confirma la presencia de contaminación orgánica y bacteriológica en este río, sin embargo los niveles de nutrientes disminuyen y no se detectan metales. No se realizan medida de fenoles en ningún caso, por lo que no se puede comparar con resultados anteriores. Dado que el río es tributario de la laguna de Metapán, esta contaminación afecta la calidad de la laguna, que es integrante del SR Complejo de Guija, y



Área Natural Protegida en el Área de Conservación del Trifinio.

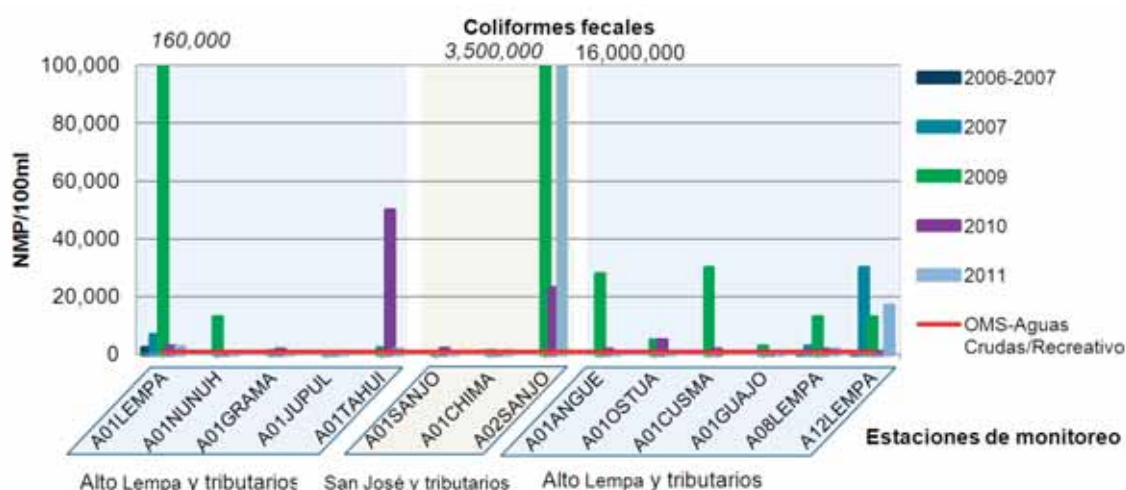
Lo anterior se debe a que en sus aguas hay cierta desoxigenación, coliformes fecales, fosfatos en cantidades altas, y muy altos niveles de fenoles y cobre, este último en ocasiones por encima del valor recomendado por FAO para el riego; también se detecta por encima del Valor Objetivo establecido por la EDSAT (2009) en los sedimentos, aunque muy por debajo del valor de intervención, con lo que se descartan problemas de contaminación por este metal en dicho compartimento. De acuerdo a los resultados del año 2015, se observan algunos de los problemas identificados en muestreos anteriores en la laguna, tales como elevadas concentraciones de  $\text{DBO}_5$  y coliformes fecales; sin embargo, los nutrientes se mantienen en niveles bajos y en cuanto a los fenoles y metales no hay determinaciones analíticas.

Existen también problemas de contaminación en el lago de Güija, otra de las Áreas Naturales Protegidas en el Área de Conservación del Trifinio, integrante del SR Complejo de Güija. Lo más destacado es su baja oxigenación en buena parte de la columna de agua, sobre todo a profundidades intermedias, en las

que con frecuencia se dan situaciones de anoxia; y la presencia de aceites y grasas, cuyo origen sólo puede ser antropogénico. También las coliformes fecales se presentan a niveles altos y los fosfatos oscilan de altos a muy altos, esto podría ser una fuente de afección a las comunidades pesqueras del lago.

En el 2015, se observó que las condiciones de oxigenación mejoran, aunque el muestreo es superficial y no se conoce cómo varía a lo largo de la columna de agua. Los valores de coliformes fecales son adecuados para los distintos usos y los nutrientes son bajos; sin embargo, sí se mantiene la presencia de aceites y grasas. Se dispone de estudios biológicos que manifiestan un problema de eutrofización en el lago, ya que dominan poblaciones de algas clorofíceas y cianofíceas, estas últimas con un desarrollo explosivo en 2006 (según datos disponibles). Esta situación se debe, o por lo menos se agrava, por los aportes que llegan desde los tributarios Angue, Ostúa y Cusmapa, que presentan muy altos niveles de coliformes, fenoles y, en el caso del Ostúa, aguas parcialmente desoxigenadas en algunos momentos; también por la existencia de zonas de acumulación de desechos sólidos, y la presión de las actividades agropecuarias en el perímetro del lago.

**Gráfico 57.**  
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en el tramo alto del Lempa, RH Lempa, periodo 2006/2011



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH sobre la base de los siguientes documentos Armida, 2007; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012. MARN-SNET, 2007 y MARN-SNET, 2010



Además de los problemas señalados, es muy significativa la elevada presencia de gran cantidad de metales y otros compuestos tóxicos en los ríos Angue y Ostúa, debido a la existencia de varias zonas de extracción minera en la vecina Guatemala. De hecho se observan niveles en agua de plomo, cianuros, aluminio, manganeso y hierro por encima de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la EPA para la vida piscícola. En el caso del plomo es superior a los límites establecidos por FAO para el riego. En el caso de los sedimentos, el arsénico está en ambos ríos a niveles por encima del valor del límite de intervención establecido por la EDSAT (2009). En el lago de Güija se detectan niveles muy elevados de arsénico en los sedimentos, por encima del valor de intervención (EDSAT, 2009), pero también se destacan altas concentraciones de otros metales, tanto en aguas como en sedimentos. En el 2015, se midieron metales y metaloides en agua, descartando su presencia.

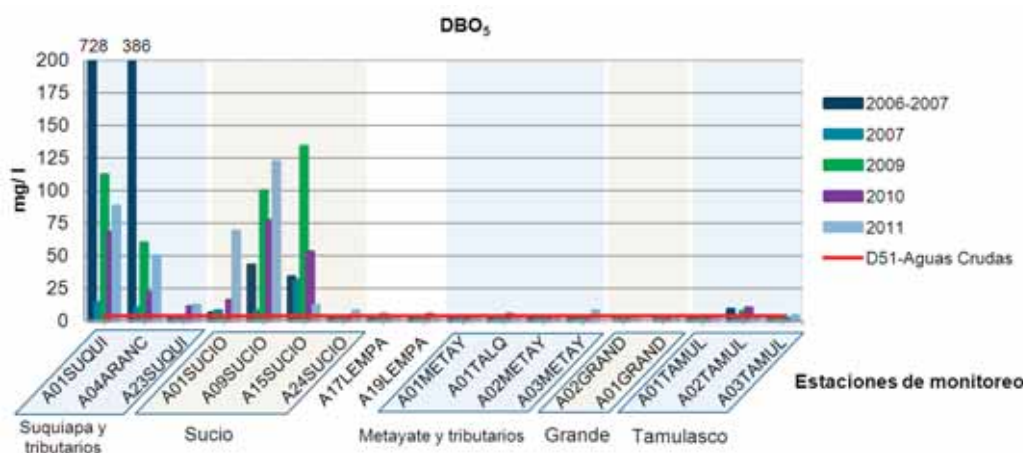
Se realizaron muestreos de plaguicidas en el lago (aldrin, DDT, diazinón, dieldrin, endosulfan, hetaclor hepóxido, heptacloro, lindano, malatión y paratión), que confirmaron la ausencia de estos contaminantes en concentraciones detectables.

En lo que respecta a los distintos aportes al embalse Cerrón Grande, destaca la contaminación de los tributarios del Lempa: Suquiapa (y su tributario Apanchacal) y Sucio por el oeste; los ríos Matalapa y Acelhuate por el suroeste, cuyos aportes son recibidos en la cola del embalse; así como la del río Tamulasco que aporta al embalse por el noreste. El resto de aportes presentan una calidad mucho más moderada, y aunque no buena, no se registran valores tan extremos de los principales parámetros de calidad como en los ríos mencionados.

Por lo general, estos ríos presentan importantes problemas de oxigenación, y muy altas concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , coliformes fecales, color, TDS, turbidez, conductividad, fosfatos, cobre y fenoles. Claros indicadores de una importante afección de las aguas, debido a la fuerte presión que generan los cascos urbanos y las actividades desarrolladas en Santa Ana (sobre el río Suquiapa), La Libertad (sobre el río Sucio), San Salvador (sobre los ríos Matalapa y Acelhuate), y Chalatenango (sobre el río Tamulasco).

Gráfico 58.

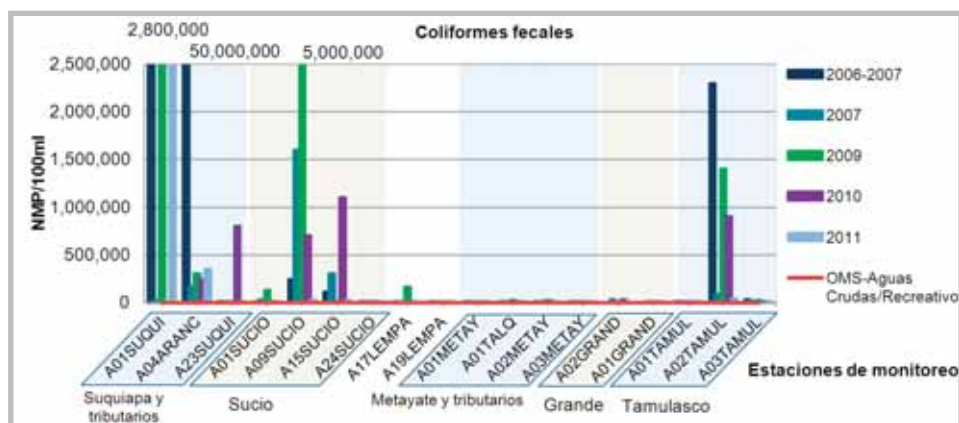
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  en los aportes a Cerrón Grande por el oeste y el noreste, RH Lempa, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007;

Gráfico 59.

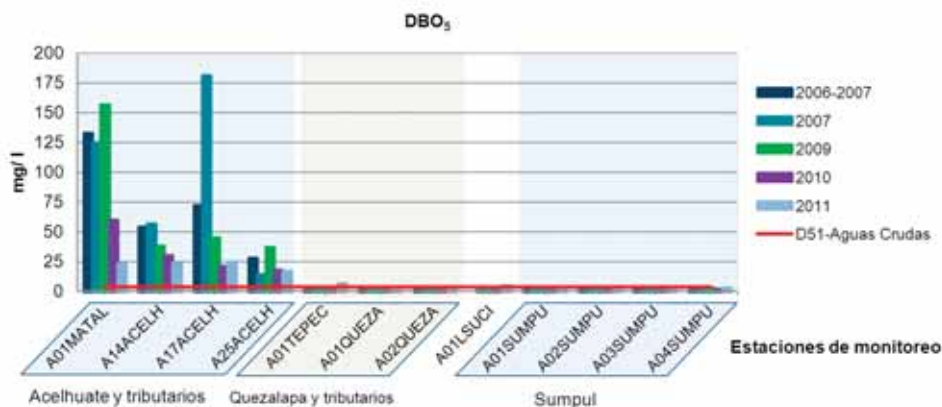
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en los aportes a Cerrón Grande por el oeste y el noreste, RH Lempa, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007.

Gráfico 60.

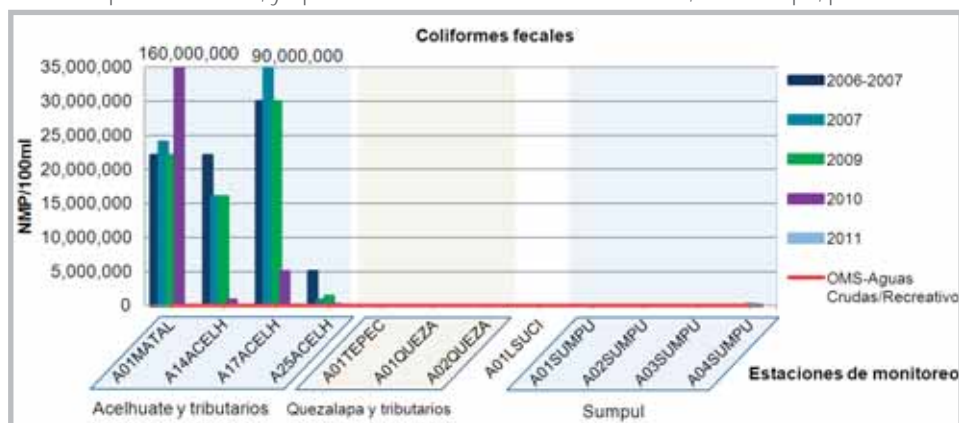
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de  $DBO_5$  en los aportes a Cerrón Grande por el sureste, y aportes al embalse 5 de Noviembre, RH Lempa, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007.

Gráfico 61.

Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en los aportes a Cerrón Grande por el sureste, y aportes al embalse 5 de Noviembre, RH Lempa, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007.



Los problemas de calidad orgánica, sobre todo bacteriológica en los ríos Sucio y Suquiapa, siguen patentes en el 2015 de acuerdo a los resultados de la campaña de monitoreo.

Los problemas de calidad comentados se pueden estar trasladando a los distritos de riego de Atiocoyo norte y sur, y de Zapotitán, que realizan un aprovechamiento de las aguas del Suquiapa y del Sucio, respectivamente. A este respecto, las concentraciones de coliformes fecales observadas desaconsejan totalmente el riego de aquellos cultivos que vayan a ser consumidos frescos sin una adecuada desinfección previa, por las altas probabilidades de contraer enfermedades gastrointestinales asociadas a la ingesta de estas bacterias. En el 2015 se observa que las aguas que corren por el distrito de riego de Zapotitán presentan elevadas concentraciones de coliformes fecales; el riesgo puede ser mayor en el río Sucio, ya que a lo largo del Suquiapa se observa cierta capacidad de autodepuración, llegando las aguas al distrito bastante mejor que en cabecera, aunque mantiene valores muy elevados.

Hay que considerar la ubicación de la planta potabilizadora de las Pavas, de donde se abastece el AMSS, cuya toma se sitúa unos metros aguas arriba de la desembocadura del río Suquiapa en el Lempa y estas, en esa zona, presentan una serie de afecciones, aunque la planta supone un tratamiento previo al consumo.

Los problemas de calidad de estos ríos se introducen en el embalse del Cerrón Grande, área natural identificada en el Área de Conservación Alto Lempa y es un SR. Ello se pone de manifiesto a través de una importante desoxigenación en gran parte del embalse, con concentraciones de coliformes totales y fecales elevadas, amoníaco muy elevado, presencia de aceites y grasas, niveles de fosfatos altos o muy altos, y

presencia de cadmio y cobre, en ocasiones por encima de las recomendaciones de la EPA para la vida piscícola. Es evidente que estos problemas de calidad, podrían suponer una importante afección sobre la actividad pesquera existente en el embalse, y para el consumo directo sin ningún tipo de depuración previa, que incluya desinfección. Por otra parte, se descarta la ausencia de plaguicidas en concentraciones detectables en el embalse.

En la misma Área de Conservación se ubica el embalse 5 de Noviembre, que también presenta alta desoxigenación e importantes variaciones a lo largo del embalse. Las bocanas Los Guillén y la del río Sumpul presentan especialmente bajos niveles de oxígeno, las coliformes totales y fecales vuelven a ser altas, y los fosfatos elevados; también hay alto nitrógeno total en determinados momentos, y se detecta la presencia de endosulfán en el agua de ambas bocanas, aunque por debajo del límite máximo recomendado por la EPA. El origen de estos problemas de calidad está, sobre todo, en los aportes desde Cerrón Grande, aunque el río Sumpul presenta una carga elevada de coliformes fecales procedente de las poblaciones ubicadas aguas arriba.

Aguas abajo se encuentra el embalse 15 de Septiembre, que además de recibir los aportes del río Lempa, recibe por el oeste aquéllos del río Titihuapa, que aunque presenta buena oxigenación y bajas concentraciones de  $\text{DBO}_5$  y coliformes fecales, muestra altos niveles de fenoles, por encima de la recomendación de la EPA para aguas crudas, y fosfatos altos a muy altos. El embalse también recibe los aportes del río Torola por el norte que presenta coliformes altos, sobre todo en el puente Torola, fosfatos altos y fenoles muy elevados. Además presenta importantes variaciones en el ciclo del oxígeno y destacables desoxigenaciones en algunos momentos; se sospecha que parte de esta afección al ciclo del oxígeno puede deberse a los

aportes de los tributarios Champate y Carolina, que es muy probable estén bastante desoxigenadas (no se dispone de datos de oxígeno disuelto en estos tributarios, pero los mayores problemas de oxigenación en el Torola se registran aguas abajo de los mismos). Estos tributarios también son fuente de concentraciones altas de coliformes totales y fecales; aunque solo el Carolina aporta concentraciones moderadas de color y fosfatos (en los ríos Riachuelo y Champate estos niveles son muy inferiores, en ocasiones incluso inferiores a los límites recomendados por la EPA para ríos). El río Sapo también aporta ciertas concentraciones de coliformes fecales, color, cobre y fenoles.

La afección del Torola sobre el Lempa se hace evidente al presentar aguas abajo parcialmente desoxigenadas y coliformes fecales elevadas. Aportes adicionales al embalse 15 de Septiembre se producen por el este, a través del río Tamarindo, en el que también se registran coliformes altos, fosfatos elevados y fenoles muy altos, sin registrar problemas de oxigenación.

En cuanto a la calidad del agua, el embalse 15 de Septiembre presenta una importante desoxigenación, que según los datos disponibles, oscila entre un 70 % y un 30 % de oxigenación, incluso en el agua turbina. A pesar de estos inconvenientes, hay niveles bajos de coliformes fecales, por lo que al menos, parece haber menor contaminación bacteriológica que en los sistemas lénticos situados aguas arriba, a pesar de situarse en el tramo bajo del río Lempa. Sin embargo, los datos disponibles de nitrógeno total en ocasiones son elevados según criterios del Ministerio de Medio Ambiente de Japón, y los fosfatos siguen siendo altos, lo que indica una potencial situación de enriquecimiento trófico del embalse; también hay presencia de cobre. Por otro lado, se realizaron muestreos de plaguicidas obteniendo un resultado negativo, es decir, ausencia de estos contaminantes.

Inmediatamente aguas abajo del embalse, el río Lempa presenta una calidad algo superior al resto del río, debido a la acción autodepurativa del embalse, y a que el sitio de muestreo (último disponible en el tramo bajo del Lempa) se sitúa muy próximo a la presa.

Se concluye que hay una destacable contaminación bacteriológica en la mayor parte de la RH, detectada a través de los niveles de coliformes fecales, que se sitúan en un gran número de muestras por encima o muy por encima del límite establecido por la OMS, lo que indica que hay gran cantidad de vertidos, de tipo ordinario y especial, que se realizan a lo largo de la cuenca a las aguas superficiales sin una adecuada depuración, y mayoritariamente con una ausencia total de tratamiento.

### 9.1.2. RH Paz

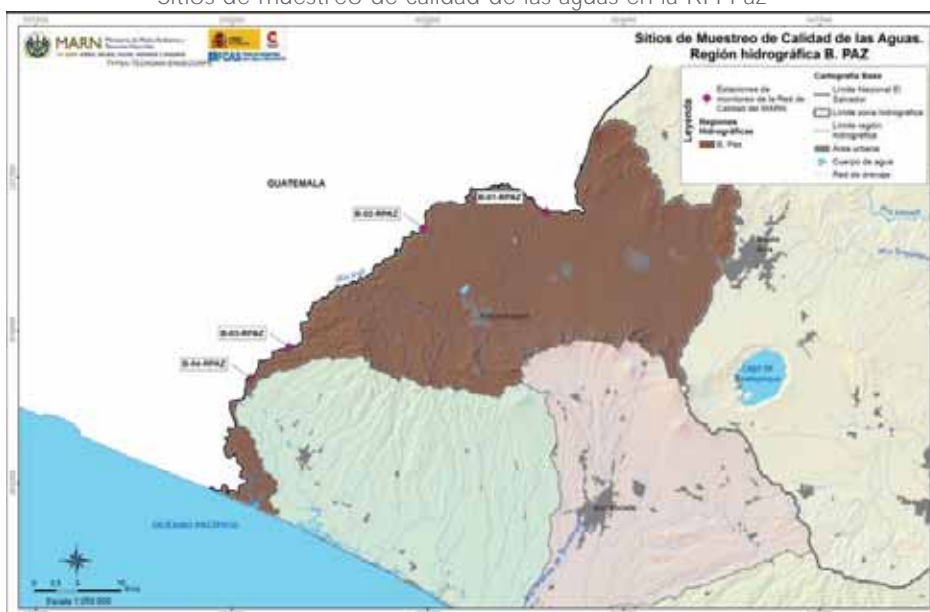
Sobre la base de los datos disponibles, se concluye que hay cierta contaminación bacteriológica, sobre todo en el sitio ubicado en el cantón El Portillo (Ahuachapán), aunque los niveles de coliformes fecales descienden hasta promedios inferiores a 1,000 NMP/100 ml en los dos sitios ubicados en el tramo bajo. A pesar de este indicador de contaminación de origen fundamentalmente doméstico, no se identifican altas concentraciones de  $\text{DBO}_5$ , ni problemas de oxigenación; sin embargo, sí presenta altos niveles de fenoles, que en promedio se mantienen por debajo del límite máximo recomendado por la EPA. En cuanto a los nutrientes, los fosfatos son elevados y los nitratos bajos. También hay concentraciones de cobre constantes a lo largo de los distintos sitios de muestreo (0.01 mg/l), pero no existen altas concentraciones de otros metales como arsénico, cromo, mercurio o zinc.





Mapa 36.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Paz



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

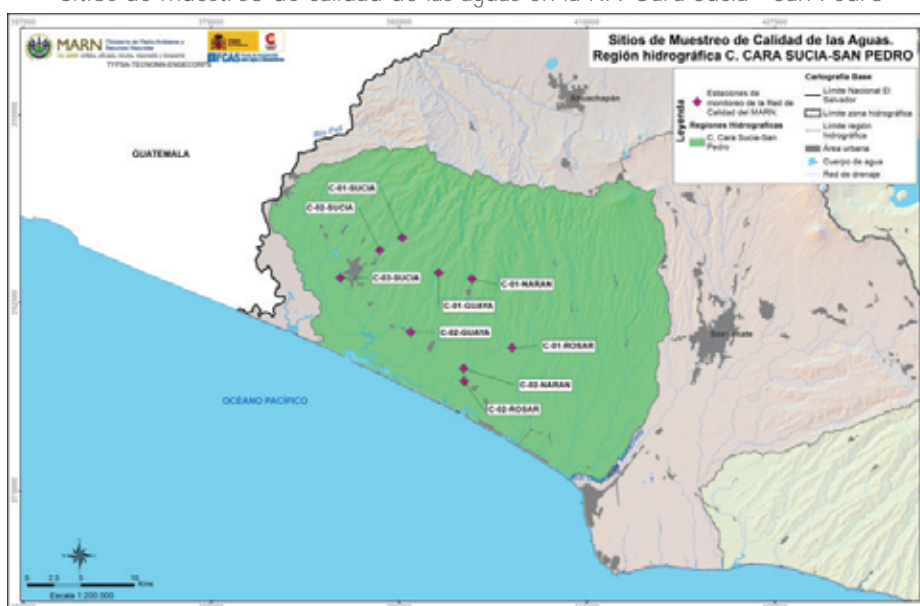
En materia de conductividad, TDS y sales (cloruros, sodio y RAS), todos los valores se sitúan en los rangos adecuados; no serán esperables afecciones sobre el riego y la vida piscícola, a excepción de la presencia de coliformes en las proximidades del cantón El Portillo, que hacen desaconsejable el uso de las aguas para el riego de productos que vayan a ser consumidos frescos. En cuanto a la turbidez y el color los valores se mantienen bajos y el pH en los rangos adecuados.

### 9.1.3. RH Cara Sucia - San Pedro

Se dispone de datos sobre la calidad del agua a lo largo de los ríos Cara Sucia, tres sitios de muestreo: Guayapa, El Naranjo y El Rosario con dos sitios de muestreo en cada uno, por medio de la red nacional de sitios de muestreo del MARN.

Mapa 37.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Cara Sucia - San Pedro

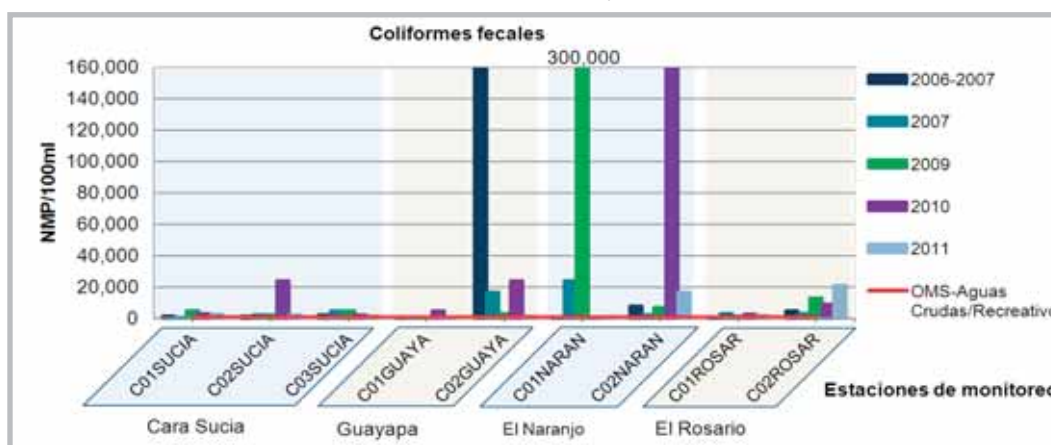


Fuente: Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Al analizar los datos disponibles se concluye que la mayoría de los ríos presentan cierta contaminación bacteriológica, con valores por encima del límite recomendado por la OMS, y por debajo del máximo registrado en el río El Naranjo, de 300 000 NMP/100 ml, en el caserío El Tigre aguas arriba de la colonia San José Naranjos. Solo el río Zapúa presenta coliformes

fecales bajos; se observan concentraciones de fenoles, por lo general por debajo del límite de la EPA, en los ríos Cara Sucia, Guayapa, El Naranjo y El Rosario, no se dispone de datos para el resto de ríos. La  $DBO_5$  no resulta elevada y la oxigenación por lo general es adecuada.

**Gráfico 62.**  
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la  
RH Cara Sucia-San Pedro, en el periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2012h; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007.

En cuanto a los nutrientes, los fosfatos están en niveles muy altos en los ríos Hoja de Sal y Metal que superan el límite recomendado para riego por la FAO; los niveles de nitratos son bajos en todos los sitios de muestreo. Hay presencia de ciertas concentraciones de cobre a lo largo de los distintos sitios, por encima de las recomendaciones de la EPA para la vida piscícola; los mayores valores se observan en los ríos Cara Sucia, en el caserío Los Encuentros, (0.05 mg/l), El Naranjo en el caserío El Tigre y en el cantón Capulín (0.04-0.03 mg/l) y en el Guayapa, en el cantón Loma de Guayapa y en la Hacienda Santa Ana (80.03 mg/l). En el río Cara Sucia, aguas abajo del puente litoral, también se detecta alta concentración de plomo (0.075 mg/l). El pH se mantiene dentro de los rangos adecuados para los diferentes usos.

En materia de TDS, conductividad y sales (cloruros, sodio, RAS, carbonatos y bicarbonatos), los valores disponibles para los ríos Cara Sucia, Guayapa, El Naranjo, El Rosario, Izcanal y San Francisco, sin dato de sodio y RAS, y Zapúa, sin dato de sodio y RAS, se

sitúan en los rangos adecuados, por lo que no serían esperables afecciones sobre el riego y la vida piscícola, a excepción de la contaminación que indican los niveles de coliformes que hacen desaconsejable el uso de las aguas para el riego de productos a ser consumidos frescos.

En cuanto a la turbidez y el color, los valores se mantienen por lo general bajos en la mayoría de ríos siendo el agua apta para uso recreativo. No se dispone de datos en los ríos Faya, Ahuachapío, Hoja de Sal, Metal y San Pedro.

De acuerdo a los resultados en el monitoreo realizado en el 2015, se confirman los resultados de muestreos anteriores en cuanto a  $DBO_5$ , coliformes fecales, oxigenación, conductividad, turbidez y pH. Sin embargo, los nutrientes resultan bajos en los sitios muestreados y no se detectan metales; en el caso del cobre los valores se encuentran por debajo del límite de detección de la técnica analítica, el cual se sitúa en 0.01 mg/l, por lo que no puede valorarse si existe



afección para la vida piscícola por este parámetro (el límite establecido por la EPA es en 0.0015 mg/l).

Adicionalmente, en el 2015, de acuerdo al análisis de plaguicidas, se comprueba la presencia de atrazina, ametrin, propazina y terbutrin en algunos de los sitios muestreados. Las concentraciones medidas de atrazina se sitúan por debajo del límite recomendado por la OMS para consumo directo, pero no se dispone de criterios de calidad para la vida piscícola y otros usos en este parámetro. En cuanto a los otros plaguicidas identificados no se dispone de límites normados para

los distintos usos, por lo que no se puede valorar si la concentración es adecuada.

#### 9.1.4. RH Grande de Sonsonate - Banderas

Se dispone de datos de calidad del agua a lo largo de los ríos Grande de Sonsonate y Ceniza, a través de ocho sitios de muestreo (cuatro para cada río) integrantes de la red nacional de sitios de muestreo del MARN.

Mapa 38.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Grande Sonsonate - Banderas



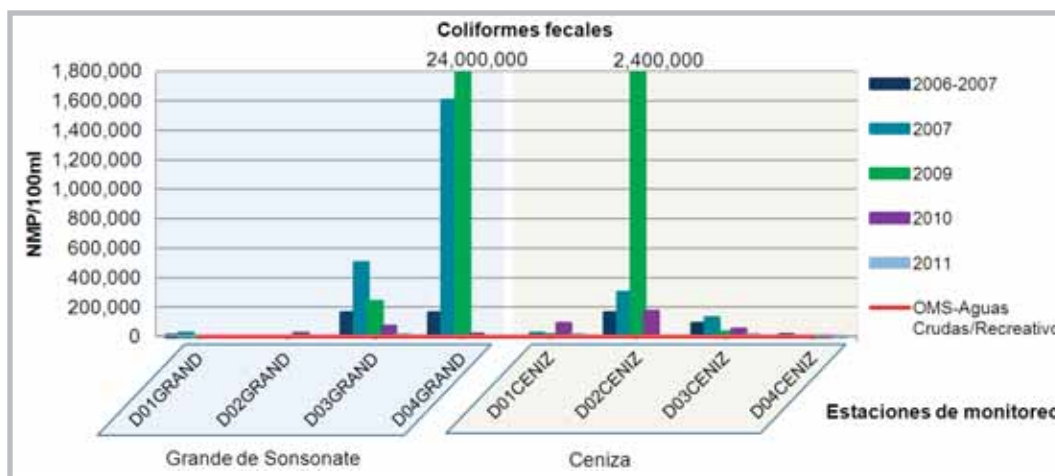
Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Los ríos Grande de Sonsonate y Ceniza presentan alta contaminación bacteriológica a lo largo de su recorrido. En el caso del río Grande de Sonsonate los valores más elevados se registran en el sitio situado en el tramo bajo (6 millones de NMP/100 ml en valor promedio para todos los muestreos), ubicado aguas abajo de la antigua estación de ferrocarril en el municipio de Acajutla; en el Ceniza los máximos se registran aguas abajo del casco urbano de Sonsonate (600 000 NMP/100 ml), resulta evidente que se están

realizando vertidos de tipo ordinario y especial sin la adecuada depuración.

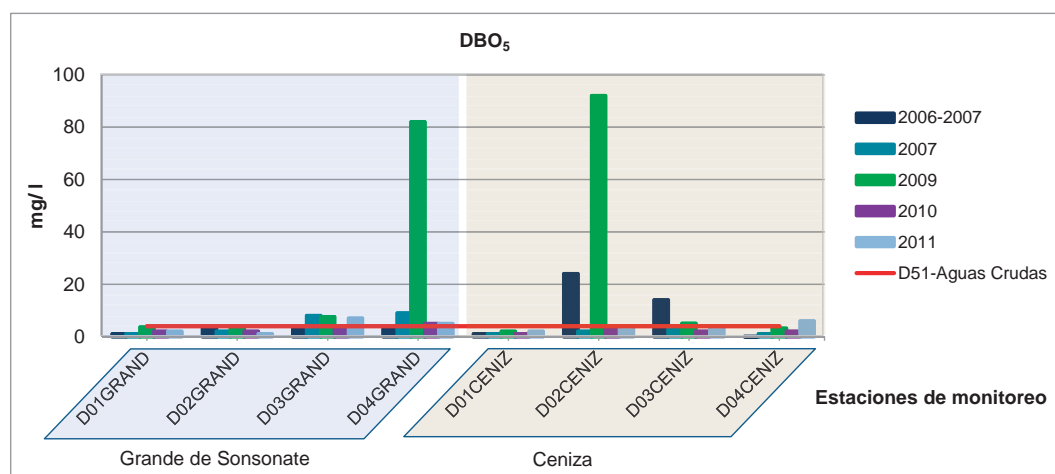
Este impacto sobre la calidad se manifiesta al observar las concentraciones de DBO5, superiores a los 20 mg/l en ambas zonas; en dichos casos se registra cierta desoxigenación en determinadas campañas, y los fenoles son elevados, pero en la mayor parte de años se mantienen inferiores al límite recomendado por la EPA de 3.5 mg/l.

**Gráfico 63.**  
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH Grande de Sonsonate - Banderas, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012 y MARN-SNET, 2007.

**Gráfico 64.**  
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  en la RH Grande de Sonsonate-Banderas, periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012; y MARN-SNET, 2007.

En cuanto a los nutrientes, los niveles de fosfatos son elevados y los nitratos bajos; y hay presencia de cobre a lo largo de los distintos sitios (0.01 mg/l). No hay altas concentraciones de otros metales y metaloides, como el arsénico, el cromo, el mercurio o el zinc. El pH, por lo general, se mantiene dentro de los rangos adecuados para los diferentes usos.

En materia de TDS, conductividad, y sales (cloruros, sodio y RAS), por lo general los valores se sitúan en los rangos adecuados, por lo que no es esperable

afecciones sobre el riego y la vida piscícola, a excepción de la contaminación que indican los niveles de coliformes, que hacen desaconsejable el uso de las aguas para el riego de productos a ser consumidos frescos. En el caso de los TDS, la conductividad, cloruros y sodio se observa un aumento de los mismos en el tramo bajo, con respecto al tramo alto.

Sobre la base de los resultados obtenidos en el 2015, se confirman los resultados de muestreos anteriores en cuanto a coliformes fecales y conductividad.





La  $DBO_5$  resulta inferior, debido a la posible dilución por efecto de las lluvias; sin embargo, los vertidos analizados aportan muy elevadas concentraciones de este parámetro. La oxigenación mejora ligeramente. Las concentraciones de nutrientes son bajas por lo general, y no se detectan metales.

En 2015, se comprobó la presencia de los plaguicidas atrazina, ametrin y endosulfansulfato en la región. Las concentraciones medidas de atrazina y endosulfan-sulfato se sitúan por debajo del límite recomendado por la OMS para consumo directo, pero no se dispone de criterios de calidad para la vida piscícola y

otros usos en relación a este parámetro. En el caso del ametrin no se dispone de límites normados para los distintos usos, por lo que no se puede valorar si la concentración es adecuada.

### 9.1.5. RH Mandinga - Comalapa

Se dispone de datos de calidad del agua a lo largo de los ríos Apancoyo, Mizata, Chilama, San Antonio, Comalapa, Zunzal, Comasagua y El Jute. Todos ellos discurren dentro del Área de Conservación costa del Bálamo. Estos sitios pertenecen a la red nacional de sitios de muestreo del MARN.

Mapa 39.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Mandinga - Comalapa



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Los ríos de la mitad oeste, Apancoyo, Mizata, Sunzal y Comasagua presentan bajos niveles de  $DBO_5$  (inferior a 4 mg/l) y nitratos (inferior a 2 mg/l  $N-NO_3/l$ ), y buena oxigenación. Sin embargo, presentan concentraciones altas de coliformes fecales (máximo de 30 000 NMP/100 ml en el Comasagua), altas concentraciones de fosfatos (rango de variación entre 0.09 mg  $P-PO_4/l$  en Sunzal y 0.17 mg/l en el Mizata); altas concentraciones de fenoles, en algunas campañas próximos al límite establecido por la EPA,

de 3.5 mg/l, y presencia de cobre (excepto en Sunzal, donde no se observa).

Los ríos Chilama, El Jute, San Antonio y Comalapa presentan altas concentraciones de coliformes fecales, superiores a las de los ríos anteriormente comentados (máximo en el río Comalapa, cerca del cantón El Rosario, con 1.6 millones NMP/100 ml), pero también alta  $DBO_5$  (máximo de 10 mg/l en el río San Antonio), aunque sigue presentando buena oxigenación.



Asimismo, tienen altas concentraciones de fosfatos, que llegan hasta 2.5 mg P-PO<sub>4</sub>/l en San Antonio, en Nueva Colonia Santa María; altas concentraciones de fenoles, superiores al límite establecido por la EPA. A lo largo de estos ríos existe gran cantidad de asentamientos poblacionales que deben estar realizando vertidos directos sin depurar.

El pH se mantiene dentro de los rangos adecuados para los diferentes usos.

En materia de TDS, conductividad y sales los valores se sitúan, en todos los ríos estudiados, en los rangos adecuados por lo que no sería esperable afecciones sobre el riego y la vida piscícola; la excepción se observa en el río El Jute, en el cual en 2007 y 2011 los valores de conductividad fueron superiores a los límites para riego y vida piscícola; así como los valores de sodio algo elevados para el riego, registrados en 2009.

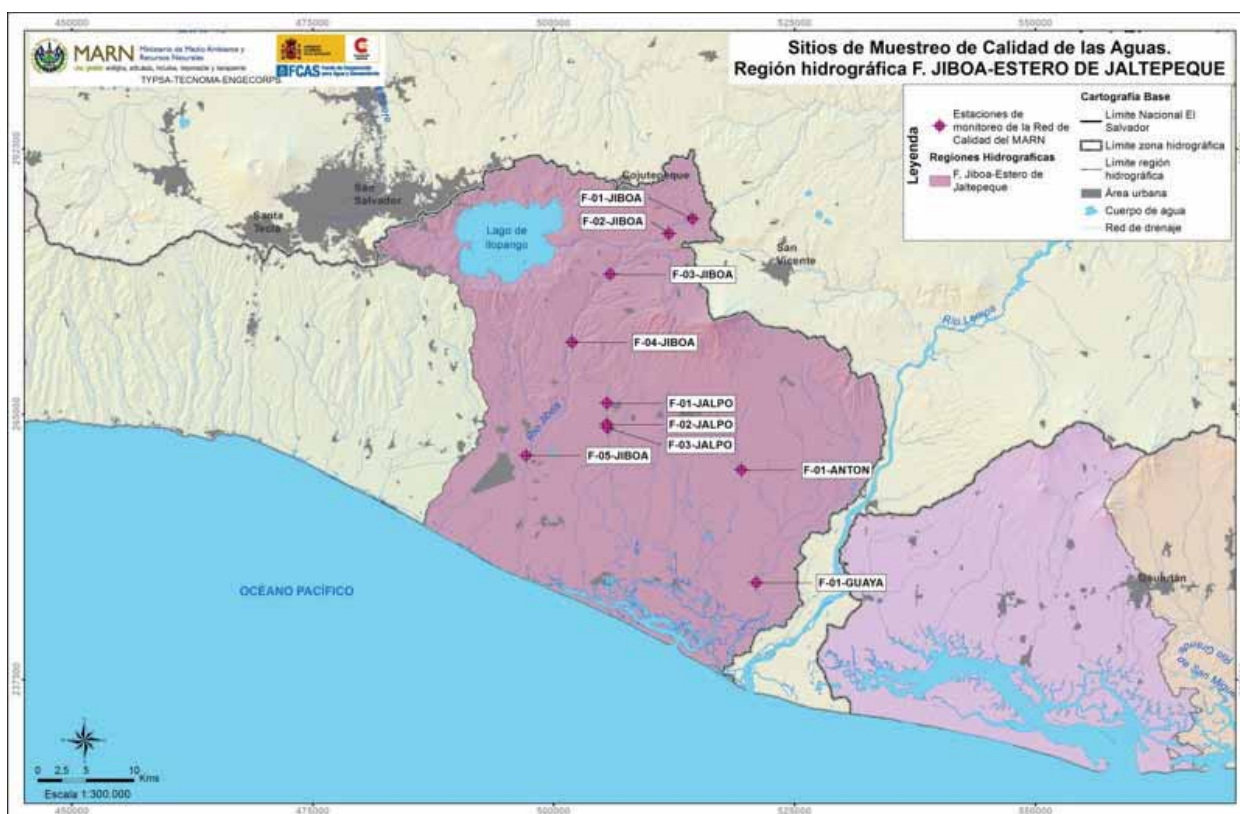
Por último, la turbidez y color se sitúan por lo general en los rangos adecuados para las aguas crudas que van a ser objeto de un tratamiento convencional previo al consumo; exceptuando en lo que respecta al color los ríos San Antonio y Comalapa, en ambos casos en el sitio situado más aguas abajo.

### 9.1.6. RH Jiboa - Estero de Jaltepeque

Todos los ríos estudiados presentan altas concentraciones de coliformes fecales, siendo más elevadas en Jalponga y San Antonio que en Jiboa y El Guayabo (ver ubicación de sitios de muestreo del MARN en el mapa 40). También presentan altos fenoles, el Jiboa sobre todo en el tramo bajo. Por lo general hay buena oxigenación, aunque se detecta una desoxigenación generalizada en todos los sitios en los muestreos del año 2011. Por lo general, todos los ríos presentan concentraciones bajas de DBO<sub>5</sub>.

Mapa 40.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Jiboa - Estero de Jaltepeque



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



Los nitratos se mantienen bajos, aunque en el Jiboa se observa una tendencia a aumentar aguas arriba en relación a las de aguas abajo, alcanzando los mayores valores, 8 mg N-NO<sub>3</sub>/l, a la altura del Aeropuerto Internacional Monseñor Oscar Arnulfo Romero. Los fosfatos son elevados, oscilando en torno a 0.2-0.4 mg P-PO<sub>4</sub>/l.

En cuanto a los metales, no se detectan altas concentraciones de cobre, arsénico, cromo, mercurio y zinc. El pH se mantiene en los rangos adecuados para los diferentes usos.

En materia de TDS, conductividad y sales los valores son, en todos los ríos estudiados salvo en el Jiboa, adecuados para el riego y la vida piscícola. El río Jiboa muestra altas variaciones en materia de conductividad a lo largo del cauce y valores medios-altos, ambos en los años 2007 y 2010 (1,000-1,500 µS/cm); también presentó altos cloruros en 2009.

La turbidez y color se mantienen elevadas en el río Jiboa, sobre todo en el tramo comprendido entre el cantón Los Zacatales hasta el municipio El Rosario, en el departamento de La Paz. El resto de ríos se sitúan en los rangos adecuados para las aguas crudas que serán tratadas convencionalmente previas al consumo.

En lo que respecta a la calidad del lago de Ilopango se comprueba, por medio de los estudios realizados en los proyectos pesqueros que operan en el lago: El Sauce y Candelaria, buena oxigenación, aunque en las proximidades del proyecto El Sauce hay cierta desoxigenación en el fondo, probablemente asociada a la actividad del propio proyecto, que supone un exceso de aporte de materia orgánica que demanda oxígeno en profundidad. En lo que respecta al pH, se da una ligera tendencia a la basicidad pero por lo general se mantiene en los rangos adecuados para la vida piscícola y el riego. En cuanto a la conductividad los valores son elevados, rondando los 1500-2000 µS/cm. Por último, se dispone de datos biológicos que ponen de manifiesto el desarrollo de cianofíceas y clorofíceas con frecuencia, lo que indica que existe una tendencia a la eutrofización.

Los estudios desarrollados en el Estero de Jaltepeque, área de protección especial integrante del Área de Conservación Jaltepeque - Bajo Lempa y humedal Ramsar con una importante actividad pesquera mixta de barcos de pesca y extracción de moluscos, indican que hay importantes variaciones espacio - temporales de la concentración de oxígeno disuelto, así como una clara influencia de los aportes desde el río Lempa que reoxigenan las aguas del estero en su vertiente oriental. Las variaciones temporales se asocian al ciclo hidrológico que, entre octubre y noviembre con el máximo de lluvias, favorece la entrada de gran cantidad de materiales alóctonos, de hecho la desoxigenación se mantiene en el estero en torno a 4-5 mg/l hasta el mes de enero; además se observan elevadas concentraciones de DBO<sub>5</sub>, fosfatos y los mayores valores de turbidez, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal del año, siendo éstos mucho más bajos en el resto de meses. También se observan máximas densidades de fitoplancton y zooplancton en diciembre, lo que resulta normal teniendo en cuenta que estas comunidades biológicas precisan de cierto tiempo de reacción para tomar los nutrientes disponibles del medio.

Además de estos datos, se dispone de los resultados del estudio de plaguicidas en los sedimentos del estero, detectándose pequeñas cantidades de DDE y de beta-endosulfán en varios sitios, lo que indica una afección por parte de la actividad agrícola. No se encuentra presencia de plaguicidas organoclorados ni organofosforados.

También se dispone de estudios de bioacumulación de metales en los tejidos de varias especies de pescado, obteniéndose concentraciones significativas de mercurio, arsénico y plomo, aunque a niveles inferiores de los que recomienda la FDA.

Otros estudios (MARN, 2008) reflejan la existencia de un proceso de bioacumulación de coliformes fecales en el interior de especies comestibles de bivalvos recolectados en el estero. La falta de depuración de las aguas residuales de las poblaciones aledañas supone un impacto sobre las poblaciones de bivalvos, que a su vez son consumidos por estas y otras poblaciones.

En el 2015, la  $DBO_5$  resulta baja en la mayoría de lugares y se mantienen, por lo general, buenas condiciones de oxigenación. Las bacterias coliformes fecales, no obstante, son elevadas y especialmente significativas aguas abajo del núcleo poblacional de Zacatecoluca. Los nutrientes se mantienen en bajas concentraciones, así como la conductividad y sólidos disueltos, excepto en los lugares próximos al estero por la influencia del agua semisalada de este. Tampoco se detectan metales.

En relación a los plaguicidas analizados, se detecta presencia de atrazina, ametrin y terbutrin en algunos de los sitios de la cuenca del estero. Las concentraciones medidas de atrazina se sitúan por debajo del límite recomendado por la OMS para consumo directo, pero no se dispone de criterios de calidad para la vida piscícola y otros usos para este parámetro. En el caso del ametrin y terbutrin, tampoco se dispone de límites normados para los distintos usos, por lo que no se puede valorar si la concentración es adecuada.

### 9.1.7. RH Bahía de Jiquilisco

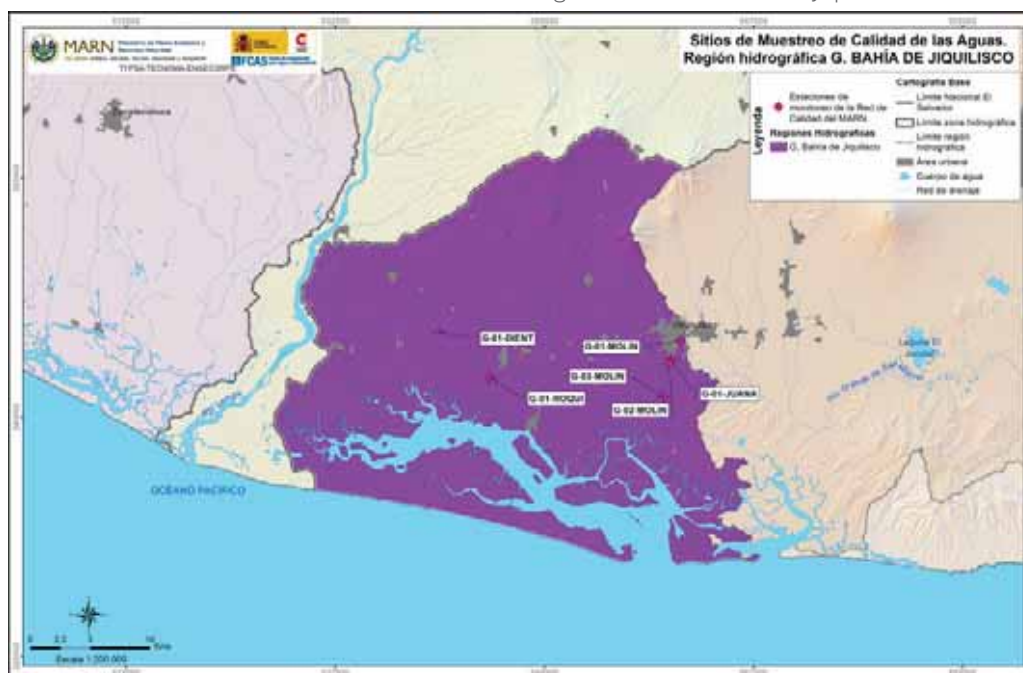
Se dispone de datos de calidad del agua a lo largo del río El Molino y sus tributarios Juana, Roquinte y

Diente de Oro, a través de la red nacional de sitios de muestreo del MARN. (Mapa 41).

Los ríos estudiados presentan altos niveles de coliformes fecales, siendo mayores las concentraciones en los ríos Juana y Diente de Oro, debido a los asentamientos poblacionales en el caso de Diente de Oro, y a la contaminación procedente de Usulután en el caso del río Juana (se registró un máximo en la campaña de 2010, que asciende a 1.7 millones NMP/100 ml), mientras las mayores concentraciones de fenoles, altas en todos los sitios, se registran en los ríos El Molino y Roquinte, en ocasiones por encima del límite recomendado por la EPA, de 3.5 mg/l. En cuanto a la contaminación orgánica se registran altos valores de  $DBO_5$  en los ríos Juana y Molino en su tramo alto, dentro del casco urbano de Usulután, debido a la existencia de vertidos ordinarios y especiales sin una adecuada depuración, mientras en el resto son relativamente bajas, próximas a 4 mg/l o ligeramente inferiores. Coinciden las concentraciones más altas de  $DBO_5$  con las mayores desoxigenaciones, llegando a la anoxia en el río Juana en el muestreo de 2011.

Mapa 41.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH bahía de Jiquilisco

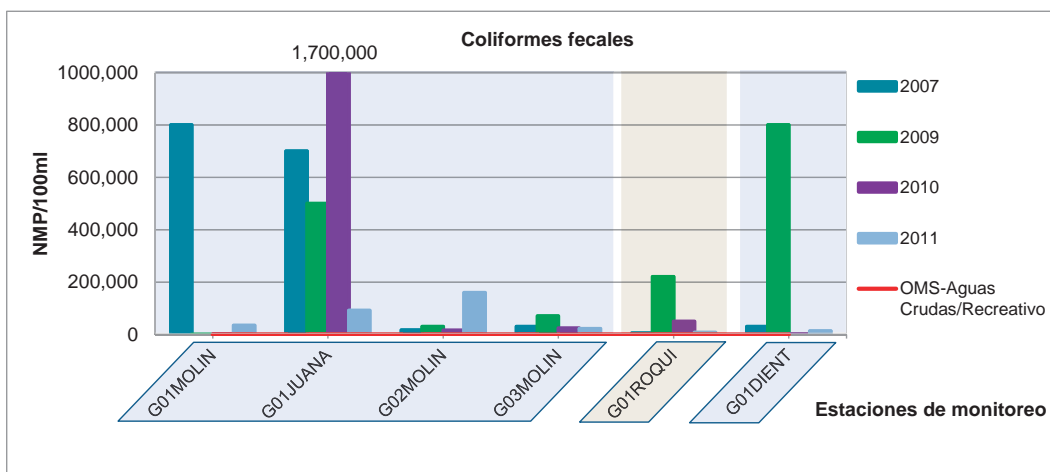


Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



Gráfico 65.

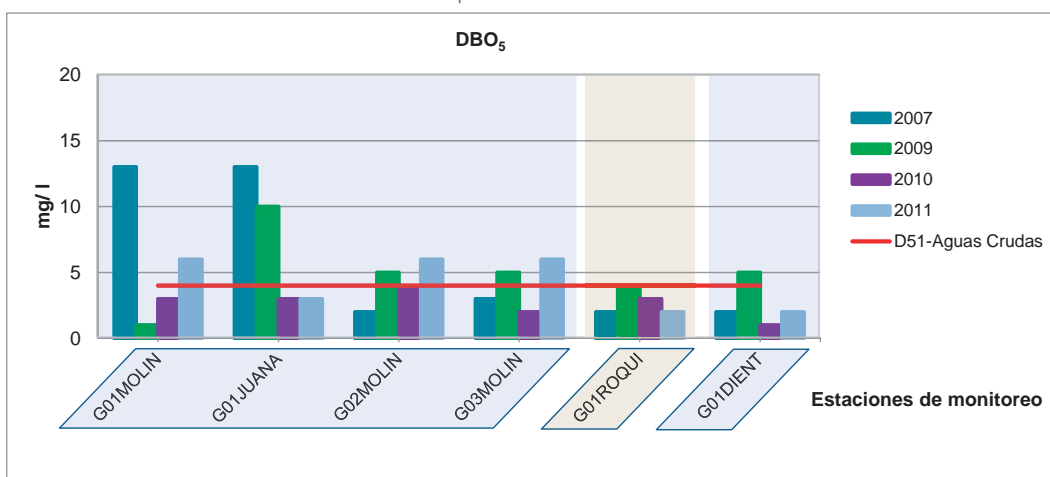
Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH Bahía de Jiquilisco, en el periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011 y MARN-DGOA, 2012

Gráfico 66.

Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  en la RH Bahía de Jiquilisco, en el periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN, 2013d; MARN-DGOA, 2011 y MARN-DGOA, 2012

En cuanto a los nutrientes, los nitratos se mantienen por lo general bajos, la excepción se observa en el río Juana que en 2010 superó los 10 mg/l. Los fosfatos son altos, oscilando en el rango 0.25-0.85 mg  $\text{P-PO}_4$ /l (valores promedio por sitio).

En lo que respecta a los metales, no se detectan altas concentraciones de cobre, arsénico, cromo, mercurio ni zinc, con excepción del río Juana que presenta cobre. El pH se mantiene dentro de los rangos adecuados para los diferentes usos.

En materia de TDS, conductividad y sales, los valores se sitúan, en todos los ríos estudiados, en niveles aceptables dentro de los rangos normativos, por lo que no se esperaría afecciones sobre el riego y la vida piscícola. En 2011, la conductividad en El Molino aumentó por encima de los valores recomendados para la vida piscícola, pero siguen siendo adecuadas para el riego.

La turbidez y color se mantienen adecuados para las aguas crudas que deben ser objeto de un

tratamiento convencional previo al consumo. Por otra parte, se dispone de un estudio realizado en la Bahía de Jiquilisco que revela una importante actividad pesquera con explotación de moluscos y con presencia de barcos de pesca en algunas zonas. En cuanto a las aguas, detecta bajas concentraciones de coliformes fecales, según el criterio de la OMS, sin embargo son superiores al límite establecido en zonas de extracción de bivalvos comestibles por parte de la UNEP; identifica al este de la bahía concentraciones elevadas (13 000 NMP/100 ml). Los resultados de bioacumulación confirman la existencia de estas bacterias en el tejido blando de los bivalvos del género *Anadara* en algunos sitios, y en los del género *Ostera*, aunque a niveles inferiores que en el estudio del 2006 ejecutado en Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque y El Tamarindo.

Además de los análisis de contaminación bacteriológica en agua y biota se dispone de análisis de metales en sedimentos y biota. En cuanto a los sedimentos se cuantifican niveles significativos de arsénico, mercurio y plomo, aunque por lo general por debajo del Valor de Intervención (VI, que indica que las propiedades funcionales del suelo podrían estar en peligro) establecido por EDSAT (2009), y también por debajo del ERL (valor a partir del cual se pueden hacer patentes los efectos a corto plazo sobre la biota, según Long et al, 1998). También se confirma la presencia de arsénico en especies de bivalvos a lo largo de la bahía, y de plomo y mercurio sólo en algunas especies, en aquellas que presentan cierta capacidad bioacumuladora, y por tanto podrían pasar al resto de la cadena trófica incluyendo las poblaciones aledañas.

Los análisis de plaguicidas en sedimentos indican presencia de 4,4 DDE por encima del Valor Objetivo en algunos sitios; sin embargo, no se detectan otros plaguicidas.

En el 2015, se confirmó la presencia de altos niveles de coliformes fecales, en especial en aguas abajo de los núcleos poblacionales de Usulután y Jiquilisco. La DBO5 resulta baja en la mayoría de lugares, por la posible dilución consecuencia de las lluvias, aunque los vertidos analizados presentan concentraciones muy elevadas de este parámetro. Se observa desoxigenación en las zonas afectadas por los vertidos. Los nutrientes se mantienen en bajas concentraciones, así como la conductividad y sólidos disueltos, excepto en los lugares próximos a la bahía por la influencia del agua semisalada. Tampoco se aprecian concentraciones de metales.

Tras el análisis de plaguicidas en agua se destaca que no se han cuantificado concentraciones de los distintos plaguicidas analizados.

#### 9.1.8. RH Grande de San Miguel

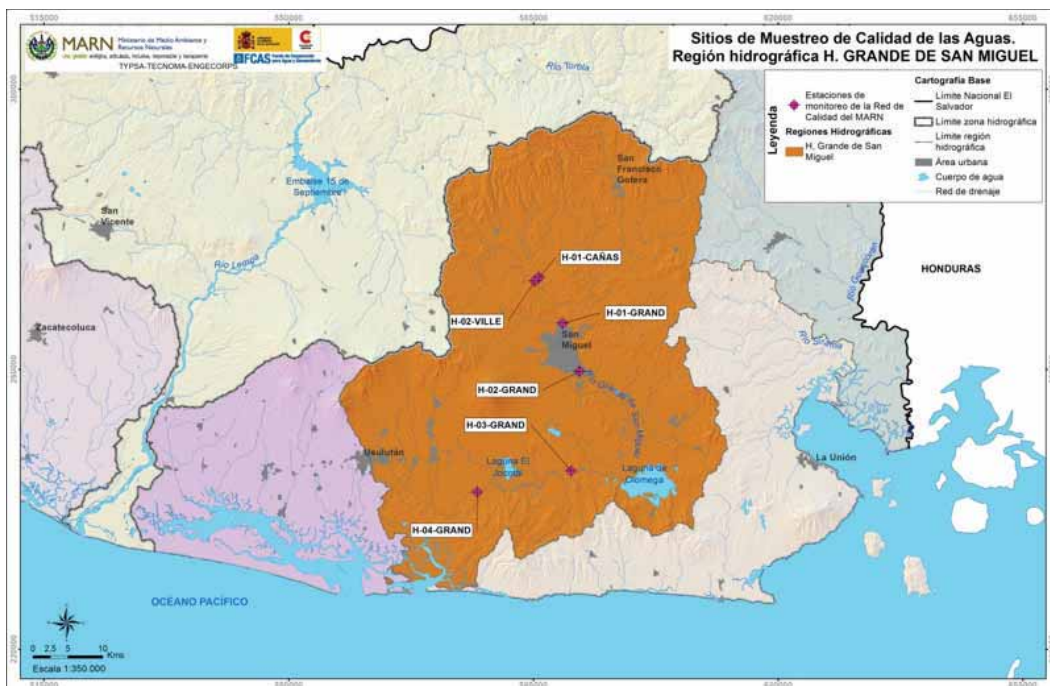
Los ríos Las Cañas y Villerías presentan, en los sitios analizados, altas concentraciones de coliformes fecales, siendo mayores en el río Villerías (Ver ubicación de los sitios en el mapa 42). Estos altos niveles se mantienen en el río Grande de San Miguel, sobre todo aguas abajo del casco urbano de San Miguel, donde se registran los máximos del río, debido de la afección que supone la ciudad sobre la calidad de las aguas. A pesar de ello, se observa una mejoría a lo largo del río, de modo que en el último sitio los valores promedio descienden por debajo de 1000 NMP/100 ml. Es destacable la capacidad de autodepuración del río, probablemente favorecida por una menor concentración de fuentes contaminantes a lo largo de él y el aporte de aguas subterráneas.





Mapa 42.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Grande de San Miguel



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Gráfico 67.

Dinámica espacio-temporal de las concentraciones de coliformes fecales en la RH H-Grande de San Miguel, en el periodo 2006/2011



Fuente: Armida, 2007; MARN-DGOA, 2011; MARN-DGOA, 2012; MARN-SNET, 2010.

En cuanto a la contaminación orgánica, los mayores valores se observan en Las Cañas, solo en el año 2007 (15 mg/l de  $\text{DBO}_5$ ); y en Grande de San Miguel, en 2009, en el cantón Vado Marín (14 mg/l de  $\text{DBO}_5$ ). En cuanto a los fenoles los niveles encontrados son en todos los casos altos, pero superiores aguas abajo del casco urbano de San Miguel.

Destaca la importante desoxigenación que presenta el río Grande de San Miguel aguas abajo del núcleo urbano y en el cantón Vado Marín, en ambos casos con un promedio de oxígeno disuelto próximo a 3 mg/l.

Los niveles de nitratos se mantienen bajos (inferiores a 3 mg  $\text{N-NO}_3/\text{l}$ ), y los fosfatos están en niveles altos

para la eutrofización, oscilando en el rango 0.16-0.32 mg P-PO<sub>4</sub>/l.

En lo que respecta a los metales y metaloides se detectan altas concentraciones de cobre y mercurio en algunos sitios, aunque no de arsénico, cromo ni zinc. En el caso del cobre, los máximos alcanzan los 0.05 mg/l en el río Las Cañas y en el Grande de San Miguel, aguas abajo del núcleo urbano; en el caso del mercurio, es también elevado en el sitio ya señalado, y en aguas abajo del cantón La Canoa. El pH se mantiene dentro de los rangos adecuados para los distintos aprovechamientos del agua.

En materia de TDS, conductividad, y sales los valores se sitúan, en todos los ríos estudiados, en niveles moderados sin afectar riegos ni pesca. La turbidez (año 2010) y el color (año 2011) tienden a ser muy altos, y no serían aptos para el consumo ni después del tratamiento convencional.

Un estudio realizado en las lagunas de Jocotal y Olomega, que se enmarcan en el Área de Conservación Tecapa - San Miguel, y son SR, evidencia que ambas sufren de desoxigenación, con promedios de oxígeno disuelto de 4.8 mg/l en el caso de Jocotal, y de 5.8 mg/l en el de Olomega; también se da la presencia de detergentes a niveles elevados en algunas zonas de ambas lagunas, lo que está indicando la existencia de vertidos directos de tipo mayoritariamente doméstico a estos cuerpos de agua.

También se detectan valores de coliformes fecales altos en Jocotal, aunque son bajos en Olomega; sin embargo, es importante tener en cuenta que sólo se dispone de un monitoreo. En Olomega se observan otros microorganismos como huevos de áscaris, tenías, quistes de ameba y otras microalgas que solo crecen en medios contaminados. En lo que respecta a la conductividad, por lo general es baja en ambas lagunas.

El pH también se mantiene en rangos adecuados para la vida piscícola; al igual que la temperatura entre 25° C y 30° C.

Debido al exceso de fosfatos se producen invasiones de Jacinto de agua en las lagunas, un claro indicador de desequilibrio nutritivo, y, por tanto, de eutrofización de las aguas. También se sospecha la presencia de agroquímicos en las lagunas, debido a la actividad agrícola que las rodea, aunque no se dispone de resultados analíticos al respecto.

Con base en los resultados del 2015, se corrobora la contaminación orgánica y bacteriológica existente en la cuenca, especialmente aguas abajo del casco urbano de San Miguel y de San Francisco Gotera, la cual disminuye notablemente a lo largo de la misma. Las concentraciones de nutrientes se mantienen bajas, por lo general; sin embargo, en el río San Francisco son elevadas para el riego; es posible que debido a la disminución de precipitaciones en los meses de julio y agosto, no haya movilización de los nutrientes al agua por escorrentía, pudiendo ser superiores en otros momentos. Los sólidos disueltos y la conductividad se mantienen en los niveles adecuados, y la turbidez resulta considerablemente inferior. En cuanto a los metales, solo se aprecia cadmio por encima del límite adecuado para la vida piscícola (EPA) en el río Las Cañas y en el río Grande de San Miguel, aguas abajo del núcleo urbano.

En las lagunas de Olomega y El Jocotal, a diferencia de muestreos anteriores, la contaminación microbiológica es baja y la oxigenación es buena, por lo general. Los detergentes se encuentran en concentraciones adecuadas. Los sólidos disueltos, la conductividad se mantienen en los rangos adecuados, y el pH adquiere un carácter básico, por la presencia de organismos realizando la fotosíntesis.

Por otro lado, se registra la presencia de los plaguicidas atrazina y ametrin en el tramo bajo del río Grande de San Miguel. La concentración medida de atrazina se sitúa por debajo del límite recomendado por la OMS para consumo directo, pero no se dispone de criterios de calidad para la vida piscícola y otros usos. En el caso del ametrin no se dispone de límites normados para los distintos usos, por lo que no se puede valorar si la concentración es adecuada. En las lagunas de Olomega y El Jocotal no se han realizado análisis de plaguicidas.



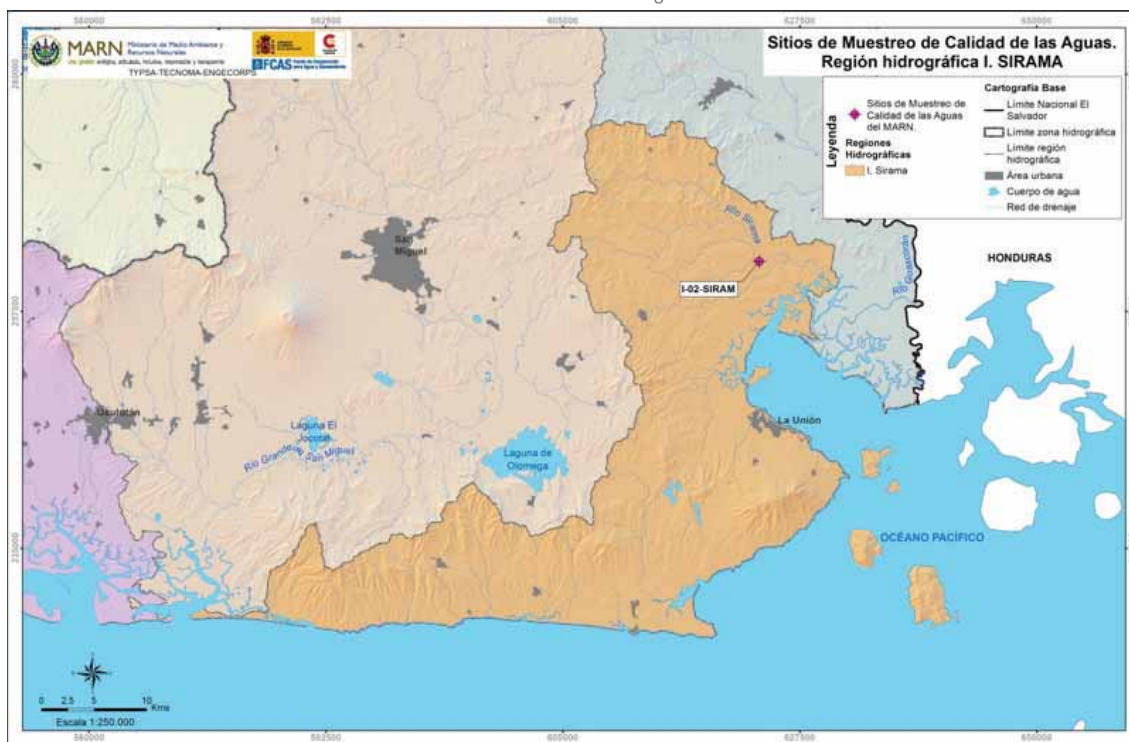
### 9.1.9. RH Sirama

Se dispone de datos provenientes de diferentes estudios sobre la calidad del agua para el río Sirama. En relación con los dos sitios de muestreo del MARN,

solo uno de ellos dispone de datos analíticos de los principales parámetros indicadores de la calidad general de las aguas, y de posibles problemas de contaminación de tipo ordinario y especial.

Mapa 43.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Sirama



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

En lo que respecta a la contaminación microbiológica, las concentraciones de coliformes fecales son elevadas en el los ríos Sirama y Santa Cruz, y muy elevadas en el río Managuara; en este último se han registrado elevadas concentraciones de  $DBO_5$  y DQO, pero más moderadas en los otros dos ríos. En cuanto a la oxigenación se presenta anoxia en el río Sirama en 2009; y no se dispone de datos de oxigenación para los ríos Managuara y Santa Cruz.

En el río Sirama se dispone de información en materia de fenoles, nutrientes, conductividad, pH, sales, sólidos y metales en agua. Los fenoles son elevados, así como las concentraciones de cobre, turbidez, color y fosfatos. El resto de parámetros no muestran problemas de calidad.

Para los ríos Sirama, Santa Cruz y Managuara se dispone de información de metales y plaguicidas.

En el caso de los dos primeros se cuenta con información tanto de la cuenca media como de la baja, mientras en el caso del Managuara solo de la cuenca baja.

En el río Sirama todos los metales y plaguicidas analizados se mantienen por debajo del valor de intervención fijados por EDSAT (2009), lo que descarta importantes niveles de contaminación, ya que los valores de intervención indican cuándo las propiedades funcionales para la vida en el suelo están seriamente deterioradas o en peligro. A pesar de ello hay algunos contaminantes que sí superan los Valores Objetivos e indican niveles por debajo de los cuales la calidad es adecuada para los ecosistemas, en este caso, en los sedimentos. En la cuenca media hay ciertos niveles de níquel, cobre, aldrín, clordano, dieldrín, endosulfan I y II, endrín, heptaclor, heptaclor epóxido y lindano. En la cuenca baja los contaminantes nombrados que

superan los Valores Objetivo han aumentado su concentración en términos generales, y se añaden al listado el sumatorio de las formas 2,4' DDE, 2,4' DDT, 4,4' DDE y 4,4' DDD, que se presentan ligeramente por encima del Valor Objetivo. Es evidente que hay un impacto sobre el medio por las actividades agrícolas de la zona y por algunos metales de origen antropogénico.

En el caso del río Santa Cruz, los metales arsénico, cobre, mercurio, níquel y plomo, y los plaguicidas 2,4' DDE, 2,4' DDT, 4,4' DDE, 4,4' DDD, (alfa y gamma), diazinón, etión, hexaclorobenceno, malatión, metil paratión y paratión, se mantienen por debajo del Valor Objetivo; sin embargo aldrín, clordano, dieldrin, endosulfan I y II, endrín, heptaclor, heptaclor epóxido, lindano y mercurio sí superan el Valor Objetivo. En la cuenca baja estos contaminantes aumentan su concentración en términos generales, y se detecta además cobre y níquel.

En la cuenca baja del río Managuara se registran de nuevo concentraciones de aldrín, clordano, dieldrin,

endosulfan I y II, endrín, heptaclor, heptaclor epóxido y lindano por encima del Valor Objetivo.

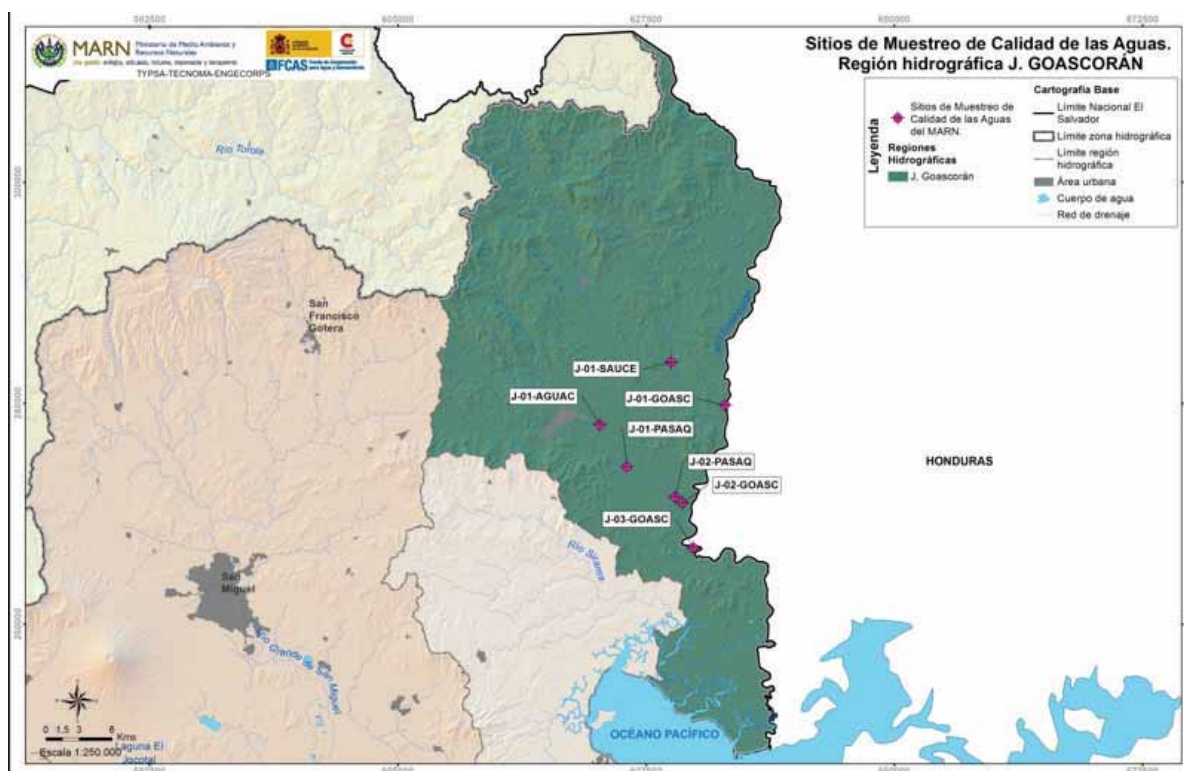
En el 2015, se muestreo la quebrada El Duende o Güisquil, observando una elevada contaminación orgánica y bacteriológica, debido a los aportes de La Unión y la población urbana del cantón de El Güisquil (municipio de Conchagua), fundamentalmente. En cuanto a los nutrientes, se registran altas concentraciones de fosfatos, que suponen una limitación para el uso del agua para riego, mientras que los parámetros pH, temperatura, conductividad y turbidez, se encuentran con niveles adecuados para los distintos usos. En esta zona no se han medido metales ni plaguicidas.

#### 9.1.10. RH Goascorán

Se dispone de datos de calidad del agua para el río Goascorán y sus tributarios, El Sauce y Pasaquina, más un tributario del Pasaquina, el río Agua Caliente, por medio de la red nacional de sitios de muestreo del MARN.

Mapa 44.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas en la RH Goascorán



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH





En lo que respecta a la contaminación microbiológica, las concentraciones de coliformes fecales son elevadas, según los estudios realizados, siendo esta contaminación más evidente en el río Goascorán, en el cantón Los Orcones (aguas arriba de la confluencia con el Pasaquina), y en el río Pasaquina, sobre todo en el sitio Los Rodríguez. En materia de contaminación orgánica las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  son bajas con excepción del 2011, que fueron algo elevadas. Del río Goascorán los niveles de DQO son altos.

En cuanto a la oxigenación, ésta es relativamente buena, con excepción del río Agua Caliente que presentó anoxia en 2009. Asimismo se identifican elevadas concentraciones de fenoles en todos los ríos aunque por debajo del límite de la EPA.

En cuanto a los nutrientes, los nitratos se mantienen en niveles bajos (inferiores a  $2 \text{ mg N-NO}_3/\text{l}$ ); los fosfatos están en niveles altos, oscilando en el rango  $0.12\text{-}0.31 \text{ mg P-PO}_4/\text{l}$  por lo que se pueden producir fenómenos de eutrofización. El pH se mantiene dentro de los rangos adecuados para los diferentes usos del agua.

En materia de TDS, conductividad, y sales se sitúan, en todos los ríos estudiados, en valores moderados, con la excepción del río Goascorán en el cantón Molina, 5 km aguas abajo del pueblo El Sauce, en el que, en 2011, se superan los  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ; por este motivo, no serían esperables afecciones sobre el riego y la vida piscícola. La turbidez y el color, son elevados a lo largo de los distintos ríos en algunas de las campañas, haciendo que las aguas sean poco aptas para el consumo tras potabilización por medios convencionales.

En cuanto a metales en el agua se observan altas concentraciones de cobre en los ríos Agua Caliente y Goascorán en la estación hidrométrica La Ceiba ( $0.04 \text{ mg/l}$  en los muestreos llevados a cabo en 2010 y 2009, respectivamente), también se han registrado altas concentraciones de plomo en los ríos El Sauce y Pasaquina, en el sitio Rodríguez ( $0.075 \text{ mg/l}$  en 2007, único muestreo realizado), y de mercurio en este último ( $0.2 \text{ mg/l}$  en 2007, único muestreo). La presencia de todos estos metales puede originarse en la minería artesanal, aunque también pueden aparecer de forma natural, a través de procesos hidrotermales.

Asimismo, se dispone de información de metales y plaguicidas en sedimentos del río Goascorán, cuyo análisis se muestra a continuación:

En la cuenca media, los metales: arsénico, cobre, mercurio, níquel y plomo son inferiores a los correspondientes Valores Objetivos. Sin embargo, la presencia de ciertos plaguicidas y de mercurio supera estos Valores, lo que estaría indicando que la concentración es superior a los rangos aceptables, pero a pesar de ello se mantienen muy lejos de los valores de intervención.

En la cuenca baja del Goascorán los contaminantes, que superaban los distintos umbrales comentados, han aumentado su concentración en términos generales, destacando los aumentos de concentración de cobre, que ya supera el Valor Objetivo, y el del níquel, que supera el ERL (valor a partir del cual se pueden hacer patentes efectos a corto plazo sobre la biota, según Long et al, 1998).

En el 2015, se muestreo un único sitio en esta región, ubicado en el tramo bajo del río Goascorán, no se observaron contaminación orgánica ni bacteriológica; y las concentraciones de nutrientes eran adecuadas. Sin embargo, el pH resulta elevado, pudiendo ocasionar problemas para los distintos usos. La conductividad es baja y no se observan metales.

Tras el análisis de plaguicidas, se cuantifica cierta concentración de atrazina por debajo de límite recomendado por la OMS para consumo directo. No se dispone de criterios de calidad para la vida piscícola y otros usos para este parámetro.

## 9.2. Calidad de las aguas subterráneas

Se presenta un resumen de las características de la calidad de las aguas subterráneas a partir de diversas fuentes de información, puede consultarse para mayor detalle el Anexo 08. *Calidad de las aguas*. Para completar esta información se realizaron salidas de campo para ampliar el conocimiento sobre las aguas subterráneas.



En cuanto a resultados analíticos para determinar la calidad del agua, actualmente no se cuenta con ninguno en diez de las 21 MASub identificadas en el país: ESA-04, ESA-05, ESA-09, ESA-10, ESA-13, ESA-14, ESA-16, ESA-17, ESA-18 y ESA-21.

A continuación se presenta un diagnóstico breve de las MASub con que se cuenta con información.

### 9.2.1. MASub ESA-01

De acuerdo a la información disponible de diferentes pozos ubicados en el sur del departamento de Ahuachapán: (Requena & Quintanilla, 1993), (BASIM-UICN, 2005) y (GM-UNES, 2013), en esta masa de agua los problemas más destacados identificados que limitan el consumo humano son los siguientes:

- Contaminación microbiana: en los pozos artesanales o de abastecimiento para sistemas de distribución de San Francisco Menéndez, las concentraciones de fecales rondan los 800-900 NMP/100 ml en todos los casos; además hay presencia generalizada de *Escherichia coli*, que demuestra una evidente contaminación de origen doméstico y probablemente por ganado. En Acajutla las concentraciones de coliformes rondan los 2000 NMP/100 ml, por lo que también hay contaminación positiva (BASIM-UICN, 2005).
- La salinidad en dos pozos del sur del municipio de San Francisco Menéndez, El Palmar - Hacienda La Danta y Zanjón El Aguacate, presentan una concentración de TDS y una conductividad extremadamente elevadas; en El Palmar se registran 39 300 mg/l de TDS y 80 000  $\mu$ S/cm, mientras en El Aguacate ascienden respectivamente a 14 800 mg/l y 29 800  $\mu$ S/cm. Estos valores muestran un alto riesgo de intrusión salina; también presentan altos valores de dureza, calcio, cloruros, magnesio, potasio, sodio y sulfatos, por lo que las aguas no presentan características propias de aguas dulces, sino entre salobres y salinas. Es por ello que en el informe se recomienda “evitar la explotación del acuífero profundo (a profundidades mayores a los -15 m) en la zona delimitada por el Canal Seco, sur de Hacienda La Danta y comunidades

Las Salinas y El Chino ya que la probabilidad de encontrar la masa de agua salada es mayor en esta zona.” (GM-UNES, 2013).

- En lo que respecta al hierro y al manganeso, hay elevadas concentraciones en los pozos del caserío Puente Arce (donde se registran los máximos, de 5.5 mg Fe/l y 0.55 mg Mn/l), en Acaguapa en San Francisco Menéndez, y en El Quebracho (BASIM-UICN, 2005). Hierro y manganeso tienen comportamientos hidroquímicos parecidos, su aumento en las aguas subterráneas puede estar relacionado con un proceso de acidificación de las mismas.

### 9.2.2. MASub ESA-02

Para esta masa se cuenta con datos de análisis procedentes de informes de perforación de pozos de ANDA, en el departamento de Sonsonate, que datan de diferentes fechas.

En general en la MASub ESA-02 los únicos problemas de calidad detectados se deben a la contaminación bacteriana. En el municipio de Izalco se registra presencia de coliformes totales (superiores a 23 NMP/100 ml) y abundancia de bacterias heterotróficas (> 59 000 UFC/ml). En el municipio de Sonsonate se dan concentraciones de coliformes totales (superiores a 23 NMP/100 ml) y abundancia de bacterias heterotróficas (950 UFC/ml). Algo parecido sucede en el municipio de San Antonio del Monte, con valores superiores a 8 NMP/100 ml en el caso de coliformes totales, y de 360 UFC/ml en el caso de bacterias heterotróficas. Por ello no se aconseja el consumo de estas aguas sin una previa potabilización. En el municipio de Acajutla no se dispone de información en referencia a la contaminación microbiana.

### 9.2.3. MASub ESA-03

Los datos de calidad disponibles corresponden al entorno del municipio de Santa Ana y pertenecen principalmente a los muestreos realizados por el MARN entre los años 2005 y 2012.



A la vista de toda la información disponible, destaca la presencia de coliformes totales en diez de los pozos, particularmente elevados en tres de ellos, al sur y al norte del núcleo urbano de Santa Ana (entre 1,100 y 2,800 NMP/100 ml). A pesar de estos datos, la mayor parte de los pozos no presenta mayores problemas de calidad, por lo que con una desinfección las aguas serían aptas para el consumo. No obstante se detectan algunos incumplimientos adicionales de los límites máximos y mínimos permisibles establecidos por la Norma para Agua Potable CONACYT NSO 13.07.01:08. Se trata de las concentraciones de cationes como el calcio y el potasio, algo elevados en los pozos, especialmente en un pozo al noreste del núcleo urbano, en el que se registra un máximo de 70 mg/l de potasio en 2008 y en otros dos pozos (en el centro y al norte del núcleo urbano), donde se supera el Límite Máximo Permisible (LMP) para calcio y magnesio (podría tratarse de problemas relacionados con el uso de fertilizantes y de reacciones químicas en el suelo, como consecuencia del uso inadecuado).

Estos tres pozos también han presentado altos niveles de nitratos (60-80 mg NO<sub>3</sub>/l). Otros presentan niveles de mercurio algo superiores al LMP, como es el caso de dos en el sureste del núcleo urbano (0.002 mg/l y 0.0017 mg/l). También hay un caso con alto manganeso en un pozo al norte del núcleo urbano (4.83 mg/l). Con cierta frecuencia se dan concentraciones de boro por encima del LMP, que oscilan entre 1.8 mg/l y 0.3 mg/l.

De los informes de perforación de pozos de ANDA se concluye que se detectan incumplimientos puntuales de los LMP establecidos para aguas potables en los parámetros hierro (0.6 mg/l en colonia Unida) y manganeso (0.34 mg/l en colonia Britania), elementos que van muy unidos y que podrían relacionarse con una acidificación del medio; contaminación microbiana en los pozos de la colonia Britania y de Santa María de Pozuelo, con contaminación positiva en el primero, de coliformes totales y de bacterias heterótrofas en concentraciones elevadas.

#### **9.2.4. MASub ESA-06**

Sobre esta masa se dispone de información a partir

de diversas fuentes para los departamentos de La Libertad, Sonsonate, San Salvador, Cuscatlán y Chalatenango.

En lo relacionado al departamento de La Libertad se registran incumplimientos frecuentes en relación a los coliformes totales, en los municipios de San Juan Opico (especialmente en el cantón Sitio del Niño), Ciudad Arce y Colón (en este último con carácter puntual), también por elevadas concentraciones de calcio, de potasio y manganeso tanto en los municipios anteriores, como en Sacacoyo; exceso de nitratos en San Juan Opico, Colón y Quezaltepeque; y por último, boro, en Colón y Sacacoyo (MARN y (Guevara, 2011)). Es importante mencionar la presencia del suelo contaminado por plomo en el cantón Sitio del Niño que puede causar afecciones en las aguas subterráneas.

En cuanto al departamento de Sonsonate, existe presencia de coliformes totales en concentraciones que oscilan entre los 30 y los 1600 NMP/100 ml en el municipio de Armenia, aunque no se detectan problemas con otros parámetros de calidad analizados, de acuerdo a los monitoreos del MARN entre 2005 y 2012.

En el departamento de San Salvador, se han identificado problemas por exceso de potasio en dos pozos del municipio de Nejapa (Barrera, 2010) y (Gil, 2007), así como en algunos pozos y manantiales de San Salvador, y valores inadecuados de pH en los municipios de Ciudad Delgado, Apopa, San Marcos, Cuscatancingo y Tonacetepeque (Barrera, 2010) y (Landaverde & Romero, 2008). En los municipios de Soyapango y San Martín no se observan problemas de calidad en los parámetros analizados, pero es de notar que no se cuenta con análisis de parámetros bacteriológicos para el departamento de San Salvador.

En el departamento de Chalatenango, en la zona de influencia del embalse Cerrón Grande (municipios de Tejutla y Santa Rita), se destacan altos valores de coliformes fecales en todos los pozos, especialmente en el cantón San José Los Sitios (Tejutla); y una elevada conductividad, TDS, sales y nitratos en varios pozos del cantón Aguaje Escondido (Tejutla).

Los parámetros de arsénico, cromo VI, hierro, magnesio, pH, temperatura y fenoles (CEL, 2010) no presentan incumplimientos.

En el departamento de Cuscatlán no se registran problemas, según la información disponible, en dos pozos ubicados en los municipios de San Pedro Perulapán y San Bartolomé Perulapia (Landaverde & Romero, 2008).

#### 9.2.5. MASub ESA-07

Se cuenta con una serie de informes de perforación de pozos de ANDA, entre los años 2006 y 2013, correspondientes a los departamentos de La Paz y San Vicente.

De acuerdo a los datos disponibles, se identifican ciertos incumplimientos de los límites máximos permisibles establecidos para las aguas potables en lo que se refiere al hierro y al manganeso. En el caso del hierro, los incumplimientos se detectan en los municipios de San Luís Talpa (donde se registra un máximo, de 1 mg/l), San Pedro Masahuat y Zacatecoluca; en el caso del manganeso, en los municipios de El Rosario (máximo de 2 mg/l) y San Luís Talpa. Los datos de contaminación microbiana revelan que en los municipios de El Rosario, Zacatecoluca y San Vicente, se detectan, en los dos pozos de El Rosario, concentraciones bajas de coliformes fecales, 4.5 NMP/100 ml; coliformes totales, entre 33 y 11 NMP/100 ml; y E.coli, en uno de ellos (Granja La Única), con 2 NMP/100 ml.

En cuanto a los plaguicidas analizados el resultado es negativo (por debajo del LC) de acuerdo a los parámetros en los pozos estudiados.

#### 9.2.6. MASub ESA-08

Se dispone de información de cinco pozos distribuidos en el departamento de Santa Ana, en los municipios de Metapán y de Santa Rosa de Guachipilín (Medina, 2009).

Ninguno de los pozos analizados supera los límites máximos y mínimos permisibles establecidos por la Norma para Agua potable CONACYT NSO 13.07.01:08, para los parámetros cloruro, conductividad, magnesio, sodio, TDS, sulfatos y temperatura. No se dispone de datos de coliformes fecales; sin embargo, en el municipio de Metapán se observa un incumplimiento del límite establecido para el pH, que supera un poco el valor máximo; y supera el límite para el hierro total. También se registran incumplimientos en un pozo para los parámetros, nitratos, nitritos y manganeso.

Se cuenta con datos de calidad para cuatro pozos que se alimentan de esta masa en la zona de influencia del lago de Güija (CEL, 2010).

Todos los pozos presentan concentraciones de coliformes fecales y totales; los pozos ubicados en el noroeste del lago presentan mayores concentraciones que el situado al sureste, también se detectan concentraciones significativas de aceites y grasas en todos ellos, y, en alguna ocasión, de carbono orgánico. En lo que respecta a los iones, hay incumplimientos en lo referente a la dureza en sodio, calcio y potasio (posible relación con el uso inadecuado de fertilizantes), sobre todo en el noroeste del lago, pero no en materia de conductividad, TDS y cloruros. En cuanto a la turbidez apenas hay incumplimientos; así mismo, los nitratos se mantienen por debajo del límite máximo permisible, pero sí en cuanto a nitrógeno total. Puntualmente, en un pozo al noroeste del lago se presenta cierta concentración de hierro, aunque no de magnesio. Los parámetros de arsénico, cromo VI, pH, temperatura y fenoles no presentan incumplimientos.

#### 9.2.7. MASub ESA-11

Solo se cuenta con datos de calidad de un informe de perforación de un pozo de ANDA ubicado en el municipio de San Lorenzo, departamento de San Vicente. Se detecta incumplimiento en el conteo bacteriano heterotrófico, que asciende a 590 NMP/100 ml, y por lo tanto supera el límite máximo permisible establecido para aguas potables.



### 9.2.8. MASub ESA-12

Se dispone de datos de calidad para una serie de pozos distribuidos en las inmediaciones del núcleo urbano de San Miguel, de los trabajos realizados por el MARN en el periodo 2005/2012 y en el año 2008 (MARN-HIDRODESARROLLO, S.A, 2008). Las principales características de las aguas subterráneas se describen a continuación:

- Presencia de coliformes totales, en algunos pozos de las inmediaciones de núcleo urbano, llegando a 30 000 NMP/100 ml.
- Los nitratos superan el límite máximo permisible en dos pozos de la parte oriental del municipio, donde se registra un máximo de 52.4 mg NO<sub>3</sub>/l.
- En materia de sustancias químicas, norma CONACYT NSO 13.07.01:08, las concentraciones de cloruros, fluoruros, sulfatos, sodio y manganeso se mantienen por debajo de los correspondientes límites máximos permisibles de la norma, y se identifican incumplimientos de carácter puntual para el hierro en un pozo ubicado en el cantón Monte Grande (municipio de San Miguel), único con dato, que en promedio asciende a 1 mg/l (posibles aguas ácidas en el entorno).
- Con frecuencia se observan valores de concentración que superan los límites de la norma en magnesio, calcio y potasio.
- En cuanto a los metales pesados y metaloides hay incumplimientos puntuales para el cadmio, el mercurio, el níquel, y el plomo. Se registran incumplimientos menos puntuales el arsénico, detectado en concentraciones superiores a las recomendadas para el consumo en tres pozos ubicados al norte del núcleo urbano; el origen del arsénico está asociado al volcán de San Miguel, que se transporta de las partes altas de la cuenca hacia las partes bajas donde se localizan los pozos, por medio de formaciones permeables (MARN-HIDRODESARROLLO, S.A, 2008).
- También hay presencia de altas concentraciones de boro en muchos de los pozos.

Además, se dispone de datos de calidad para los pozos distribuidos en el departamento de Usulután (en la península San Juan del Gozo, en la Bahía de Jiquilisco), a partir de los trabajos realizados por el MARN en el periodo 2005/2012. Las principales características de las aguas subterráneas son:

- Salinidad en dos pozos en el municipio de Jiquilisco, en los cantones de Montecristo y Salinas de Sisiguayo, (máximo registrado de 2500  $\mu$ S/cm); y dos pozos, en el cantón El Marillo (municipio de Jiquilisco) y en Salinas de Sisiguayo, presentan una concentración de TDS algo superior al estándar para agua de bebida que establece la EPA (EPA, 1986), fijado en 500 mg/l. Esto puede ser debido al aporte de agua salada desde las salineras localizadas en esa zona.
- En todos los pozos de la Bahía de Jiquilisco los sulfatos y la sílice se mantienen dentro de los rangos establecidos por la norma, pero se dan incumplimientos de carácter puntual para el magnesio, manganeso, sodio, calcio, cloruros y fluoruros. También se registran otros incumplimientos menos puntuales de hierro en seis pozos, en los que se supera el límite máximo permisible, siendo especialmente elevado en dos casos (0.73 mg/l y 0.95 mg/l); en cuanto al potasio, en seis pozos se supera el límite de dicho parámetro, siendo especialmente elevado en un caso que en promedio alcanza 29 mg/l.

En materia de nitratos no hay incumplimiento en ninguno de los pozos estudiados.

### 9.2.9. MASub ESA-15

Se dispone de datos de calidad de pozos distribuidos en las inmediaciones del núcleo urbano de San Miguel por medio de los trabajos realizados por el MARN en el periodo 2005/2012 y en el año 2008 (MARN-HIDRODESARROLLO, S.A, 2008). Las principales características de las aguas subterráneas detectadas son:

- Presencia de coliformes totales en algunos pozos de las inmediaciones del núcleo urbano, (Familia

Flores), que presentan un valor en torno a 1500 NMP/100 ml.

- En los nitratos se supera el límite máximo permisible en algunos pozos de la parte oriental del núcleo urbano, donde se han registrado máximos de 335 mg NO<sub>3</sub>/l en septiembre del 2005, y de 109.5 mg NO<sub>3</sub>/l en octubre del 2012; la presencia de nitratos se asocia a la existencia de fosas sépticas en las vecindades.
- En materia de sustancias químicas referidas en la norma CONACYT NSO 13.07.01:08, las concentraciones de cloruros, fluoruros, sulfatos y sodio se mantienen por debajo de los límites máximos permisibles, pero se identifican incumplimientos de carácter puntual para el potasio en dos pozos (núcleo urbano y sureste del municipio de San Miguel) y sílice y calcio en tres (núcleo urbano y sureste del municipio de San Miguel).
- Incumplimientos en cuanto al arsénico, se han medido concentraciones superiores a las recomendadas para el consumo en tres pozos ubicados en el sureste del núcleo urbano, su origen está asociado al volcán de San Miguel.

El informe, ya citado de la campaña del 2008, indica que: desde el punto de vista microbiológico, la parte profunda del acuífero (de San Miguel) tiene aguas de buena calidad y no está contaminado con coliformes fecales. Con relación a los químicos inorgánicos de alto riesgo, el arsénico presenta un serio problema de contaminación para los pozos de ANDA y los de algunas urbanizaciones privadas. La parte somera del acuífero tiene aguas de mala calidad y no debe usarse para abastecimiento humano, tanto en el aspecto microbiológico como de otros químicos y químicos de alto riesgo como el arsénico.

A raíz de una visita de campo realizada el 8 de mayo de 2013 por la UDP-GHES, se tuvo conocimiento de la detección de aldrín en el agua de origen subterráneo en la urbanización de La Pradera, posiblemente por los arrastres del río Grande de San Miguel, a pesar de que en el río no se detecta.

También existen problemas de contaminación del acuífero con toxafeno debido a unos barriles sin identificación depositados y abandonados en un almacén; la gente del lugar los vació en el suelo, desconociendo su contenido, para reutilizar el barril contaminando así el acuífero. El toxafeno se utilizaba en el cultivo del algodón como plaguicida.

Esta contaminación se detectó, sin perjudicar en la urbanización La Pradera, y en la colonia Carrillo en donde el agua se emplea para uso doméstico pero no para consumo humano por sus problemas de contaminación.

#### 9.2.10. MASub ESA-19

Se cuenta con datos de calidad de dos pozos ubicados en El Icacal y Playas Negras (municipio de Conchagua) (MARN-JICA-BIOTEC, 2006). Los estudios se realizan de muestras tomadas en marzo del 2006. Lo destacable es que en ambos pozos se detectan concentraciones de coliformes fecales, por lo que no se recomienda el consumo de la agua. Las mayores concentraciones se registran en El Icacal, con 5000 NMP/100 ml.

Asimismo se observa presencia de plomo en Playas Negras, cuyas concentraciones se sitúan en el límite de 0.01 mg/l.

No se han identificado valores de residuos de plaguicidas en los sitios analizados que superen los límites máximos permisibles establecidos en la norma.

#### 9.2.11. MASub ESA-20

Se cuenta con información de varios pozos ubicados en Cerco de Piedra, Chiquirin, El Chapernal, El Huisquil, Los Jíotes, La Chacra y Punta Jocote, todos ellos alimentados de la MASub ESA-20 (MARN-JICA-BIOTEC, 2006). En todos se detectan concentraciones de coliformes fecales; en El Huisquil y Punta Jocote (La Unión y Conchagua) por encima de 1000 NM-P/100ml.

Se observan problemas de contaminación por mercurio en Punta Jocote, pero estos no alcanzan niveles





de 0.01 mg Hg/l; en ningún caso se observan elevadas concentraciones de arsénico, níquel y plomo, tampoco se han identificado valores de residuos de plaguicidas que superen los límites máximos permisibles establecidos en la norma.

Se dispone de información de tres pozos ubicados en el municipio de Pasaquina (GM, 2004a), (GM, 2004b) y (GM, 2004c).

Teniendo en consideración los límites máximos permisibles establecidos por la Norma para Agua Potable, se puede concluir lo siguiente:

- La contaminación microbiana presenta, en los tres pozos analizados, ciertas concentraciones de coliformes totales, resultando negativa o muy baja la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli*.
- Por lo general las aguas cumplen con los requisitos para su consumo para el resto de parámetros analizados (conductividad, pH, olor, color verdadero, turbidez, TDS, calcio, cloruros, dureza, fluoruros, hierro, magnesio, manganeso, sílice, sodio, sulfatos y nitratos).

## 9.2.12. Delimitación de la cuña salina

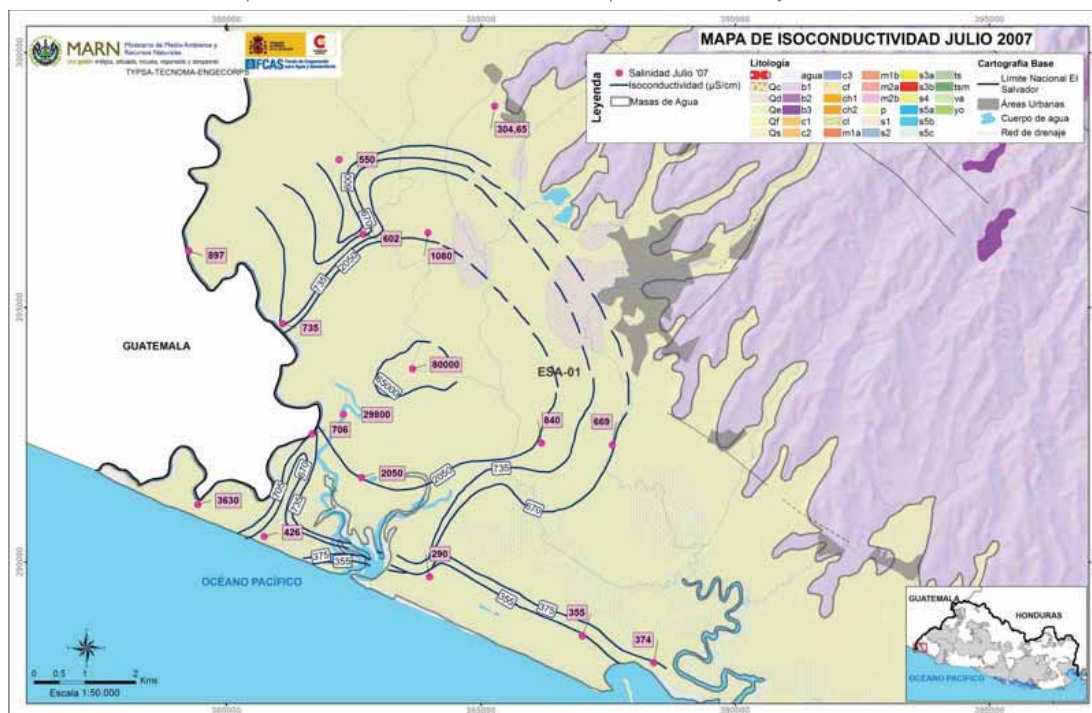
Para caracterizar la intrusión marina en el litoral salvadoreño se procede a realizar la recopilación de información disponible (allí donde este proceso detecta) y a completar esta información con trabajo de campo, con el objetivo de establecer posibles conexiones entre los resultados conseguidos y las causas naturales y/o antrópicas que pueden haberlos generados. De este modo, se han localizado dos áreas principales en las que el proceso de intrusión marina es detectado:

- Sector oriental de la masa de agua subterránea ESA-01 (GM-UNES, 2013).
- Llanura litoral dispuesta a lo largo de parte de las masas de agua subterránea ESA-07 y ESA-12 (información facilitada por el MARN, 2012 y ANDA 2013).

Con base en la información disponible, de los puntos de control, en materia de conductividad eléctrica y concentración de cloruros, se realizan los mapas de isoconductividades eléctricas a partir de interpolar los valores disponibles de este parámetro.

Mapa 45.

Isoconductividades eléctricas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) elaborado a partir del interpolado de los valores disponibles de este parámetro en la MASub ESA-01 para el mes de julio de 2007



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Respecto a la situación mostrada en el mapa 45, es evidente la existencia de una importante anomalía salina con valores máximos de conductividad eléctrica próximos a 80 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en las proximidades de la Hacienda la Danta. El origen de dicha anomalía podría ser debido a dos motivos principales:

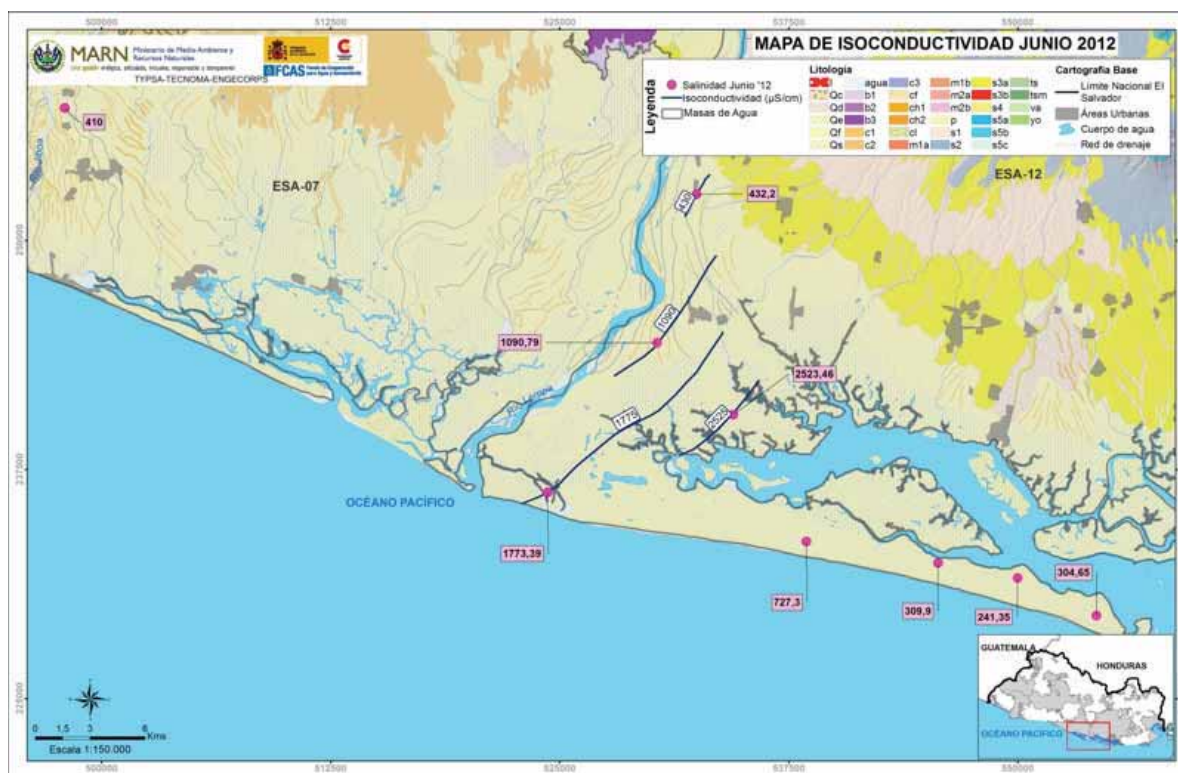
- Existencia de un nivel permeable, localizado y delimitado (GM-UNES, 2013), constituido por materiales aluviales y fluviales que se disponen desde cotas próximas a la del nivel del océano

hasta profundidades máximas de -175 m s.n.m., y que permitirían el ingreso de agua marina tierra adentro.

- La circulación de agua salina por dichos materiales permeables aluviales y fluviales se vería sensiblemente favorecida por los excesivos bombeos que se realizan en la zona desde este nivel acuífero para cubrir las importantes demandas agrícolas para los cultivos de caña de azúcar, platanos y bananeras.

Мапа 46.

Isoconductividades eléctricas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) elaborado a partir del interpolado de los valores disponibles de este parámetro en las MASubs ESA-07 y ESA-12 para los meses de junio-julio de 2012



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

La información disponible referente al proceso de intrusión marina detectado en las MASub ESA-07 y ESA-12, con un valor máximo de la conductividad eléctrica de 2523.46  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registrado en las proximidades de la hacienda de Wilber Mendoza, es más limitada que en el caso de la MASub ESA-01, si bien, los factores que intervienen en el desarrollo de la anomalía salina asociada serían, con gran probabilidad, muy similares a los descritos anteriormente:

- Posible existencia de materiales permeables, relacionados con la evolución de la posición del río Lempa, que se dispondrían entre dicho río y la Bahía de Jiquilisco, permitiendo la entrada de agua marina a través de la bahía hacia tierra adentro.
- Este proceso se vería igualmente favorecido por la presencia de captaciones de agua subterránea destinadas al uso de regadío de, como mínimo, arrozales y agodón.



### 9.3. Calidad de las aguas costeras

La información a este respecto es limitada, pues solo se dispone de la relativa a un año, lo que no permite conocer la variabilidad de la calidad a lo largo de un periodo dado. Aun así, para mayor detalle se puede consultar el Anexo 08. *Calidad de las aguas*.

Durante el mes de noviembre del 2012, el MARN analizó 27 puntos del litoral salvadoreño; 21 entre playas, seis entre esteros y bocanas para evaluar la calidad sanitaria del agua del mar con dos objetivos:

- i) Generar información para la gestión sostenible de los recursos costeros marinos ante el cambio climático; y
- ii) Evaluar su aptitud de uso para actividades recreativas.

Los resultados obtenidos revelan que la calidad físico-química en todos los puntos fue apta para actividades recreativas con contacto humano. En cuanto a la calidad bacteriológica, presentan una valoración entre “muy buena” (70 %) y “apta” (30 %) para actividades recreativas de contacto humano, de acuerdo a la norma OMS 2003 Guidelines for safe recreational water environments. Vol 1 (MARN, 2012f).

Sin embargo, tras el periodo vacacional, la calidad de agua se vio afectada, resultando “mala” en la desembocadura del río Sensunapán, y variando de “buena” a “Mala” frente a la desembocadura del río Chilama, según el indicador de bacterias Enterococos (MARN, 2012c). El exceso de vertidos de aguas residuales sin la adecuada depuración llega a las aguas costeras, dando lugar a la contaminación de las mismas, especialmente, tras periodos de fuerte afluencia de turismo.

Por otra parte, en el 2005 según el estudio realizado por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES-UES, 2006), se confirmó la presencia de coliformes fecales y totales en la zona costero marina de Los Cóbanos, relacionándola con las descargas sin tratamiento recibidas en los ríos a lo largo de su recorrido.

En las muestras tomadas en la playa de Los Cóbanos centro, el recuento de coliformes fecales disminuyó considerablemente respecto al resto de sitios, debido al efecto de la salinidad y el oleaje del mar. Salinidades entre el 20 % y el 30 % inhiben el crecimiento y permanencia de coliformes fecales, sin embargo durante los meses de mayor precipitación (julio a octubre) se espera una disminución de la salinidad del 10 %, incrementándose el número y la permanencia de coliformes fecales.

El complejo Los Cóbanos tiene particular relevancia por contener la única formación de arrecife entre México y Costa Rica, bosques secos y vegetación de farallón; e incluye el parque marino Los Cóbanos, humedales y morrales de la llanura aluvial de Sonsonate, El Zope, manglares de los ríos Banderas, Las Bocanitas, Los Farallones, Plan de Amayo, El Balsamar e Ishuatan.

Otros problemas detectados en la costa han sido las floraciones de algas en alta mar, así como mortandades de tortugas marinas asociadas a la producción de toxinas por parte de algas tóxicas.

### 9.4. Síntesis de la calidad del agua

En relación a las aguas superficiales existe una destacable contaminación bacteriológica en la mayor parte del país, que indica que hay gran cantidad de vertidos, -de tipo ordinario y especial sin una adecuada depuración y en mayor medida con una ausencia total de tratamiento-, a lo largo de las cuencas a las aguas superficiales. También se registra cierta contaminación orgánica, con frecuencia acompañada por una desoxigenación de los principales cauces, lagos o embalses, que en ocasiones es de gran relevancia pues roza la anoxia; así mismo, hay elevadas concentraciones de fenoles a lo largo de la mayor parte de las cuencas. Lo anterior hace totalmente desaconsejable el consumo de las aguas superficiales, sin un tratamiento previo que incluya desinfección, sobre todo por los niveles de coliformes fecales, tanto humano como para riego de cultivos que se consuman frescos (productos hortícolas).

En materia de nutrientes, en general, no se registran

concentraciones elevadas de nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal, pero sí concentraciones de ortofosfatos, con frecuencia se mantienen bastante por encima de los límites que recomienda la EPA, de tal manera que podrían producirse problemas de eutrofización en los ríos y los lagos. A este respecto, es posible que haya un componente de contaminación natural (andisoles, suelos derivados de cenizas volcánicas que presentan capacidad de fijación del fósforo), pero no se dispone de suficientes datos para establecer si efectivamente existe este componente; es probable que la actividad agrícola que predomina en el país esté aportando una cantidad importante de fosfatos a las aguas.

Estos niveles se ven agravados por los aportes industriales y domésticos que se concentran en determinadas zonas. En el muestreo del 2015, las concentraciones de nutrientes resultaron inferiores que en los anteriores, también debido a la situación de sequía, especialmente en el corredor seco, en que las precipitaciones han sido inferiores en los meses de julio y agosto respecto al promedio histórico, lo que podría provocar que haya una menor movilización de estos parámetros como para ser detectados en el cuerpo receptor.

También se identifican ciertos niveles de cobre, que no resultan elevados para el consumo humano y el uso en riego de aguas crudas tras un tratamiento convencional, sí lo son para producir efectos agudos o crónicos sobre los peces. En el 2015, se identificó que los metales y metaloides resultan no detectables en la mayoría de casos; en cuanto al cobre, los valores están por debajo del límite de detección de la técnica analítica, que se sitúa en 0.01 mg/l, por lo que no puede valorarse si existe afección para la vida piscícola.

Asimismo, en el 2015, se midieron los plaguicidas en agua de los tipos organoclorados, organonitrogeno-fosforados, carbamatos y glifosatos, en los sitios que podrían tener afección por la agricultura. Se comprueba la presencia de algunos de estos compuestos en determinados ríos, sin embargo las concentraciones medidas se sitúan por debajo de los límites recomendados por la EPA para la propagación piscícola,

y de la OMS para el consumo directo, pero no se dispone de criterios de calidad para todos los plaguicidas encontrados. Se presume que en momentos de mayor ocurrencia de lluvias puedan apreciarse mayores concentraciones de los plaguicidas detectados y otros, debido a la mayor movilización de éstos por escorrentía superficial.

En cuanto a las aguas subterráneas, en todas aquellas masas que cuentan con datos en materia de contaminación bacteriológica el resultado es positivo, siendo en ocasiones la contaminación por presencia de coliformes fecales muy elevada. Su origen es doméstico, del ganado y de industrias de productos del reino animal. En estos casos, las aguas para consumo humano deben ser sometidas previamente a un proceso de desinfección. Otras afecciones generalizadas se deben a la existencia de concentraciones de metales y sales por encima de los LMP establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO. 13.49.01:09, relativa al uso del recurso como agua potable. Tal es el caso del hierro y el manganeso que tienen comportamientos hidroquímicos parecidos, y su aumento en las aguas subterráneas de distinto origen (contextos volcánicos, procesos mineros, tratamientos industriales, etcétera) puede estar relacionado con un proceso de acidificación.

En algunos pozos se observa un exceso de nitratos, sobre todo en el distrito de riego de Zapotitán y en algunos pozos en el municipio de San Miguel, en los que se advierten concentraciones muy elevadas; este es un químico orgánico de alto riesgo para la salud, por lo que no es recomendable el consumo de aguas cargadas de nitratos.

Se han identificado zonas en alto riesgo de intrusión salina en el departamento de Ahuachapán, a la vista de los datos disponibles de conductividad, TDS y sales como los cloruros, entre otras; es recomendable evitar la explotación del acuífero profundo en esta zona, ya que la probabilidad de encontrar la masa de agua salada es mayor en esta zona.

En relación a la calidad de las aguas costeras, la calidad bacteriológica en cerca del 70 % de las playas evaluadas, presentaron una valoración "muy buena"



para actividades recreativas de contacto humano, y el 30 % restante resultó también con una calidad apta para este tipo de actividades (MARN, MOP, VMVDU, 2004).

Se recomienda realizar un seguimiento de calidad de las aguas costeras, puesto que estas poseen una elevada importancia ecológica, biológica, económica y sociopolítica, y se encuentran expuestas a importantes presiones de origen antropogénico que pueden causar afecciones a ese recurso.





## 10. Objetivos ambientales



Uno de los objetivos de la planificación hidrológica es tratar de alcanzar el buen estado, en cantidad y calidad, de las aguas superficiales y subterráneas, previniendo su deterioro y reduciendo progresivamente la contaminación; así como protegiendo, mejorando y regenerando las aguas a través de una adecuada gestión del recurso hídrico.

Para el logro de estos propósitos, un condicionante esencial es la definición de objetivos ambientales, siguiendo una serie de pautas, lineamientos y procedimientos, para aguas superficiales, subterráneas y marinas; es importante que los objetivos, por un lado, sean realistas, es decir, en concordancia con la capacidad económica y administrativa del país, y por otro que se ajusten progresivamente.

Uno de los lineamientos y principios claves para la gestión del recurso hídrico es la identificación y clasificación de los cuerpos de agua, el reconocimiento de los usos actuales y el establecimiento de los usos potenciales o aptitudes a corto, medio y largo plazo.

A continuación se hace una propuesta de los

objetivos ambientales en cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

### 10.1. Objetivos ambientales para cantidad

En la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (MARN, 2013c), se definen los ejes estratégicos sobre los que se enmarcan las actuaciones en materia de recursos hídricos de la Política Nacional del Medio Ambiente (Consejo de Ministros, 2012); estos constituyen los objetivos ambientales cuantitativos y se exponen a continuación.

#### 10.1.1. Preservación de los suelos y regulación hídrica

La capacidad de infiltración del suelo contribuye a la recarga acuífera y, por tanto, al aumento de las reservas de aguas subterráneas, y a la amortiguación de los picos de escorrentía superficial, generadores de inundaciones y de procesos de erosión de suelos. El suelo constituye, por tanto, un medio para la regulación hídrica natural de las cuencas.



Dada la intensificación de los procesos erosivos como consecuencia de la acción antrópica, la preservación de los suelos como medio natural para la regulación hídrica constituye un objetivo ambiental del PNGIRH, tal y como plantea la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. El problema de la erosión y pérdida de suelos fue identificado dentro del PAG, y propone las medidas correspondientes que pueden consultarse en el Acápite 12, Plan de Acción Global.

### 10.1.2. Implantación de caudales ecológicos o caudales ambientales

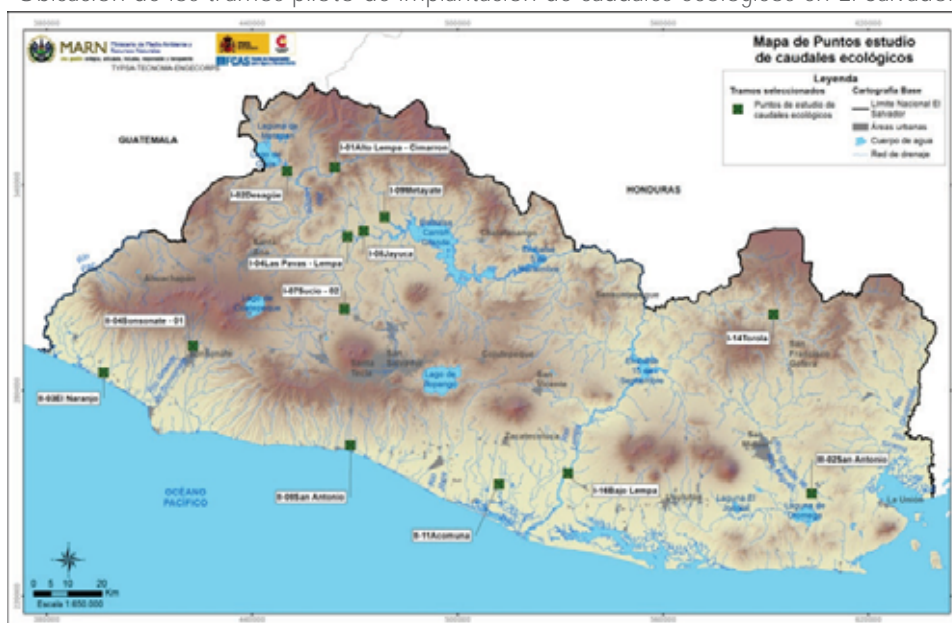
La preservación de los ecosistemas fluviales depende en gran medida del estado cuantitativo y cualitativo del flujo circulante, siempre comparada con las condiciones de éste en su estado natural o inalterado. El progresivo cambio del uso del suelo, la explotación de los recursos hídricos y de los recursos naturales en general, produce la alteración del régimen hidrológico natural de los ríos, así como el empeoramiento de la calidad de las aguas. Sumado a la ausencia de una gestión de las cuencas que integre los diferentes usos del agua con respeto a las necesidades hídricas mínimas de los ecosistemas fluviales y/o de aquellos asociados, se enfrenta a la desecación de tramos de cauce que solían ser permanentes, así como serios problemas de pérdida de hábitat.

El gran objetivo de la implantación de caudales ecológicos consiste en lograr la compatibilidad de los usos del agua con la preservación y, en caso necesario, la mejora del ambiente en aquellos tramos afectados por la sobreexplotación de los recursos, y por una alteración significativa de su régimen natural, en el caso de tramos regulados, o por la degradación de su calidad.

En el marco de los trabajos del PNGIRH se realiza una primera selección de tramos de ríos a escala nacional para la implantación de caudales ecológicos: 13 tramos (ver mapa 47); la implantación de caudales ecológicos es un proceso progresivo, de manera que se deberá ampliar el número de tramos propuestos en las diferentes etapas de planificación, hasta asegurar la preservación de los ecosistemas en todos aquellos tramos afectados por los usos actuales. Los 13 tramos piloto se encuentran en 12 ríos del territorio nacional y se seleccionaron atendiendo el grado de conservación, las afecciones antrópicas a las que están sometidos, a criterios particulares definidos por el MARN y a la presencia de Áreas de Conservación, Áreas Naturales Protegidas y Sitios Ramsar. Para una caracterización en detalle de los diversos tramos, de los criterios de selección y las metodologías de cálculo empleadas para la determinación de los caudales ambientales en dichos tramos consultar el Anexo 05. *Caudales ecológicos.*

Mapa 47.

Ubicación de los tramos piloto de implantación de caudales ecológicos en El Salvador



Fuente: elaboración del MARN, 2014 para la formulación del PNGIRH.

En el Cuadro 48 (Acápites 6.3.), se presentan los caudales ambientales determinados por métodos hidrológicos, como propuesta preliminar de caudales ambientales. Como se puede ver en el Acápites 6 y en el Anexo 04. *Asignación y reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuras*, las demandas ambientales son evaluadas de manera integrada con el resto de usos y con prioridad de orden dos del uso de abastecimiento poblacional en los balances hídricos de los sistemas de explotación para la situación actual (Escenario 1 de implantación) y para el horizonte de planificación a medio plazo 2022.

A excepción de tres tramos (I-01-Cimarrón, I-09-Metayate y I-14-Torola), el resto de demandas ambientales aparentemente no presentan problemas de fallo en el Escenario 1, lo que indica que su implantación podría garantizarse, siempre y cuando, en el caso de existir competencia por el recurso, la implantación de caudales ecológicos se acompañe de la implementación de las medidas propuestas en el PAG, para asegurar la plena satisfacción de las garantías de todos los usuarios del agua. A estos efectos, y con carácter provisional, se realiza la asignación de recursos hídricos para diez de los 13 tramos de caudal ecológico. Una vez implantadas las medidas correspondientes al problema de la satisfacción de las demandas, se prevé la provisión de reservas, con carácter provisional, para los dos tramos adicionales, I-01-Cimarrón y I-09-Metayate, quedando únicamente el tramo I-14-Torola, a espera de estudios adicionales para la determinación del caudal ecológico.

### 10.1.3. Captación de agua de lluvia

La captación de agua de lluvia para su posterior aprovechamiento es una práctica muy poco extendida en El Salvador; sin embargo, presenta un importante potencial para la atención de ciertas actividades de uso doméstico y, fundamental para el sector agrícola no regado o para el riego de auxilio en la agricultura bajo riego.

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos la plantea como un objetivo ambiental y en el PNGIRH es considerada como un método viable en la búsqueda de fuentes alternativas de recursos para la

satisfacción de las demandas, sobre todo en el sector agrícola. También es contemplada en la definición de medidas para mitigar el impacto de la sequía canicular sobre la agricultura no regada.

### 10.1.4. Protección y recuperación de cauces

Se identifican numerosas causas de alteración de la geomorfología y del régimen hidrológico natural de los cauces que ocasionan la pérdida de los ecosistemas fluviales por destrucción del hábitat, así como daños directos sobre la población, ante alteraciones del comportamiento hidrológico de los ríos durante inundaciones y eventos extremos. Algunas de estas causas son: la ocupación de las zonas adyacentes a los cauces fluviales, la destrucción de los bosques de ribera o bosques de galería, la sobreexplotación de materiales rocosos y arena de los lechos de los ríos y el indebido encauzamiento de tramos de ríos.

A este respecto, la protección y recuperación de cauces se establece como uno de los objetivos ambientales a perseguir en el PNGIRH, y como tal, se analiza dentro del PAG. (Ver Acápites 12).

### 10.1.5. Protección de sistemas acuíferos

Los acuíferos constituyen almacenamientos naturales de agua procedente, en su mayor parte, de la infiltración de agua de lluvia y en menor medida de algunas masas de aguas superficiales, que pueden drenarse contribuyendo al mantenimiento del caudal base de algunos cauces fluviales en la época de estiaje. La sobreexplotación de los acuíferos puede llegar a tener un impacto negativo en las masas de agua superficial por reducción de los caudales base y por la desecación de manantiales. De modo similar, la contaminación de aguas superficiales y de suelos puede poner en riesgo la calidad de las aguas subterráneas, las cuales podrían verse contaminadas si los materiales que constituyen la zona no saturada no fueran capaces de depurar de forma natural las aguas infiltradas.

Para la protección de la cantidad de las aguas subterráneas se establece, para cada una de las MASub, una reserva ambiental de recursos que equivale al



35 % de los recursos hídricos entrantes en cada MASub, valor establecido mediante la elaboración de los balances hídricos de las 21 MASub (Anexo 04). Esta reserva tiene por objeto mantener a las masas de agua subterránea en el mejor estado cuantitativo posible durante el largo periodo de estiaje que sufre el país y, sobre todo, en aquellas masas más

directamente relacionadas con las aguas superficiales, como humedales y ríos.

Adicionalmente se recomienda no sobrepasar un Índice de Explotación de las MASub<sup>14</sup> superior a 0.8, valor por encima del cual, se considera que la masa de agua subterránea está en riesgo de sobreexplotación.

**Cuadro 60.**  
Reserva ambiental del 35 % en las MASub (en MMC/año)

MASub	Reserva ambiental (MMC/año)	MASub	Reserva ambiental (MMC/año)	MASub	Reserva ambiental (MMC/año)
ESA-01	37.6	ESA-08	52.6	ESA-15	27.6
ESA-02	165.1	ESA-09	4.1	ESA-16	1.3
ESA-03	117	ESA-10	11.4	ESA-17	8.2
ESA-04	1.8	ESA-11	12.3	ESA-18	2.4
ESA-05	0.5	ESA-12	202.5	ESA-19	1.5
ESA-06	448.2	ESA-13	2.2	ESA-20	30.6
ESA-07	116.6	ESA-14	3	ESA-21	10.6

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

## 10.2. Objetivos ambientales para calidad

La mejora de la calidad del agua es uno de los principales objetivos socio-ambientales, dados los problemas crecientes de contaminación de los cuerpos de agua asociados a actividades antrópicas que están contribuyendo a una pérdida del ecosistema, a una disminución de la disponibilidad de recursos hídricos para los diferentes usos previstos, y a un problema grave relacionado con salud pública.

Los objetivos de calidad se plantean teniendo en cuenta la protección de las áreas naturales protegidas, previniendo el deterioro, protegiendo, mejorando y regenerando las aguas, reduciendo progresivamente la contaminación, y los usos actuales del agua. (Anexo 09. *Objetivos ambientales*).

Para la identificación de los tramos en función de su uso, se consulta el Decreto Legislativo 50 (Asamblea Legislativa de la República de El Salvador, 1987) donde en su anexo número 0.1 establece una clasificación de cuerpos de agua de acuerdo a diferentes usos; sin embargo, este decreto está desfasado en cuanto a los usos actuales del agua. Por lo tanto, para la identificación de los tramos se toma como referencia las unidades de demandas establecidas en el Anexo 02. *Usos y Demandas de agua actuales y futuras.*

En relación a la metodología para la identificación de tramos y establecimiento de objetivos de calidad, se realiza un análisis espacial para identificar los usos mediante la localización de las unidades de demanda en una cuenca vertiente dada. Para el caso se selecciona una cuenca vertiente igual a 30 km<sup>2</sup>, asignándole uso/s a cada tramo de río asociado a su cuenca vertiente.

<sup>14</sup> Relación existente entre el volumen de extracciones artificiales que se realizan desde una masa de agua subterránea y el volumen de entrada de recursos en esa misma masa. En el cálculo de esta relación se recomienda restar al volumen de entrada de recursos en una masa dada, el volumen o reserva ambiental de recursos que deba ser respetada. Un Índice de Explotación con valor inferior a 0.8 se considerará en buen estado cuantitativo, con un valor entre 0.8 y 1 se considerará en riesgo de sobreexplotación y con un valor superior a 1, se considerará en claro proceso de sobreexplotación (MIMARM, 2008).



Mapa 48.

Identificación de tramos y establecimiento de objetivos de calidad basados en los usos actuales



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Los objetivos que se proponen para todos los ríos están enfocados en reducir paulatinamente la contaminación y prevenir su deterioro, proteger y mejorar su estado:

- o  $DBO_5 < 4 \text{ mg/l}$
- o  $\text{Oxígeno Disuelto} > 6 \text{ mg/l}$
- o  $\text{Ortofosfatos: } 0.1\text{-}0.5 \text{ mg P-PO}_4/\text{l}$
- o  $6 < \text{pH} < 9$
- o  $\text{NO}_3^- < 6 \text{ mg N- NO}_3/\text{l}$
- o  $\text{NH}_4^+ < 0.8 \text{ mg N- NH}_4/\text{l}$

Es también necesario establecer objetivos para el logro del adecuado estado de las aguas con base en los usos que tengan definidos los cuerpos de agua, teniendo en cuenta que cuando en un tramo existan diferentes usos, deben establecerse como objetivos los más exigentes para cada parámetro.

Los objetivos de calidad relacionados con los usos del agua son:

- Aguas destinadas al consumo humano tras un proceso de potabilización por medios convencionales: se trata principalmente de las aguas subterráneas y, en algunos casos, las superficiales (Mapa 48), de acuerdo a las unidades de demanda establecidas en el Anexo 02. *Usos y demandas de agua actuales y futuras.*

Los objetivos ambientales propuestos son: alcanzar la calidad que se propone en el DL 51 para aguas crudas, complementado con algunos parámetros exigidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para Agua Potable, o recomendados por EPA.

- Aguas destinadas a riego: las destinadas para este uso son principalmente las aguas superficiales (Mapa 48) y en algunos casos las subterráneas, de acuerdo a las unidades de demanda establecidas en el Anexo 02.





Los objetivos ambientales propuestos son alcanzar la calidad que se propone en el DL 51, complementados con algunos parámetros recomendados por la FAO.

- Aguas destinadas a la propagación piscícola: para identificar este uso, se toman como referencia los cuerpos de agua para pesca continental identificados en el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (MARN, MOP, VMVDU, 2004). Asimismo, se considera identificar las zonas donde se está realizando actualmente alguna explotación acuícola, dado que la extracción de agua deberá cumplir con las condiciones adecuadas para este uso (mapa 48).

Se consideran como objetivos ambientales las normas de calidad establecidas en el DL 51, complementados

con algunos parámetros recomendados por la EPA.

- Aguas destinadas al uso recreativo con contacto directo para el uso recreativo (baño) no es posible identificar tramos; sin embargo, se sabe que la gente utiliza los cursos de agua más cercanos a su lugar de residencia para diferentes actividades domésticas (lavar la ropa y aseo personal). No obstante, se identifican los lagos de Coatepeque e Ilopango como de uso recreativo y piscícola, y en el caso del lago de Ilopango para abastecimiento.

Se proponen como objetivos ambientales las recomendaciones de la OMS y la OPS, o contenidos en otras normativas similares de otros países latinoamericanos, como es el caso de Perú.

## 11. Análisis económico del uso del agua



El objetivo de este apartado es presentar una breve descripción de los servicios del agua en El Salvador y del sistema de ingresos relacionados con los mismos.

### 11.1. Descripción de los servicios y usos del agua

En el cuadro 61 se detallan las responsabilidades sectoriales de implementación de instrumentos de gestión para el control del aprovechamiento, el financiamiento y el régimen sancionatorio a las infracciones.

**Cuadro 61.**  
Control del aprovechamiento de los recursos hídricos por sector usuario

Servicio	Sector/ Subsector	Aprovechamiento			
		Calidad	Calidad	Protección cuenca	Afectación ambiental
Suministro de agua potable y saneamiento	Población urbana	ANDA	MINSAL	Municipio**	MARN
	Población periurbana	ANDA	MINSAL	Municipio**	MARN
	Población rural	ANDA	MINSAL	Municipio**	MARN
Agua para riego	Agrícola - agroindustria	MAG	MAG	MAG	MARN
	Agrícola - distritos de riego	MAG*	MAG	MAG**	MARN
	Agrícola - asociados	MAG*	MAG	MAG**	MARN
	Agrícola - no asociados	MAG*	MAG	MAG**	MARN
	Agrícola - piscicultura	MAG*	MAG	MAG**	MARN
Agua para industria	Industria	No	No	No	MARN
Turismo	Turismo	No	No	No	MARN
Producción de energía	Generación	No	No	No	MARN
Minería	Minería	No	No	No	MARN

(\*) El control de la cantidad es sólo para el trámite administrativo y no se realiza el control del cumplimiento del volumen asignado

(\*\*) En municipios, el MAG implementa proyecto de protección, manejo de suelos y de bosques

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH a partir de Nippon Koei Co., Ltd., 2007



A continuación se pasa a caracterizar a los principales usuarios de los distintos sectores.

### 11.1.1. Servicios de suministro de agua potable y saneamiento

El sector de agua potable y saneamiento en El Salvador fue centralizado en 1961 con la creación de ANDA como organismo autónomo, al que la mayoría de los municipios entregaron sus sistemas de agua. Durante la década de los 90 hubo numerosos conflictos entre el operador centralizado ANDA y varias agrupaciones sociales y comunidades que gestionaban sus propios sistemas de abastecimiento y saneamiento. Debido a ello, en el 2004 se inició un proceso de reforma del sector hídrico que tenía como objetivo la introducción de operadores privados para el agua potable y saneamiento. Ello se materializa en un proceso de descentralización en forma de contratos temporales de gestión de 5 años, que ANDA puede recuperar al finalizar el periodo. Con este sistema, ANDA es propietaria de la infraestructura y solo contrata bajo sus condiciones (Embajada de España en El Salvador, 2012).

A continuación se enumeran los distintos distribuidores de agua potable existentes en el país. (Embajada de España en El Salvador, 2012)(MARN, 2012g)

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
- Juntas de Agua: estas aparecen en 1972, cuando el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS, actualmente MINSAL) impulsa el Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural (PLANSABAR) con financiamiento del BID, para la atención de servicios de abastecimiento de agua potable; este plan apoyaría los programas de salud en el sector periurbano y rural. Sin embargo, en 1996 el financiamiento del BID se agotó y el MSPAS se retiró del sector de agua y saneamiento dejando a las Juntas de Agua casi sin apoyo, de ahí que muchas de ellas recibiesen apoyo de ONG y cooperantes internacionales (FANCA, 2006). Se identifican más de 800 Juntas de Agua y Asociaciones de Desarrollo Comunal

(ADESCO) que abastecen de agua a más del 30 % de la población rural, y ofrecen cobertura a 683 776 habitantes del país. Las tarifas que pagan sus usuarios suelen ser mucho más elevadas que las que pagan los de ANDA. Sin embargo, algunos usuarios de sistemas de bombeo de agua reciben un subsidio para las tarifas de electricidad a través del Fondo de Inversión Nacional en Electricidad y Telefonía.

- Sistemas de Agua Descentralizados: existen tres modelos organizativos de empresas descentralizadas: mixto privado-público, mixto alcaldía-comunidad (también se puede describir como municipal con participación comunitaria) y entidad sin fines de lucro; para el 2012 se contaban 23 empresas. Este sistema consiste en que el gobierno central (ANDA) transfiere a entes municipales, las funciones, recursos y poder de decisión sobre la administración de los sistemas hídricos. Abastecen de agua a un 3.7 % de la población del país, que equivale a unos 227 546 habitantes. Alrededor de 38 proveedores de servicios descentralizados mantienen suscritos contratos con ANDA, bajo los cuales les otorga el derecho de gestionar sus servicios en forma autónoma; sin embargo, en los últimos años, siete sistemas han sido retomados por el gobierno central (ANDA, 2012a). Las empresas descentralizadas (cuadro 62) son administradoras del servicio y se rigen por contrato con ANDA. Según (FUNDE, 2006), ANDA, como propietaria y administradora de los recursos financieros, está limitando la gestión técnica y financiera de las empresas al asignar montos financieros insuficientes. Las empresas no pueden hacer inversiones pues carecen de fondos propios suficientes.
- Sistemas Municipales: abastecen a sus comunidades de agua potable de forma eficiente y controlada; poseen una administración y un registro más certero de las tarifas y cobros, ya que buscan un equilibrio entre financiar el sistema y beneficiar a la población. Existen, en la actualidad, 95 municipios que cuentan con sistemas individuales, representa a un 0.6 % de la población total, unos 39 385 habitantes.

- **Sistemas Autoabastecidos de Agua:** se originan debido al acelerado crecimiento urbano y el déficit de abastecimiento de agua proporcionado por ANDA. Estos sistemas son construidos por compañías constructoras o empresas que buscan beneficiar a ciertos sectores de la población; existen alrededor de 100 empresas y dan cobertura al 1.6 % de la población del país: 98 463 habitantes. Estos sistemas distribuyen el agua, por medio de mecanismos de administración propios, a sectores industriales y/o proyectos residenciales, entre otros.

**Cuadro 62.**

Empresas descentralizadas suministradoras de agua potable

Operadora	Tipología	Municipios
TETRALOGÍA SEM	SEM	Berlín, California, Alegría, Mercedes Umaña, Santa María Tecapán
ASEVILLA	ASAL	Antiguo Cuscatlán
AA At-Ap	ASAL	Ataco, Apaneca
VILLANUEVA SEM	SEM	San José Villanueva
EMASIC	EMD	San Isidro, Cabañas
EMASA	EMD	Suchitoto
EMSAGUAT	EMD	Tacuba
EMA	EID	Juayúa, Salcoatitán, Nahuizalco
EMANC	EMD	Nueva Concepción, Chalatenango
EMAPSAF	EMD	Santiago de la Frontera
EMAJAYAQUE	EMD	Jayaque
ADIMASSA	EID	San Vicente, Apastepeque, Santa Clara
EMDAR	EMD	Armenia
EMDESA	EID	San Francisco Gotera, Chilanga
ASAPANM	EID	Rosario, San Juan Nonualco, Santiago Nonualco, San Pedro Masahuat, San Antonio Masahuat, San Rafael Obrajuelo
EMAO	EID	Santa Elena, Concepción Batres, Santa María, San Jorge, San Rafael Oriente
AMAVE	EID	Jucuapa, Chinameca, San Buenaventura, Lolotique
EMASANJOSE	EMD	Verapaz
EMANCRUZCLARA	EMD	Santa Cruz Michapa
EMUCH	EMD	Guadalupe
EMUHIGUA	EMD	San José Guayabal
EMDAVIC	EMD	El Carmen
EMASALT	EMD	San Luis Talpa

Siglas: **SEM:** Sociedad de Economía Mixta, **ASAL:** Asociación sin Ánimo de Lucro, **EMD:** Empresa Mixta Descentralizada, **EID:** Empresa Intermunicipal Descentralizada.

Fuente: E. Gomes, "Del BID a la realidad. El proceso de Descentralización del Agua", citado por (Embajada de España en El Salvador, 2012).

### 11.1.2. Servicio de agua para riego

En lo relativo a la infraestructura de riego, el Ministerio de Agricultura promueve y regula los sistemas de riego, y se encarga del control de los vertidos. La Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego (DGFCR) es la dependencia responsable para el

otorgamiento de permisos para el uso de agua con fines de riego en el país.

Actualmente existen 170 regantes colectivos, 527 regantes individuales y cuatro grandes sectores de riego con permisos de la DGFCR (MAG, 2013). La fuente principal de agua para riego es el agua



superficial de los ríos principales; la temporada de riego tiene una duración de nueve meses de septiembre a mayo.

La administración de los distritos se realiza a través de un jefe designado por el MAG. Las características de los cuatros grandes distritos de riego del país son:

- Distrito de Riego y Avenamiento Zapotitán: ubicado a la altura del km 30 de la carretera San Salvador-Santa Ana. Comprende parte de los municipios de Colón, San Juan Opico, Sacacoyo y Ciudad Arce, departamento de La Libertad, el Congo, departamento de Santa Ana, y Armenia, departamento de Sonsonate. Inició operaciones en 1973 y tiene una superficie regada de 2385 ha y regable (incluyendo la regada) de 4000 ha. Se cree que tiene una derivación principal en el río Sucio en la esquina noroeste del Distrito, y que toma agua de otros ríos que discurren a través de él: Ojushtal, Talnique, Colón, Agua Amarilla, etc.; se abastece también a partir de varios pozos. Al interior del Distrito existe una red de drenaje para el retorno de los excedentes a los cauces.
- Distrito de Riego y Avenamiento Atiocoyo Norte: ubicado en Nueva Concepción, departamento de Chalatenango. Inició operaciones en 1978 y tiene una superficie regada de 1067.7 ha y regable (incluyendo la regada) de 3865 ha. Registra un consumo de 115 hm<sup>3</sup>/año. La única información disponible de este sector es que se alimenta del río Lempa y dispone de una estación de bombeo "Las Mercedes", compuesta por tres bombas.
- Distrito de Riego y Avenamiento Atiocoyo Sur: ubicado en el municipio de San Pablo Tacachico, departamento de La Libertad, inició operaciones en 1979. Cuenta con una superficie regada y regable de 1575.5 ha, se alimenta del río Sucio mediante la presa derivadora "Las Cerezas".
- Distrito de Riego y Avenamiento Lempa Acahuapa: ubicado en los municipios de San Vicente, San Ildefonso y Estanzuelas del departamento de San Vicente, y en los municipios de Berlín y Mercedes Umaña del departamento de Usulután. Inicia operaciones en 1987 y tiene

una superficie regada de 1466.5 ha. Cuenta con el canal Lempa - Acahuapa con capacidad de 5 m<sup>3</sup>/s, a partir del río Lempa en la presa 15 de Septiembre, se presume que también toma agua del río Acahuapa y/o de pozos ubicados en la zona.

### 11.1.3. Servicio de agua para industria

Respecto al uso industrial, de acuerdo al Centro para la Defensa del Consumidor (CDC), existen 89 empresas dedicadas a comercializar 100 marcas de agua envasada inscritas en el Registro de Alimentos y Bebidas del MINSAL. De estas, 61 empresas son nacionales, siete importadoras y 21 empresas no se logró determinar su origen. Las 61 empresas envasadoras nacionales, 48 representan el 79 % del volumen total y están ubicadas en cuatro departamentos del país: San Salvador (26), San Miguel (8), La Paz (7) y La Libertad (7).

El CDC indagó en el origen del agua de 34 marcas comercializadas. Determinó que 11 de ellas obtienen su materia prima de la red pública de agua potable, 10 informan que su fuente son los manantiales y agua subterránea. De las restantes 12 marcas incluidas en la muestra, cinco (14.7 % de la muestra) informaron que envasan "agua natural" o que tienen una "fuente natural", y ocho (23.5 % de la muestra) no especifican cuál es la fuente del agua que envasan. No se sabe con certeza qué porcentaje de la oferta hídrica de El Salvador es utilizada por la industria, ya sea comercialización o producción.

### 11.1.4. Servicio de agua para producción eléctrica

En la actualidad, las plantas generadoras de energía hidroeléctrica aportan solo el 36 % de la electricidad producida en El Salvador. El único operador mayorista es la compañía pública estatal Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), la cual posee y opera el 97 % de la capacidad hidroeléctrica del país por medio de cuatro plantas nacionales: 5 de Noviembre (81.4 MW), Guajoyo (15 MW), Cerrón Grande (135 MW) y 15 de Septiembre (156.3 MW), todas sobre el río Lempa.



Las plantas termoeléctricas pueden consumir grandes cantidades de agua, especialmente para operaciones de intercambio de calor.

El Salvador es el mayor productor de energía geotérmica de Latinoamérica. (Embajada de España en El Salvador, 2011). Cuenta con dos centrales geotérmicas, una en Ahuachapán y otra en Berlín, que contribuyen con el 24.5 % de la energía total del país (SIGET, 2012). Acápiteme 5.1.4. y Anexo 02. *Usos y demandas de agua actuales y futuras.*

#### 11.1.5. Servicio de agua para turismo y recreación

En lo relativo a usos turísticos, de los 14 parques turísticos que maneja el Instituto Salvadoreño de Turismo (ISTU), 11 son balnearios: Atecozol, Los Chorros, Agua Fria, Toma de Quezaltepeque, Altos de la Cueva, Costa del Sol, Apulo, laguna de Apastepeque, Amapulapa, Ichamichén y Sihuatehuacán.

#### 11.1.6. Servicio de agua para minería

En lo referente a la minería, solo están reguladas las competencias referentes a la exploración, explotación, procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables existentes en el suelo, y los permisos ambientales sobre el recurso minero. No se encuentran regulaciones ni organismos que gestionen el agua dedicada a estos fines.

### 11.2. Ingresos por servicios

El agua como recurso no cuenta con una expresión económica reconocida por el Estado. La economía del agua, al carecer de un marco legal que establezca un canon por explotación, uso o aprovechamiento, se expresa con base en dos variables: las tarifas por servicios (ingresos) y las inversiones (egresos).

Las tarifas por servicios se convierten en los ingresos propios que el sector tiene para su desarrollo y modernización. A ello hay que agregar otros recursos por subsidios, y de fuentes externas vía cooperación internacional o créditos internacionales que terminan

financiando en gran parte las inversiones (egresos) en el sector.

En este apartado se presenta una descripción de las tarifas por servicios de agua y saneamiento que establecen los prestadores de servicios a escala nacional, urbano y rural; un breve análisis sobre la gestión económica-financiera de dichos servicios, especialmente del principal prestador ANDA; e información sobre el otorgamiento de los permisos para riego que entrega el MAG. Estos representan la única fuente de ingresos directos por servicios relacionados con el agua en el país.

#### 11.2.1. Servicio de suministro de agua potable y saneamiento

##### Tarifas por servicios de agua y saneamiento

El objetivo de establecer tarifas por el servicio de agua y saneamiento es la recuperación de costes, pero también promover un uso más eficiente del agua. Esto último se consigue al establecer una estructura tarifaria por bloques de consumo, para atender las necesidades básicas a un precio asequible y desincentivar los consumos excesivos. En cuanto al saneamiento, es aceptado por la comunidad internacional el concepto de que quien contamina paga, implantando para ello los cánones de vertido y saneamiento. Pero para la aplicación del principio de recuperación de costes, y en su caso la aplicación de excepciones, se deben tener en cuenta las consecuencias sociales, ambientales y económicas, así como las condiciones geográficas y climáticas de cada territorio.

Las tarifas se aplican únicamente al uso doméstico y comercial del agua potable, y no para otros usos como los agrícolas e industriales (Ingeniería sin Fronteras, 2008). En el país, no existe actualmente un canon que grave el vertido de aguas residuales al alcantarillado y/o a medio receptor. A continuación se describe la evolución y el estado de las tarifas relativas a los usos domésticos y comerciales del agua potable.



La estructura tarifaria en El Salvador es por bloques de consumo, con la particularidad de que solo el 9 % de la población enfrenta costos por m<sup>3</sup> entre USD\$ 0.93 y USD\$ 1.54, tarifas necesarias para recuperar costos de operación y mantenimiento, es decir, el 91 % de los usuarios están implícitamente subsidiados (FUSADES, 2011).

Se presentan en los cuadro 63 y cuadro 64 los bloques y tarifas a nivel residencial y comercial respectivamente al 2010 (ANDA, 2013). Además de estas tarifas existen otras especiales para escuelas y hospitales a los que se les aplica, de USD\$ 0.30 a USD\$ 0.20 de tarifa de acueducto, y USD\$ 1,80 de tarifa de alcantarillado. A los restaurantes se les aplica una tarifa de USD\$ 0.21 por m<sup>3</sup>.

**Cuadro 63.**  
Bloques de consumo y tarificación residencial vigente desde febrero de 2010

Consumo m <sup>3</sup>	Tarifa de acueducto USD\$/m <sup>3</sup>	Tarifa de alcantarillado USD\$/mes	Consumo m <sup>3</sup>	Tarifa de acueducto USD\$/m <sup>3</sup>	Tarifa de alcantarillado USD\$/mes
0 a 10	2.29*	0	35 a 40	0.451	2
11 a 20	0.21	0,1	41	0.533	3
21	0.232	1,8	42	0.615	3
22	0.254	1,8	43	0.696	3
23	0.275	1,8	44	0.778	3
24	0.298	1,8	45 a 50	0.86	3
25 a 30	0.319	1,8	51 a 60	1	3,2
31	0.345	2	61 a 70	1.15	3,4
32	0.372	2	71 a 90	1.3	3,6
33	0.398	2	91 a 100	1.5	3,8
34	0.425	2	101 a 500	1.76	4
* Tarifa mínima fija USD\$/mes			> 500	1.96	5

Fuente: elaboración del MARN con datos de ANDA, 2013.

**Cuadro 64.**  
Bloques de consumo y tarificación comercial vigente desde octubre de 2009

Consumo m <sup>3</sup>	Tarifa de acueducto USD\$/m <sup>3</sup>	Tarifa de alcantarillado USD\$/mes	Consumo m <sup>3</sup>	Tarifa de acueducto USD\$/m <sup>3</sup>	Tarifa de alcantarillado USD\$/mes
0 a 5	3.760*	0.10	51-60	1.220	3.00
6 a 20	0.410	0.10	61-90	1.522	3.30
21-30	0.722	2.00	91-100	1.722	3.60
31-50	0.972	2.80	101-500	1.822	4.00
* Tarifa mínima fija USD \$/mes			>500	1.822	5.00

Fuente: elaboración del MARN con datos de ANDA, 2013.

En el periodo 1994/2010, ANDA implementó cinco pliegos tarifarios. Por su lado, la tarifa residencial sufrió cambios en los años 2009, 2010 y 2013. En cambio, la tarifa de uso comercial permanece fija al menos desde el año 2006, hasta los primeros 5 m<sup>3</sup> de consumo.

El MINEC aprobó otra reforma del pliego tarifario de ANDA, para los servicios de acueductos, alcantarillados y otros, dejando establecido en el art. 9, las siguientes tarifas a ser aplicadas por ANDA. (MINEC, 2013).

- Aplicará una tarifa de USD\$ 0.10 por m<sup>3</sup> de agua producida a las explotaciones privadas; y los sistemas autoabastecidos exclusivos para vivienda pagarán una tarifa de USD\$ 0.03 por m<sup>3</sup> de agua producida. Para tal efecto la institución podrá realizar aforos a los pozos de producción.
- Las explotaciones privadas que produzcan su propio suministro de agua, pero que utilicen sistemas de alcantarillado de ANDA, pagarán adicionalmente USD\$ 0.12 por m<sup>3</sup> de agua producido.
- Los sistemas de autoabastecimiento exclusivos para vivienda, que utilicen el sistema de alcantarillado de ANDA, pagarán adicionalmente USD\$ 0.10 por m<sup>3</sup> de agua producido.

Se excluye de los pagos contemplados a los sistemas de explotación privada que bajo la modalidad de autoabastecimiento proveen agua potable a las poblaciones de las zonas rurales del país, los cuales son propiedad o administradas por asociaciones administrativas de agua potable o juntas de agua, fundaciones o asociaciones sin fines de lucro, asociaciones comunitarias, directivas comunitarias, comités de agua legalmente constituidos, que tengan como objetivo en sus proyectos el beneficio comunal y que además financien con recursos propios los sistemas de

acueductos y alcantarillados. Estas reformas buscan beneficiar a la población en general y a las juntas comunitarias de agua declaradas de interés social, quienes dejarán de pagar aproximadamente USD\$ 160 000.00 anuales en concepto de pago por explotación privada.

### Gestión económica - financiera del sector agua potable y saneamiento

Desde el año 1990, el nivel medio de cobertura de los gastos por ingresos generados por los servicios son de alrededor del 70 % en relación al equilibrio operativo de la empresa (cuadro 65 y gráfico 81), por lo cual ANDA recurre de forma sistemática a transferencias del gobierno central para hacer frente a sus obligaciones. (BID, 2008).

**Cuadro 65**

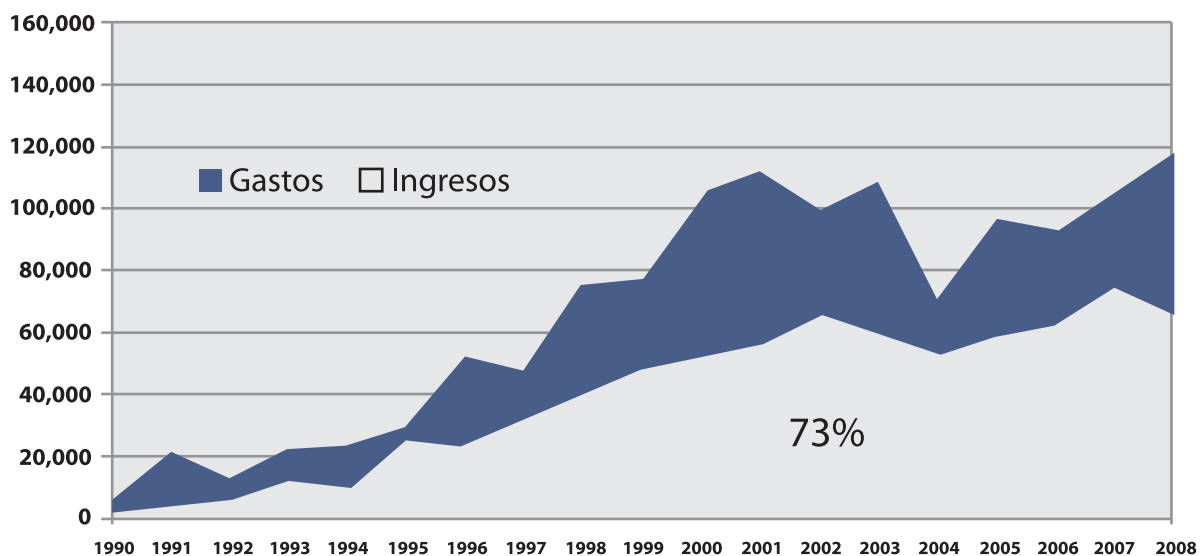
Equilibrio Operativo de ANDA (en millones de USD\$)

Año	2003	2004	2005	2006	2007
Ingresos operativos	74.6	67.6	73.1	76.7	89.5
Gastos	122.4	84.3	110.4	108.2	121.6
% Cobertura	60.9	80.1	66.2	70.9	73.6

Fuente: BID, 2008 con base en datos de ANDA

**Gráfico 68.**

Cobertura de Gastos vs. Ingresos de ANDA



Fuente: FUSADES, 2011. El 73 % corresponde a la media de la serie.

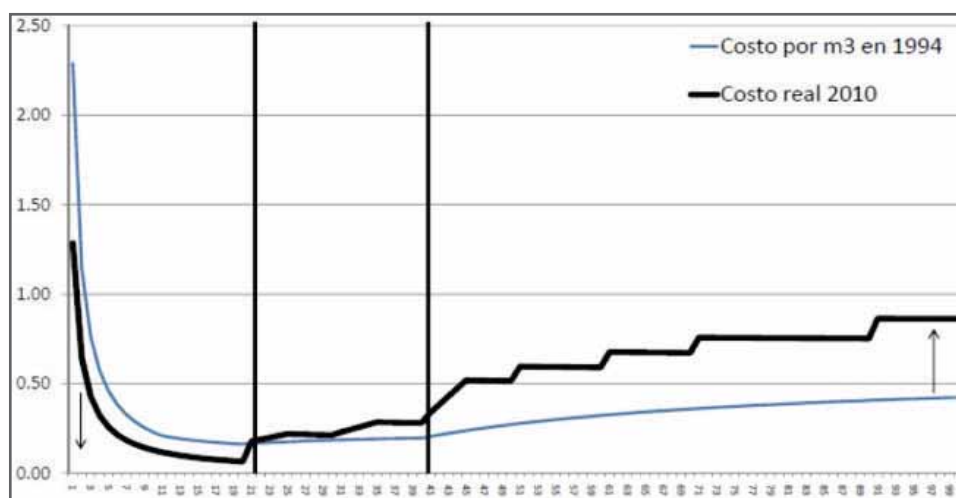


De acuerdo a esta información, los ingresos solo cubren aproximadamente el 70 % de los costes de prestación del servicio, que no consideran

mantenimiento y rehabilitación de sistemas con índices de obsolescencia y deficiencias en la calidad y continuidad del servicio.

**Gráfico 69.**

Costos comparados por m<sup>3</sup> para usuarios residenciales 1994 y 2010 en función del consumo mensual



Fuente: (Embajada de España en El Salvador, 2012) a partir de datos de FUSADES.

Para operar normalmente, ANDA recibe transferencias gubernamentales importantes, que en algunos años han llegado casi al 50 % de sus ingresos corrientes (BID, 2008) independientemente de criterios de desempeño, de mejora en los indicadores de gestión, del logro de metas de cobertura o mayores niveles de eficiencia o de gestión en determinados aspectos de la prestación.

Desde 1994 se produce un incremento de los costos por m<sup>3</sup>, como se puede apreciar en el gráfico 73. Según estudios desarrollados por RASES -citado por (BID, 2008)-, la brecha permanente en el auto-financiamiento de ANDA se debe a un incremento significativo en los costos unitarios que van de USD\$ 0.21/m<sup>3</sup> en 1994 a USD\$ 0.46/m<sup>3</sup> en 2001, y USD\$ 0.63/m<sup>3</sup> en el 2004. Para el 2011, de acuerdo a datos de ANDA suministrados para el Estudio de Monitoreo de Avance de País en Agua Potable y Saneamiento (Banco Mundial, 2013), el m<sup>3</sup> de agua se produce a USD\$ 0.722, facturándose a USD\$ 0.29 como promedio, resulta un déficit de USD\$ 0.432 por cada m<sup>3</sup> vendido. Por su lado, las cuentas por cobrar se acercan a los USD\$ 23 000 000.00 de los cuales casi

la mitad es incobrable, a pesar de los importantes esfuerzos realizados en materia comercial y de recuperación de mora por la administración actual de ANDA.

A partir del 2010, la administración de ANDA impulsa un programa de fortalecimiento basado en la mejora de la gestión técnica y comercial de la empresa. Los esfuerzos se evidencian en los años subsiguientes, el cuadro 66 muestra el incremento de la facturación y de los ingresos en forma progresiva. La gestión comercial avanza en la implementación de un nuevo sistema y se enfoca en mejorar sus ingresos, aumentando la macro y micro medición para un mayor control de la producción de agua y la disminución del agua no facturada (ANDA, 2013).

Al comparar los ingresos recaudados y el porcentaje de gastos cubiertos con recaudación por ANDA desde el año 2008, a partir de la puesta en marcha del programa de fortalecimiento de la gestión en los años 2010, 2011 y 2012, se evidencian impactos positivos en los ingresos de la institución autónoma.

**Cuadro 66.**  
Facturación vs. Ingresos de ANDA

AÑO	2009	2010	2011	2012
Facturación (millones USD\$)	81 830.5	112 025.3	113 774.30	112 869.60
Ingresos (millones USD\$)	84 853.9	102 811.9	107 986.50	109 287.30

Fuente: elaboración a partir de Memorias de labores: ANDA, 2012b

Las últimas reformas al régimen tarifario están encaminadas a ordenar la regulación económica del sector, donde ANDA es el principal actor, pero tanto el incremento de costos de operación como los subsidios en la provisión de los servicios son factores económicos determinantes para la sostenibilidad financiera de la empresa y del sector en general.

Al revisar la estructura tarifaria de alcantarillado de ANDA, la tarifa única no se corresponde con ningún criterio específico, y el cobro del servicio de alcantarillado no guarda ninguna relación con los volúmenes de agua, lo cual conduce a la aplicación implícita de un subsidio generalizado donde no se considera el ingreso.

Al cierre contable del año 2012, los datos de la Memoria de Labores (ANDA, 2012b) sobre los ingresos y gastos de gestión, señalan un balance comercial con un déficit de USD\$ 72 000 00.4. Este es recurrente en los años fiscales 2009 y 2011.

En síntesis, la gestión de ANDA con la permanente brecha entre el costo real del m<sup>3</sup> y aumentos en las tarifas de agua efectivos en ciertos grupos de usuarios, son insuficientes y no le permiten ser una institución sostenible, evidenciando la necesidad de requerir presupuesto del gobierno central para mantener la operación de la empresa y de las inversiones sectoriales.

### Otros operadores

Para los sistemas de agua operados de forma independiente por las municipalidades, juntas de agua u otras instituciones, sus tarifas no corresponden a los pliegos tarifarios de ANDA. La información disponible sobre estos proveedores varía considerablemente, en el tema tarifario se da una variación

entre USD\$ 0.06 hasta USD\$ 0.60 por m<sup>3</sup> (Banco Mundial, 2005). Estudios de COMURES (2003) sobre los sistemas municipales señalan que 74 sistemas de 85 tenían un ingreso medio inferior a USD\$ 0.20/m<sup>3</sup>, lo que demuestra que el ingreso medio anual, en muchos casos, puede ser menor al costo operativo medio, generando un desequilibrio estructural y un perjuicio para el presupuesto municipal.

Los urbanizadores y las asociaciones de propietarios tienen que pagar cargos por la extracción de agua de USD\$ 0.12/m<sup>3</sup> y por la descarga de aguas residuales USD\$ 0.17/m<sup>3</sup> a ANDA sin recibir ningún servicio a cambio, dado que ellos mismos extraen el agua y que las aguas residuales son usualmente descargadas a canales abiertos (CDC, 2008). De acuerdo al mismo estudio, el 57 % de usuarios de los servicios privados paga entre USD\$ 5.00 y USD\$ 10.00, seguido de un 21 % que paga más de USD\$ 15.00 al mes, un 14 % dice pagar entre USD\$ 10.00 y USD\$ 15.00, y solo un 6 % paga menos de USD\$ 5.00

El estudio de (FUSADES-DEES-CEDES, 2007) compara los valores reportados por las juntas de agua con los valores de ANDA. Para el año 2006 el valor de conexión al sistema era de USD\$ 514.00 en sistemas rurales versus los USD\$ 168.00 en la ciudad. Al comparar las tarifas de consumo, en las zonas rurales bajo estudio, se tiene un pago de USD\$ 0.36/m<sup>3</sup> reportado por la Junta de Agua de Cara Sucia, Ahuachapan, versus el valor más alto pagado en la ciudad que en ese momento llegaba a USD\$ 0.31/m<sup>3</sup>; tomando este caso, el área rural pagaba un sobrecargo del 80 % sobre la base del costo promedio de bajo consumo que se reportaba para el ÁMSS.

Por otro lado, ESA Consultores reporta, con base en una pequeña muestra de sistemas rurales, que estos





pagan una tarifa promedio de entre USD\$ 4.00 a USD\$ 8.00 mensuales, lo que equivale a una tarifa por consumo urbano de 23 m<sup>3</sup> por mes (ESA Consultores, 2004) citado por (Banco Mundial, 2013). La línea de base de FOMILENIO (2010) para las zonas rurales del norte del país reporta que el consumo promedio por familia es de 26 m<sup>3</sup> por mes, o 180 l/h/d y que las familias pagan por el agua un promedio de USD\$ 6.22/mes. La Encuesta Nacional de Salud Familiar de 2008 (FESAL) determina que la cuenta promedio mensual familiar para agua potable es de USD\$ 6.68 (MINSAL, 2009).

Al realizar una rápida revisión de las tarifas de los sistemas rurales en Santa Cruz Michapa (Cuscatlán), resulta que estos sistemas cuentan con una tarifa mínima de USD\$ 5.00 para un consumo de hasta 10 m<sup>3</sup>, el doble de la tarifa de ANDA en el mismo municipio que, para un consumo de hasta 10 m<sup>3</sup> cobra USD\$ 2.29 al mes. En general, las tarifas de agua rural son establecidas por cada junta de agua y responden a los costos de operación de los sistemas. Estas, en muchos casos, se definen bajo la asesoría y asistencia de las entidades financiadoras, o aquellas que les han brindado asistencia técnica para el proyecto de inversión. Los estudios del sector rural -entre otros,

RTI (2004)- muestran un rango muy amplio de los costos y tarifas de los servicios, determinados por factores como la fuente de acceso al recurso, el tipo de sistema por gravedad, por bombeo, sin subsidio eléctrico, con subsidio, interconectados a ANDA, sistema independiente, con cobros solo por operación y mantenimiento, costos de conexión, ausencia de micromedición, etcétera.

Los usuarios rurales de agua en sistemas de bombeo reciben un subsidio por las tarifas de electricidad a través del FINET, de manera que los proveedores del servicio no pagan una tarifa eléctrica más alta que lo que paga ANDA. Sin este subsidio la factibilidad económica de estos sistemas es escasa o nula (BID, 2008).

### Subsidios

El tema de las tarifas está estrechamente ligado a los subsidios. En el caso de ANDA, el subsidio total comprende tres partes: el subsidio al costo de la energía eléctrica, aportes para cubrir los déficits operacionales-administrativos, y el subsidio que representa el pago de los préstamos y deudas de la empresa.

**Cuadro 67.**  
Valor subsidiado por ANDA 2004-2012. Datos en USD\$

Año	Consumo Facturado (m <sup>3</sup> )	Valor facturado acueducto/ alcantarillado en USD\$	Precio de Venta Promedio (m <sup>3</sup> )	Costo Real de Producción (m <sup>3</sup> )	Valor Subsidiado en USD\$
2004	225 420 949	62 635 456.00	0.280	0.630	79 379 741.87
2005	244 954 034	58 353 707.00	0.240	0.470	56 774 688.98
2006	113 996 273	28 056 096.00	0.250	0.540	67 003 782.84
2007	199 727 711	73 748 688.90	0.326	0.541	40 887 643.28
2008	206 173 258	68 454 884.69	0.332	0.655	64 564 066.16
2009	203 010 687	68 139 061.97	0.332	0.722	88 549 349.54
2010	187 297 214	98 232 172.74	0.395	0.770	51 762 618.10
2011	139 548 248	42 114 615.88	0.395	0.770	67 172 848.62
2012	131 895 023	38 961 999.55	0.395	0.850	81 234 987.03
Valor Subsidiado					597 329 726.42

Fuente: elaborado con base en datos de ANDA, 2013.

Dependiendo de la fuente de información, el nivel de subsidio que el gobierno central proporciona a los usuarios por medio de ANDA varía anualmente. Desde el año 2004 hasta el 2012, el valor del subsidio

otorgado por ANDA acumulado es de USD\$ 597 329 726.42. Esto representa un promedio de USD\$ 66 000 000.00 millones anuales.

En referencia al diseño del subsidio para el consumo de agua, el Banco Mundial (2005) concluye que solamente un 22 % de estos llegan a los hogares pobres, o sea que USD\$ 52 000 000.00 son recibidos por hogares no pobres. Finalmente, CEL, según datos del informe de Rendición de Cuentas (CEL, 2013), contribuye con un subsidio al servicio del agua potable, al suministrar el 100 % de la energía requerida por ANDA: este suministro representa para ANDA un ahorro aproximado de USD\$ 25 000 000.75 con respecto al valor promedio del mercado, y que hasta la fecha es absorbido por CEL.

### 11.2.2. Servicio de agua para riego

El sector agrícola requiere una atención especial en relación al manejo del agua, porque de su uso y su gestión depende la productividad agrícola. En ese marco, el 35 % del suelo salvadoreño tiene alta vocación agrícola y, de acuerdo a Tejada (2003), el país posee un potencial de área para riego de 260 000 ha. Los distritos de riego en El Salvador transferidos por el MAG (Zapotitán, Atiocoyo Norte, Atiocoyo

Sur y Lempa-Acahuapa) son sistemas por gravedad. Los regantes de todos los distritos están asociados en la Federación de Regantes de El Salvador (FEDARES), surgida en 1996, la que estima en 273 000 ha la superficie del país con potencial de riego; de estas solo un 12.8 %, es decir, unas 35 000 ha poseen infraestructura para riego. Este consumo de agua no es grabado pero sí se cobra el permiso (MAG, 2012c) que deben solicitar todos los agricultores que hacen uso del agua de ríos, manantiales y del subsuelo con fines de riego.

**Cuadro 68.**

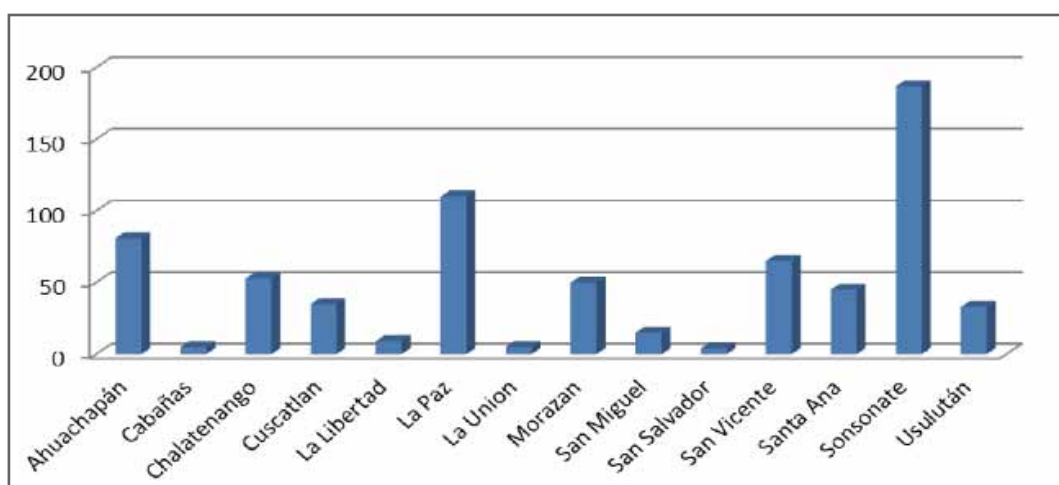
Tarifas por el permiso de riego

Hectáreas	Manzanas	Valor USD\$
De 0.07 a 0.70	De 0.10 a 1.00	Exento
De 1.00 a 3.50	De 1.43 a 5.00	14.86
De 3.50 a 7.00	De 5.01 a 10.00	29.72
De 7.00 a 10.50	De 10.01 a 15.00	44.58
De 10.50 a 17.50	De 15.01 a 25.00	74.30
De 17.50 a mas	De 25.01 a mas	113.00

Fuente: Ministerios de Hacienda y de Agricultura y Ganadería (2004)

**Gráfico 70.**

Número de permisos para uso de agua con fines de riego presentados por regantes individuales y colectivos por departamento.



Fuente: SINGAR; MAG, 2013

Para la temporada de riego del periodo 2007/2008 se constituyó en el MAG el Sistema de Información Nacional de Gestión de Agua para Riego (SINGAR), bajo la responsabilidad de la DGFCR; fueron

presentadas 697 solicitudes para uso de agua con fines de riego, de estos 471 pagaron tarifa y 226 fueron dados exentos de pago a regantes individuales y colectivos. Los permisos para riego son otorgados



por la División de Riego del MAG, pero no existe un sistema de monitoreo y vigilancia sobre el uso del agua asignada. De acuerdo a la FAO (2000) este sistema no estimula la protección del agua y genera conflictos entre usuarios. Las tarifas existentes para el otorgamiento del permiso y la modalidad de operación, con limitado control y vigilancia de uso y aprovechamiento del agua, no representan ningún incentivo para mejorar la eficiencia y efectividad de los sistemas de riego.

Basándose en la información oficial obtenida, el ingreso anual generado en concepto de permisos de riego es totalmente insuficiente para cubrir los servicios básicos que el MAG brinda a los usuarios del riego<sup>15</sup>, y por ende, para un flujo de recursos al erario público que contribuyan a abordar los desafíos de modernización del sector, de la mejora de su infraestructura hidráulica y de su explotación.

El ingreso total por pagos de tarifa para la temporada de riego 2012/2013 fue de USD\$ 24 610.02. El gráfico 68 muestra la concentración de los permisos otorgados en Sonsonate, Ahuachapán y La Paz.

Finalmente, en contraste con la economía del sector de riego desde el ámbito público, en los distritos transferidos a las asociaciones de regantes, los asociados han establecido sus propias tarifas (entre USD\$ 57 a 70.00 por hectárea regada por año) a partir de las necesidades del presupuesto anual para administración, operaciones y mantenimiento (presupuesto que no incluye la amortización de las infraestructuras existentes ni su modernización), con una cuota promedio de USD\$ 65. Adicionalmente, los regantes de todos los distritos de riego pagan un canon al MAG de USD\$ 5.71 por ha regada por año. Esto hace más evidente la obsolescencia de las tarifas estatales.

### 11.3. Síntesis

Las deficiencias relacionadas con el marco de financiamiento pueden ser sintetizadas en los siguientes puntos:

- Avanzar en la valoración económica del agua y visibilizar su impacto en el desarrollo.
- Un sistema tarifario y de subsidios en los servicios de agua y saneamiento actualizado y eficaz. Hay consenso en que el acceso a agua potable para poblaciones y sectores de bajos ingresos debe ser una prioridad y garantizarse por medio de tarifas diferenciadas y subsidios focalizados. Los sistemas de tarifas y subsidios vigentes, además de dar señales equivocadas a los usuarios sobre el valor del agua, agudizan los problemas de inequidad.
- En el sector agrícola e industrial es necesario promover señales claras a los agentes económicos sobre el rol del agua como un bien económico.
- Un sistema de información sectorial sólido fundamental para la planificación y eficiencia de las inversiones en el sector.
- Un enfoque integral de la sostenibilidad de los sistemas para reducir las brechas financieras del sector de agua y saneamiento. Las tarifas no cubren los costos de operación y ello limita la capacidad para inversión y revertir que los más pobres no cuenten con servicios y terminen pagando más por el agua que consumen que la población que goza del servicio.
- Innovadores mecanismos financieros deben ser promovidos y consolidados.

Se analizan, adicionalmente, los componentes de financiamiento que asegurarían la sostenibilidad del sistema de gestión del recurso hídrico poniendo de manifiesto las deficiencias actuales presentadas en el cuadro 69.

---

<sup>15</sup> La DGFRC brinda los siguientes servicios: otorgamiento de los permisos, capacitación en agricultura bajo riego, resolución de conflictos por uso, asesoría en la conformación de asociaciones de regantes.

**Cuadro 71.**  
Financiamiento de sistemas de suministro de los recursos hídricos por sector usuario

Sector/ Subsector	Financiamiento						
	Canon por el acceso	Tarifa serv. de suministro	Subsidio	Tratamiento de aguas	Recuperación inversiones	Protección de la cuenca	Seguros
Población urbana	No	SI <sup>16</sup>	Energía eléctrica segmentos de consumo	No	No	No	No
Población periurbana	No	SI <sup>17</sup>	Energía eléctrica	No	No	No	No
Población rural	No	SI <sup>18</sup>	Energía eléctrica	No	No	No	No
Agrícola agroindustria	No	SI <sup>19</sup>	No	No	Si	No	Si
Agrícola distritos de riego	No	SI <sup>20</sup>	Energía eléctrica para bombeo	No	No	No	No
Agrícola asociados	SI <sup>21</sup>	SI <sup>22</sup>	No	No	No	No	No
Agrícola no asociados	No <sup>23</sup>	Si	No	No	No	No	No
Agrícola piscicultura	No	Si	No	No	No	No	No
Turismo	No	No	No	No	No	No	No
Industria	No	Si	No	Si	Si	No	SI
Generación	No	Si	No	Si	Si	No	Si
Minería	No	Si	No	Si	Si	No	Si

Nota: los componentes de financiamiento que asegurarían la sostenibilidad del sistema de gestión del recurso hídrico son: i) canon por el acceso al agua en función del destino de uso, para el financiamiento de la gestión pública de agua como Patrimonio de la Nación; ii) tarifa por el servicio de suministro, de acuerdo al destino del uso y al volumen consumido, la cual debe ser determinada por el costo de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica del suministro; iii) subsidio como un aporte del estado orientado a promover la equidad en el acceso y en especial para favorecer a los sectores más pobres; iv) recuperación de inversiones, que comprende la amortización de la inversión en infraestructura y que se reserva para el mejoramiento y renovación de la infraestructura; v) protección de la cuenca que comprende la contribución de los sectores usuarios para la realización de acciones de protección del régimen hidrológico en las cuencas hidrográficas y vi) seguros, que comprende la previsión para la recuperación de pérdidas que podrían generarse en la infraestructura por causa de desastres naturales.

Fuente: PNGIRH-MARN a partir de Nippon Koei Co., Ltd., 2007

16 Tarifas de agua cobradas por ANDA

17 Tarifas de agua cobradas por ANDA, Prestadores Descentralizados Juntas de Agua y Autoabastecidas

18 Tarifas de agua cobradas por Juntas de Agua, Autoabastecidas y Comunitarias

19 Los costos de suministro son autofinanciados por las empresas

20 Tarifas de agua que establecen por acuerdo las directivas de los distritos de riego

21 Derechos por la tramitación de los permisos temporales de agua (trámite administrativo). No tienen ninguna relación con el volumen asignado

22 Tarifas de agua que establecen por acuerdo las directivas de los juntas de riego, es una cantidad fija por Mz.

23 Derechos por la tramitación de los permisos temporales de agua (trámite administrativo). No tienen ninguna relación con el volumen asignado







## 12. Plan de acción global



Uno de los objetivos del Plan de Acción Global (PAG) es la caracterización de los problemas actuales y pre-visibles relacionados con el agua, en lo concier-niente a aquellas cuestiones relevantes a la escala de la planificación hidrológica, y su propuesta de solución, cuando sea posible.

El alcance del PAG incluye una propuesta de medidas para resolver los problemas identificados e informa-ción detallada sobre la descripción y estimación del costo y sus efectos, de tal manera que se justifica la selección, priorización y evaluación de las medidas. Así mismo, estas fueron consensuadas en el proceso de consultas, en el cual las personas interesadas pu-dieron proponer alternativas. No se incluyen las pro-puestas de financiamiento del PAG y el calendario de implementación, debido a la falta de información so-bre la capacidad financiera de los organismos implica-dos, aunque sí se propone una doble priorización de los problemas y de las medidas que los solucionan a partir de los indicadores empleados.

El ámbito del PAG es doble: i) las zonas prioritarias; y ii) el ámbito nacional. En el primer caso, se han

detectado los problemas concretos en las ZP uno a ocho (Acápites 3.4. Zonas Hidrográficas, Sistemas de Explotación y Zonas Prioritarias); y en el segundo, los problemas generales de ámbito nacional que exceden, en su alcance y ámbito, a los de las zonas priorizadas, como son las del eje temático de Gobernanza, las correspondientes a los problemas detectados por ausencia de consideración del caudal ecológico en la gestión de las cuencas, o por los efectos de la erosión y la sequía sobre el régimen hidrológico.

La metodología empleada para elaborar el PAG con-siste en establecer el diagnóstico y la línea base de los problemas en estado actual, por medio de indicado-res que ayudan a cuantificar el problema y permiten la caracterización del statu quo o punto de partida, y posteriormente definir la tendencia de estos pro-blemas en los horizontes de la planificación 2017 y 2022 para estimar su evolución, en el caso de no producirse más intervención que la ya prevista por las distintas Administraciones; además se realiza una propuesta de medidas con el objetivo de resolver los problemas planteados, persiguiendo la consecución de una efectiva gestión integrada de los recursos



hídricos. El efecto de las medidas se estima para el corto y medio plazo; sin embargo, aunque en el corto plazo se pueda ver alguna mejoría, la consecución de la GIRH es un proceso de largo recorrido que requiere de intervención continua.

De tal manera, el programa de medidas constituye la principal herramienta para la solución de los problemas y recoge tanto las medidas ya previstas por las distintas Administraciones como las propuestas en el

presente Plan en aquellos casos en que las medidas previstas no son suficientes para resolver la cuestión tratada.

La estructura del programa de medidas es realizada sobre la base de los ejes temáticos de la GIRH, que se agrupan en: i) aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico; ii) calidad del Agua; iii) riesgo por fenómenos extremos; y iv) gobernanza.

**Cuadro 70.**  
Listado y ámbito de los problemas detectados

Problema	Ámbito Zona Prioritaria	Ámbito Nacional
<b>Eje temático 1. Aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico</b>		
Insuficiente cobertura de agua potable.	X	
Fallos en la satisfacción de las demandas, principalmente en el sector agrícola	X	
Ausencia de consideración del caudal ecológico en la gestión de las cuencas		X
Problemas de erosión que deterioran el régimen hidrológico		X
<b>Eje temático 2. Calidad del agua</b>		
Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido, principalmente, a los vertidos ordinarios y especiales	X	
Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido a la actividad agrícola	X	
Presencia de fenoles en las aguas superficiales	X	
Problemas de salinidad en las aguas subterráneas	X	
Suelos contaminados	X	
<b>Eje temático 3. Riesgos por fenómenos extremos</b>		
Riesgos por inundación en centros poblados, infraestructuras esenciales y áreas agrícolas.	X	
Riesgos por sequía		X
<b>Eje temático 4. Gobernanza</b>		
Insuficiente conocimiento de la disponibilidad del recurso hídrico: adecuación de las redes de monitoreo		X
Insuficiente conocimiento de la calidad del recurso hídrico: adecuación de las redes de monitoreo		X
Deficiente marco normativo, débil institucionalidad y baja capacidad de gestión del recurso hídrico		X
Inadecuada cultura del agua y participación ciudadana		X

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

A continuación se resumen los problemas identificados y la propuesta de medidas de solución para cada uno de los ejes temáticos, tanto para las zonas prioritarias como para el ámbito nacional.

### 12.1. Eje temático de aprovechamiento de recursos hídricos y preservación del medio hídrico

En relación con los problemas de las ZP, en el eje temático de aprovechamiento de los recursos hídricos en general, se observa que el suministro de agua a la población y a los sectores productivos se hace con escasa

eficiencia y un bajo aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, generando fallos en la satisfacción de las garantías de distintas demandas, principalmente en el sector agrícola.

En el caso de la cobertura de agua potable, en la Cumbre del Milenio, celebrada en Nueva York en septiembre del 2000, El Salvador asumió el compromiso de tratar de cumplir los ODM a más tardar en 2015. Una de las metas es alcanzar el acceso a servicios mejorados de agua potable y saneamiento, con coberturas fijadas en un 87 % y un 88 % respectivamente. En el PNGIRH se han fijado objetivos basados en el acceso al agua segura en todos los municipios analizados, áreas urbanas y rurales, consistente en alcanzar coberturas de agua segura del 95 % y del 79 % respectivamente, considerando los criterios más estrictos en cuanto a calidad y cantidad suficientes y a un servicio fiable, y no solo el acceso al recurso hídrico.

Establecidos estos objetivos, los principales problemas de cobertura de agua potable en las ZP de la uno a la ocho se detectan en el Estero de Jaltepeque (ZP2), Grande de San Miguel - La Unión (ZP4), Cara Sucia - San Pedro (ZP5) y en Mojaflones - Metayate (ZP6), especialmente en la ZP4 y ZP6. Cabe destacar que la cobertura de servicios suele ser más extensa en las áreas urbanas que en las áreas rurales.

Por otro lado, se observa una insuficiente inversión que combinada con el crecimiento y la distribución desordenada de la población, tienen como consecuencia la obsolescencia e ineficiencia de las redes existentes y la falta de cobertura en numerosas zonas del país. En los horizontes a corto y mediano plazo analizados, el aumento de la población, especialmente la urbana, plantea retos adicionales para la planificación y gestión de los recursos, y de no actuarse, implicará la disminución de los niveles de cobertura efectivos, aumentando por tanto las brechas respecto a los objetivos establecidos.

Para resolver los problemas diagnosticados y cumplir con los objetivos fijados en las zonas prioritarias se proponen las siguientes medidas:

- En cada término municipal que no cumpla los objetivos fijados (OAS), se propone la ampliación de las redes de abastecimiento para mejorar la

cobertura de agua segura, de modo que se eliminen las brechas detectadas en zonas rurales, en urbanas o en ambas; esto supone extender la red existente de agua potable y conectar viviendas adicionales en zonas rurales y urbanas.

- Lo anterior está condicionado a la previa disponibilidad de las medidas de catastro ya previstas o en ejecución por ANDA.

Estas medidas se deberán incluir en el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento que el GOES tiene previsto elaborar con financiamiento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la AECID.

También se proponen medidas de estudios específicos para incrementar el conocimiento y así la protección del recurso hídrico en la contaminación por la actividad agrícola. Todas las anteriores medidas deberán complementarse con otras de carácter nacional que se desarrollan en el eje temático de gobernanza.

En cuanto a los fallos de cumplimiento de las garantías de satisfacción de las demandas se concentran, principalmente en el sector agrícola, siendo las únicas excepciones en las ZP uno a ocho las de uso ambiental en las cuencas del río San Antonio (ZP4) y del río Metayate (ZP6), y el uso para la producción de energía en la UDE-Ing. Izalco (ZP1).

En los horizontes de planificación del PNGIRH 2017 y 2022 y dentro del ámbito de las ZP, no se tiene previsto ningún tipo de actuación en lo que se refiere al sector agrícola, a excepción del desarrollo de la nueva zona de riego de Usulután, en la ZP4-Grande de San Miguel-La Unión, y la rehabilitación de los pozos y sistemas de bombeo existentes del distrito de riego Zapotitán.

Tras la evaluación de los balances hídricos en los escenarios futuros, la conclusión que en general se deduce es la persistencia de la situación de fallo en el cumplimiento de las garantías. Para resolver los problemas diagnosticados y cumplir con los objetivos fijados se proponen las siguientes tipologías de medidas.

En los casos de incertidumbre elevada en la caracterización del problema se propone como medida



la realización de un estudio que permita eliminarla. En la mayor parte de casos dicho estudio incluirá los trabajos siguientes:

- Levantamiento topográfico en planta de las superficies bajo riego y el tipo de cultivos, a fin de caracterizar la superficie realmente productiva en la UDA. Se caracterizarán asimismo las bocatomas existentes y el área regada por cada una de ellas.
- Tomando como base la información anterior se evaluará la demanda de la UDA y se simulará el balance hídrico de la ZP correspondiente, a fin de comprobar si con la nueva demanda y el resto de medidas propuestas en la ZP persiste la situación de fallo y en qué medida.
- De confirmarse la situación de fallo se propondrán medidas adicionales para resolverla, que se definirán a nivel de planificación y deberán integrarse en el siguiente ciclo de planificación.

No se proponen medidas de carácter estructural adicionales en UDA con fallos cuando la superficie potencial exceda a la de riego en más de un 25 %, es decir, cuando las incertidumbres sean mayores. En los casos en que estas no existan o sean reducidas se han seleccionado las medidas estructurales más adecuadas a cada caso, las que se exponen a continuación:

- Medidas estructurales sobre la demanda generada por la superficie potencial de riego, empleada en los balances. Como mínimo se propone la adecuación de los canales de distribución de la UDA mediante su revestimiento, estimando su longitud a partir de ratios habituales por hectárea cultivada. Cuando se considera viable se proponen modernizaciones consistentes en la aplicación de goteo en frutales y hortalizas, y en la de aspersión en la caña de azúcar.
- A partir del análisis de fuentes alternativas de recursos hídricos, superficiales o subterráneos, se estima qué capacidad de almacenamiento de recursos superficiales mediante balsas es necesaria, o se propone el uso de recursos subterráneos cuando es posible.

En relación con los problemas de ámbito nacional, en el eje temático de aprovechamiento de los recursos hídricos, se analizan los problemas por ausencia de consideración de los caudales ecológicos en la gestión de las cuencas y los de erosión que deterioran el régimen hidrológico.

En cuanto al primero, se propone la implantación de caudales ecológicos para la preservación de los ecosistemas de manera integrada y compatible con los usos del agua. Como paso previo a la implantación de caudales ecológicos en al menos los diez tramos que no presentan fallos, se plantea la realización de estudios de campo y desarrollo de metodologías de modelación del hábitat físico para una mejor definición de los caudales ecológicos a ser implantados. Estos mismos estudios, junto con otros adicionales para la reducción de incertidumbres en el cálculo de las demandas transfronterizas, se plantean para los tres tramos con fallo.

Por último, el Plan de Acción Global propone la ampliación de estos estudios a nuevos tramos ubicados en la cuenca alta del río Sensunapán, en las zonas afectadas por desarrollos hidroeléctricos actuales así como por los previstos para desarrollos futuros, con el doble objetivo de lograr la compatibilidad entre usos en los tramos que evidencian sobreexplotación de los recursos, y de crear una herramienta de apoyo para la toma de decisiones. En cuanto a la tipología de acciones a proponer se trata básicamente de medidas para mejorar el conocimiento sobre las demandas que pueden entrar en conflicto con los tramos de caudal ecológico propuestos, y medidas para mejorar la estimación de los caudales ecológicos (metodologías de modelación del hábitat físico).

Con respecto al problema de erosión que contribuye al deterioro del régimen hidrológico, las causas no naturales más importantes que lo generan son las provocadas por las actividades antrópicas no sostenibles: la excesiva explotación de la cobertura forestal o las inadecuadas prácticas agrícolas utilizadas en la agricultura de subsistencia que se desarrolla sobre un elevado porcentaje de las laderas del país, causas que podrían ser atendidas con la propuesta de medidas adecuadas. Se observa que en el 27 % del país, la



erosión se considera muy elevada. Estas zonas se extienden básicamente en las laderas de las principales cadenas montañosas, sobre todo por debajo de una determinada cota que marca el límite de la extensión de las zonas forestales y del cultivo del café cubiertas y muy protectoras del suelo.

Para resolver los problemas diagnosticados se proponen las siguientes tipologías de medidas:

- Medidas de conservación en cauces
- Mejora del conocimiento de los procesos erosivos.

**Cuadro 71.**

Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico

Ámbito	Tipo de medida	Descripción de la medida	Número de medidas		Costo inversión total en USD\$
Zonas Prioritarias	Ampliación red de abastecimiento	Ampliación de las redes de abastecimiento para alcanzar los OAS	Media-alta	49	37 344 466.00
			Baja	15	815 577.50
			Total	64	38160 043.50
	Aprovechamiento recursos subterráneos	Construcción de una captación de aguas subterráneas constituida por pozos perforados	Media-alta	0	
			Baja	2	207 942.67
			Total	2	207 942.67
	Modernización regadíos: goteo o aspersión	Sustitución de sistemas de riego por gravedad por sistemas de goteo en las parcelas de hortalizas y árboles frutales.	Media-alta	0	-
			Baja	1	332 925.12
			Total	1	332 925.12
	Modernización regadíos: mejora canales	Revestimiento de los canales de riego con hormigón y/o ladrillo	Media-alta	1	1 163 244.60
			Baja	4	4 969 875.60
			Total	4	6 133 120.20
	Satisfacción demandas: mejora conocimiento	Estudio hidrogeológico de detalle para la identificación de las litologías idóneas y ubicación de una captación de aguas.	Media-alta	6	3 856 447.05
			Baja	2	71 561.89
			Total	8	3 928 008.94
Nacional	Obras de regulación (presas o grandes balsas)	Construcción de una balsa de riego para el almacenamiento de agua superficial	Media-alta	0	
			Baja	1	344 141.16
			Total	1	344 141.16
	Conservación	Ejecución de campañas de limpieza para la retirada de escombros y botaderos presentes en los cauces y en la faja marginal de ríos. Ejecución de campañas de control del Jacinto de agua.	Media-alta	2	8 460 694.20
			Baja	0	
			Total	2	8 460 694.20
	Mejora del conocimiento de los procesos erosivos	Diferentes tipos de medidas como la Elaboración del Plan Nacional de Lucha contra la Erosión, el Plan Nacional de Restauración de Cauces, la delimitación del Dominio Público Hídrico (DPH) y de la faja marginal de riberas, etc.	Media-alta	5	7 953 222.50
			Baja	0	
			Total	5	7 953 222.50
	Mejora del conocimiento sobre caudales ecológicos	Diferentes tipos de medidas como la realización de un Estudio de demandas transfronterizas existentes en Honduras y Guatemala en diferentes cuencas de ríos, la realización de un Estudio de caudales ecológicos en diferentes tramos seleccionados.	Media-alta	3	1 507 759.00
			Baja	1	120 006.00
				4	1 627 765.00
Total				92	67 147 863.29

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH





Cabe destacar que las anteriores medidas complementan las ya previstas o en ejecución por las distintas Administraciones (cuadro 72). Entre estas destacan, por volumen de inversión e importancia de sus efectos, las siguientes: los nuevos embalses, multipropósito El Cimarrón, El Chaparral, el trasvase de

agua procedente del futuro embalse multipropósito El Cimarrón para la PTAP Las Pavas y un caudal de 4 m³/s, así como el trasvase de 63.07 MMC/año de agua procedente del lago de Ilopango a la planta potabilizadora del Sistema Guluchapa.

**Cuadro 72.**  
Resumen de las medidas previstas en el eje temático Aprovechamiento de los recursos hídricos y preservación del medio hídrico

Ámbito	Tipología de medida	No de Medidas	Costo de Inversión en USD\$
Nacional	Infraestructura nuevos regadíos	1	4 200 000.00
	Obras de regulación	2	1 344 770 320.00
	Trasvase	3	262 600 000.00
	Subtotal	6	1 611 570 320.00
Zonas Prioritarias	Infraestructura nuevos regadíos	1	1 297 400.00
Total		7	1 612 867 720.00

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Las anteriores medidas se complementan con otras de carácter nacional que se desarrollan en el eje temático 4 de gobernanza, relacionadas con:

- La promoción y el fomento de las buenas prácticas agrícolas para un uso eficiente del recurso.
- La promoción y el fomento del registro de los permisos de riego; un mejor control sobre extracción, almacenamiento y retorno del agua en los cauces superficiales; y el seguimiento de las masas de agua subterránea.
- La propuesta de red hidrométrica necesaria para el seguimiento de la implantación de los 13 tramos de caudal ecológico previstos por el PNGIRH.

### 12.2. Eje temático de Calidad de Aguas

Respecto al eje temático de calidad del agua, las aguas superficiales y subterráneas están sometidas a una fuerte presión derivada de la actividad antrópica, principalmente por los vertidos con un bajo o nulo grado de tratamiento y por el uso inadecuado de plaguicidas en las actividades agrícolas. Estas presiones sobre las aguas continentales están provocando

afecciones sobre su estado ecológico e impidiendo que la calidad del agua para los diferentes usos sea adecuada.

En general, en la mayoría de los cauces se detecta una elevada contaminación microbiológica y orgánica que se debe, en gran medida, al bajo índice de cobertura de la red de alcantarillado sanitario, y al insuficiente tratamiento de las aguas residuales urbanas e industriales antes de su vertido al medio natural.

Además del impacto que estas fuentes de contaminación están provocando sobre la calidad de las aguas, se han detectado algunas enfermedades que podrían estar vinculadas con su consumo y que están dentro de las diez causas de morbilidad para el año 2011, como son: la diarrea de presunto origen infeccioso, enfermedades e infecciones de la piel y del tejido subcutáneo, otras helmintiasis, amebiasis y micosis.

Por otro lado, el empleo de fertilizantes y agroquímicos, necesario para el control de problemas fitosanitarios y la mejora de la productividad en la agricultura, se está aplicando de forma no adecuada, favoreciendo el aumento de casos de enfermedad renal crónica, el aumento de la eutrofización de las aguas superficiales y de las concentraciones de nitratos en algunos

acuíferos, la contaminación por plaguicidas de las aguas superficiales, las subterráneas y los sedimentos.

Las actuaciones previstas en materia de calidad del agua están relacionadas con los problemas de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por vertidos ordinarios y especiales, y por suelos contaminados. Para ello, se proponen medidas estructurales basadas en la mejora de los sistemas de saneamiento y la depuración de las aguas residuales.

La instalación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) previo al vertido a cauce se propone de forma prioritaria en aquellos lugares donde es necesario reducir la contaminación orgánica hasta niveles aceptables de acuerdo a los indicadores de calidad. Asimismo, con el fin de mejorar las actuaciones en materia de depuración, y prevenir el deterioro de los cuerpos de agua, se proponen plantas de

tratamiento de prioridad secundaria. Estas medidas incluyen la ampliación de la red de saneamiento para el transporte de las aguas servidas hasta la PTAR; y el mantenimiento, operación y ampliación, según el caso, de las PTAR municipales existentes.

Estas medidas deberán incluirse en el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento que el GOES tiene previsto elaborar con financiamiento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la AECID.

También se proponen medidas de estudios específicos para incrementar el conocimiento y así la protección del recurso hídrico en la contaminación por la actividad agrícola. Todas las anteriores medidas deberán complementarse junto con otras de carácter nacional que se desarrollan en el eje temático de gobernanza.

**Cuadro 73.**

Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Calidad de Aguas

Ámbito	Tipo de medida	Descripción de la medida	Número de medidas		Costo inversión total en USD\$
Zonas Prioritarias	Plantas de tratamiento y alcantarillado	Construcción de PTAR e instalación o mejora de la red de alcantarillado	Media-alta	16	656 237 392.58
			Baja	6	54 458 305.07
			Total	22	710 695 697.66
		Ampliación/Construcción de PTAR	Media-alta	1	1 418 722.42
			Baja	0	
			Total	1	1 418 722.42
Nacional	Estudio	Estudio específico para la identificación de las fuentes de contaminación de cobre y de arsénico en las masas de agua superficiales y estudio específico para la definición del perímetro de protección por captación de agua subterránea de abastecimiento público.	Media-alta	2	5 977.70
			Baja	2	40 793.00
			Total	4	46 770.70
TOTAL				27	712 161 190.78

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Cabe recordar la existencia en el ámbito nacional de importantes actuaciones previstas, enmarcadas dentro del Programa del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento financiado por AECID, que se basan en la implantación de una mayor cobertura de saneamiento y agua potable en zonas rurales, y

que por tanto se han caracterizado como “mixtas”, al abarcar ambos ejes temáticos. Son las siguientes:

- Programa de Infraestructura en Agua Potable y Saneamiento Básico en Áreas Periurbanas y Rurales de El Salvador (SLV-001-B)



- Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del recurso hídrico (SLV-041-B)
- Programa de Agua y Saneamiento en zonas rurales (SLV-042-M)
- Proyecto integrado de agua, saneamiento y medio ambiente (SLV-056-B)

Otra de las medidas previstas en el programa FCAS es el mejoramiento de la red de acueductos y alcantarillados del ÁMSS (SLV-058-B), cuya entidad beneficiaria es ANDA.

Las anteriores medidas deberán complementarse con otras de carácter nacional que se desarrollan en el eje temático de Gobernanza, relacionadas con la:

- Mejora del conocimiento que, en líneas generales consiste en la implantación de un plan de monitoreo para controlar la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y de los vertidos que se realizan a cuerpo receptor. Asimismo se incluye la ejecución del control de vertidos producidos al dominio público hidráulico, con especial seguimiento de los de tipo especial.
- Potenciación y mejora del marco normativo en temas relacionados, directa o indirectamente, con la calidad del agua.
- Potenciación y mejora del marco institucional, que incluye el desarrollo de programas de formación, y un plan de ayudas económicas a industrias destinadas a la mejora o adaptación de los sistemas de depuración de las aguas residuales especiales.
- Cultura del agua: desarrollo de programas de sensibilización para la población en general, en materia de prácticas higiénicas, calidad de aguas, protección del medio ambiente, y tratamiento de aguas residuales y su reúso.
- Elaboración de guías de capacitación para buenas prácticas agrícolas.

## 12.3. Eje temático de Riesgo por Fenómenos Extremos

En este eje se identifican las zonas de riesgo por inundación, tanto para la población como para las infraestructuras esenciales, en las ZP. En una primera fase, se precisan los riesgos a partir de una problemática conocida, basada en eventos acaecidos en los últimos años y cartografiados en el “Mapa de susceptibilidad de inundación del MARN-DGOA”; en una segunda fase, se reconocen zonas potencialmente inundables, complementarias a las identificadas en el citado mapa de susceptibilidad, a partir de las cuales se definen los potenciales riesgos por inundación en dichas zonas complementarias.

Los resultados de la primera fase permiten realizar una primera priorización de los problemas y por tanto de las medidas a desarrollar en el corto y medio plazo (prioridad asignada media-alta). Con las conclusiones extraídas del estudio de zonas complementarias se establecen las medidas a desarrollar en horizontes a medio y largo plazo (problemas de prioridad baja).

Las medidas propuestas son estudios cuyo objetivo es evaluar los riesgos potenciales ante inundaciones, y proponer actuaciones estructurales que permitan paliar dichos efectos, reduciendo los daños asociados y su impacto en la población.

En este eje temático, se analiza el problema de la sequía a escala nacional, el cual suscita una gran sensibilización de las Administraciones y de la sociedad en general por los riesgos que conlleva para la seguridad alimentaria nacional (afección sobre los granos básicos no regados).

Los trabajos desarrollados ponen de manifiesto que la sequía meteorológica tiene un impacto, más o menos significativo en función de su duración, en la satisfacción de las demandas de los sistemas de explotación, sobre todo en las demandas agrícolas; y que las medidas planteadas, relativas al problema

de satisfacción de las demandas, contribuyen a la mitigación del impacto de este tipo de sequía en las UDA con fallo. Por otro lado, se estima el impacto por estrés hídrico de la sequía canicular sobre los granos básicos principales, maíz y frijol, que identifica y plantea el tipo de medidas para paliar o mitigar sus efectos, reduciendo riesgos sobre la seguridad alimentaria.

Para resolver los problemas diagnosticados y cumplir con los objetivos fijados se proponen las siguientes tipologías de medidas:

- Medidas para enfrentar los fallos en cultivos no regados. Este sector no dispone de los recursos financieros ni de las infraestructuras de riego para eliminar o mitigar el impacto de las sequías. Por lo tanto, se proponen medidas para mejorar la capacidad de almacenamiento en los sistemas de explotación, o búsqueda de fuentes de agua alternativas, como por ejemplo, el reuso de aguas residuales, destinadas a mitigar el estrés hídrico de los cultivos no regados en situación de canícula. Así, se propone para cada sistema de explotación la realización de un estudio para determinar la superficie real de granos básicos cultivada, ya que ésta en la actualidad no se conoce con exactitud,

y la actualización de los déficits hídricos sufridos por los granos no regados en situación de sequía canicular (o volumen de almacenamiento necesario para la mitigación de sus efectos); además, un estudio de alternativas para la provisión del volumen de recursos mínimo obtenido.

- Otras medidas relacionadas: promover una adecuada planificación agraria, la ordenación del territorio, la conservación y recuperación de suelos, la reforestación, la prevención de incendios, la asistencia social, etcétera.

Por último, se considera la incorporación del problema de la sequía en el marco de la planificación y gestión de los recursos hídricos, mediante la creación de un Sistema de Alerta por Sequías que, integrado en el SAT de la DGOA del MARN, dará seguimiento a los indicadores de peligrosidad de la sequía inicialmente planteados (Acápites 8.2). En paralelo, se recomienda desarrollar planes directores de sequía, primeramente en los sistemas de explotación más vulnerables (Grande de San Miguel, Sirama y Goascorán desde el punto de vista de la sequía canicular). En futuros ciclos de planificación se extendería la elaboración de estos planes al resto de sistemas de explotación.

**Cuadro 74.**

Resumen de la propuesta de medidas y costo para las zonas prioritarias y el ámbito nacional del eje temático Riesgo por fenómenos extremos

Ámbito	Tipo de medida	Descripción de la medida	Número de medidas		Costo inversión total en USD\$
Zonas prioritarias	Defensa frente a inundaciones	Estudio de defensa contra inundaciones	Media-alta	13	10 426 510.00
			Baja	8	2 420 460.00
			Total	21	12 846 970.00
Nacional	Fortalecimiento de la capacidad de gestión de las sequías	Elaboración de los Planes Directores de Sequía (PDS) en los sistemas de explotación más vulnerables.	Media-alta	1	3 992 742.00
			Baja	0	
			Total	1	3 992 742.00
	Mejora del conocimiento de las sequías	Estudio en las diferentes RH para la determinación de la superficie real de granos básicos cultivada; actualización de los déficits hídricos sufridos por los granos no regados en situación de sequía.	Media-alta	10	1 564 372.01
			Baja	0	
			Total	10	1 564 372.01
	Redes de monitoreo	Diseño del Sistema de Alerta por Sequías (SAS) y su inclusión en el SAT de la DGOA.	Media-alta	1	927 504.00
			Baja	0	
				1	927 504.00
Total				33	USD\$ 1 9331 588.01

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH





## 12.4. Eje temático de Gobernanza

En relación al eje temático de gobernanza, este tiene un carácter transversal que incide sobre los otros ejes temáticos y a pesar de que las medidas implantadas son de ámbito nacional, repercuten directamente en el logro de los objetivos de algunas de las medidas propuestas en las ZP. Teniendo en cuenta esta consideración, los principales problemas de este eje temático se exponen a continuación.

Por un lado, el insuficiente conocimiento de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico que requiere de redes de monitoreo adecuadas para un seguimiento cuantitativo y cualitativo de las masas de agua, y que sirva de herramienta de soporte a la planificación de recursos. Así, sobre la base del análisis de las carencias de las redes en su estado actual: de climatología/pluviometría, hidrometría, piezometría y control de caudales de explotación; y de las redes de monitoreo de la calidad del agua en ríos, lagos y aguas subterráneas, se definen los criterios para la ampliación y correcto diseño de las redes a ser implantadas e integradas en la DGOA del MARN.

Las medidas que se plantean son: ampliar las redes de control de acuerdo a una serie de criterios, la realización de un estudio que determine la correcta ubicación de nuevos puntos de control, mantener los puntos de control de la red actual que se consideren representativos y que permita contar con un histórico de datos, entre otros elementos.

A pesar de que no se incluye como medida, es necesario realizar estudios sobre la protección de las zonas de recarga. Esta medida complementaría los "estudios de factibilidad" de la red de control piezométrico de la Fase III. Completando la red con nuevos puntos, que incluye la realización de estudios hidrogeológicos de detalle.

En lo concerniente al deficiente marco normativo, a la débil institucionalidad y a la baja capacidad de gestión del recurso hídrico, se propone analizar el actual tejido normativo e institucional, y las herramientas de que disponen los distintos organismos para llevar a cabo la gestión integrada del recurso hídrico.

En este contexto la aprobación del Anteproyecto de Ley General de Aguas por la AL supondría un importante paso que aceleraría el proceso, si bien se opta por considerar dos escenarios: el primero, el más probable y deseable, contempla como elemento clave la aprobación del ALGA y su implementación, que implicará la reestructuración del marco normativo e institucional y la aplicación de nuevos instrumentos de gestión para la sostenibilidad del sistema. El segundo escenario considera la no aprobación del ALGA y en su defecto la necesidad de efectuar ajustes al vigente marco normativo e institucional.

Las medidas propuestas que permitirán cumplir con los objetivos fijados son:

- Contar con un marco jurídico que regule los objetivos para la gestión del recurso hídrico, que promueva su gestión integrada, y fije la institucionalidad y los instrumentos para una gestión sostenible. En paralelo, contar con un marco normativo sectorial en armonía con la Ley General del Agua, de ser aprobada.
- Articular un ente rector que norme, controle y fiscalice la gestión integrada del recurso hídrico, y vele por el cumplimiento de la legislación mencionada y del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Simultáneamente, garantizar que las instituciones sectoriales normen, controlen y fiscalicen el cumplimiento del marco normativo sectorial en armonía con la Ley General del Agua, de ser aprobada, y que funcionen los mecanismos de coordinación y concertación sectorial y multisectorial para la toma de decisiones y monitoreo de la gestión integrada del recurso hídrico.
- Contar con información adecuada e instrumentos de gestión para la toma de decisiones y para la difusión de información sobre la gestión del recurso hídrico. Así mismo, contar con recurso humano cualificado y los recursos económicos necesarios para el cumplimiento de las competencias, las funciones y el logro de los objetivos institucionales.
- Aplicar los resultados de la investigación e innovar



los sistemas de suministro de agua incrementando su eficiencia y viabilizando su sostenibilidad.

En total se han propuesto 35 medidas, diez de fortalecimiento de la capacidad de gestión, 20 de mejora del marco normativo, tres de elaboración y seguimiento de planes y estrategias para la gestión de recursos hídricos, y dos de refuerzo de la institucionalidad.

En lo concerniente a la falta de cultura del agua y de la participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico, el diagnóstico realizado, consensuado en el proceso participativo, permite caracterizar las deficiencias en el conocimiento general, las prácticas a adoptar y los compromisos que la población debe asumir para contribuir y participar en la gestión del recurso hídrico.

En este caso, las medidas propuestas que permitirán cumplir con los objetivos fijados se enuncian a continuación:

- Fortalecer el conocimiento y la conciencia ciudadana sobre la naturaleza, valoración e importancia de la gestión sostenible del recurso hídrico.
- Recuperar tradiciones, en particular las buenas prácticas agrarias, y promover prácticas de buen uso y protección de las fuentes de agua y del sistema ecológico en la cuenca.
- Fortalecer la participación social en la toma de decisiones, control y vigilancia en la gestión del recurso hídrico.

Las medidas propuestas en este eje solo se han valorado las relacionadas con los estudios de planificación, dado que las relacionadas con el desarrollo normativo, la implantación de tarifas para el refuerzo de la capacidad de gestión o el refuerzo institucional, se enmarcan en el funcionamiento ordinario de las instituciones existentes o tienen un ámbito que excede el del presente PNGIRH.

**Cuadro 75.**

Resumen de la propuesta de medidas y costo para el ámbito nacional del eje temático Gobernanza

Tipo de medida	Descripción de la medida	Número de medidas		Costo inversión total en USD\$
Elaboración y seguimiento de planes	Diferentes medidas como la realización de un programa de gobernabilidad y planificación de la gestión del recurso hídrico, el seguimiento y monitoreo del PNGIRH, etcetera.	Media-alta	3	4 633 000.00
		Baja	0	
		Total	3	4 633 000.00
Fortalecimiento de la capacidad de gestión	Diferentes medidas como la aplicación de cánones de vertido al dominio público, implementar el registro de usuarios y de derechos de uso de agua, etcetera.	Media-alta	10	
		Baja	0	
		Total	10	
Mejora del marco normativo	Diferentes medidas como la aprobación de Ley de Agua Potable y Saneamiento, el desarrollo de la normativa que regule la implantación de los caudales ecológicos tras su concertación, etcetera.	Media-alta	20	
		Baja	0	
		Total	20	
Promoción de una nueva cultura del agua	Diferentes medidas como incorporar los temas de la gestión integrada del recurso hídrico en la currícula de educación básica y media, la creación de una política pública o normativa de participación ciudadana.	Media-alta	10	
		Baja	0	
		Total	10	
Redes de monitoreo	Realización de un estudio a nivel de factibilidad para la propuesta de red climatológica y pluviométrica, incluyendo los trabajos de campo necesarios para la selección de los puntos en los que ubicar las estaciones.	Media-alta	8	4 587 244.02
		Baja	2	105 429.00
		Total	10	4 692 673.02



## Continuación del Cuadro 75

Tipo de medida	Descripción de la medida	Número de medidas		Costo inversión total en USD\$
Refuerzo de la institucionalidad	Reestructuración Institucional de la gestión sectorial y fortalecimiento de la autoridad del agua.	Media-alta	2	
		Baja	0	0.00
		Total	2	
Satisfacción demandas: mejora conocimiento	Estudio hidrogeológico de detalle para la identificación de las litologías idóneas y ubicación de una captación de aguas.	Media-alta	6	3 856 447.05
		Baja	2	71 561.89
		Total	8	3 928 008.94
			55	9 325 673.02

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

## 12.5. Resumen económico del programa de medidas del Plan de Acción Global

Debido a la falta de información sobre la capacidad financiera de los organismos implicados, no es viable proponer un calendario concreto de actuación. La priorización de las actuaciones indica qué medidas deben acometerse con mayor urgencia. A continuación se resume la metodología de priorización.

En una primera fase se propone la priorización de los problemas y las medidas para resolverlos, elaboradas sobre la base de los indicadores considerados más relevantes en cada caso. Se han precisado dos casos: prioridad media-alta y prioridad baja.

Las medidas destinadas a resolver el primer tipo de problemas se ubican dentro del horizonte de planificación, antes del año 2022. Aquellas destinadas a resolver el resto de problemas se precisan a

continuación de las anteriores, dependiendo de su encaje o no dentro del horizonte de planificación y de la capacidad presupuestaria de las Administraciones involucradas.

En una segunda fase se proponen los criterios para la priorización de las medidas concretas, siendo estos los siguientes:

- Orden "0" de prioridad para las medidas que ya están en ejecución y para aquellas previstas por las Administraciones, estén o no en marcha; también se asigna este orden a las medidas de conservación y mantenimiento.
- Orden "4" de prioridad para aquellas medidas que resuelven problemas de prioridad baja.
- Orden 1, 2 o 3 de prioridad (siendo el 1 el de mayor prioridad y 3 el de menor prioridad) para aquellas medidas que resuelven problemas de prioridad media-alta.

**Cuadro 76.**

Resumen de las medidas propuestas y previstas para las ZP 1 a 8 y ámbito nacional: Plan de Acción Global

Eje temático	Tipología de medida	Prioridad de medida*	No. de Medidas	Costo de Inversión total en USD\$
Aprovechamiento de los recursos hídricos	Ampliación de la red de abastecimiento	1	16	27 785 852.50
		2	25	8 514 832.50
		3	8	1 043 781.00
		4	15	815 577.50
	Aprovechamiento de los recursos subterráneos	0	1	1 297 400.00
		4	2	207 942.67
	Conservación	0	2	8 460 694.20
	Infraestructura de nuevos regadíos	0	1	4 200 000.00
	Mejora del conocimiento sobre procesos erosivos	1	3	5 457 900.00
		2	2	2 495 322.50

Continuación del Cuadro 76

Eje temático	Tipología de medida	Prioridad de medida*	No. de Medidas	Costo de Inversión total en USD\$
	Mejora del conocimiento sobre caudales ecológicos	1	3	1 507 759.00
		4	1	120 006.00
	Modernización de regadíos: goteo o aspersión	4	1	332 925.12
	Modernización de regadíos: mejora canales	2	1	1 163 244.60
		4	4	4 969 875.60
	Obras de regulación	0	2	1 344 770 320.00
	Obras de regulación (presas, con o sin aprovechamiento hidroeléctrico, grandes balsas)	4	1	344 141.16
	Satisfacción de demandas: mejora conocimiento	1	4	3 560 307.95
		3	2	296 139.10
		4	2	71 561.89
	Trasvase	0	3	262 600 000.00
Subtotal Eje temático Aprovechamiento de Recursos Hídricos			99	1 680 015 583.29
Calidad de Aguas	Ampliación/Construcción PTAR	2	1	1 418 722.42
	Ampliación/Construcción PTAR y alcantarillado	1	7	588 413 715.71
		2	6	46 151 633.16
		3	3	21 672 043.73
		4	6	54 458 305.08
	Estudio	1	2	5977.70
		4	2	40 793.00
Subtotal Eje temático Calidad de aguas			27	712 161 190.79
Riesgos por fenómenos extremos	Defensa frente a inundaciones	1	1	155 375.00
		2	6	7 947 290.00
		3	7	2 514 815.00
		4	7	2 229 490.00
	Fortalecimiento de la capacidad de gestión de las sequías	1	1	3 992 742.00
	Mejora del conocimiento de las sequías	1	10	1 564 372.01
	Redes de monitoreo	1	1	927 504.00
Subtotal Eje temático Riesgo por Fenómenos Extremos			33	19 331 588.01
Gobernanza	Elaboración y seguimiento de planes	0	1	11 322 215.43
		1	3	4 633 000.00
	Fortalecimiento de la capacidad de gestión	1	3	
		2	3	
		3	4	
	Mejora del marco normativo	1	6	
		3	14	
	Promoción de una nueva cultura del agua	1	3	
		2	7	
	Redes de monitoreo	1	8	4 587 244.02
		4	2	105 429.00
Refuerzo de la institucionalidad	1	2		
Subtotal Eje temático Gobernanza			56	20 647 888.45
Mixto	Introducción/ampliación/rehabilitación de redes de abastecimiento y saneamiento	0	4	96 632 291.18
	Subtotal medidas mixtas		4	96 632 291.18
Total			219	2 528 788.542

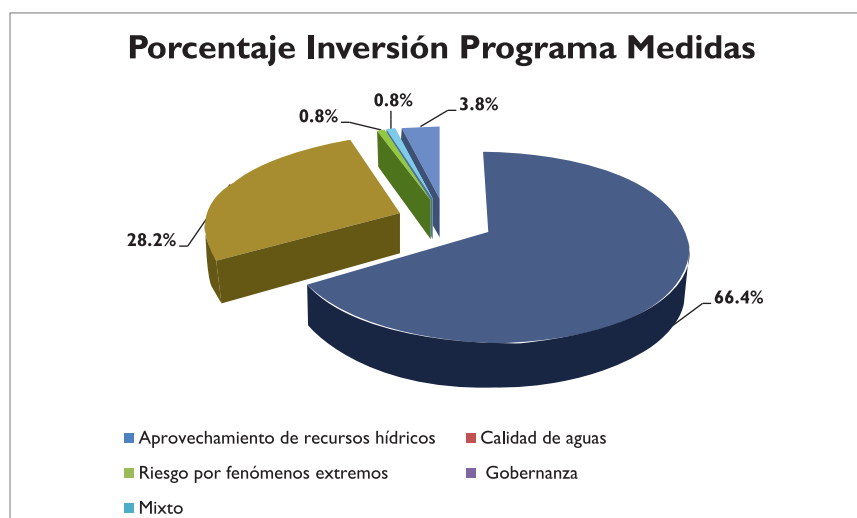
(\*) Siendo el orden "0" el de máxima prioridad y el "4" el de mínima prioridad.

Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH





**Gráfico 71.**  
Porcentaje de inversión de las medidas propuestas y previstas para las ZP 1 a 8 y el ámbito nacional: Plan de Acción Global



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

Como se puede observar la mayor inversión se da en el eje temático de Aprovechamiento de Recursos Hídricos debido a las actuaciones previstas en materia de obras de regulación (nuevo embalse multipropósito El Cimarrón) y trasvases (trasvase de agua procedente del futuro embalse multipropósito El Cimarrón para la PTAP Las Pavas, y el procedente del lago de Ilopango a la planta potabilizadora del sistema Guluchapa), que suman una inversión de más de USD\$ 1 600 000.00 aproximadamente. Le sigue el eje de calidad de aguas, en este caso toda la inversión responde a la propuesta de medidas en materia de depuración de aguas.

La menor inversión es la requerida en el eje temático de riesgos por fenómenos extremos, dado que en el momento actual solo pueden proponerse medidas de tipo estudio, donde se analizan las infraestructuras más adecuadas desde el punto de vista constructivo, ambiental, hidráulico y económico. También se evalúa su efecto sobre la peligrosidad y el riesgo de inundación en cada zona a analizar, y las infraestructuras de riego para eliminar o mitigar el impacto de las sequías, cuyo costo se considerará en el siguiente ciclo de planificación, dado que en la actualidad no se dispone de la información necesaria para hacerlo.



## 13. Síntesis del proceso participativo



La elaboración del PNGIRH contó con la participación de los actores interesados en los diferentes niveles: institucional (ministerios y entes autónomos relacionados con el sector hídrico), local (alcaldías), las organizaciones de usuarios, las organizaciones empresariales, las organizaciones de la sociedad civil, las universidades, etc.; validados por el MARN en la etapa previa a las actividades de consulta.

Los lineamientos del proceso participativo y los arreglos institucionales para la validación social, técnica e institucional de los trabajos enmarcados en el PNGIRH, están establecidos en la "Estrategia y Plan de Participación". Así mismo, se precisan los aspectos operativos y metodológicos de los eventos de participación que aseguren una buena comunicación y equidad para la concertación de intereses, definición de los problemas, y las medidas de solución para la gestión del agua; además de los instrumentos para la evaluación cuantitativa de los resultados del proceso, valorando de este modo la satisfacción y el grado de compromiso de los participantes en los eventos.

El proceso participativo para la elaboración del PNGIRH se divide en tres ZH que integran el territorio nacional; las cuales están constituidas por una o más regiones hidrográficas. Tanto las ZH como sus correspondientes regiones se identifican en el Apartado 3.4.

Para cada una de las ZH se conformaron las siguientes mesas de trabajo:

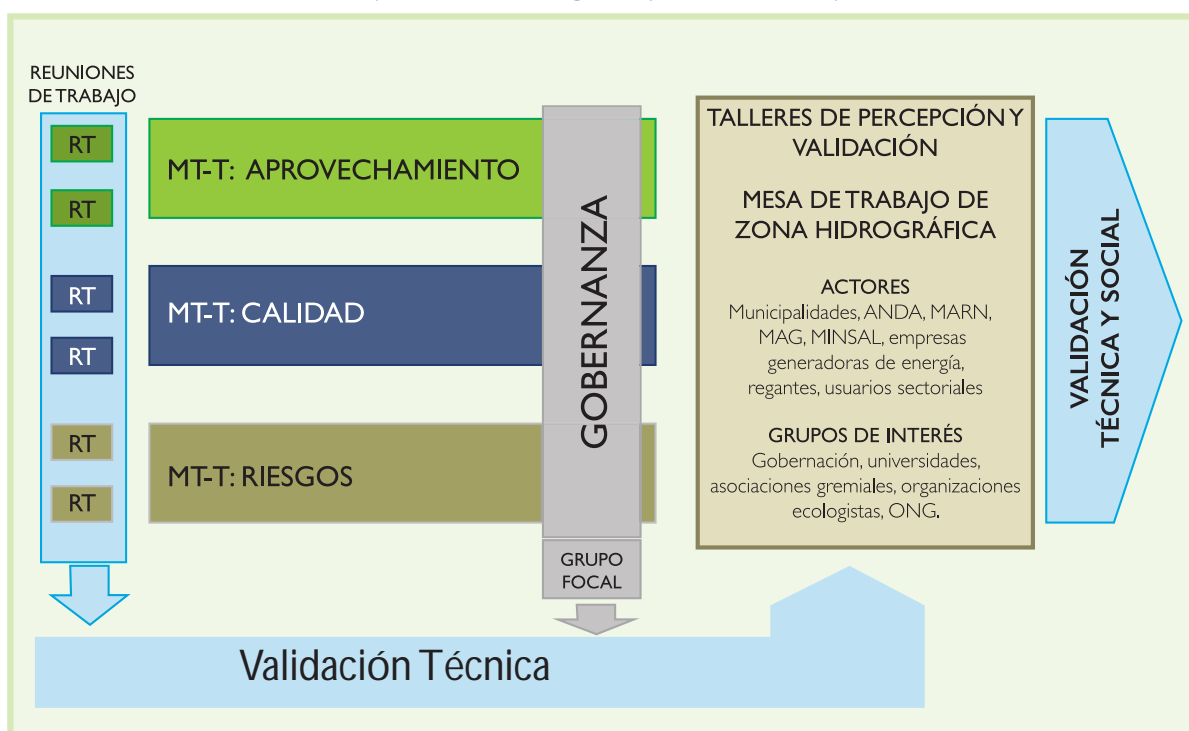
- Mesa de Trabajo Temático (MT-T), integrada por representantes de los actores de la gestión del recurso hídrico y de entidades del sector privado y académico en el ámbito de la ZH, que evaluaron la validez técnica de los trabajos elaborados en reuniones de trabajo;
- Mesas de Trabajo de Zona Hidrográfica (MT-ZH), formadas por representantes de los grupos interesados en la gestión del recurso hídrico, que concertaron y evaluaron la validez social de los trabajos del PNGIRH en talleres de concertación y validación.





Gráfico 72.

Consolidación de la participación de Actores y Grupos de Interés:  
Mesa de Trabajo de Zona Hidrográfica y Mesas de Trabajo Temáticas



Fuente: elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Para la validación institucional se contó con la participación del Comité Técnico Interinstitucional, conformado por representantes de escala nacional de las instituciones públicas vinculadas con la gestión del recurso hídrico, entre las que se desatacan: ANDA, MAG, MINSAL, MARN, CEL, SIGET, STPP, MINEC y el MOP.

La presentación de los trabajos del PNGIRH se basó en los ejes temáticos de la GIRH: i) Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y preservación del Medio Hídrico; ii) Calidad del Agua; iii) Riesgo por Fenómenos Extremos; y iv) Gobernanza.

En las reuniones con las MT-ZH se analizó y evaluó los trabajos del PNGIRH con base en los ejes temáticos ya expuestos. En el caso del eje temático de gobernanza, por su carácter transversal, fue evaluado de forma indirecta al analizar las actividades con las MT-T y MT-ZH. Adicionalmente, dada la importancia de esta temática en la GIRH, también fue tratado en un grupo focal.

El proceso participativo para la formulación del PNGIRH se realizó en tres fases:

- Fase I. Consenso de diagnóstico: determina las deficiencias y problemas que afectan la gestión del recurso hídrico y sus causas (diagnósticos temáticos), las cuales se consolidan en un diagnóstico global.
- Fase II. Consenso de alternativas: determina objetivos para la gestión del recurso hídrico, las medidas de solución y sus alternativas (planes de acción en ZP del ámbito nacional) que se consolidan en un Plan de Acción Global.
- Fase III. Consenso del plan: aprobación del PNGIRH y la asunción de compromisos de implementación de sus medidas.

Estas tres fases están estrechamente relacionadas y los resultados de cada una constituyen el sustento y punto de partida de la fase subsiguiente.

A continuación se sintetizan las actividades desarrolladas en las fases del proceso participativo y los resultados obtenidos. La Fase III todavía no es desarrollada puesto que deberá realizarse al finalizar la elaboración del PNGIRH.

### 13.1. Desarrollo de la fase I: consenso de diagnóstico

En esta fase se elaboró el diagnóstico participativo que identifica los problemas o deficiencias que afectan la GIRH, sus efectos y las causas que lo determinan a nivel de las ZH.

Esta etapa requirió la realización de eventos de participación con la interacción de las MT-ZH, MT-T y el grupo focal de Gobernanza, según la siguiente secuencia de actividades:

- i) Talleres para la activación de la participación y elaboración del diagnóstico participativo de la Gestión del Recurso Hídrico con las MT-ZH;
- ii) Primera ronda de reuniones de trabajo de las MT-T para la exposición del proceso de elaboración y su metodología, validación de los resultados del diagnóstico participativo y la recepción de aportes e información complementaria útil para la elaboración del PNGIRH;
- iii) Conversatorio sobre la Gobernanza en la gestión del recurso hídrico con el grupo focal de Gobernanza para la validación de avances obtenidos con las MT-ZH;
- iv) Segunda ronda de reuniones de trabajo con las MT-T para validación técnica de los diagnósticos temáticos; y
- v) Talleres de validación social de los diagnósticos temáticos y concertación de propuestas de solución con las MT-ZH.

Se realizaron un total de 15 reuniones de trabajo con las MT-T, con la asistencia de 456 participantes. De estos, 189 representan a instituciones públicas (41.4 %), 210 a la sociedad civil (42.5 %) y 57 a las empresas privadas (12.5 %).

Asimismo se realizaron siete talleres con las MT-ZH, cuatro para el diagnóstico participativo, (la ZH Lempa se dividió en dos: occidente y oriente); y tres para la validación social del diagnóstico temático, con una asistencia total de 293 participantes, de los cuales 79 correspondían a las alcaldías (27.0 %), 137 a la sociedad civil (46.8 %), 52 a las organizaciones de usuarios (17.7 %) y 25 a las instituciones públicas (8.5 %).

El grupo focal sobre gobernanza tuvo una participación de 48 expertos en representación de 28 entidades de sociedad civil e instituciones públicas.

Como resultado de la Fase I se obtuvo los diagnósticos temáticos con validación técnica y social que identifican los siguientes problemas en la GIRH de El Salvador:

#### 1. Aprovechamiento y preservación del medio hídrico.

- 1.1. Desconocimiento de la disponibilidad y demanda actual y futura de las aguas superficiales y subterráneas
- 1.2. Deficiente aprovechamiento de la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos
- 1.3. Deterioro del régimen hidrológico y de los sistemas ecológicos de los ríos
- 1.4. Insuficiente cobertura de la demanda por servicios de agua potable
- 1.5. Manejo ineficiente del agua en el sector agrícola tradicional.

#### 2. Calidad del agua

- 2.1. Contaminación por vertidos ordinarios e industriales sin depuración o con una depuración insuficiente a los cauces
- 2.2. Contaminación por la disposición y manejo inadecuados de desechos sólidos que afectan la calidad del agua superficial y subterránea



- 2.3. Contaminación debido a actividades agropecuarias.

### 3. Riesgos por inundación

- 3.1. Alta vulnerabilidad de centros poblacionales, infraestructuras esenciales y áreas agrícolas frente a eventos de inundación.

Como resultado del último taller, se recopila, como aportes de las MT-ZH, un total de 247 propuestas de solución de los problemas identificados, de las cuales 41 corresponden a medidas estructurales (16.6 %), 75 a medidas no estructurales (30.4 %) y 131 a medidas relacionadas con la Gobernanza (53.1 %), de estas 75 (30.4 %) se focalizan en el marco normativo e institucional y 56 (22.7 %) en lo concerniente a la cultura del agua y la participación en la gestión.

#### 13.2. Desarrollo de la fase II: consenso de alternativas y Plan de Acción Global

En esta fase se elaboró el Plan de Acción Global de medidas con la participación de los actores locales de las ocho ZP y de las instituciones nacionales y de grupos de interés integrantes de las MT-ZH.

En esta etapa se realizaron eventos de participación con:

- i) Las mesas técnicas, conformadas por actores locales de la GIRH, en reuniones de trabajo por ZP para la validación social y técnica de los objetivos y medidas de solución en el contexto local;
- ii) Reuniones bilaterales con actores institucionales a escala nacional y con el Comité Técnico Interinstitucional para la validación técnica y de conformidad institucional de las medidas contenidas en el Plan de Acción Global en los ámbitos de zonas prioritarias y nacional; y
- iii) Tres talleres con las MT-ZH para la validación de los Planes de Acción en los ámbitos de zona prioritaria y nacional.

Se realizaron un total de ocho reuniones de trabajo con las MT, a las que asistieron 126 representantes de los actores de la gestión local de las ocho ZP, contribuyeron con 341 aportes para el enfoque de objetivos y 394 medidas de solución, entre ellas se encuentran medidas ya previstas, en marcha o en proceso de implementación y otras que se deberán implementar para solucionar los problemas de la GIRH en las zonas prioritarias.

En cuanto a las reuniones bilaterales, se realizaron ocho reuniones con las siguientes instituciones: MINEC, CEL, ANDA, MARN, MAG, MINSAL, SIGET y STPP. En ellas, las medidas del Plan de Acción Global se socializaron, evaluaron y se recibieron aportes; así mismo la expresión de compromiso para la implementación de este Plan.

Con la finalidad de obtener la conformidad institucional a las medidas de solución propuestas en el Plan de Acción, fueron expuestas y sometidas a la evaluación del Comité Técnico Interinstitucional, cuyos integrantes realizaron también aportes y manifestaron un compromiso para la implementación del Plan de Acción y del PNGIRH.

Por último, para la Validación Social del Plan de Acción por las MT-ZH, se realizaron tres talleres, uno por cada ZH, que tuvieron una asistencia de 126 representantes, de los cuales 45 corresponden a las alcaldías (35.7 %), 16 a las instituciones públicas (12.7 %), 46 a las organizaciones civiles (36.5 %) y 19 funcionarios del MARN (15 %).

Los resultados obtenidos en la evaluación hecha por las MT-ZH, muestran que la socialización y la expresión de compromiso obtenido alcanzó un nivel superior al 82 %; esto conforma un contingente de 107 representantes interesados en incidir en sus instituciones para la implementación del Plan de Acción en las ZH, y constituyen referentes locales de la GIRH que requieren ser tomados en cuenta para apoyar las iniciativas del MARN en el proceso de implementación.

En cuanto a la aceptación de las medidas se obtuvieron los siguientes resultados:

- Las medidas propuestas en el ámbito de las ZP y en el ámbito nacional lograron una valoración promedio del 83.40 %;
- Las medidas que obtuvieron una valoración superior al promedio son: actualización del marco normativo, institucionalidad y cultura del agua con el 84.42 %; mejoramiento de las redes de monitoreo (cantidad y calidad) con 83.96 %; y aprovechamiento de los recursos y preservación del medio hídrico con 83.81 %.

Estos resultados muestran un reconocimiento por parte de los participantes de la importancia que le asignan a la implementación de las medidas de gobernanza, en concreto: a la actualización del marco normativo e institucional, a la mejora de la capacidad de gestión, al desarrollo de una nueva cultura del agua y a la participación de la población en la GIRH. Asimismo, consideran importante el desarrollo de las redes de control de cantidad y calidad del agua para mejorar el conocimiento de los recursos hídricos y la satisfacción de las demandas para la población y el uso agrícola.

También existe el reconocimiento, en valores ligeramente inferiores al promedio, de las medidas para lograr el mejoramiento y la protección de la calidad del agua (implementación de sistemas de saneamiento: alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales ordinarias y especiales) con un 83.21 %, la implantación de caudales ecológicos y el control de la erosión con un 82.57 %, y la prevención y gestión de riesgos por fenómenos extremos con el 82.42 %.

### 13.3. Conclusiones del proceso participativo

- Permite alcanzar su objetivo estratégico de lograr la validación social, técnica e institucional de las propuestas de medidas de solución contenidas en el Plan de Acción
- Establece y socializa un marco conceptual de la

GIRH que alinea con el objetivo ambiental de la restauración y preservación del sistema ecológico y el desarrollo socio económico sostenible de la población

- Logra que las y los participantes adopten una actitud reflexiva y con disposición a asumir compromisos en la gestión local de la GIRH y promover consensos en un contexto constructivo y proactivo, enfocado en el bien común que supera prácticas de propuestas sobre la base de intereses parciales
- Se han activado mecanismos de participación que relacionan y articulan a los actores y grupos de Interés en MT-T y MT-ZH; esto representa un punto de partida y avance para la conformación de las instancias de participación, concertación, control y vigilancia de la fase de implementación del PNGIRH
- Inicia el ejercicio de prácticas metodológicas y operativas para la concertación; y se tiene un potente instrumento de referencia para la articulación de las iniciativas de los actores, públicos y privados, y la formación de la institucionalidad para la GIRH
- Los estudios y documentos producidos en el proceso de elaboración del PNGIRH se han constituido en referentes válidos y reconocidos por las instituciones y los grupos de interés en el ámbito de las ZH
- Las MT-ZH han manifestado un compromiso por apoyar la continuidad del proceso de implementación continua y progresiva de las medidas de solución, en línea con las acciones que el MARN desarrolla. En este contexto es altamente recomendable implementar las medidas relacionadas con la gobernanza, mediante intensas campañas de difusión y sensibilización de la población y el fortalecimiento de las instituciones, integrándolas en una instancia de autoridad que lidere la implementación del PNGIRH y promueva, de manera efectiva, la concertación interinstitucional para superar los problemas de la gestión del agua, como un soporte fundamental para el desarrollo ambiental, social y económico de la población salvadoreña.







## 14. Plan de seguimiento y monitoreo



En la etapa de implementación de los planes de gestión del agua en una ZH es necesario dar respuesta a preguntas como: ¿Cuáles son los avances, logros e impactos en las acciones, estrategias y procesos establecidos en el PNGIRH de la zona? ¿Cuáles son las debilidades encontradas a lo largo de su implementación? ¿Cuáles han sido los beneficios y costos percibidos por los habitantes? La evaluación de estos avances permite a los entes encargados de la implementación del Plan conocer cuánto se avanza en el logro de los objetivos y metas, así como medir cuán efectiva es su gestión.

Para responder estas preguntas es necesario diseñar, en los planes de gestión, un sistema de seguimiento y monitoreo para cada uno de los problemas identificados. (Anexo 10. *Plan de seguimiento y monitoreo*). Este se plantea como un proceso dinámico y participativo que se inicia desde el momento de la formulación del plan.

Las actividades que deben constituir el seguimiento y monitoreo del PNGIRH son las que se resumen a

continuación y se exponen de forma detallada en el anexo citado:

- La evaluación de indicadores (propuesta sobre cuáles se evalúan, con qué frecuencia, con qué medios, cuál es la situación de partida cuando se ha podido evaluar y cuál el objetivo a alcanzar) y del estado de avance del programa de medidas que constituye el PAG (progreso temporal del costo del programa, estado de las medidas, nuevas medidas incluidas, etc.); ambas propuestas se ordenan por ejes temáticos y por problemas detectados.
- Actividades adicionales necesarias para completar el proceso de seguimiento y monitoreo, básicamente la actualización de los modelos empleados para elaborar el diagnóstico, y cuáles son los actores responsables.
- La revisión del Plan como culminación del proceso de seguimiento y monitoreo.





## 15. Agentes Responsables del PNGIRH



Se identifican distintos organismos relacionados con la gestión del agua y las infraestructuras hidráulicas y que intervendrán en la implementación del PNGIRH. Estos organismos son los siguientes:

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados y operadores descentralizados
- Asociaciones de desarrollo comunitario
- Asociaciones de regantes y cooperativas, regantes individuales y ganaderos.
- Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura
- Centro de Protección de Desastres
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
- Comités ambientales
- Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador
- Dirección General de Protección Civil
- Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local
- Gobiernos locales: municipalidades y mancomunidades
- Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal
- Juntas administradoras de agua
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Economía
- Ministerio de Educación



- Ministerio de Gobernación y Desarrollo Territorial
- Ministerio de Hacienda
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Turismo
- Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica
- Organizaciones no gubernamentales
- Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia
- Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones

Además los trabajos de elaboración del Plan de Acción Global han permitido identificar a los siguientes organismos no nacionales que financian programas de medidas en El Salvador:

- Agencia de Cooperación Internacional de Corea.
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
- Banco Centroamericano de Integración Económica.
- Banco Interamericano de Desarrollo



# Referencias bibliográficas

- ANDA. (2012a). Boletín Estadístico 2011 No. 33.
- ANDA. (2012b). Memoria de Labores de ANDA (2009-2012). San Salvador.
- ANDA. (2013). Página Web. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Obtenido de <http://www.anda.gob.sv/>
- ANDA-COSUDE. (2008). Mapa Hidrogeológico de El Salvador.
- ANEP. (2013). Encuentro Nacional de la Empresa Privada 2013.
- Armida, O. (2007). Diagnóstico Nacional de Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador: San Salvador.
- Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. (1987). Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección. San Salvador: Diario Oficial N° 191 de 16/10/1987.
- Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. (1998). Ley de Medio Ambiente. San Salvador: Diario Oficial N° 79, Tomo 339 del 04/03/1998.
- Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. (2012). Ley de Áreas Naturales Protegidas. San Salvador: Publicada en el Diario Oficial No. 32, tomo No. 366, de 15 de febrero de 2012.
- ASI. (2013). Informes Sectoriales y Ranking Industrial 2013. Asociación Salvadoreña de Industriales.
- Banco Mundial. (2005). Provisión de Servicios de Infraestructura en El Salvador: Combatiendo la Pobreza, Reanudando el Crecimiento. Washington DC (EE. UU.).
- Banco Mundial. (2013). Estudio de Monitoreo de Avance de País en Agua Potable y Saneamiento. Informe MAPAS 2013. Programa Agua y Saneamiento (PAS). Banco Mundial.
- Barrera Tomasino, E. (Octubre de 2013). Antes da Tempestade. Recuperado el Enero de 2014, de <http://antesdatempestade.wordpress.com/2013/10/03/algunos-datos-sobre-las-hidroelectricas-en-el-salvador/>
- Barrera, M. (2010). Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de áreas de recarga en el acuífero de San Salvador. San Salvador. Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Unidad de Postgrado.
- BASIM-UICN. (2005). Investigación Sobre La Calidad del Agua en las Subcuencas del Sur de Ahuachapán.
- BID. (2008). Agua Potable y Saneamiento Básico. Plan Estratégico Sectorial. Diagnóstico Básico y Bases de Acción / Propuestas. Consultor: Roberto Chama. Noviembre de 2008.
- Biotech. (2010). Medidas de Control de la Contaminación de los Ríos Tomayate y Las Cañas.
- CDC. (2008). Sistemas Privados de Agua Potable: Semilla de la Privatización en El Salvador. San Salvador: Centro para la Defensa del Consumidor.
- CEL. (2010). Monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Lempa, 2003-2008.
- CEL. (2013). Informe de Rendición de Cuentas de la Gestión 2011-2012. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa.
- CNE. (2014). <http://www.cne.gob.sv>.
- COMURES. (2003). Diagnóstico de la Situación Actual de Ochenta y Ocho Sistemas de Agua Potable, Administrados por las Municipalidades y por Otros Entes. San Salvador.
- Consejo de Ministros. (2012). Política Nacional de Medio Ambiente. San Salvador: Diario Oficial N° 211, Tomo 397 de 12/11/2012.
- CORSATUR. (2011). Portafolio Proyectos de Inversión Turístico.
- CORSATUR. (2012). Portafolio Proyectos de Inversión Turístico.
- CRRH-SICA. (2015). XLVI Foro del Clima de América Central. Managua (Nicaragua).
- DESINVENTAR. (2012). Base de datos Desinventar El Salvador.
- DIGESTYC. (2009). Estimaciones y Proyecciones Municipales de Población 2005 - 2020.
- DIGESTYC. (2012). Directorio Económico de Empresas 2011 - 2012.
- EEA. (2003). Water exploitation index. Indicator Fact Sheet (WQ01c). European Environment Agency.
- Embajada de España en El Salvador. (2011). El sector eléctrico y la implementación de la eficiencia energética en El Salvador. San Salvador: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en El Salvador: Julio de 2011.
- Embajada de España en El Salvador. (2012). El mercado del tratamiento y suministro de agua en El Salvador. San Salvador: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en El Salvador.
- EPA. (1986). Quality Criteria for Water - Goldbook. Warhmgton, DC.
- ESA Consultores. (2004). Servicios de Agua Potable y Saneamiento para los Pobres en Centroamérica. Estudio para el Banco Mundial.
- FANCA. (2006). Las Juntas de Agua en Centroamerica. Red Centroamericana de Accion del Agua.
- FAO. (2000). El Riego en America Latina y El Caribe en Cifras.







- FAO. (2010). Fortalecimiento del marco jurídico en materia de gestión de los recursos hídricos en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Informe Intermedio. Diagnóstico Político-Legal para El Salvador. San Salvador, 13 de abril de 2010: FAO. Informe Elaborado por Nadia Ramos. Programa de Cooperación Gubernamental CGP/RLA/171/SPA.
- FAO. (2011). Revisión general regional sobre la situación y tendencias en el desarrollo de la acuicultura en América Latina y El Caribe - 2010.
- FOMILENIO. (2010). Línea de Base Agua y Saneamiento ELBAS - DIGESTYC. Recuperado el 6 de 01 de 2012, de [www.mca.gob.sv/wfDocumentos.aspx](http://www.mca.gob.sv/wfDocumentos.aspx)
- FUNDE. (2006). Alternativas para el desarrollo.
- FUSADES. (2011). Agua y Calidad de Vida.
- FUSADES-DEES-CEDES. (2007). Estado Situacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales en El Salvador. Estudio Técnico No. 1. Gobernabilidad Ambiental para el Desarrollo Sostenible en El Salvador.
- Gil, L. (2007). Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad intrínseca del Sistema acuífero del municipio de Nejapa, San Salvador, El Salvador. Costa Rica.
- GM. (2004a). Informe de las características hidrogeológicas de un sondeo sito en el cantón San Felipe, municipio de Pasaquina, La Unión, El Salvador. La Unión.
- GM. (2004b). Informe de las características hidrogeológicas de un sondeo sito en comunidad Agua Agria, municipio de Pasaquina, La Unión, El Salvador. La Unión.
- GM. (2004c). Informe de las características hidrogeológicas de un sondeo sito en el cantón Piedras Blancas, municipio de Pasaquina, La Unión, El Salvador. La Unión.
- GM-UNES. (2013). Detección de la salinidad en el acuífero de la cuenca baja del río Paz. San Francisco Menéndez, Ahuachapán. El Salvador.
- Guevara, J. (2011). Modelación numérica de flujo del acuífero El Playón comprendido entre el Cantón Sitio del Niño y el campo de pozos de San Juan Opico administrado por ANDA. San Salvador: UES.
- GWP. (2014). Patrones de Sequía en Centroamérica.
- GWP-INBO. (2009). Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas. Global Water Partnership (GWP) e International Network of Basin Organizations (INBO).
- ICMARES-UES. (2006). Formulación del diagnóstico de la línea base de las condiciones biofísicas, socioeconómicas e institucionales del sistema arrecifal de Los Cóbanos.
- Ingeniería sin Fronteras. (2008). Escasez en la abundancia. La construcción del derecho al agua en El Salvador.
- IPCC. (2007b). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press.
- Landaverde, L., & Romero, L. (2008). Determinación de la calidad fisicoquímica de las aguas subterráneas según ICA en diferentes pozos de San Salvador y zonas extendidas. San Salvador.
- MAG. (2012a). Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2011-2012.
- MAG. (2012b). Superficie cultivada bajo riego en la República de El Salvador; C.A.
- MAG. (2012c). Tarifa por el trámite del permiso para riego en la República de El Salvador.
- MAG. (2013). Boletín informativo SINGAR. San Salvador.
- MAG-PNUD. (1982). Plan maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos. San Salvador.
- MARN. (s.f.).
- MARN - AECID. (Junio 2012). Proyecto Plan de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del Recurso Hídrico SLV-041-B. Precalificación de firmas consultoras para "Elaboración de Planes de Gestión Integrada del recurso Hídrico en Cuencas Prioritarias". San Salvador.
- MARN. (2005a). Estrategia Nacional de Gestión de Áreas Protegidas y Corredor Biológico. San Salvador.
- MARN. (2005b). Plan Especial de Protección del Medio Físico y Natural y Catálogo de Espacios Naturales. San Salvador.
- MARN. (2008). Monitoreo preliminar de calidad ambiental de bahía de Jiquilisco con base a coliformes fecales.
- MARN. (2010). III Informe de Áreas Naturales Protegidas. III Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas.
- MARN. (2011). Fichas de las Áreas de Conservación de El Salvador. San Salvador.
- MARN. (2012a). Anteproyecto de Ley General de Aguas.
- MARN. (2012b). Bases del concurso público internacional. Unidad de Adquisiciones y contrataciones. San Salvador: MARN, 27 de noviembre de 2012.
- MARN. (2012c). Calidad del agua de las playas para uso recreativo.
- MARN. (2012d). Catálogo de Mapas de Zonas Críticas Prioritarias en Humedales Ramsar de El Salvador. San Salvador.

- MARN. (2012e). Determinación de sustancias tóxicas en agua y suelo, en áreas expuestas a desechos de minería metálica en el nororiente de El Salvador.
- MARN. (2012f). Determinación del estado sanitario del agua de mar en las playas turísticas de El Salvador. Diciembre 2012.
- MARN. (2012g). Directorio Asociaciones de cuencas, regantes, municipales, unidades ambientales, juntas administradoras de agua potable y asociaciones no gubernamentales. Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión de Recurso Hídrico en El Salvador. Diciembre 2012.
- MARN. (2012h). Informe del Proceso de la Declaratoria de Emergencia Ambiental por contaminación de plomo en Cantón Sitio del Niño (Agosto 2010-Septiembre 2012).
- MARN. (2013a). Estrategia Nacional de Biodiversidad.
- MARN. (2013b). Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- MARN. (2013c). Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.
- MARN. (2013d). Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental.
- MARN. (2013e). Estrategia Nacional del Medio Ambiente.
- MARN, MOP, VMVDU. (2004). Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial.
- MARN/AECID. (2004). Inventario nacional y diagnóstico de los humedales de El Salvador. San Salvador. El Salvador.
- MARN-DGOA. (2011). Informe de Calidad de Aguas de los Ríos de El Salvador. Año 2010. San Salvador.
- MARN-DGOA. (2012). Informe de Calidad de Agua de los Ríos de El Salvador. Año 2011. San Salvador.
- MARN-DGOA. (2015). El Niño 2014-2015: Estado, evolución clima mayo-junio 2015. Perspectiva julio-agosto. San Salvador.
- MARN-HIDRODESARROLLO, S.A. (2008). Diagnóstico de la calidad de aguas subterráneas, modelo de flujo y evaluación del riesgo a la contaminación, en tres zonas prioritarias: a) Zapotitán-Opico, b) subcuenca río Apanchacal (Santa Ana) y c) subcuenca río Grande de San Miguel (ac. San Miguel). San Salvador: MARN.
- MARN-JICA-BIOTEC. (2006). Estudio para el Establecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad de las aguas en el Golfo de Fonseca MARN-JICA-2006 .
- MARN-SNET. (2007). Diagnóstico nacional de la calidad de las aguas superficiales.
- MARN-SNET. (2010). Informe de Calidad de Aguas de los Ríos de El Salvador. Año 2009. San Salvador.
- McKee; Doesken; Kleist. (1995). McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1995: Drought monitoring with multiple timescale. In Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology. Dallas, Texas.: Boston American Meteorological Society, 233-236.
- Medina. (2009). Evaluación de la disponibilidad hídrica de La subcuenca La Quebradona, cuenca alta del Río Lempa.
- MIMAM. (2008). Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Medio Rural y Marino de España. Publicado en el Boletín Oficial del Estado núm. 229 de 22 de septiembre de 2008.
- MINEC-MAG. (2009). IV Censo Agropecuario 2007-2008. Resultados Nacionales.
- Ministerio de Economía. (2009). Norma de aguas residuales descargadas en cuero receptor. San Salvador: Diario Oficial 03/03/2009.
- Ministerio de Economía. (2013). Acuerdo No. 856. Se reforma el Acuerdo Ejecutivo No. 867, de 16 de octubre de 2009, que contiene las tarifas por los servicios de acueductos y alcantarillados que presta la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador: Publicado en el Diario Oficial No. 176, tomo 400 de 24 de septiembre de 2013.
- MINSAL. (2009). Encuesta Nacional de Salud Familiar - FESAL 2008. San Salvador.
- MINSAL-INS. (2014). Enfermedad renal crónica de las comunidades agrícolas: Abordaje investigativo, logros perspectivas.
- MITUR. (2008). Plan Nacional de Turismo 2020.
- Nippon Koei Co., Ltd. (2007). Informe Final. Modelos para el manejo de los recursos hídricos de El Salvador.
- OSPESCA; TAIWAN; OIRSA; MAG. (2005a). Plan Nacional de Pesca y Acuicultura Continental - PREPAC. El Salvador.
- OSPESCA-TAIWAN-OIRSA-MAG. (2005b). Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental -PREPAC. Inventario de cuerpos de agua continentales de El Salvador, con Énfasis en la pesca y la acuicultura.
- Paredes, J. e. (2013). Herramienta EVALHID para la evaluación de recursos hídricos. Manual Técnico v1.0. Valencia, España: UPV.
- Pérez D., C. A. (2013). Escenarios de Cambio Climático para El Salvador. San Salvador: MARN.
- PNUD. (2006). El Agua una valoración económica de los recursos hídricos en El Salvador. Cuadernos sobre Desarrollo Humano, No. 5. Octubre 2006.
- Polo. (2006). Informe diagnóstico, zonificación base para la metodología de trabajo y recomendaciones para la priorización en la componente de recursos. .
- Requena, & Quintanilla. (1993). El Salvador: Programa de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas en la cuenca entre la Barra de Santiago y El Imposible.
- Romero. (2012). Superficie cultivada bajo riego en la República de El Salvador, C.A.
- RTI. (2004). Research Triangle International. Anexos 6 y 7 de Informe de Consultoría para Analizar las Ventajas Comparativas y el Potencial de los Pequeños Proveedores Independientes para la Prestación de Servicios Públicos. FISDL/PPIAF.



- Scarf, F. (1983). Ashburton River Water Management Plan 1983-1990. South Canterbury Catchment Board and Regional Water Board. Publication No. 36.
- SIGET. (2012). Boletín de estadísticas eléctricas N° 13 2011. San Salvador.
- SIGET. (2013). Boletín de estadísticas eléctricas N° 14 2012.
- SNET. (2003). Evaluación de las políticas para enfrentar la sequía en El salvador dentro del marco del desarrollo y la Transferencia de tecnologías de adaptación ante la Variabilidad y el cambio global del clima. Regionalización de caudales máximos y medios en El Salv.
- SNET. (2005). Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador. Componente evaluación de recursos hídricos. San Salvador.
- Tejada, J. M. (2003). Presentación - Desarrollo Tecnológico del Riego en El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Témez, J. R. (1977). Modelo matemático de transformación "precipitación-escurrimiento". Madrid: Asociación de Investigación Industrial Eléctrica (ASINEL).
- Tessman, S. (1980). Environmental Assessment. Technical Appendix E. In: Reconnaissance Elements of the Western Dakotas Region or South Dakota Study. South Dakota State University: Water Resources Research Institute.
- UCA-FIAES. (2010). Evaluación del impacto de las aguas residuales provenientes de la producción de camarón sobre las características físico químicas del agua de la Bahía de Jiquilisco.
- UICN. (2009). Gobernanza del Agua en Mesoamérica: Dimensión Ambiental. Gland, Suiza: Grethel Aguilar Rojas y Alejandro Iza (Editores).
- UNESCO. (2009). Biosphere Reserves. World Network. The MAB Programme. MAB Secretariat. Division of Ecological and Earth Sciences.
- USFWS. (1974). NGPRP - Northern Great Plains Resource Program. Washington DC: Instream Needs Subgroup: Workgroup C.
- Weber, H. e. (1978). Mapa Geológico de la República de El Salvador. E. 1:100.000. Mapeo Geológico por la Misión Geológica Alemana en El Salvador en colaboración con el Centro de Investigaciones Geotécnicas (1967-1971). Hannover, El Salvador: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

# Glosario de términos

*Conceptos de la Ley del Medio Ambiente. San Salvador: Diario Oficial N° 79, Tomo 339 del 4 de marzo de 1998.*

Área Natural Protegida	Aquellas partes del territorio nacional legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y restauración de la flora y la fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genético, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserven el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos.
Conservación	Conjunto de actividades humanas para garantizar el uso sostenible del ambiente, incluyendo las medidas para la protección, el mantenimiento, la rehabilitación, la restauración, el manejo y el mejoramiento de los recursos naturales y ecosistema.
Contaminación	La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo establece la ley.
Contaminante	Toda materia, elemento, compuesto, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente.
Desarrollo sostenible	Es el mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia política, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones venideras.
Desechos	Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.
Desechos peligrosos	Cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosas, bioacumulativas, ecotóxicas o radioactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por sí solo o al contacto con otro desecho.
Ecosistema	Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.
Educación ambiental	Proceso de formación ambiental ciudadana, formal, no formal e informal, para la toma de conciencia y el desarrollo de valores, concepto y actitudes frente a la protección, conservación o restauración, y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.
Medio ambiente	El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio.
Sustancias peligrosas	Todo material con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o con actividad biológica.

## *Otros términos*

Acuífero unicelular	Designación que recibe una de las tipologías de acuífero que se pueden modelar en Simges, descrita en el Manual del usuario v 3.00 (Andreu et al., 2007). Corresponde al caso de un acuífero conectado hidráulicamente con el sistema superficial, con un coeficiente de desagüe, $\alpha$ , el cual regula la velocidad con que se produce el drenaje subterráneo del acuífero (relación río-acuífero, salidas por manantial, transferencias laterales entre masas, salidas al mar).
Agua mejorada	Según los criterios del MINSAL las fuentes de agua mejorada incluyen: conexión domiciliar; pileta pública, cantarera; pozo perforado; pozo excavado protegido; manantial protegido; y captación mejorada de agua





	lluvia.
Agua segura	Agua potable administrada de forma segura, que proporciona agua de forma fiable en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades domésticas y no representa un riesgo significativo para la salud.
Aguas de transición	Masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.
Aportación superficial	Es la serie temporal de datos de volumen de agua superficial que se hubieran dado en un punto de la cuenca en el supuesto de que no se haya realizado ninguna acción humana que la altere.
Aportaciones intermedias	Término utilizado en el manual de Simges para designar una de las componentes de entrada en la ecuación general del balance hídrico. En dicho manual, se definen como aquellas que no pueden ser consideradas o no convenga sean consideradas directamente como entradas a embalse (Andreu et al., 2007).
Canalización	Encauzamiento de un tramo de río con unas dimensiones de sección transversal y revestimiento uniformes a lo largo de todo el tramo.
Canícula interestival	Fenómeno caracterizado por la distribución anómala de la precipitación dentro del periodo lluvioso, especialmente cuando inicia la lluvia, manifestándose un descenso de la precipitación en las dos últimas semanas del mes de junio, en la segunda y tercera semana de julio y en las primeras semanas del mes de agosto. Suele medirse en días secos consecutivos. Se trata de una variante de la sequía agrícola que guarda relación también con la sequía meteorológica.
Caudales específicos	También llamados rendimientos hídricos. Son los caudales expresados por unidad de superficie de cuenca vertiente (en l/s/km <sup>2</sup> ) en cada una de las estaciones consideradas. Son útiles para comparar los regímenes hidrológicos correspondientes a estaciones o cursos de agua diferentes.
Coeficiente de desagüe	Coeficiente adimensional característico de un acuífero el cual regula el drenaje subterráneo.
Demanda bruta y neta de agua	La demanda bruta es el volumen de agua que es necesario extraer de las fuentes de recursos para satisfacer una determinada necesidad de agua para un uso específico en un punto determinado o punto de consumo. La demanda neta es el volumen de agua servido en el punto de consumo. La diferencia entre ambas son las pérdidas debidas a evaporación y filtraciones en los sistemas de captación, conducción y distribución del recurso.
Demanda de agua	Volumen de agua, en cantidad y calidad, que los usuarios están dispuestos a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo. Este volumen será función de factores como el precio de los servicios, el nivel de renta, el tipo de actividad, la tecnología u otros.
Escenario	Es un conjunto de circunstancias que condicionan el estado de la cuenca y que definen la magnitud de los problemas que limitan la gestión integral de los recursos hídricos. Debe distinguirse entre los escenarios de planificación o el futuro que reflejan las circunstancias en gran medida fuera del control del proceso de planificación de las cuencas (como el clima y el crecimiento de la población); y los escenarios de respuesta o de desarrollo de las posibles actuaciones que pueden ser adoptadas en la gestión de la cuenca.
Especies alóctonas	Especies de plantas o animales originarios de un lugar distinto de aquél en que viven, y han sido por tanto introducidas.
Especies autóctonas	En biogeografía, una especie nativa, especie indígena o autóctona es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana.
Garantía	Probabilidad de satisfacción de la demanda. Se evalúa para determinar la probabilidad de que el sistema se halle en una situación satisfactoria, entendiéndose por tal aquella en la que no existe déficit hídrico, es decir, aquella en que el suministro es igual a la demanda solicitada.
Indicador	Variable que permite cuantificar de forma simplificada un fenómeno (cuando se pueda cuantificar) o un problema concreto.
Indicador de estrés hídrico	Indicador que permite identificar y cuantificar el grado de estrés hídrico o de presión sobre los recursos hídricos en un sistema de explotación como consecuencia de las extracciones de agua existentes en el mismo. Se calcula como el cociente entre las extracciones de agua promedio anual para los usos consuntivos que tienen lugar en un sistema de explotación dado, y el valor medio anual a largo plazo de los recursos disponibles en el mismo sistema.
Índice de explotación	Este término se utiliza asociado a las masas de agua subterráneas, y se trata de la relación entre el volumen de bombeos que se realizan desde una masa de agua subterránea y el volumen de entrada de



	recursos en esa misma masa. En el cálculo de esta relación se recomienda además restar al volumen de entrada de recursos en una masa dada el volumen ambiental de recursos que deba ser respetado en ella para mantener en correcto estado las relaciones que pudieran existir entre las aguas superficiales y las subterráneas.
<b>Índice de Precipitación Estandarizado (IPE), (SPI según sus siglas en inglés)</b>	Indicador que permite cuantificar tanto déficit como excesos de precipitación en múltiples escalas temporales. El IPS es apto para el estudio de sequías cortas, importantes para la agricultura, o prolongadas, relevantes para el manejo de recursos hídricos.
<b>Lago</b>	Una masa de agua continental superficial quieta.
<b>Masa de agua subterránea</b>	Un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos.
<b>Masa de agua superficial</b>	Una parte diferenciada y significativa de agua superficial, como un lago, un embalse, una corriente, un río o canal, parte de una corriente, río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras.
<b>Medida</b>	Propuesta de solución que podría aplicarse para superar las deficiencias u obstáculos en la gestión de los recursos hídricos en la cuenca producidos por las causas y efectos identificados en la etapa de diagnóstico.
<b>Modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico</b>	Descripción e ilustración que se realiza de los principales elementos y procesos que condicionan el flujo subterráneo y su hidroquímica en el seno de un acuífero o MASub después de trasponer los resultados de las exploraciones hidrogeológicas realizadas y las informaciones existentes.
<b>Monitoreo</b>	Procedimiento diseñado para una evaluación permanente de la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos de una cuenca, sus aptitudes, propósitos y el óptimo manejo de la cuenca misma.
<b>Nivel de explotación de una MASub</b>	Definido por el cociente entre las extracciones de agua y el recurso disponible.
<b>Objetivo</b>	Es la meta a alcanzar en relación con un fenómeno o problema determinado.
<b>Objetivo de Agua Segura (OAS)</b>	Objetivo de la planificación definido para el problema de insuficiente cobertura de agua potable. Se define a partir de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), una de cuyas metas es alcanzar el acceso a servicios mejorados de agua potable y saneamiento, con coberturas fijadas en un 87 % y un 88 % respectivamente. El nuevo criterio (OAS) se basa en la aplicación del anterior porcentaje (87 %), a la cobertura de agua segura.
<b>Presión</b>	Cualquier actividad humana que incida sobre el estado de las aguas.
<b>Presión significativa</b>	Una presión significativa es aquella que supera un umbral definido a partir del cual se puede poner en riesgo el cumplimiento de los objetivos ambientales en una masa de agua.
<b>Prioridad de uso</b>	Preferencia en las asignaciones entre los diferentes usos del agua. El uso para consumo humano es prioritario frente al resto de usos.
<b>Protección de margen</b>	Disposición de diferentes elementos para proteger frente a la erosión los márgenes del río o de la zona de transición sin que supongan una modificación de su trazado ni un cambio sustancial de su sección natural.
<b>Recurso alterado</b>	Situación del recurso correspondiente a la que presenta el sistema después de ser alterado por las afecciones debidas a la actividad humana.
<b>Recurso natural</b>	Situación del recurso correspondiente a la que se presentaría si no existieran actividades humanas que modificaran el ciclo hidrológico.
<b>Recursos externos</b>	Denominación que se da a los recursos hídricos de una región hidrográfica captados en sistemas de explotación de otras regiones hidrográficas y conducidos y distribuidos para su aprovechamiento en la primera.
<b>Recursos no convencionales</b>	Son los recursos hídricos de origen no natural, como pueden ser las aguas residuales depuradas, que tras ser tratadas y alcanzar las condiciones de calidad exigibles, pueden ser aprovechadas nuevamente para ciertos usos.
<b>Recursos propios</b>	Son los recursos hídricos disponibles y generados en la propia cuenca hidrográfica para su uso en el/los sistema/s de explotación existente/s en la misma.
<b>Régimen alterado</b>	Estado en el que se encuentran los recursos hídricos superficiales y subterráneos de una cuenca hidrográfica tras la alteración ocasionada por la actividad humana.
<b>Régimen natural</b>	Estado natural o estado en el que se encontrarían las masas de agua superficial y subterránea si no existieran actividades humanas que alteraran el ciclo hidrológico.
<b>Regiones Hidrográficas (RH)</b>	El territorio nacional de El Salvador es organizado o dividido por el MARN (2012) en 10 regiones hidrográficas, que agrupan diversas cuencas hidrográficas, según criterios de homogeneidad geomorfológica



Reserva ambiental	Cantidad mínima de recursos hídricos que debe ser protegida para conservar una MASub dada en buen estado cuantitativo, así como, las posibles relaciones aguas superficiales-aguas subterráneas que puedan existir en una MASub dada.
Retorno subterráneo	Parte del agua tomada de los diferentes puntos de captación para su aplicación a un uso determinado, que vuelve o retorna mediante infiltración a las masas de agua subterráneas.
Retorno superficial	Parte del agua tomada de los diferentes puntos de captación para su aplicación a un uso determinado, que vuelve o retorna a las masas de agua superficiales (o al océano).
Sequía meteorológica	Sequía atribuida a la reducción del agua precipitada. Es un periodo de sequedad anormal, lo suficientemente prolongado como para que la falta de agua ocasione serios desbalances hidrológicos en determinada área.
Sequías	Un periodo largo de tiempo con lluvias deficientes. Desde el punto de vista hidrológico pueden definirse como periodos durante los cuales los caudales son insuficientes para suplir los usos establecidos bajo un sistema dado de administración de recursos hidráulicos (Linsley K., 1967).
Sistema de Explotación	Sistema constituido por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos hídricos naturales, y de acuerdo con su calidad, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles para la satisfacción de las demandas, cumpliendo los objetivos ambientales.
Suministro	Volumen de agua que se pone a disposición de una unidad de demanda.
Superficie potencial de riego	Toda la superficie que podría regarse en los distritos de riego o por regantes individuales o colectivos con la infraestructura actualmente disponible, con independencia de que realmente se riegue o no en un año concreto.
Superficie regada o Superficie bajo riego	La superficie, de acuerdo con los registros oficiales del MAG, que los regantes individuales y colectivos utilizan en la actualidad para producción agraria bajo riego.
Vertido de agua residual de tipo especial	Agua residual generada por las actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.
Vertido de agua residual de tipo ordinario	Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.
Zona costero-marina	Es la franja costera comprendida dentro de los primeros 20 kilómetros que va desde la línea costera tierra adentro y la zona marina en el área que comprende al mar abierto, desde cero a 100 metros de profundidad, y en donde se distribuyen las especies de organismos del fondo marino. Ley de Ambiente de El Salvador (Asamblea Legislativa de la República de El Salvador, 1998b).
Zonas de vida	Ámbito especial homogéneo desde el punto de vista topográfico, climático, geológico, edáfico, de vegetación natural, etc., y por lo tanto, desde el punto de vista hidrológico. Esta homogeneidad permite definir para estos ámbitos una precipitación media anual, y un coeficiente de escurrimiento; a estos ámbitos se les denomina Zonas de Escurrimiento.

### ***Términos definidos en el Anteproyecto de Ley General de Aguas (presentada a la Asamblea Legislativa el 22 de marzo de 2012):***

Acuífero	Cuerpo de agua subterránea existente en formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las cuales circulan o se almacenan las aguas del subsuelo.
Acuífero confinado	Cuerpo de aguas subterráneas que se encuentra a presiones mayores que la atmosférica, en medio de dos capas o formaciones impermeables y que está totalmente saturada en todo su espesor.
Aguas continentales	Masas de agua en cualquier estado, sean éstas superficiales, subsuperficiales, subterráneas y atmosféricas, existentes en la porción continental del país que se almacenan en corrientes de agua superficiales continuas y discontinuas, embalses, cuerpos de agua subterráneas libres o confinadas.
Aguas del subsuelo	Aguas existentes bajo la superficie terrestre en el territorio nacional.
Aguas esturianas	Aguas salobres comprendidas en estuarios y que se originan por la interrelación de las aguas fluviales con las marítimas, en la desembocadura de ríos y otras corrientes superficiales en el mar.
Aguas marinas	Aguas comprendidas en el mar territorial y que incluyen golfos y bahías.
Aguas Residuales	Aguas desechadas provenientes de las actividades de diferentes usos: público urbano, público rural, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier

	uso, así como la mezcla de ellas. Su composición puede ser variada y presentar sustancias contaminantes disueltas o en suspensión.
<b>Aprovechamiento</b>	Uso del agua para la satisfacción de las diversas necesidades y demandas de la sociedad, garantizando el mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas.
<b>Asignación</b>	Acto administrativo por medio del cual el Estado otorga un beneficio a las entidades públicas, centralizadas, autónomas y municipales, para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales provenientes o extraídas de fuentes específicas y bajo condiciones determinadas.
<b>Autorización</b>	Acto administrativo emitido por la Autoridad competente en la gestión integral de los recursos hídricos por medio del cual se otorgan asignaciones y permisos para la exploración, el uso o aprovechamiento de los recursos hídricos, para el vertido de aguas residuales y por el uso de los bienes que forman parte del dominio público hídrico.
<b>Balance Hídrico Nacional</b>	Es el resultado de la interrelación dinámica que existe entre la disponibilidad y las necesidades del agua o entre la oferta y demanda del agua, incluyendo su cantidad y calidad, así como otros factores que se derivan del desarrollo socioeconómico, el bienestar social y la sustentabilidad ambiental.
<b>Calidad del Agua</b>	Son las características fisicoquímicas y biológicas que presentan las aguas superficiales y subterráneas en determinado punto geográfico, en un momento específico y para un uso determinado.
<b>Carga Contaminante</b>	Cuantificación de aquellas sustancias de origen antrópico que contiene el agua y que cambian las condiciones físicas, químicas o biológicas, ya sea en forma individual o asociada.
<b>Cauce</b>	Canal natural o artificial que cuenta con la capacidad hidráulica necesaria para que las aguas correspondientes a la creciente o avenida máxima ordinaria escurran sin derramarse.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua expresada en unidad de tiempo que conduce o transporta una corriente, en una sección determinada del cauce.
<b>Caudal ambiental</b>	Régimen hídrico necesario y permanente, característico y propio de cada cuenca, que se da en un río, humedal o zona costera, que permite todo aprovechamiento, con la condición que se mantenga la estabilidad de los ecosistemas y satisfaga las necesidades de usos particulares y comunes.
<b>Contaminación del Agua</b>	La acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una degradación de su calidad en relación con usos posteriores y la preservación del ambiente en el medio acuático. La contaminación del agua incluye la degradación de su entorno.
<b>Contaminante</b>	Sustancia que daña las condiciones físicas, químicas o biológicas del agua, ya sea en forma individual o asociada.
<b>Dominio Público Hídrico</b>	De acuerdo al Artículo 5 del Anteproyecto de Ley General de Aguas (ALGA), conforman el dominio público: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Las aguas continentales, insulares, estuarinas y marinas, sean superficiales o atmosféricas, así como las subterráneas, incluyendo las subsuperficiales y los estratos del subsuelo que las contienen, cualquiera que sea su condición;</li> <li>b. Los cauces y las riberas de corrientes naturales, continuas o discontinuas;</li> <li>c. Los lechos de los lagos, lagunas, embalses, esteros y marismas;</li> <li>d. Las playas del mar, lagos y lagunas; y,</li> <li>e. Los terrenos inundados durante las crecidas máximas ordinarias para un periodo de retorno de veinticinco años de lagos, lagunas, embalses y ríos.</li> </ul>
<b>Eficiencia</b>	Optimizar el aprovechamiento en los diferentes usos del agua considerando su gestión, protección y conservación.
<b>Efluente</b>	Caudal de aguas residuales que sale de la última unidad de conducción o tratamiento.
<b>Embalse</b>	Es la retención de aguas superficiales dentro de un cauce natural a través de la construcción de obras hidráulicas, cuyas aguas pueden ser utilizadas para diversos aprovechamientos.
<b>Gestión integral de los recursos hídricos</b>	Conjunto de acciones y desarrollo de instrumentos destinados a garantizar su calidad, regular los diferentes usos y aprovechamientos del agua y su interacción con otros recursos naturales, con la intervención de la autoridad competente, compartiendo responsabilidades administrativas y financieras con actores sociales usuarios de los recursos hídricos.
<b>Humadales</b>	Extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.



<b>Inventario hídrico</b>	Información sistematizada de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, en el espacio geográfico determinado, tanto en la época seca como lluviosa del año; incluye la información y las estimaciones en relación con: (i) fenómenos hidrometeorológicos, (ii) cantidad y calidad del agua, (iii) distribución temporal del régimen de lluvias, (iv) disponibilidad de las aguas superficiales y aguas subterráneas en el ámbito territorial; y, (v) censos sobre usos y usuarios de las aguas nacionales.
<b>Medio Receptor</b>	Corriente o depósito natural o artificial de aguas superficiales y subterráneas, incluyendo ríos, lagos, lagunas, embalses, cauces, acuíferos, esteros, humedales, marismas, zonas marinas u otros bienes comprendidos en el dominio público hídrico, en los cuales se vierten o descargan aguas.
<b>Planificación hídrica</b>	Sistema de trabajo permanente, dinámico e interactivo, orientado por objetivos, tomando en consideración las políticas, estrategias, directrices y prioridades que tienen por finalidad crear instrumentos de actuación para lograr la gestión integral del potencial hídrico nacional.
<b>Pozo profundo</b>	Pozo perforado o excavado cuya profundidad total sea superior a 15 metros, ya sea que capture agua de acuífero libre, confinado, semiconfinado o una combinación de ellos.
<b>Pozo somero</b>	Pozo artesanal excavado cuya profundidad total puede llegar hasta 15 metros y que se encuentra capturando agua subterránea contenida en un acuífero libre y cuyo uso es de tipo doméstico, no comercial o para actividades pecuarias menores.
<b>Recursos hídricos</b>	Comprenden tanto las aguas lluvias, superficiales y las subterráneas, así como los compuestos orgánicos e inorgánicos, vivos o inertes que dicho líquido contiene.
<b>Reservorio</b>	Es una obra de captación de aguas lluvias o de escorrentías superficiales, el cual puede ser de condición natural o artificial.
<b>Reuso o reutilización de aguas residuales</b>	Uso o aprovechamiento de aguas residuales que hayan sido objeto o no de tratamiento previo.
<b>Rio</b>	Corriente de agua continua, de caudal variable y que desemboca en otro cuerpo de agua o en el mar.
<b>Trasvase</b>	Transferencia de aguas superficiales o subterráneas de una cuenca hidrográfica a otra, con el objetivo de resolver o mitigar necesidades hídricas para uno o varios usos, conforme a lo establecido en la presente Ley.
<b>Uso Consuntivo</b>	Volumen de una calidad de agua determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga y que se señalan en las autorizaciones respectivas.
<b>Uso Doméstico</b>	Uso del agua para fines particulares y del hogar; riego de jardines y huertos caseros, así como abrevaderos de animales domésticos que no constituya una actividad comercial. Se entenderá que este uso se destina a personas que no tienen acceso a sistemas públicos de distribución de agua potable y no comercializan dicho recurso.
<b>Uso No Consuntivo</b>	Volumen o caudal de agua de una calidad determinada que se utiliza al llevar a cabo una actividad específica, no alterando la cantidad ni la calidad, utilizando sus propiedades físicas.
<b>Vertido</b>	Descargas de aguas residuales a un medio receptor, las cuales pueden contener sustancias contaminantes disueltas o en suspensión.
<b>Zona de Recarga Acuífera</b>	Área de la cuenca en la cual, debido a las características de topografía, de cobertura vegetal, del suelo, del subsuelo, se da una infiltración de agua hacia el subsuelo o al manto freático.
<b>Zona Hidrográfica (ZH)</b>	Demarcación geográfica que contiene regiones, cuencas y microcuencas hidrográficas, cuya delimitación y denominación compatibiliza el componente natural con el político con el objetivo de facilitar la aplicación de la presente Ley.
<b>Zonas de Protección o Ribera</b>	Franjas de terreno contiguas a los cauces de los ríos o corrientes de agua, embalses naturales y artificiales y otros cuerpos de agua naturales o artificiales del medio receptor que formen parte del dominio público hídrico. Dichas franjas se miden horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias y no forman parte del dominio público hídrico.





