



MARN

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

## Resumen Ejecutivo

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



## Resumen Ejecutivo

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

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Editor 2017

Elaboración:

Consortio TYPASA- TECNOMA – ENGECORPS

Supervisión técnica:

Unidad Ejecutora de Programas Hídricos

Corrección de estilo:

Araceli C. Zamora

Edición final:

Unidad de Comunicaciones del MARN

Diseño y diagramación:

Unidad de Comunicaciones del MARN

Impresión:

Imprinsa S.A de C.V

I<sup>a</sup> Edición

1000 ejemplares

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 del mismo es responsabilidad exclusiva del MARN y no refleja, necesariamente, la postura de AECID.

Documento electrónico disponible en:

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

---

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla

calle y colonia Las Mercedes, Edificio MARN, contiguo al parque de pelota.

San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Tel: (503) 2132-6276

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

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

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

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

YouTube / MARNsv

# Contenido

1. Antecedentes	4
2. Marco Legal	6
3. Descripción de los ámbitos territoriales del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico	7
4. Inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos	9
5. Descripción de usos, demandas y presiones	14
6. Prioridad de usos, asignación y reserva de recursos	17
6.1 Síntesis de resultados en los sistemas de explotación	19
6.2 Síntesis de resultados en las Masas de Agua Subterránea (MASub)	21
7. Programas existentes de control y seguimiento	24
8. Riesgo por fenómenos extremos	27
8.1 Riesgo por inundaciones	27
8.2 Riesgo por sequía	28
9. Diagnóstico de la calidad del agua	31
10. Objetivos ambientales	33
11. Análisis económico del uso del agua	35
12. Plan de Acción Global	36
12.1 <b>Eje temático</b> de aprovechamiento de recursos hídricos y preservación del medio hídrico	38
12.2. <b>Eje temático</b> de calidad de aguas	40
12.3 <b>Eje temático</b> de riesgo por fenómenos extremos	41
12.4 <b>Eje temático</b> de gobernanza	42
12.5 Resumen económico del programa de medidas del Plan de Acción Global	43
13. Síntesis del proceso participativo	46
14. Plan de seguimiento y monitoreo	48
Referencias bibliográficas	49
Siglario	50



## I. Antecedentes

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 inequidad 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 normativa 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 de 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 PNGIRH: identifica las instituciones relacionadas con la gestión del agua y las infraestructuras hidráulicas que intervienen en la implantación del PNGIRH.



## 2. Marco Legal

En la actualidad 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 MARN presentó a la Asamblea Legislativa (AL) el Anteproyecto de la Ley General de Aguas (ALGA), aún en discusión. 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.



### 3. Descripción de los ámbitos territoriales del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico

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.

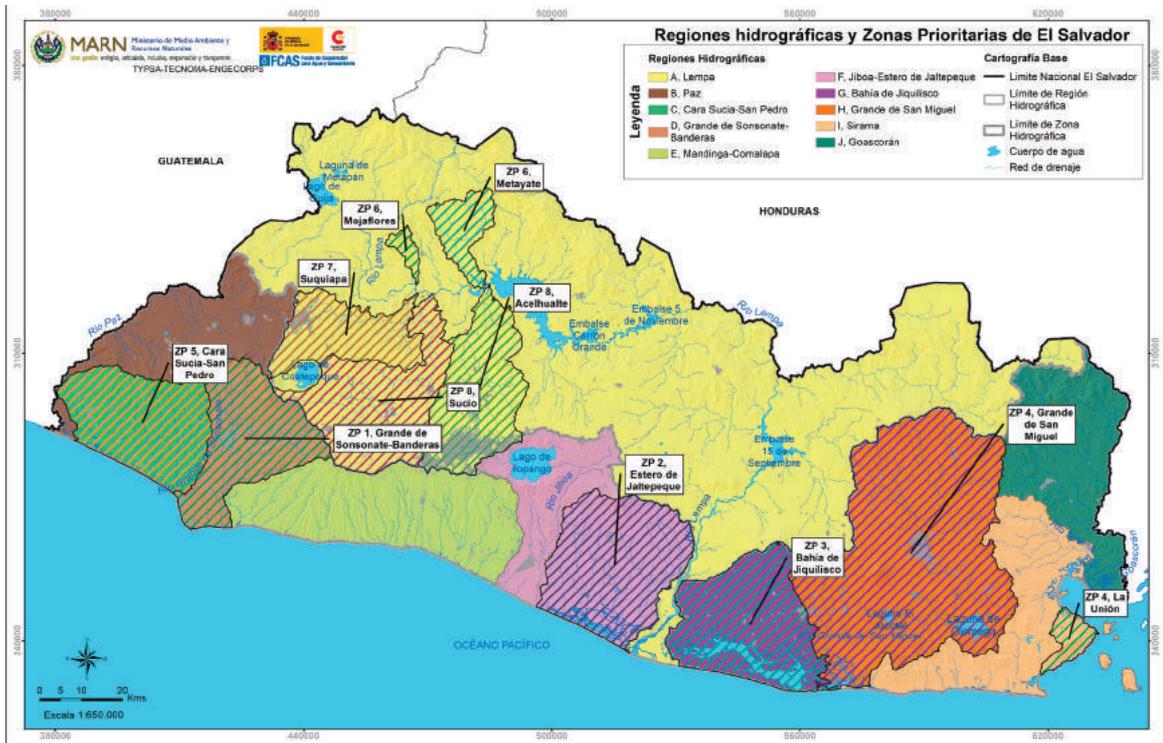
La elaboración del balance hídrico ha sido realizada sobre los sistemas de explotación definidos, teniendo en cuenta todos los elementos que lo integran.

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. (mapa 1):

- |      |                                 |
|------|---------------------------------|
| 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 | Mojaflores - Metayate           |
| ZP 7 | Suquiapa                        |
| ZP 8 | Sucio – Acelhuate               |

Mapa 1. Regiones hidrográficas y zonas prioritarias de El Salvador



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



## 4. 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 período 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 período 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 inicio en 1970/71 (42 años de longitud).

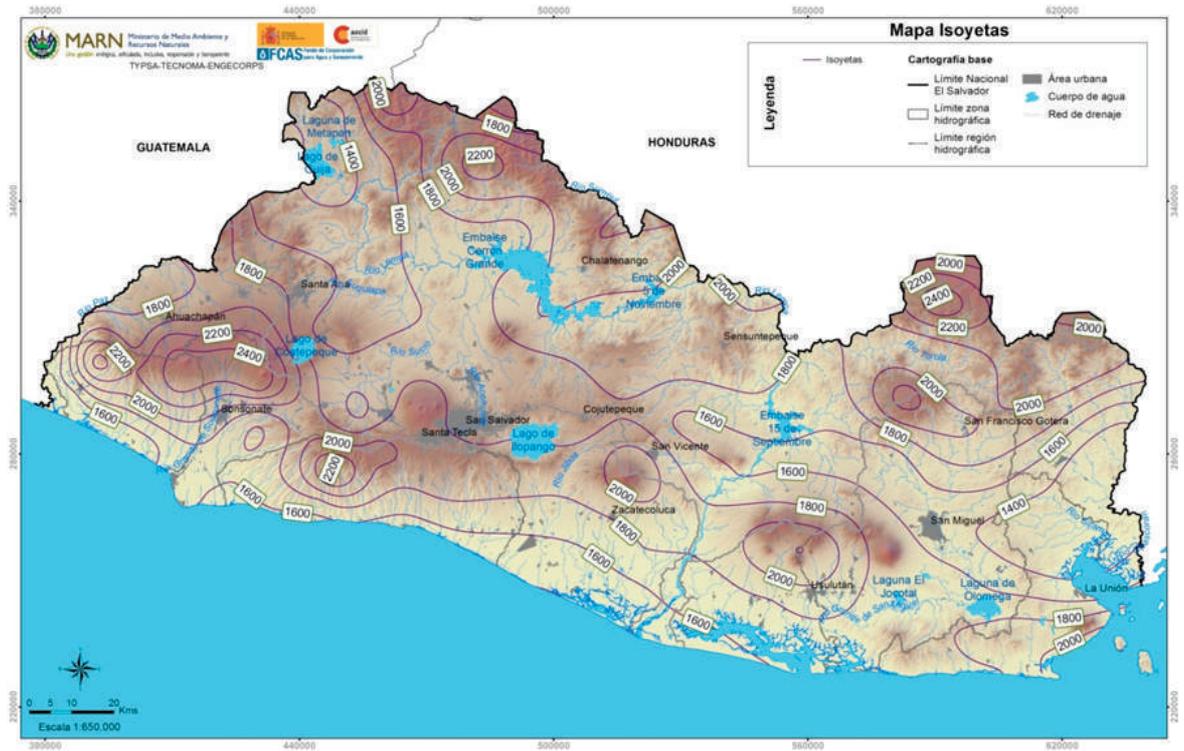
El análisis estimó que la precipitación promedio multianual asciende a 1785 mm/año para el período 1965 – 2012. Además se actualizó la Carta de Isoyetas Medias Multianuales 1965 – 2012 (mapa 2).

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 período lluvioso, de mayo a octubre, es de 793.4 mm (47 % de la evapotranspiración total anual) y en el período 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) (cuadro 1 ): 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.



Mapa 2. Isoyetas de precipitación promedio multianual en El Salvador para el periodo 1965 - 2012



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 1. Valor de la aportación anual promedio multianual según el país de procedencia (en MMC/año) por región 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	1407.2	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	3088.2	4234.4
<b>Total (MMC)</b>		<b>2398.7</b>	<b>6003.8</b>	<b>11 890.4</b>	<b>20 292.9</b>

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

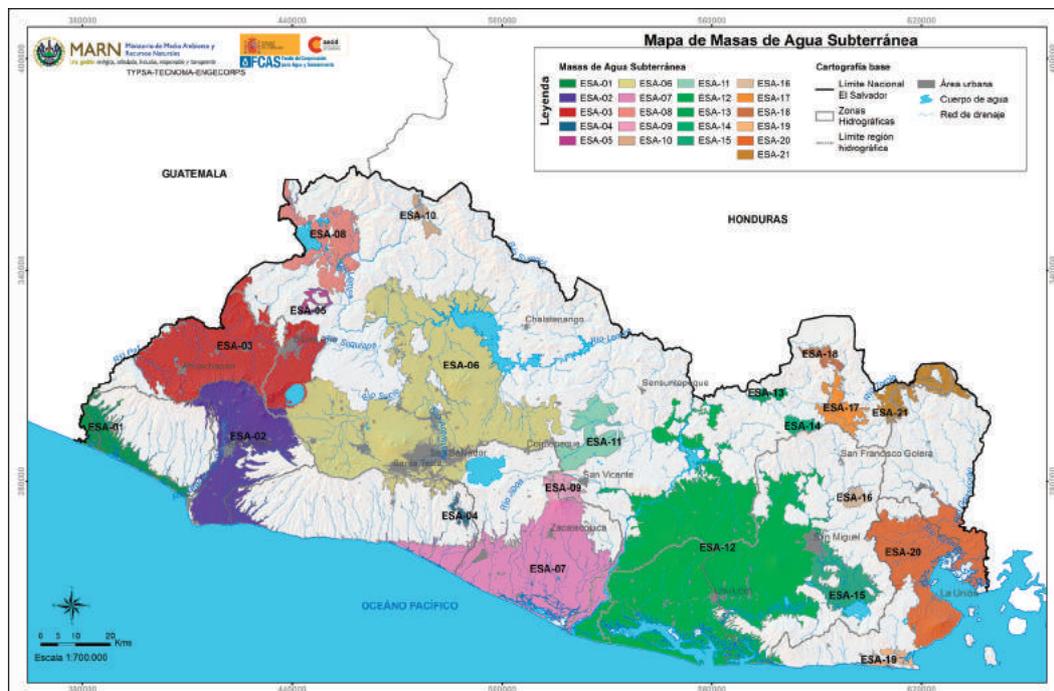
En cuanto a los recursos subterráneos, se delimitaron los materiales hidrogeológicamente en MASubs y acuíferos dentro de éstas, en total 21 MASubs y 72 acuíferos, logrando de esta manera mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico regional en régimen natural. (mapa 3).

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 2 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 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.

Mapa 3. Masas de agua subterráneas de El Salvador



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.



Cuadro 2. Valor de la aportación anual promedio multianual según el país de procedencia (en MMC/año) por región y ZH para el periodo 1970 - 2012.

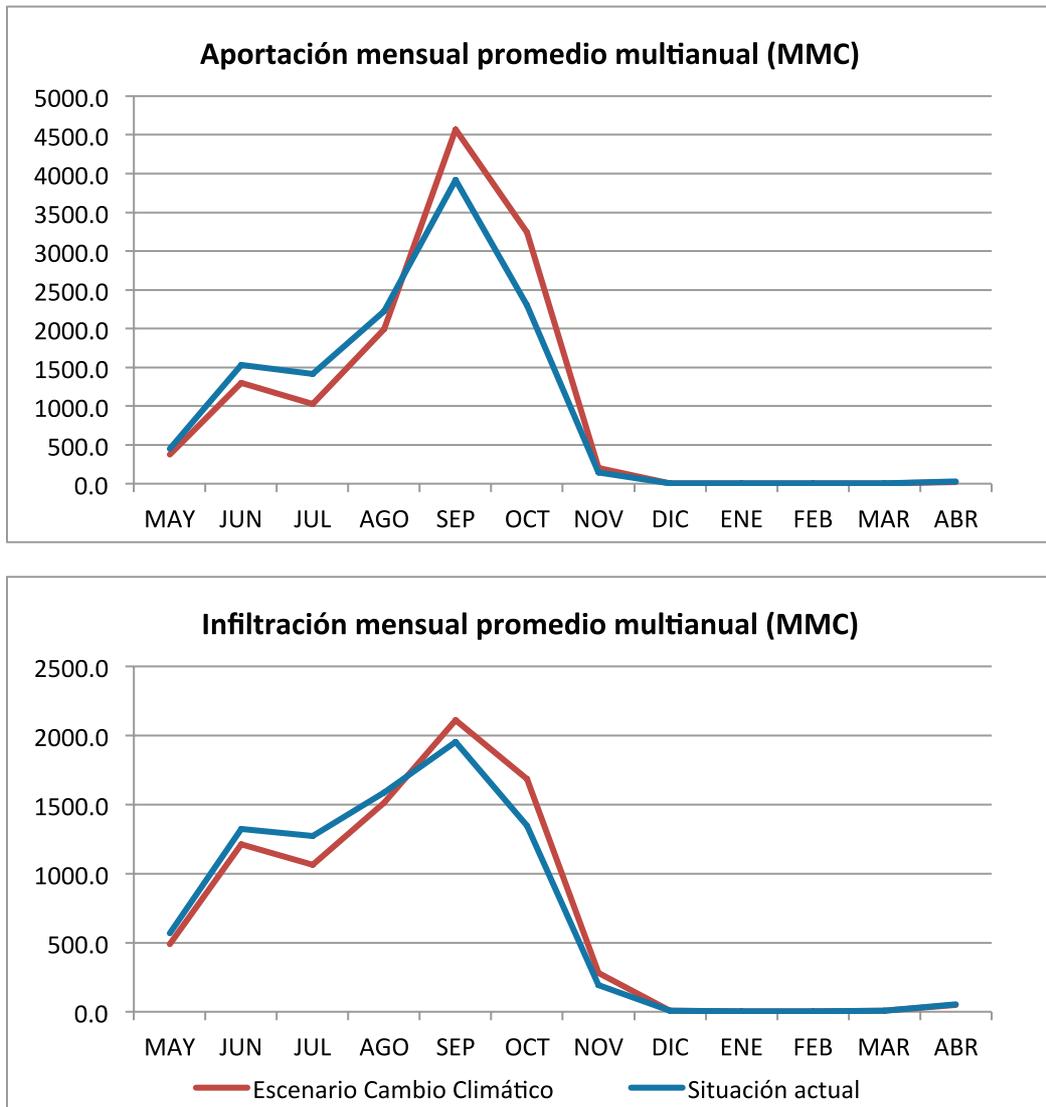
ZH	RH	Recargas			
		Guatemala	Honduras	El Salvador	Totales
I	A. Lempa	522.4	221.1	2448.6	5 182.00
	Subtotal	522.4	221.1	2448.6	5 182.00
II	B. Paz	265.3	0	92.3	357.6
	C. Cara Sucia - San Pedro	0	0	509.3	509.3
	D. Sonsonate - Banderas	0	0	421.9	421.9
	E. Mandinga - Comalapa	0	0	195	195
	F. Jiboa - Jaltepeque	0	0	465.2	465.2
	Subtotal	265.3	0	1683.7	1949.00
III	G. Bahía de Jiquilisco	0	0	91.6	115.2
	H. San Miguel	0	0	641.1	641.1
	I. Sirama	0	0	68.8	68.8
	J. Goascorán	0	276.4	90	366.4
	Subtotal	0	276.4	891.5	1 191.50
<b>Total (MMC)</b>		<b>787.7</b>	<b>2487.40</b>	<b>5023.80</b>	<b>8322.50</b>

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

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 Dirección General del Observatorio Ambiental (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 I 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 1. Distribución de las aportaciones superficiales en régimen natural a escala 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



## 5. 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 %, para 2017, y del 16.40 %, de el horizonte 2022 respecto a la situación actual (2012). En el cuadro 2 se presenta esta información por ZP y RH para los horizontes de planificación 2017 y 2022 (gráfico 2).

De acuerdo a esas estimaciones, las RH que

experimentarán el mayor crecimiento en la demanda de agua en el horizonte más lejano (2022) son Grande de San Miguel y Paz, 76 % y 73.4 % respectivamente 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 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 período 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.

El cuadro 4 y el gráfico 2 muestran las proyecciones para todos los sectores en ambos horizontes y el cambio porcentual entre cada horizonte y la situación actual.

Cuadro 3. 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

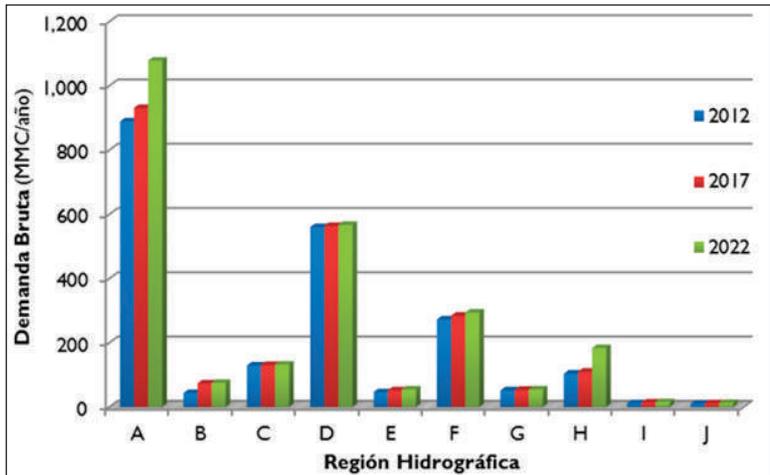
Cuadro 4. Demandas estimadas por sector en situación actual y en los horizontes futuros 2017 y 2022.

Sector	Demanda Bruta (MMC/año)			Crecimiento	
	Situación Actual	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%
Acuícola	62.29	72.92	88.55	17.05%	42.13%
TOTAL	2120.41	2227.67	2468.10	5.05%	16.39%

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



Gráfico 2. Demandas estimadas por región hidrográfica para la situación actual y en los horizontes futuros 2017 y 2022.



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

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.



## 6. Prioridad de usos, 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 en primer lugar establece 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 han definido 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) + Qeco1) contempla la aprobación y entrada en vigor del ALGA. Para su análisis se utilizan los criterios establecidos en el mismo:

---

1 Qeco = caudal ecológico



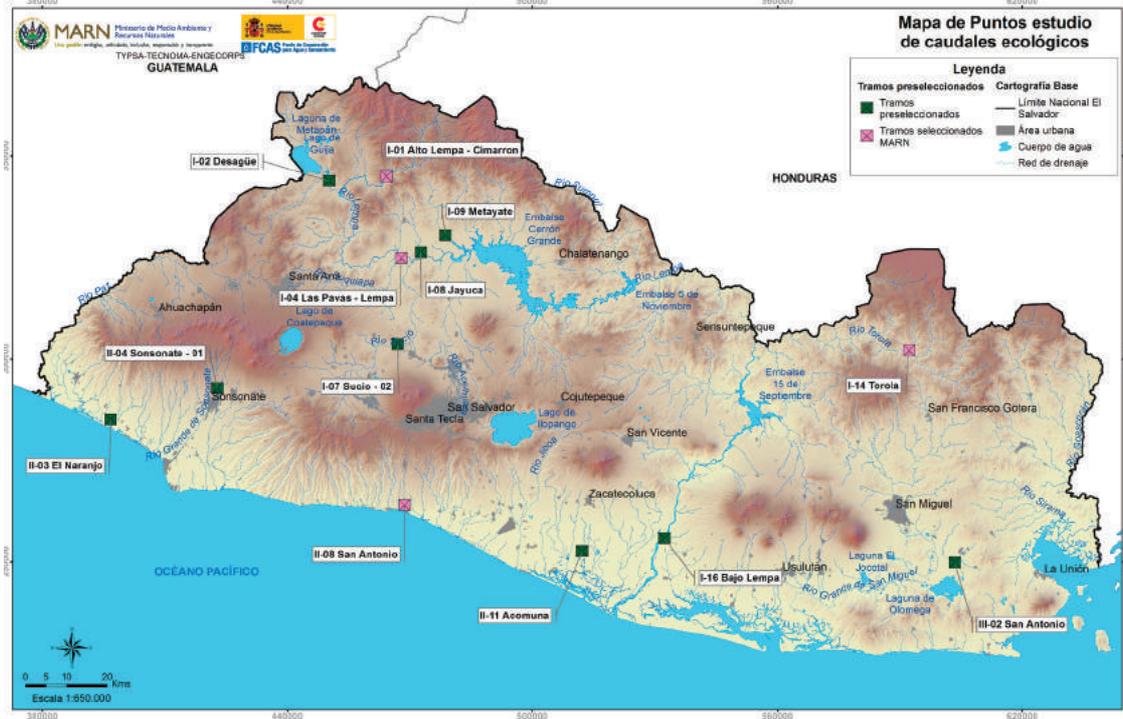
la prioridad del funcionamiento de los sistemas de explotación es asegurar las necesidades de la población; el régimen de caudales ecológicos, en los tramos seleccionados en la primera fase de planificación es evaluado como demanda ambiental en el segundo nivel preferencial. Como actuaciones previstas 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 Plan de Acción Global (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.

Mapa 4. Ubicación de los puntos de estudio de caudales ecológicos en El Salvador.



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

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 nivel nacional, para implantar caudales ecológicos, bajo criterios de mantenimiento de la estabilidad de los ecosistemas y satisfacción de las necesidades de la población, que pretenden sentar la base para futuros caudales ambientales de mayor escala. En el mapa 4 se muestran los 13 tramos prioritarios piloto.

## 6.1 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<sup>2</sup> 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 (cuadro 5).

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 (cuadro 5).

Cuadro 5. 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+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+CC
SE Lempa	Nacional + transfronterizo	0.09	0.10	0.11	0.11
	Sólo nacional	0.12	0.13	0.15	0.15
SE Paz	Nacional + transfronterizo	0.06	0.12	0.12	0.11
	Sólo nacional	0.08	0.14	0.15	0.15
SE Goascorán	Nacional + transfronterizo	0.01	0.01	0.01	0.01
	Sólo 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+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+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.

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.



Cuadro 6. Unidades de demanda con fallo en el cumplimiento de las garantías y déficits acumulados por Sistema de Explotación en los escenarios futuros.

Sistema de Explotación	N° UD que incumplen el criterio de garantía y déficit acumulado en las UD con fallo						
	Usos con incumplimientos		Situación actual		Horizontes futuros		
			Situación Actual	Escenario 1. 2012+Qeco	Escenario		
		2. 2017+ Qeco			3. 2022+ Qeco	4. 2022+ Qeco+CC	
<b>SE Lempa</b>	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	3	1	2
		Déficit UD con fallo	N/A	26.9	27.4	5.2	7.8
<b>SE Paz</b>	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
<b>SE Cara Sucia - San Pedro</b>	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
<b>SE Grande de Sonsonate - Banderas</b>	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
<b>SE Mandinga - Comalapa</b>	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
<b>SE Jiboa - Estero de Jaltepeque</b>	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
<b>SE Bahía de Jiquilisco</b>	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0
<b>SE Grande San Miguel</b>	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
<b>SE Sirama</b>	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0
<b>SE Goascorán</b>	Sin incumplimientos		0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

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 Plan de Acción Global (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.

## 6.2 Síntesis de resultados en las Masas de Agua Subterránea (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. (cuadro 6).

Sobre la base de los resultados del Escenario 1 de implantación en situación actual con carácter general, 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

**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**

Cuadro 6. 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. Síntesis de asignaciones y reservas

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.



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 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 7 presenta un resumen de las asignaciones y reservas propuestas; las propuestas para usos ambientales se incluyen de forma independiente en los cuadros 8 y 9 respectivamente.

Cuadro 7. Asignaciones y reservas. Resumen por Sistemas de Explotación y usos (salvo el ambiental).

(\*) No se incluyen los recursos superficiales externos ni las reservas y asignaciones procedentes del SE Jiboa - Estero de Jaltepeque para evitar la duplicación de volúmenes en la tabla.

(\*\*) Se incluyen los recursos destinados al abastecimiento del AMSS en el SE Lempa.

ZH	SE	Abastecimiento Poblacional (ANDA- Juntas de Agua- Municipales)		Uso Agropecuario y Acuicola		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>

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH.

Cuadro 8. Asignaciones en m3/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 9. Propuesta de reservas en m3/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.



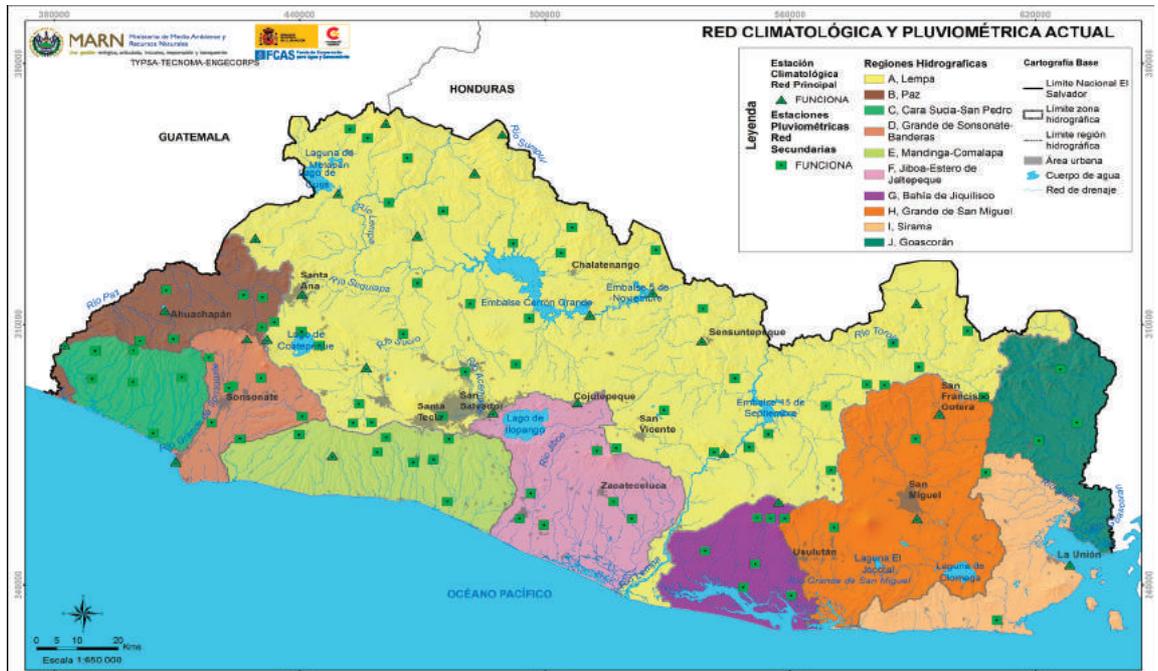
## 7. Programas existentes de control y seguimiento

La Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA) es el área 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:

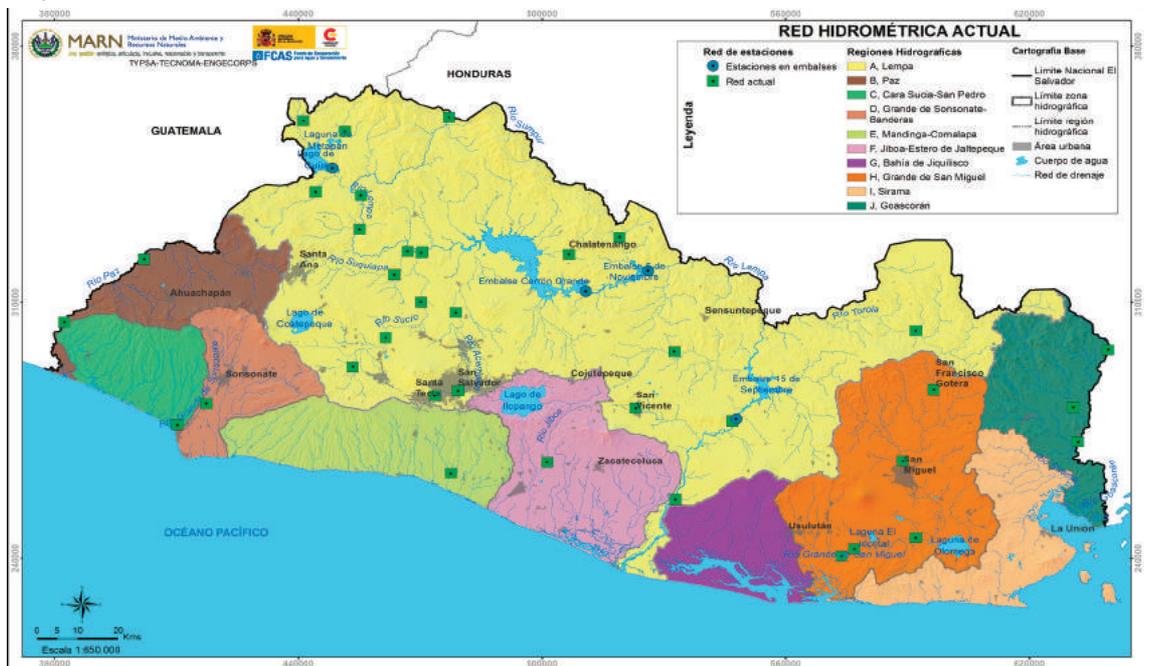
- Red climatológica y pluviométrica. Consta de 25 estaciones que miden la precipitación diaria acumulada; la temperatura máxima, mínima y promedio diaria; y la humedad relativa promedio diaria. Tiene 87 estaciones de control pluviométrico que miden la precipitación acumulada diaria (mapa 5).
- Red hidrométrica. 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 (mapa 5). 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 (mapa 6), 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.

Mapa 5. Red actual de estaciones climatológicas y pluviométricas



Fuente: Elaboración del MARN sobre la base de datos del año 2013 para la formulación del PNGIRH

Mapa 6. Red actual de estaciones hidrométricas



Fuente: Elaboración del MARN sobre la base de datos del año 2013 para la formulación del PNGIRH





## 8. 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. El análisis para inundaciones se ha realizado para ocho zonas prioritarias, en el caso de la sequía es tratado a nivel nacional.

### 8.1 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, mayor antropización del 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 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.



Los análisis para este tema 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 fase 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 impida la creación y/o ampliación de los usos antrópicos en zonas inundables.

## 8.2 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 período de 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 10 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 período 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. Sólo en los eventos más críticos, la anomalía aumenta por un déficit importante de precipitación total anual o se prolonga durante todo el período de la postrera.

La sequía meteorológica es suficientemente acentuada para convertirse en una 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, el uso inadecuado de suelos, la pérdida de capacidad de almacenamiento del suelo, de fertilidad, de capacidad de 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, en la formulación del PNGIRH, se analizaron distintos tipos de índices como los indicadores de peligrosidad que permiten definir la intensidad de la sequía y establecer protocolos para su gestión y mitigación de sus impactos. Se seleccionó el Índice SPI<sup>4</sup>, cuya clasificación se presenta en el cuadro 10.

<sup>4</sup> El índice de Precipitación Estandarizado (IPE, o SPI según sus siglas en inglés) permite cuantificar tanto déficit como 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.

Cuadro 10. Clasificación de valores de SPI.

Intensidad de la sequía	Valor del SPI
Sequía extrema	$< -2,00$
Sequía severa	$-2,00 < SPI < -1,50$
Periodo seco	$-1,50 < SPI < -1,00$
Periodo normal	$-1,00 < SPI < 0,00$

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH basado en (McKee; Doesken; Kleist, 1995).

Para el PNGIRH se desarrollaron dos tipos de análisis del Índice SPI:

- El Índice SPI anual y anual acumulado que permite identificar años y períodos 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 6 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 que 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. 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.

En 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 dichos déficits y mitigar los impactos de la sequía (cuadro 11). 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. 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. A modo de ejemplo se presentan los resultados obtenidos en el SE de Goascorán en el gráfico 3.

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

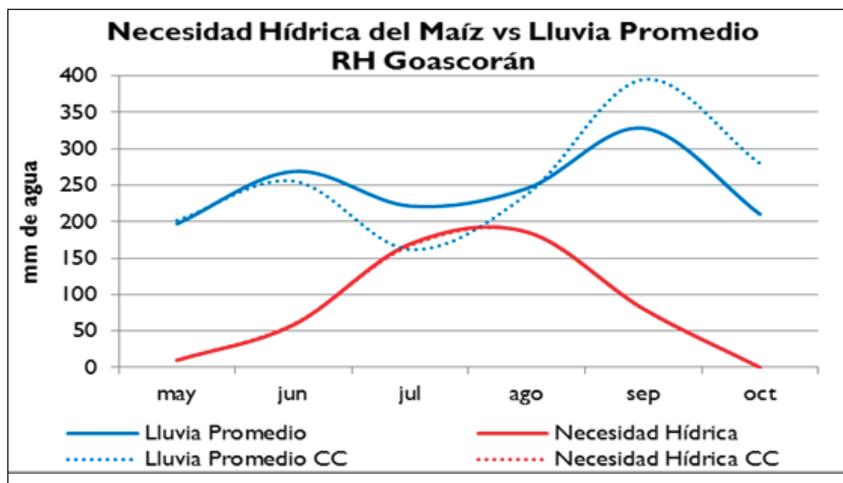


Cuadro 11. Volumen de agua promedio para la mitigación del impacto de la canícula requerido por sistema de explotación.

Sistema de Explotación		Superficie (Ha)			Volumen de agua requerido (MMC) o déficit hídrico promedio				
		Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total	Julio	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	9404.7	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

Gráfico 3. Contraste de las necesidades del maíz y los niveles de lluvia en situación actual y en el escenario de cambio climático, RH Goascorán.



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 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 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 I, 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.



## 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 protegiéndolas, mejorando y regenerándolas para reducir progresivamente la contaminación.

Para lograr una adecuada gestión del recurso hídrico es esencial definir objetivos ambientales 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 realiza la primera selección de 13 tramos de río a escala nacional, con el gran objetivo de lograr la compatibilidad de los usos del agua con la preservación y mejora del medio 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 (mapa 8).

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



- $DBO_5 < 4 \text{ mg/l}$
- Oxígeno Disuelto  $> 6 \text{ mg/l}$
- Ortofosfatos:  $0.1\text{-}0.5 \text{ mg P-PO}_4/\text{l}$
- $6 < \text{pH} < 9$
- $\text{NO}_3^- < 6 \text{ mg N- NO}_3/\text{l}$
- $\text{NH}_4^+ < 0.8 \text{ mg N- NH}_4/\text{l}$

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.

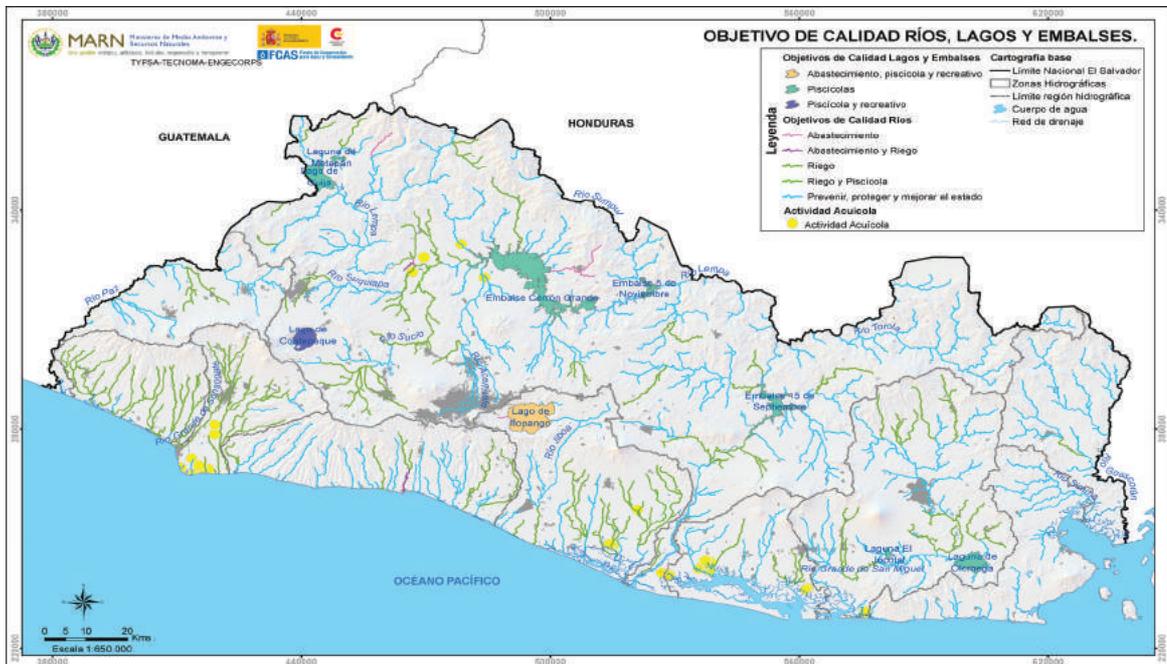
Los objetivos de calidad son:

- 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 la EPA.

- Aguas destinadas a riego cumplir con la calidad estipulada en el Decreto Ejecutivo No. 51 más algunos parámetros recomendados por la FAO.
- Aguas destinadas a la propagación piscícola las normas de calidad deseables establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 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).

Mapa 8. Identificación de tramos y establecimiento de objetivos de calidad basados en los usos actuales.



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



## II. 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:

- Avanzar en la valoración económica del agua y visibilizar su impacto en el desarrollo, es urgente.
- Un sistema tarifario y de subsidios (agua y saneamiento) actualizado y eficaz. Hay consenso en que 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 se debe revertir el que los más pobres no cuenten con el servicio público (ANDA) y terminan pagando más por el agua que consumen que la población que goza del servicio.
- Innovadores mecanismos financieros deben ser promovidos y consolidados.



## 12. 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 presente PAG.

La estructura del programa de medidas se formula basada 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.

Los problemas concretos identificados en las zonas prioritarias y los problemas generales de ámbito nacional se especifican en el cuadro 12.



Cuadro 12. Listado y ámbito de los problemas detectados

Problema	Ámbito Zona Prioritaria	Ámbito Nacional
<b>Eje Temático 01. 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 02. 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 03. Riesgos por fenómenos extremos</b>		
Riesgos por inundación en centros poblados, infraestructuras esenciales y áreas agrícolas.	X	
Riesgos por sequía		X
<b>Eje Temático 04. 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



## 12.1 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

<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.

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 que el GOES tiene previsto elaborar con financiamiento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la AECID.

En cuanto a los fallos en el cumplimiento de las garantías de satisfacción de demandas 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-Izalco (ZP1).

En los horizontes de planificación del PNGIRH (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).
- 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 I 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 PTAP 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.



## 12.2. 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 10 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 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Para el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) 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 Antigua 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 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.



### 12.3 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 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 extenderán al resto de SE.



## 12.4 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 Gestión Integrada del Recurso Hídrico, la aprobación del ALGA por la Asamblea Legislativa 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, que reestructuraría el marco normativo e institucional y la aplicación de nuevos instrumentos de gestión. 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 que establezca los objetivos para la GIRH y los regule, promueva y fije la institucionalidad y los instrumentos para una gestión sostenible. En paralelo, contar con un marco normativo sectorial armónico.
- Articular un ente rector que norme, controle y fiscalice la GIRH y vele por el cumplimiento de la Ley General del Agua y el PNGIRH; que contribuya a garantizar que las instituciones sectoriales normen, controlen y fiscalicen el cumplimiento del marco normativo sectorial en armonía con la LGA; 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 cuanto a la inadecuada cultura del agua y la participación ciudadana en la gestión integrada del recurso hídrico, 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 gestión sostenible del recurso hídrico.

- 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 gestión del recurso hídrico.

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.



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

La falta de información sobre la capacidad financiera de los organismos implicados limita proponer un calendario concreto de actuación. La anterior 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 orden de prioridad “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.



Cuadro 13. Resumen de las medidas propuestas para las ZP 1 a 8 y el ámbito nacional: Plan de Acción Global.

(\*) Siendo el orden "0" el de máxima prioridad y el "4" el de mínima prioridad.

Eje temático	Tipología de medida	Prioridad de medida*	N° de Medidas	Costo de Inversión total en USD\$
Aprovechamiento Recursos Hídricos	Ampliación 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 recursos subterráneos	4	2	207 942.67
	Conservación	0	2	8 460 694.20
	Mejora del conocimiento procesos erosivos	1	3	5 457 900.00
		2	2	2 495 322.50
	Mejora del conocimiento sobre caudales ecológicos	1	3	1 507 759.00
		4	1	120 006.00
	Modernización regadíos: goteo o aspersión	4	1	332 925.12
	Modernización regadíos: mejora canales	2	1	1 163 244.60
		4	4	4 969 875.60
	Obras de regulación (presas, con o sin aprovechamiento hidroeléctrico, grandes balsas)	4	1	344 141.16
		1	4	3 560 307.95
Satisfacción demandas: mejora conocimiento	3	2	296 139.10	
	4	2	71 561.89	
<b>Subtotal Eje Temático Aprovechamiento de recursos hídricos</b>			<b>92</b>	<b>67 147 863.29</b>
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	40793.00
<b>Subtotal Eje Temático Calidad de aguas</b>			<b>27</b>	<b>71 216 190.80</b>
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
<b>Subtotal Eje Temático Riesgo por fenómenos extremos</b>			<b>33</b>	<b>19 331 588.01</b>
Gobernanza	Elaboración y seguimiento de planes	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		
<b>Subtotal Eje Temático Gobernanza</b>			<b>55</b>	<b>9 325 673.02</b>
<b>Total</b>			<b>207</b>	<b>807 966 315.12</b>

Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH

- Se da orden de prioridad “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 13 se resumen las inversiones del Programa de Medidas del PAG.

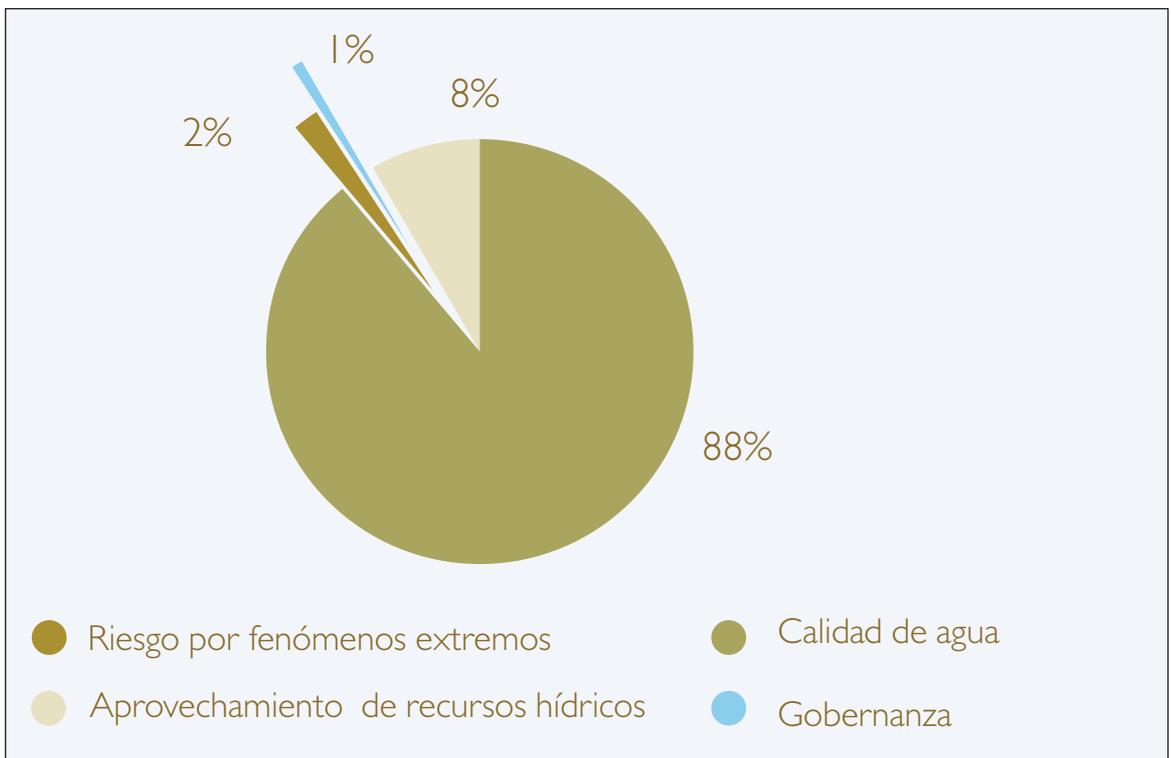
En el gráfico 4 se muestra en porcentajes la inversión del Programa de Medidas del PAG por eje temático.

Como se puede observar, la mayor inversión se da en el eje temático de calidad de aguas en el campo

de la depuración dado el alto costo de inversión en infraestructuras de saneamiento. 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.

Gráfico 4. Porcentaje de inversión de las medidas propuestas para las ZP 1 -8 y el ámbito nacional: Plan de Acción.



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



### 13. 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, de la sociedad civil, universidades, entre otros., validados por el MARN en la etapa previa a la realización de los 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, conformada 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, conformado 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. (figura 1)

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: se da la aprobación, por las instituciones a escala nacional, del PNGIRH y los compromisos de implementación de sus medidas.

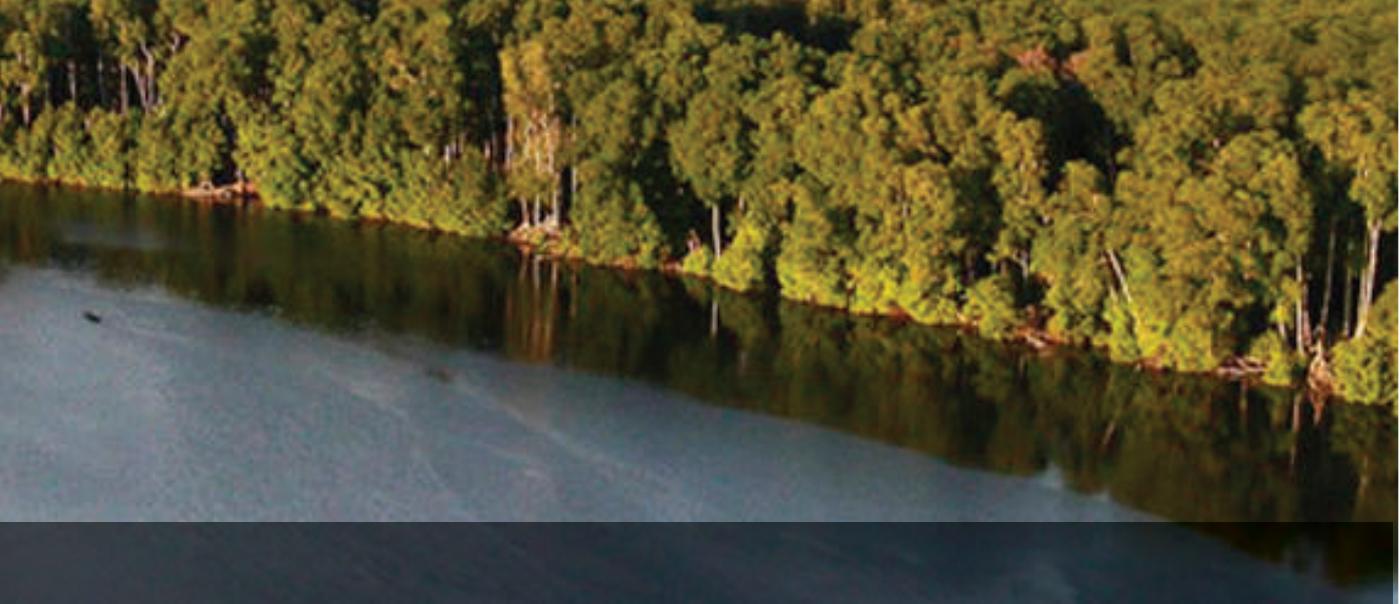
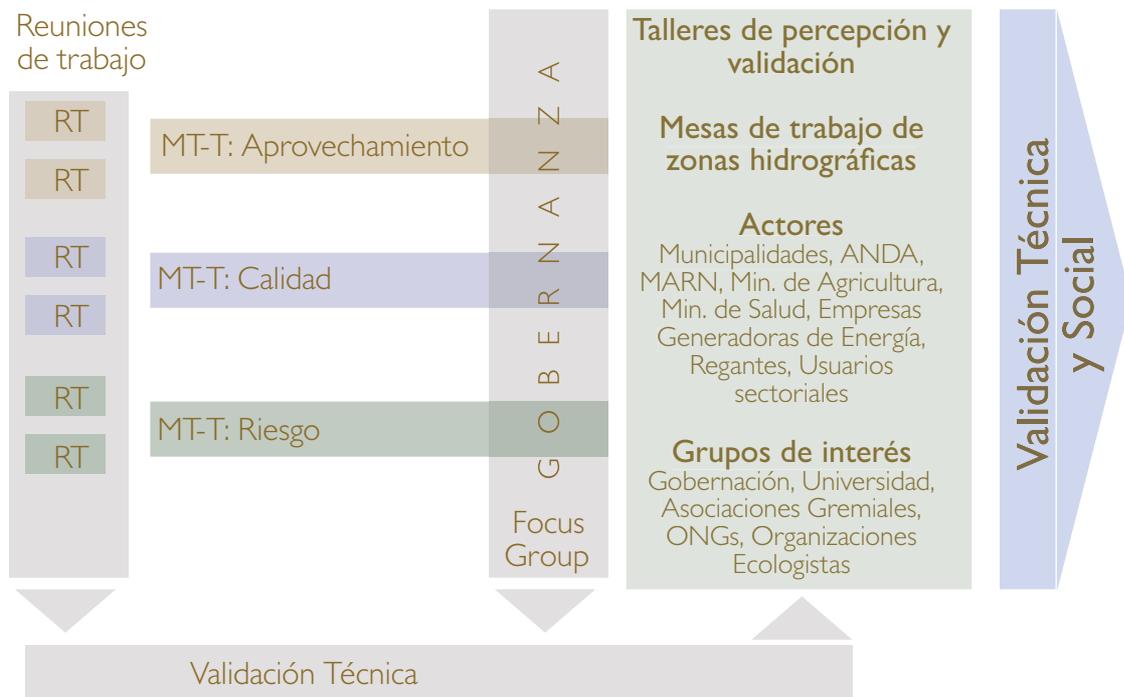


Figura 1. Consolidación de la participación de actores y grupos de interés: mesa de trabajo de zona hidrográfica y mesas de trabajo temáticas



Fuente: Elaboración del MARN para la formulación del PNGIRH



## 14. 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. La propuesta incluye 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 Plan de Acción Global (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.

## Referencias bibliográficas

- Armida, O. (2007). *Diagnóstico Nacional de Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales de El Salvador*. San Salvador.
- Consejo de Ministros. (2012). *Política Nacional de Medio Ambiente*. San Salvador: Diario Oficial N° 211, Tomo 397 de 12/11/2012.
- 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.
- 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. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press.
- MAG-PNUD. (1982). *Plan maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos*. San Salvador.
- MARN. (2012b). *Bases del concurso público internacional*. Unidad de Adquisiciones y contrataciones. San Salvador: MARN, 27 de noviembre de 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-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-SNET. (2007). *Diagnóstico nacional de la calidad de las aguas superficiales*.
- 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.
- 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.
- MINSAL-INS. (2014). *Enfermedad renal crónica de las comunidades agrícolas: Abordaje investigativo, logros perspectivas*.
- Pérez D., C. A. (2013). *Escenarios de Cambio Climático para El Salvador*. San Salvador: MARN.
- SNET. (2005). *Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador. Componente evaluación de recursos hídricos*. San Salvador.
- UICN. (2009). *Gobernanza del Agua en Mesoamérica: Dimensión Ambiental*. Gland, Suiza: Grethel Aguilar Rojas y Alejandro Iza (Editores).



## Siglarío

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ALGA	Anteproyecto de la Ley General de Aguas de el Salvador. Esta sigla se refiere al anteproyecto presentado por el MARN a la Asamblea Legislativa el día 22 de marzo de 2012
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANEP	Asociación Nacional de la Empresa Privada
CC	Cambio Climático
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa
DBO5	Demanda bioquímica de Oxígeno a los cinco días a 20° C
DGOA	Dirección General del Observatorio Ambiental
EPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (US Environmental Protection Agency)
ESA	El Salvador
ETP´	Evapotranspiración potencial
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
LMA	Ley del Medio Ambiente
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MASub	Masa de Agua Subterránea
MIINEC	Ministerio de Economía de El Salvador
MINISAL	Ministerio de Salud de El Salvador
MMC	Millones de metros cúbicos
MOP	Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano de El Salvador
MT-T	Mesas de Trabajo Temáticas
MT-ZH	Mesa de Trabajo de Zona Hidrográfica
OAS	Objetivo de Agua Segura
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAG	Plan de Acción Global
PAPLI	Proyecto Piloto Agua Potable del lago de Ilopango
PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico
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
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones de El Salvador
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
STPP	Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia
UD	Unidad de demanda
UDA	Unidad de demanda agrícola
UDE	Unidad de demanda energética
UDG	Unidad de demanda ganadera
UDI	Unidad de demanda industrial
UDP	Unidad de demanda de abastecimiento poblacional (rural y urbana)
UDT	Unidad de demanda del sector turístico o recreativo
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
ZH	Zona Hidrográfica
ZP	Zona Prioritaria



MARN

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

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) 21326276

Este documento ha sido elaborado con el apoyo financiero del Fondo de Cooperación para el 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.