» DOCUMENTO INFORMATIVO

La gestión de las aguas urbanas del área metropolitana de El Salvador

Global Water Partnership Central America

GWP El Salvador

IANAS

INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

CRÉDITOS
LA GESTIÓN DE LAS AGUAS URBANAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE EL SALVADOR

Elaboración
Julio Cesar Quiñónez Basagoitia
Consultor

Coordinación
GWP Centroamérica

Edición
Claudia Meyer

Publicación
San Salvador, El Salvador
Diciembre 2014

Este documento fue elaborado para la publicación "Aguas Urbanas en las Américas", de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS, por sus siglas en inglés), con el apoyo de GWP Centroamérica.

El contenido de esta publicación ha sido desarrollado por Julio Cesar Quiñónez Basagoitia y no representa en ningún caso el punto de vista oficial de GWP Centroamérica o la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS, por sus siglas en inglés).

Partes del texto pueden ser reproducidas con el permiso y las atribuciones propias de GWP Centroamérica e IANAS.

www.gwpcentroamerica.org

La gestión de las aguas urbanas del área metropolitana de El Salvador

Global Water Partnership Central America
GWP El Salvador

IANAS
INTERAMERICAN NETWORK OF ACADEMIES OF SCIENCES

Contenido

RELACIÓN DE MAPAS, IMÁGENES, GRÁFICOS Y TABLAS	4
ACRÓNIMOS	6
PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	8
IMPACTOS CAUSADOS POR LA URBANIZACIÓN EN FUENTES DE AGUA EN ZONAS URBANAS	10
EL AGUA POTABLE EN ZONAS URBANAS	34
TRATAMIENTO DE AGUA EN LAS CIUDADES	43
AGUA Y SALUD EN LAS CIUDADES	51
CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD: SU IMPACTO EN EL AGUA DE LAS CIUDADES	55
CONSIDERACIONES FINALES	62
FUENTES CONSULTADAS	63

Relación de mapas, gráficos y tablas

Tablas

Tabla 1: Formaciones acuíferas de El Salvador de acuerdo a la categorización (PNUD- ANDA 1972) 24
Tabla 2: Fuentes de agua superficial y aforos realizados por ANDA (2009-2013) 28
Tabla 3: Nivel de calidad del agua en los principales ríos de El Salvador 33
Tabla 4: Comparativo entre la producción y el consumo de agua a nivel nacional (millones de m^3) 36
Tabla 5: Producción de agua anual y montos presupuestarios ejecutados 37
Tabla 6: Sistema de producción de agua para el abastecimiento de la Región Metropolitana (AMSS) administrados por ANDA y otros sistemas (millones de m^3) 40
Tabla 7: Cuadro resumen de consumo por categorías generales de la Región Metropolitana en sistemas administrados por ANDA, explotación privada y operadores descentralizados (2004 - 2011) (Millones de m^3/año) 40
Tabla 8: Comparativo entre la producción y el consumo de agua en el (AMSS) (millones de m^3) 41
Tabla 9: Condiciones de servicio de agua para consumo humano a nivel nacional para el año 2011 41
Tabla 10: Condiciones de saneamiento a nivel nacional 43
Tabla 11: Cobertura de saneamiento a través de sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales con alcantarillado sanitario. Administración pública y privada-municipal 44
Tabla 12: Cobertura de saneamiento a través de sistemas de fosas sépticas y tanques sin alcantarillado sanitario. Administración Comunitaria-Municipal 45
Tabla 13: Valores máximos permisibles para la disposición de aguas residuales en el alcantarillado público 46
Tabla 14: Comparativo de valores límites permisibles de constituyentes de aguas residuales dispuestas en cuerpo receptor, entre la norma salvadoreña NSO 13.49.01:09 y los valores guía indicados por la EPA 48
Tabla 15: Inversión necesaria en saneamiento de acuerdo a la población objetivo y tipo de sistema a implementar 50
Tabla 16: Causas más frecuentes de consultas ambulatorias en la red de servicios del MINSAL 52
Tabla 17: Variación del presupuesto anual en los últimos años y fuentes de financiamiento 53

Mapas

Mapa 1: Mapa El Salvador, división política administrativa 10
Mapa 2: Mapa del AMSS y de ubicación de la finca El Espino 12
Mapa 3: Zonas de protección y conservación de los recursos naturales 14
Mapa 4: Ubicación de la cuenca urbana del río Acelhuate 15
Mapa 5: Micro Cuenca de análisis Arenal Montserrat 20

Mapa 6: Cambios de usos de suelo en la micro cuenca Arenal Montserrat 21
Mapa 7: Mapa hidrogeológico de El Salvador 23
Mapa 8: Ubicación de las formaciones acuíferas a nivel nacional cuya nomenclatura corresponde a la indicada en la tabla 1 27
Mapa 9: Mapa de variación de caudales y ubicación de los aprovechamientos superficiales cuya numeración corresponde a la indicada en la tabla 2 32
Mapa 10: Mapa de red de monitoreo y calidad del agua a nivel nacional 33

Gráficos

Gráfico 1: Variación temporal de los niveles de agua en los pozos. 16
Gráfico 2: Registro de niveles freáticos pozo Nejapa 6 19
Gráfico 3: Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "bóveda avenida Revolución" 21
Gráfico 4: Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "La Malaga" 22
Gráfico 5: Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "Mercado Belloso" 22
Gráfico 6: Producción de agua a nivel nacional 36
Gráfico 7: Comportamiento de pérdidas a nivel nacional (%) 38
Gráfico 8: Comportamiento de la tasa de mortalidad infantil 54
Gráfico 9: Estación Santa Ana El Palma A-12 Altitud: 725 msnm 55
Gráfico 10: Estación Guija A-15 Altitud 485 msnm 56
Gráfico 11: Estación L-1 56
Gráfico 12: Estación Cutuco N-2 Altitud 5 msnm 57

Imágenes

Imagen 1: Panorámica de la zona sur poniente de San Salvador 11

Acrónimos

[AMSS]:	Área Metropolitana de San Salvador
[ANDA]:	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
[CDC]:	Centro para la Defensa del Consumidor
[DIGESTYC]:	Dirección General de Estadísticas y Censos
[EHPM]:	Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples
[ENCC]:	Estrategia Nacional de Cambio Climático
[FISDL]:	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local
[FOCARD-APS]:	Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento
[MAG]:	Ministerio de Agricultura y Ganadería
[MARN]:	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
[METROPLAN]:	Planificación Metropolitana 1980
[MINSAL]:	Ministerio de Salud
{NSO]:	Normativa Salvadoreña Obligatoria
[OMS]:	Organización Mundial de la Salud
[OPAMSS]:	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
[PAN]:	Plan de Adaptación Nacional
[PLANDARH]:	Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos – 1982
[PLAMADUR]:	Plan Maestro de Desarrollo Urbano 1996
[PNCC]:	Plan Nacional de Cambio Climático
[PRISMA]:	Programa de Investigación Salvadoreño sobre Medio Ambiente
[SACDEL]:	Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local
[SNET]:	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
[UCA]:	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Presentación

Aguas Urbanas - Capítulo El Salvador, se desarrolla en el marco de la Iniciativa de GWP-IANAS en cuanto a la elaboración del libro "Aguas Urbanas en Las Américas". El mismo toma como ámbito primordial de análisis el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), que se encuentra conformada por 14 municipios de los departamentos de San Salvador y La Libertad[1] y dentro de la cual se encuentra la ciudad de San Salvador, capital del país.

Un primer aspecto que se destaca es la variación paulatina en los usos del suelo que se ha experimentado en las últimas tres décadas, debido principalmente al avance urbanístico en amplias zonas de cobertura arbórea, que constituían áreas esenciales de recarga hídrica hacia el acuífero de la capital y de amortiguamiento y atenuación natural del escurrimiento superficial, principalmente en momentos de eventos meteorológicos extremos. Eventos que en muchas ocasiones han cobrado pérdidas de vidas humanas y definido zonas de riesgo, principalmente en las partes bajas de la capital, llevándose a cabo, a partir de ello, grandes inversiones en infraestructura con el fin de regular los flujos, ampliar y confinar los causes, evitar erosión en zonas ribereñas, y reducir la probabilidad de desbordamiento en puntos críticos.

Se aborda, por otra parte, el estado de los acuíferos y aguas superficiales, así como su importancia estratégica para el abastecimiento de la población, tomando en cuenta los niveles actuales de cobertura de agua potable y las problemáticas que se presentan en torno a la producción de agua, inversiones realizadas en los últimos años y pérdidas hídricas en el suministro por conexiones fraudulentas y principalmente por fugas, las cuales podrían estar contribuyendo de forma artificial a la recarga hídrica del acuífero de San Salvador.

Un aspecto de gran importancia en la dinámica de las aguas urbanas que se destaca en el presente Documento Informativo, es lo relacionado al saneamiento, y sus diversos aspectos referente a la disposición de excretas, a la calidad del agua, aguas de reuso; además de la cobertura en cuanto al tratamiento de aguas residuales que se dispone en el país, considerando adicionalmente, el marco normativo y jurídico vigente, en relación a parámetros internacionales. El tema del saneamiento cobra vital importancia por cuanto está íntimamente vinculado a los problemas de contaminación y de la salud de la población. En ese sentido, se destacan los niveles y estadísticas actuales en cuanto a las principales enfermedades que reporta el Ministerio de Salud en relación al agua y a las condiciones sanitarias, así como las problemáticas actuales, los esfuerzos que se realizan desde el sistema de atención pública de servicios de salud, y los aspectos presupuestarios que representan en gran medida el gasto que orienta el Estado a afrontar la problemática de salud, como consecuencia de la vulnerabilidad socio–ambiental en que se encuentran grandes sectores poblacionales.

Finalmente se abordan las condiciones en cuanto a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos, en las fuentes de aguas subterráneas y superficiales, en la disponibilidad hídrica y su proyección en el futuro a partir de los diversos estudios realizados, así como las medidas dentro de la estrategia nacional del cambio climático y el plan de adaptación que se impulsa actualmente.

[1] Nota del editor. Los 14 municipios del AMSS son por el departamento de San Salvador: San Salvador, Soyapango, Mejicanos, Apopa, Ciudad Delgado, Ilopango, Tonacatepeque, San Martín, Cuscatancingo, San Marcos, Ayutuxtepeque y Nejapa. Por el departamento de La Libertad: Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla. "Actualmente, el AMSS se constituye en el centro direccional del país en materia política, financiera, económica y cultural, y donde además se concentra el 27% de la población y el 70% de la inversión pública y privada en un 3% del territorio nacional". Fuente: Programa IPGARAMSS (http://www.ipgaramss.org/amss/). Consultado el 26 de noviembre de 2014.

Introducción

La perspectiva de las aguas urbanas en El Salvador, ha adquirido mayor importancia y prioridad en atención a los diferentes dinamismos, desafíos, riesgos y problemáticas que conlleva, principalmente en las últimas dos décadas y con especial énfasis a partir de los acuerdos de paz en 1992. Con la finalización del conflicto armado, se abrió una nueva etapa de estabilidad que propició un auge económico, principalmente de algunos sectores vinculados al sector financiero, inmobiliario, comercial, importador y logístico, lo cual se manifestó, en gran medida, en un mayor desarrollo económico y modernización de los procesos urbanos, es decir, aquéllos que se hacen presente en la metrópoli como su escenario fundamental. Ello, a diferencia de los procesos económicos y agro productivos de los años 70's y precedentes, cuyo escenario primordial fue el ámbito rural, siendo éste, el lugar donde se desarrolló una economía basada en la agricultura y que determinaba en gran medida las dinámicas sociales y culturales, principalmente aquéllas relacionadas a los medios de vida de amplios sectores de la población rural.

La crisis socio-política previa al conflicto armado durante los años 70's, el conflicto armado (1980-1992) y este giro en el modelo socio-productivo, en un tiempo relativamente corto (década de los 90's), generaron entre otros aspectos importantes desplazamientos del campo a la ciudad, donde el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), se convirtió en la zona urbana de mayor crecimiento poblacional en el país. Según la DIGESTYC, el departamento de San Salvador, pasó de 733,455 habitantes en el año de 1971 a 1,512,125 habitantes en el año de 1992. Es decir, experimentó un crecimiento de más del 100%. De acuerdo a un estudio realizado por la firma Lotti & Asoc. (2001), la expansión urbana sin planeamiento del área metropolitana registró un aumento del 21% en el periodo 1994-2002.

Por otra parte, los eventos sísmicos de los años 1965, 1986 y 2001, además de las pérdidas humanas que causaron, significaron importantes daños y cuantiosa destrucción de infraestructura social de sectores de escasos recursos económicos. Esta situación coadyuvó, en los años posteriores, a la presencia paulatina de nuevos asentamientos urbanos y periurbanos, muchos de ellos ilegales, es decir sin títulos de propiedad de la tierra, que pasaron a ocupar zonas ribereñas y de amortiguamiento próximas a quebradas, ríos y drenajes naturales, dando paso a condiciones de vulnerabilidad ante las dinámicas pluviales y eventos meteorológicos extraordinarios.

Aunado a ello, el avance urbanístico, principalmente en los últimos 15 años en las partes medias y altas de las cuencas del área metropolitana, especialmente en la zona sur poniente de la capital, ha ido configurando, en interacción con crecidas de altos periodos de retorno, un nuevo patrón de altos escurrimientos, lo cual ha generado cuantiosos daños y pérdidas humanas en las zonas bajas. Al respecto cabe destacarse el evento del 3 de julio de 2008 el cual generó una crecida descomunal en una de las zonas bajas de San Salvador (colonia La Málaga), y el consecuente desbordamiento del río en ese sector, ocasionando el arrastre de un bus con la consecutiva pérdida de vidas humanas.

Según el análisis en base a modelación hidrológica sobre cambios de usos de suelo en el AMSS (Erazo, A. MARN-2009), los caudales generados en el punto de la tragedia se vieron incrementados en un 22% con relación a los caudales generados por la misma condición de lluvia en el año 1992 en la que la cobertura arbórea presentaba un 12.7% más que la cobertura existente en 2009, y la ocurrencia del caudal pico se experimentó con 25 minutos de antelación a los caudales pico que se hubiesen

presentado en el año de 1992. Es decir, la cuenca ha perdido, en este periodo (1992-2009), la capacidad de laminación o regulación de altos caudales debido al incremento de la magnitud y rapidez de los flujos.

Posterior a ese trágico evento han sucedido desbordamientos en diferentes puntos de la capital, debido a los sucesos de baja presión asociado al huracán IDA (7 de noviembre de 2009), tormenta tropical Agatha (29-30 mayo del 2010), y depresión tropical 12E (10-20 octubre de 2011), en todas ellos, habiéndose reportado pérdidas en vidas humanas y cuantiosos daños materiales.

A partir de esta situación, se han realizado en los últimos años importantes inversiones en obras de protección y mitigación, relacionadas a rehabilitación y ordenamiento de algunos tramos de ríos, muros periféricos y de confinamiento de cauces, rehabilitación y cambio de colectores con mayores diámetros, entre otros; que han contribuido significativamente a disminuir los puntos críticos, zonas de riesgo y de desbordamientos en diferentes sectores de la capital.

Finalmente, es importante destacar, que adicionalmente a esta problemática, el abordaje de los desafíos que plantea el saneamiento, la situación de las fuentes de abastecimiento de agua y cobertura de agua a la población, así como la atención a las condiciones de monitoreo de la calidad y contaminación de las aguas y su impacto en la salud de las personas, revisten una importancia primordial en el análisis de las aguas urbanas, lo cual se expresa con mayor énfasis desde el AMSS: la misma representa actualmente el 43% de la población urbana del país y el territorio sobre el cual se han llevado a cabo en mayor medida, importantes estudios, discusiones, análisis y acciones relacionadas a la dinámica de las aguas urbanas en El Salvador.

Impactos causados por la urbanización en fuentes de agua en zonas urbanas

1. Cambios de usos del suelo en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)

El Salvador posee una extensión de 21,040.80 km^2 distribuida en 14 departamentos, siendo en los departamentos de San Salvador y La Libertad, donde se ubica el AMSS, la cual integra la capital, que lleva el mismo nombre de San Salvador, y 13 municipios aledaños.

La población nacional para el año 2011 fue de 6,213,730 habitantes, de acuerdo a las características demográficas de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples 2011 (EHPM-2011). La misma establece que el 62.5% de la población (3,871,332 habitantes) representa el área urbana, dentro de la cual se encuentra la zona metropolitana de San Salvador con una población de 1,683,726 habitantes, y el 37.7% (2,342,398 habitantes) representa el área rural. El Salvador se ubica en la vertiente pacífica de Centro América colindando al Occidente con Guatemala, al Norte con Honduras y al Oriente con Nicaragua separados ambos países por el Golfo de Fonseca. En el mapa 1 puede observarse la división política administrativa del país, indicándose en línea continua roja la extensión correspondiente al Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

Mapa 1: Mapa El Salvador, división política administrativa
Fuente: MARN-SNET 2002

El área metropolitana se ubica en la zona centro occidental de la cadena volcánica que atraviesa el territorio nacional de occidente a oriente, colindando con el volcán de San Salvador y extendiéndose ampliamente a partir de sus estribaciones en dirección este, noreste y suroeste.

En ese sentido, la ciudad (imagen 1) ocupa buena parte de zonas de laderas y pendientes medias del volcán en el orden del 15%-18%, las cuales poseen una gran capacidad de generación de flujos rápidos, principalmente en zonas de escasa vegetación y de mayor impermeabilización, que van descendiendo hasta alcanzar zonas con pendientes menores al < 3% y que se conciben como las zonas bajas de mayor susceptibilidad por acumulación de flujos y desbordamientos.

Las formaciones geológicas circundantes al AMSS, en la interfase de la ciudad con la zona peri-rural son de carácter volcánico constituido por rocas piroclásticas, lavas cuaternarias, con lavas provenientes de la actividad volcánica reciente (menor a los 10,000 años) y escoria, las cuales en su conjunto presentan una alta permeabilidad.

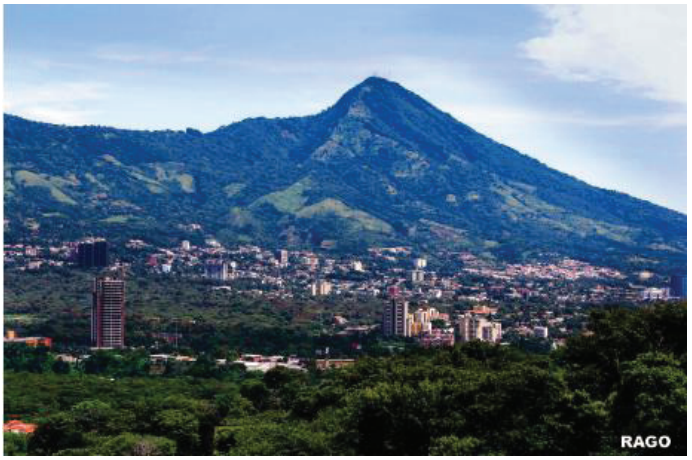
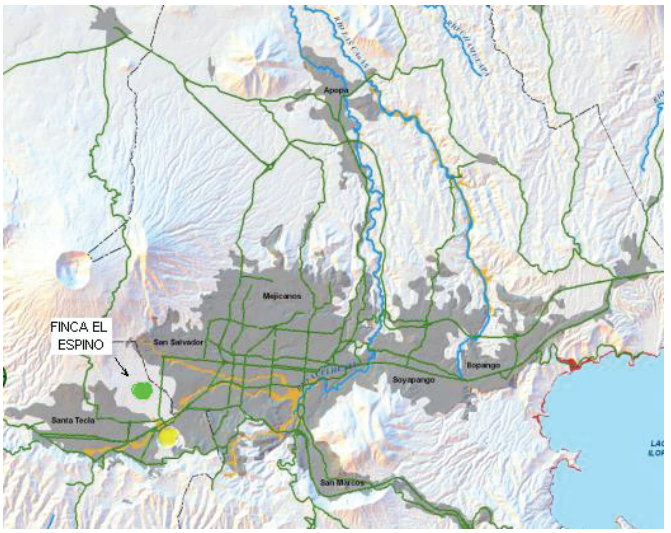


Imagen 1: *Panorámica de la zona sur poniente de San Salvador*
Fuente: http://2.bp.blogspot.com

En interrelación con las formaciones geológicas, el tipo de suelo predominante en el AMSS proviene de ceniza volcánica y es conocido como andisoles (40-50 cm de espesor), el cual posee una textura franca (areno-limosa) y una estructura granular. Estos suelos poseen una gran capacidad de retención hídrica y muy buena infiltración, principalmente cuando la fisiografía presenta moderadas o bajas pendientes < 8% y una amplia cobertura arbórea que coadyuva a atenuar el escurrimiento superficial y a propiciar los tiempos de retención de humedad para favorecer la infiltración y percolación subterránea hacia el acuífero de la capital, San Salvador, cuya área de explotación se encuentra en las zonas medias y bajas de la ciudad.

En relación a ello, es importante mencionar que en las últimas décadas se ha presentado un proceso paulatino de degradación de estas zonas esenciales de recarga hídrica y de atenuación natural del escurrimiento superficial, lo cual se expresa de manera extrema en la intervención y destrucción progresiva de la finca El Espino, como consecuencia del avance urbanístico. Se le conoce con ese nombre a la más importante extensión hidrográfica para la recarga hídrica del acuífero de San Salvador y que se torna además, en la zona de amortiguamiento pluvial del entorno urbano, lo cual contribuye significativamente a la reducción del riesgo por inundación aguas abajo. Este territorio se localiza al sur poniente de la capital tal como se ilustra en el mapa del AMSS que se presenta en el mapa 2.



Mapa 2: *Mapa del AMSS y de ubicación de la finca El Espino*
Fuente: MARN - SNET 2005

Inicialmente, tal como lo formula el informe de Dada Arquitectos-2010, a finales de los años 70's, la finca El Espino alcanzó un área de 798.1 hectáreas (ha). Durante los años del conflicto, en la década de los 80's, 31.1 ha, pasan a ser propiedad de la escuela militar; durante los años 90's una porción de 12.45 ha se destinó a campus universitarios e institutos privados de educación. Durante los años 2002-2005 una nueva fracción en el orden de 27.7 ha fueron destinadas a la construcción de centros comerciales y estacionamientos, lo cual va acompañado de la apertura e inicio de construcción de nuevos ejes preferenciales y autopistas que ocupan trazo vial estimado de 32.2 ha. Finalmente en los últimos años, además de concluirse los proyectos viales planificados desde las década de los 90's, se ha llevado a cabo entre 2010 – 2013 la más importante alteración de la finca El Espino con la implementación y formulación por etapas de proyectos habitacionales y residenciales de lujo que ocupan uno de los más importantes espacios hidrográficos, tanto por su tipo de suelo, vegetación originaria y escasa pendiente, lo cual alcanza una extensión de 110.8 ha.

Es importante destacar que la finca El Espino, no solamente posee las favorables características geológicas y de tipos de suelos, señaladas anteriormente, sino además, dada la amplia cobertura vegetal y fisiografía de bajas pendientes, -al respecto su apreciación panorámica es la de una llanura completamente arborizada-, se constituye en un área de alta retención del escurrimiento laminar y en un área que presenta uno de los más altos valores de recarga hídrica a nivel nacional, determinados entre 450mm – 500mm, (Balance hídrico, SNET-2005) y (Junker. M. Método RAS-2005), lo cual fue equivalente, en su extensión inicial, a un almacenamiento hídrico sub-superficial y subterráneo superior a los 3.6 millones de m^3 anuales.

Por otra parte, este territorio, dada su cobertura vegetal donde se interrelacionan fracciones del bosque originario con plantación de café y bosque secundario, ejerce funciones esenciales en cuanto a la preservación de la biodiversidad de mayor proximidad a la capital, en la generación de oxígeno, en la fijación del CO_2, como un regulador de las concentraciones de la contaminación atmosférica y como un paisaje de belleza natural en el marco de la ciudad.

Un aspecto relevante que ha contribuido a agudizar la problemática sobre los cambios de usos de suelo y los impactos causados por la urbanización en el AMSS, ha sido prioritariamente, la imposición de los intereses económicos que lograron en la década de los 90 's un decreto legislativo que aprobaba la urbanización de esas zonas esenciales, evadiendo y desconociendo en esos años, los lineamientos y pautas sobre la caracterización del territorio y ordenamiento ambiental que se venían estableciendo desde las décadas de los 70's y 80 's, e incluso desde antes.

Al respecto, la iniciativa de METROPLAN–80, elaborada en 1969, concebía que la planificación urbana, para las próximas décadas, debía estar enfocada a alcanzar metas sociales y económicas, debiendo fortalecerse la institucionalidad, el marco jurídico del ordenamiento sustentable y dentro de políticas espaciales y ambientales del territorio urbano. En sintonía con este enfoque, en 1973 se aprueba la ley forestal, la cual contenía las primeras

declaratorias de zonas de protección en el volcán de San Salvador. En la década de los 80's el PLAMDARH-1982, estableció que amplias zonas de las estribaciones norte y sur del volcán de San Salvador, región hidrográfica A, subregión San Salvador, ejercían funciones estratégicas en cuanto a la recarga hídrica del acuífero de San Salvador, dado sus características hidrogeológicas de alta infiltración (índices de infiltración en el intervalo de C=0.4 - 0.6), y alta percolación hacia estratos profundos, categorizadas por el estudio como "zonas de máximo potencial de infiltración y escorrentía mínima". En virtud de ello, establecía como prioritaria su protección, más aún, cuando el mismo estudio afirmaba que el acuífero, ya para esa época, se encontraba sobre explotado con un descenso de 1.0 m/año. Dicho resultado fue obtenido a partir de la observación de la fluctuación de 9 pozos durante el periodo de 1967-1971 en el marco de un proyecto entre ANDA (Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados) – PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).

Posteriormente, en el marco del estudio del PLAMDARH se preparó un modelo digital del acuífero de San Salvador, el cual determinó un abatimiento de la superficie freática de 0.6 m/año. Tomando en cuenta estos antecedentes y experiencias, en la década de los 90's se creó el Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PLAMADUR-1996), a partir del cual se definían categorías de uso de suelo que establecían zonas de protección y de desarrollo desde una perspectiva que tomaba en cuenta la planificación ambiental. En cierta forma, esta planificación protegía y categorizaba como "zonas de máxima protección", es decir, zona no urbanizable, la finca El Espino y otras zonas esenciales de la zona sur poniente del AMSS.

Sin embargo, dado que el PLAMADUR, surgía entre otros aspectos, amparado en los términos de la Ley de desarrollo y ordenamiento territorial del AMSS, aprobada en 1993, el mismo podía estar sujeto a modificaciones o enmiendas de acuerdo a planes parciales municipales o provenientes de personas naturales o jurídicas que consideren que "el plan parcial puede proveer mayores beneficios o rentabilidad al sitio en cuestión", o bien, que el sitio de interés y sus "determinaciones iniciales se encuentren desbordadas por la evolución del desarrollo territorial". Bajo estos razonamientos, todas las determinaciones de tipo hidrogeológicas, socio-ambientales, reducción del riesgo aguas abajo y de preservación de los recursos hídricos, quedaban relativizadas y podían ser fácilmente superadas.

Para el director de la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), a mediados de los 90's, el investigador Mario Lungo, los mercados de tierras urbanas en San Salvador (PRISMA-1996), se ubican primordialmente en la zona sur poniente de la capital. Los mismos surgen a partir de la nueva valorización de la tierra, que van adquiriendo progresivamente las antiguas fincas de café, las cuales pertenecen a un reducido número de propietarios, pero que tienen la capacidad de ir conduciendo la dinámica del desarrollo urbanístico al margen de una real planeación socio ambiental desde el Estado y sobre todo al margen de un marco regulatorio que fomente la equidad y la preservación de los recursos. En ese sentido, desde la perspectiva de los mercados de tierras urbanas, para Lungo, no solamente se pierde la visión de un desarrollo sustentable, pues se ha acelerado el proceso de degradación ambiental, sino que además, se profundiza la exclusión y segregación socio espacial en las ciudades, por cuanto la gran mayoría de la población de bajos ingresos no tiene acceso a ese nuevo espacio urbano élite, hacia el cual el estado, paradójicamente, se ve en la necesidad de invertir gran cantidad de recursos en facilitar y proveer obras de infraestructura vial, iluminación, servicios, seguridad, etc.

En años recientes, una reformulación significativa en cuanto a la re-categorización de los usos de suelo se presenta en algunos de los informes y directrices municipales de zonificación ambiental y usos del suelo establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN-2013). Los mismos, referentes a la zona sur poniente de la capital, presentan importantes porciones, concebidas anteriormente en el

PLAMADUR-96, como de “máxima protección”, hoy se presentan reformulados como zonas de “área urbana continua”, lo cual expresa la adaptación y ajuste de los planes actuales de ordenamiento ambiental a la lógica de la urbanización. En el mapa 3 puede observarse la zonificación planteada por el PLAMADUR-96, donde la coloración verde significa zona de máxima protección. Actualmente más de 110.8 ha han sido re- categorizadas en las zonas indicadas como “área urbana continua” y “áreas a rehabilitar”.

Mapa 3: *Zonas de protección y conservación de los recursos naturales*
Fuente: PLAMADUR - 96

Desde esta perspectiva, los cambios recurrentes y progresivos en los usos del suelo profundizan dos problemas fundamentales desde el análisis de la dinámica de aguas urbanas: el primero referente a la continua reducción de la cobertura boscosa de la zona de recarga hídrica del acuífero de San Salvador y sus impactos en el mismo; el segundo, referente al incremento de la escorrentía superficial y los caudales pico, potenciando las zonas de riesgo en las zonas bajas de la capital.

2. Reducción de la cobertura boscosa en la zona de recarga y sus impactos en la dinámica del acuífero de San Salvador, tomando en cuenta la recarga proveniente de fugas

La disminución de la recarga hídrica y las fluctuaciones en los niveles estáticos del acuífero de San Salvador, es una temática que se ha venido analizando desde los años 70’s. Tal como se indicó antes, los estudios del PNUD-ANDA en 1972 y PLAMDARH 1982, establecían reducciones en los niveles estáticos de 1.0 m y 0.60 m respectivamente. En épocas recientes se han llevado a cabo nuevos estudios y análisis que reflejan la misma tendencia, principalmente determinada a partir de los niveles freáticos en los pozos situados en las zonas bajas.

Al respecto, dos importantes trabajos de investigación universitarios son citados y retomados en el marco del estudio sobre la caracterización hidrogeoquímica del acuífero de San Salvador (Barrera, M., 2010), destacando a partir de los mismos el descenso del nivel freático en aproximadamente 1m/año (Coto, UCA-1994), el cual fue determinado en los análisis llevados a cabo en 1994, y específicamente, a partir de análisis más recientes del año 2005, donde se estimaron descensos de 2.47m/año para San Salvador y 1.47/año para Soyapango (Arévalo y Vásquez, UCA-2005).

El análisis de las fluctuaciones de los niveles estáticos de los pozos y del posible aporte como recarga acuífera proveniente de fugas que experimenta el sistema de agua potable y alcantarillado de San Salvador, es el objetivo central de la investigación realizada por Marcia Barrera en 2010, desde una caracterización hidrogeoquímica de las aguas de recarga en el acuífero.

Inicialmente se destaca que, para esa fecha se dispone del monitoreo de niveles de cinco pozos, mediante la implementación de dispositivos de data logger, cuyos registros comprenden el

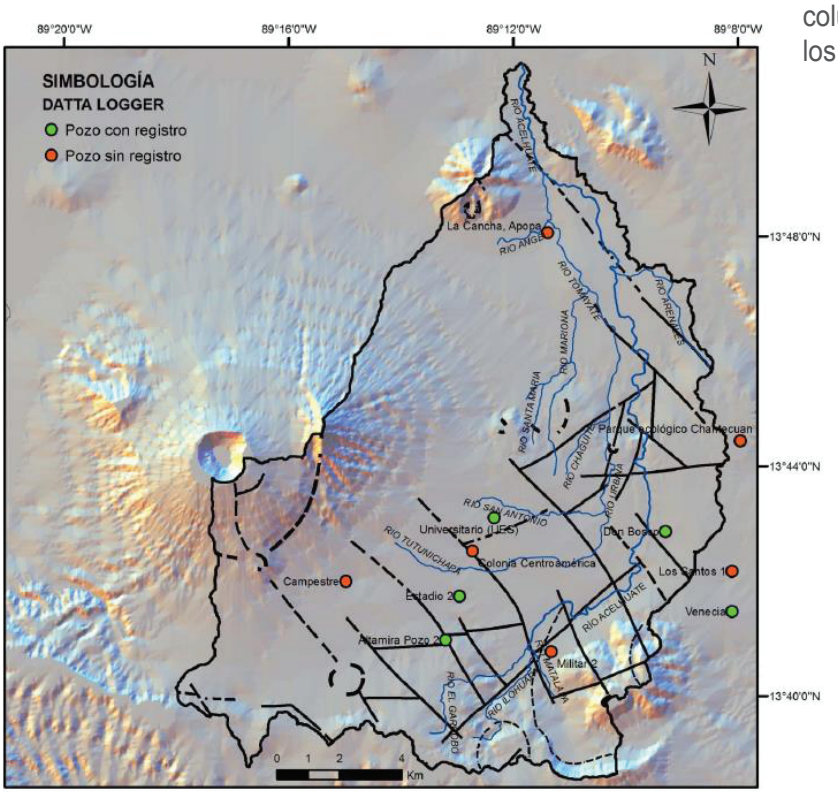
periodo 2007-2009. Dos se encuentran en la zona alta de la cuenca y tres de ellos en la zona media. En el mapa 4 se presenta la ubicación de dichos pozos en coloración verde, inmersos en la cuenca hidrográfica del río Acelhuate, donde se localiza el acuífero de San Salvador.

Uno de los pozos que se encuentran en la zona intermedia de la cuenca experimentó un incremento relativo de su nivel en el orden de 0.60 m, (pozo Don Bosco) pero sin embargo sólo posee un registro de 5 meses en la época lluviosa del año 2009. Un segundo pozo en esa misma zona no presentó variación para el corto periodo de registro, pero sin embargo en relación al punto de registro inicial en el año 2007, había experimentado un descenso de 4.79 m.

Uno de los dos pozos monitoreados en la zona alta (pozo Altamira) mantuvo en general una fluctuación correspondiente al ciclo interanual de lluvias, es decir, de mayo a octubre considerada la época lluviosa y de noviembre a abril la época seca, presentando una disminución en cierto periodo y luego un incremento en otro periodo del año, con un incremento relativo de 0.16 m.

Sin embargo, una de los aspectos específicos de este pozo, es que el mismo se encuentra ubicado precisamente en una intercepción del corredor de fallas geológicas provenientes de las zonas altas de recarga hídrica, una de ellas extendiéndose direccionalmente hacia el cráter del volcán de San Salvador, lo que contribuye significativamente a su mantenimiento en tanto se encuentra en la zona de circulación de flujos preferenciales y no sería muy representativo de otros sectores del acuífero.

El otro pozo situado en la zona alta (pozo Estadio) no presenta dicha fluctuación cíclica- estacional, sino que su comportamiento refleja una tendencia continua al alza no acorde a los tiempos interanuales de recarga y descarga. Esta condición, podría estar suponiendo una "recarga artificial", proveniente precisamente, de las fugas en el sistema de agua potable y alcantarillado pluvial y sanitario, y a una reducción de explotación en la zona por desuso de algunos pozos, e incluso, en el pozo de análisis, pues el mismo no estaba en funcionamiento durante el periodo de registro. En el gráfico 1 puede observarse el comportamiento descrito de los pozos analizados durante 2007 - 2009. La columna de la izquierda refleja la profundidad de los niveles freáticos de los pozos en metros.



Mapa 4: Ubicación de la cuenca urbana del río Acelhuate Fuente: Barrera, M. "Caracterización hidrogeoquímica...", septiembre de 2010

Gráfico 1 **Variación temporal de los niveles de agua en los pozos**

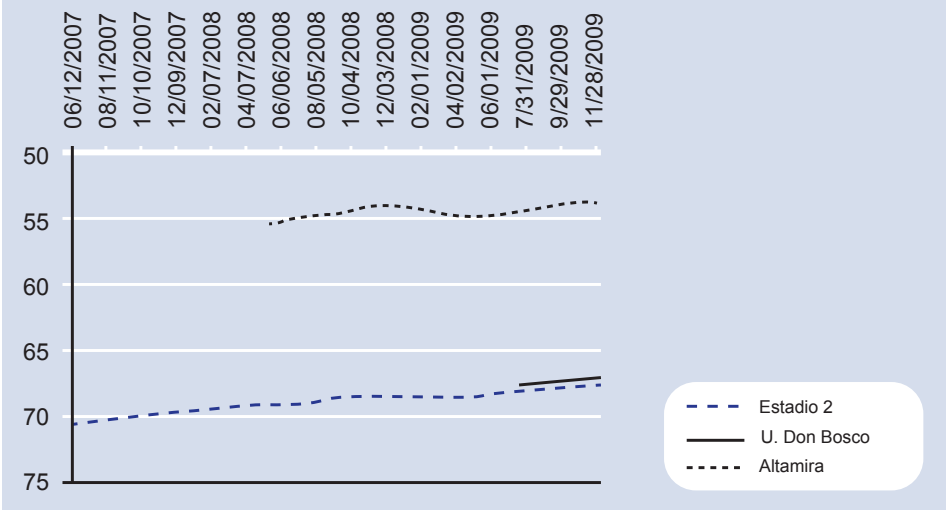


Gráfico 1: Variación temporal de los niveles de agua en los pozos. Fuente: Barrera, M. "Caracterización hidrogeoquímica...", septiembre de 2010

Uno de los aspectos relevantes que se destacan en la investigación, es el descenso de las líneas potenciométricas o líneas que establecen los niveles de agua en el acuífero, principalmente en la parte media baja de la cuenca hidrográfica. Esto se refleja en la baja productividad o desuso de algunos pozos importantes situados en sectores populares ubicados en los municipios de Soyapango y San Marcos.

Dada la configuración de la geología estructural, los pozos situados en la línea de fallas o en su entorno, direccionadas hacia las zonas de recarga, los cuales se ubican primordialmente en las zonas medias y altas de la cuenca, conservan sus condiciones de recarga interanual e incluso algunos de ellos, experimentan cierto incremento de sus niveles freáticos. Sin embargo, los que se encuentran en las zonas bajas, hidrogeológicamente constituidas por una formación acuífera porosa y sedimentaria de mayor consolidación y mediana permeabilidad, experimentan un detrimento paulatino e incluso su desuso por baja productividad y por los altos costes que representa su puesta en funcionamiento.

Aunque en el estudio sobre caracterización hidrogeoquímica no se cuantifica una estimación del agua producida para el consumo, que podría estar recargando el acuífero en concepto de pérdidas, sí se establece cualitativamente el significativo aporte que este volumen de agua puede estar proveyendo al acuífero de San Salvador.

Para ello, tomando en cuenta el análisis de algunos parámetros físico-químicos (pH, temperatura, conductividad eléctrica), se efectuó el análisis de concentraciones (mg/l) de iones de algunos elementos hidrogeoquímicos de las fuentes de aguas para el abastecimiento de San Salvador, principalmente de Calcio (Ca^{2+}), Sodio (Na^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}) los cuales se correlacionaron comparativamente con las muestras obtenidas de pozos en el AMSS. Los resultados obtenidos presentaron una correspondencia entre las características y concentraciones encontradas en algunos sectores del acuífero y las provenientes de las dos principales fuentes externas de abastecimiento que alimentan el sistema de distribución de agua para la capital. Al respecto es importante destacar que el abastecimiento de agua para el AMSS se lleva a cabo mediante tres sistemas, indicando sus correspondientes aportes para el año 2013: 1. Las Pavas (38.5%), 2. Zona norte (20.9%), 3. Sistema tradicional (40.6%). Los dos primeros son sistemas externos de abastecimiento al AMSS, mientras que el tercero constituye el sistema de pozos internos que extraen el recurso hídrico del acuífero de San Salvador.

A través del análisis de los isótopos ambientales Oxígeno 18 y Deuterio, los cuales se relacionan con la altitud e inversamente con la temperatura, se determinó que la recarga subterránea por lluvia se hace presente primordialmente en las partes medias y altas de la cuenca y en los corredores de la geología estructural de líneas de fallas que su ubican en esas zonas, las cuales se caracterizan por una menor densidad urbanística. Por otra parte, el muestreo de agua subterránea analizada dentro de la cuenca, presentó similares composiciones isotópicas a las de los dos sistemas de abastecimiento de agua, proveniente de cuencas externas a la capital, "Las Pavas" y "Zona norte".

Finalmente se analizó que existe un significativo aporte proveniente del alcantarillado de aguas negras de la ciudad, debido a la presencia de altas concentraciones de nutrientes y otros elementos de referencia como iones de nitratos NO_3-, cloruros (Cl-) y sodio (Na+) que se hacen presente con mayor énfasis en la zonas céntricas y medias de la cuenca, donde se localizan los sectores con tuberías frágiles y antiguas, mayores a 50 años en el alcantarillado sanitario.
De acuerdo a la memoria de labores ANDA-2013, la producción de agua para el AMSS fue de 183.3 millones de m^3, la cual representa el 51.8% del agua producida a nivel nacional por la institución que fue de 353.6 millones de m^3. Otros operadores produjeron a nivel nacional 9.1 millones de m^3.

El consumo total facturado en el AMSS fue de 113.8 millones de m^3 de tal forma que 69.5 millones de m^3 constituyen pérdidas por fugas en redes dañadas por su antigüedad y por consumo no facturado. El consumo no facturado está compuesto por la sustracción de aguas en hidrantes y conexiones ilegales, y por la existencia de un pequeño grupo de usuarios que aún no cuenta con medidor instalado, cuyo número, de acuerdo a ANDA, representa el 9.8%, y un 3.5% de usuarios que tienen medidores sin funcionar, de tal forma que para ambos casos el cobro es fijo y estimativo.

De acuerdo a ANDA, la pérdida por conexiones fraudulentas y el hurto de agua de manera permanente, se ha reducido considerablemente en los últimos años. Esto ha sido posible gracias a una serie de medidas administrativas y técnicas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

Inspecciones y monitoreo sistemático a las redes de distribución y acometidas, habiendo legalizado una cantidad significativa de conexiones fraudulentas.

Modernización en el sistema de consulta, atención y participación ciudadana mediante la implementación de centros de comunicación de 24 horas para reporte de denuncias, derrames de agua, averías, problemas de facturación, etc.

Implementación de dispositivos de mano o mini computadoras portátiles para la lectura automática de medidores, control de dotaciones de agua suministrada, fotografía para el control y verificación del estado de las acometidas, reporte de problemáticas, registro histórico de dotaciones, etc.

Instalación de medidores en las plantas de bombeo con dispositivos para el control de flujos, de tal forma que puede llevarse a cabo un balance entre el agua producida en los circuitos y redes distribución, y la facturación correspondiente. Ello permite localizar, rastrear e identificar, entre otras cosas, problemas de conexiones fraudulentas.

Modernización del catastro y mapas cartográficos computarizados de usuarios, lo cual contribuye a un mejor control del agua servida.

Apertura de quiosco y sucursales para una mejor atención ciudadana.

Desde esta perspectiva puede considerarse que las pérdidas por sustracciones ilegales de agua, se ha controlado significativamente por lo que su contribución al consumo no facturado podría ser bajo. Si se considera que aún representa el 10% de las pérdidas actuales, las pérdidas por consumo no facturado representarían el 23.3%, de tal forma que las pérdidas por fugas de agua serían del orden de 53.3 millones de m^3, gran parte de los cuales constituirían recarga directa al acuífero y otra parte, en menor medida, podría estar contribuyendo a los flujos sub-superficiales y caudales base de algunos de los nacimientos de agua en las zonas medias y bajas de la ciudad.

A esta recarga artificial, debe sumársele la recarga proveniente de las fugas en las tuberías y colectores de aguas negras, lo que supone un considerable aporte cuantitativo al acuífero, pero que repercute en un detrimento sustancial de la calidad de las aguas que posteriormente son sustraídas, tal como se ha analizado en el estudio abordado anteriormente.

Es importante destacar que la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés) considera que un "sistema de agua potable tiene niveles de pérdidas medias, cuando el porcentaje de pérdidas en el mismo oscila entre el 8% y el 15%" (Gerlingen,D 2001)", citado por Barrera, M, Caracterización hidrogeoquímica, 2010.

En general, aunque el acuífero de San Salvador, de acuerdo al análisis de los registros de cinco pozos, mantiene su equilibrio dinámico en las zonas medias altas de cuenca, esta situación no se refleja en las partes bajas, donde los pozos reflejan una disminución, tal como se señala en el estudio de caracterización hidrogeoquímica. Sin embargo, este equilibrio de las zonas medias-altas, no corresponde a una recarga natural, sino a una aguda problemática de fugas que significa altos costos de operación para ANDA, no solamente por la pérdida económica, la cual puede alcanzar varios millones de dólares en un excedente de producción para satisfacer las demandas de abastecimiento, sino además, por la necesidad creciente de depuración de las aguas extraídas. Desde esta perspectiva, las zonas de recarga hídrica, no solamente poseen una función esencial en la conservación de los acuíferos, sino que además, contribuyen a la capacidad de dilución y a la preservación de la calidad de las aguas subterráneas.

En interrelación al acuífero de San Salvador, el acuífero de la población de Nejapa se encuentra dentro del AMSS, pero constituido por una región hidrográfica propia, la cuenca del río San Antonio, la cual a su vez, forma parte de la segunda fuente externa de máxima importancia para el suministro de agua a la capital, conocida como Proyecto Zona Norte.

El acuífero de Nejapa, aunque es de mucho menor extensión que el acuífero de San Salvador, adquiere su importancia estratégica en cuanto que se localiza próximo a la capital y brinda un recurso hídrico de buena calidad cuya potabilización requiere mucho menos inversión que la proveniente de otros sectores. Esto se debe a que su zona de recarga hídrica principal se encuentra bien conservada, con una amplia cobertura arbórea y sin fuentes urbanas de contaminación directa. En ese sentido y dada su baja urbanización, no se ve influenciado por recargas artificiales, sino que depende primordialmente del ciclo interanual de lluvias.

Sin embargo, en los últimos años, dada la problemática de deterioro ambiental, el incremento de la contaminación de las aguas subterráneas y reducción de los niveles freáticos en la zonas bajas que ha experimentado el acuífero de San Salvador, lo cual impacta en la necesidad de incrementar los costos de producción de agua en los pozos, diversas industrias, entre ellas, embotelladoras de agua y bebidas, han trasladado o ampliado sus operaciones en el acuífero de Nejapa. Este fenómeno de desplazamiento de diversas industrias y proyectos económicos, ha generado una condición de mayor presión sobre el acuífero, el cual ya presenta una disminución de sus niveles freáticos, que se expresa a través de diferentes estudios sobre el análisis de balances hidrogeológicos y del monitoreo de uno de sus pozos representativos (pozo 6 de ANDA).

En el gráfico 2 se presenta el monitoreo del pozo Nejapa 6, para el periodo entre el 29 de marzo de 2010 y el 05 de diciembre de 2013. En la gráfica puede observarse que para el periodo de registros continuos entre diciembre del 2011 y diciembre del 2013, se obtienen las máximas recargas en el acuífero, alcanzando las elevaciones 444.25 metros sobre el nivel del mar (msnm) y 441.5 msnm, respectivamente, lo que significa una disminución de 2.75 m en dos años.

Gráfico 2 **Registro de niveles freáticos pozo Nejapa 6**

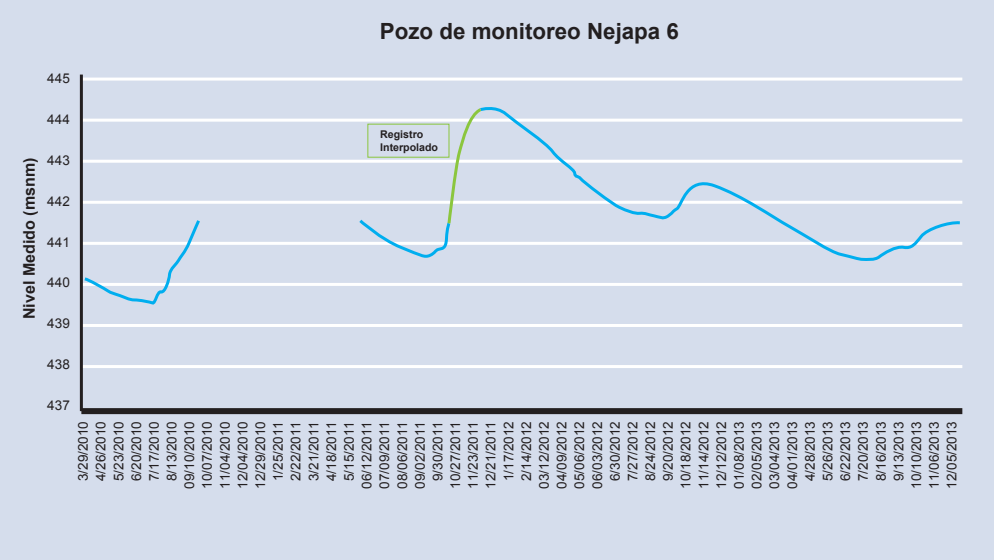


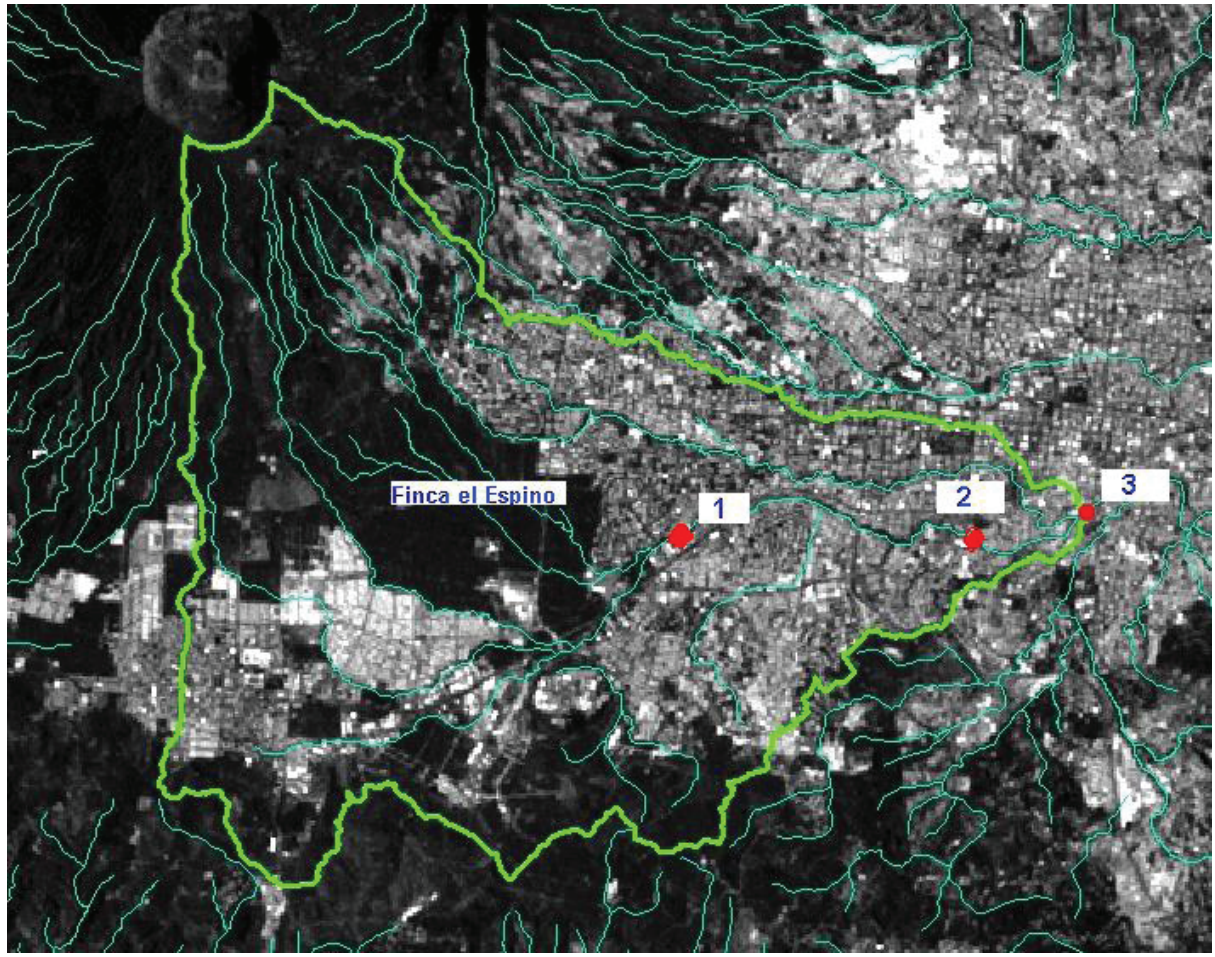
Gráfico 2: *Registro de niveles freáticos pozo Nejapa 6*
Fuente: Registro de Red de monitoreo aguas subterráneas, Gerencia de hidrología, Observatorio ambiental-MARN 2013.

Desde la perspectiva de las aguas superficiales, los cambios de usos de suelo y avance de la urbanización, generan un segundo problema en las ciudades: el incremento de la escorrentía superficial y caudales pico ante eventos meteorológicos extremos y aumento de las zonas de riesgo, principalmente en las zonas bajas.

3. Incremento del escurrimiento y generación de caudales pico en eventos hidro meteorológicos extremos en las zonas bajas de San Salvador

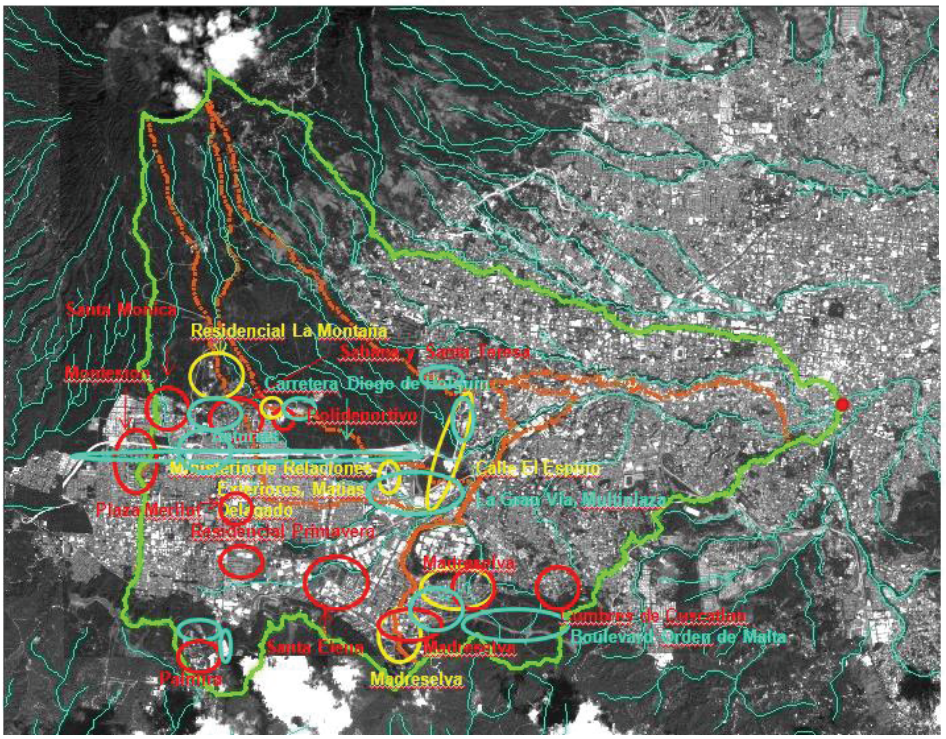
El efecto del incremento de los flujos y caudales pico en interrelación a los cambios en los usos del suelo que se venían experimentando en las zonas altas de recarga, empezó a ser estudiado a partir de los eventos hidrometeorológicos extremos que se experimentaron en los años recientes (2008-2011) y que significaron lamentables pérdidas en vidas humanas y materiales. Uno de los sucesos más memorables y trágicos fue el acontecido en la colonia La Málaga el 3 de julio de 2008, tal como se ha comentado anteriormente. Posterior a ello, se sucedieron nuevos desbordamientos en la colonia La Málaga y en otros sectores de la ciudad como producto de la baja presión asociada al huracán Ida (7 de noviembre de 2009), Agatha (mayo de 2010), depresión tropical 12 E (octubre de 2011). De estos tres eventos el de mayor magnitud y consecuencia fue el de 2009, el cual nuevamente causó niveles de desbordamientos y volúmenes de agua superiores a los del evento de 2008.

En 2010, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), hoy Observatorio Ambiental del MARN, llevó a cabo un análisis mediante modelación hidrológica sobre las crecidas máximas registradas en los eventos del 2008 y 2009, en los puntos de control avenida Revolución (1), La Málaga (2) y puente Belloso (3), tal como se observa en el mapa 5. La misma representa la micro cuenca del AMSS, denominada Arenal Montserrat, la cual posee sus zonas altas en el volcán de San Salvador y las partes bajas en la zona céntrica de la capital, donde se ubica el barrio La Málaga. El estudio consistió en comparar los hidrogramas de los caudales generados para dichos eventos con los caudales generados mediante modelación hidrológica para las mismas condiciones meteorológicas pero con los usos del suelo del año 1992.



Mapa 5: *Micro cuenca de análisis Arenal Montserrat*
Fuente: "Análisis de crecidas máximas registradas en los eventos del año 2008 y 2009" MARN-SNET 2010

En el mapa 6 puede observarse los cambios paulatinos de usos de suelo que se han experimentado a partir del año 1992 hasta el año 2009, indicándose en círculos rojos las zonas de modificación en 1998, en círculos amarillos las zonas modificadas en 2001 y en círculos celestes las zonas modificadas en 2009. En general entre 1998 y 2009 se urbanizó un total de 5.53 km^2 que antes era cobertura arbórea permanente.



Mapa 6: *Cambios de usos de suelo en la micro cuenca Arenal Montserrat*
Fuente: "Análisis de crecidas máximas registradas en los eventos del año 2008 y 2009" MARN-SNET 2010

En los gráficos 3, 4 y 5 se presentan los resultados obtenidos para los tres puntos de control.

En los mismos puede observarse una anticipación en los tiempos bajo los cuales se experimenta el caudal punta, y una amplificación notable de los mismos bajo las condiciones actuales de menor cobertura vegetal.

En el gráfico 3, se presentan el caudal calculado con los actuales usos del suelo de 14.8m^3/s vs el caudal simulado para los usos del año 92 de 10.78 m^3/s.

Gráfico 3 **Caudales en bóveda avenida Revolución evento 17 septiembre 2009**

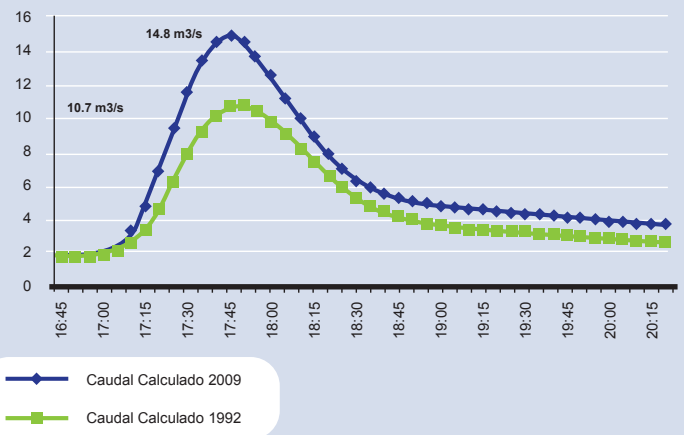


Gráfico 3: *Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "bóveda avenida Revolución"*
Fuente: "Análisis de crecidas máximas registradas en los eventos de año 2008 y 2009" MARN-SNET 2010

Para este punto se ha experimentado una urbanización de 3.73 km^2, la cual equivale al 13.68% del área de la cuenca a ese punto de control de 27.3 km^2 y experimentó un incremento de 4.1 m^3/s equivalente al 38% del caudal pico.

En el gráfico 4 se presenta los caudales calculados en el punto donde ocurrió la tragedia del 2008. En ese punto el área de la cuenca es de 40.95 km^2 y la urbanización fue de 5.20 km^2 equivalente al 12.70%. Los caudales se incrementaron en 10.5 m^3/s representando un incremento del 74% del caudal pico con una reducción del tiempo de llegada de 30%.

Gráfico 4 **Caudales en La Málaga evento 17 septiembre 2009**

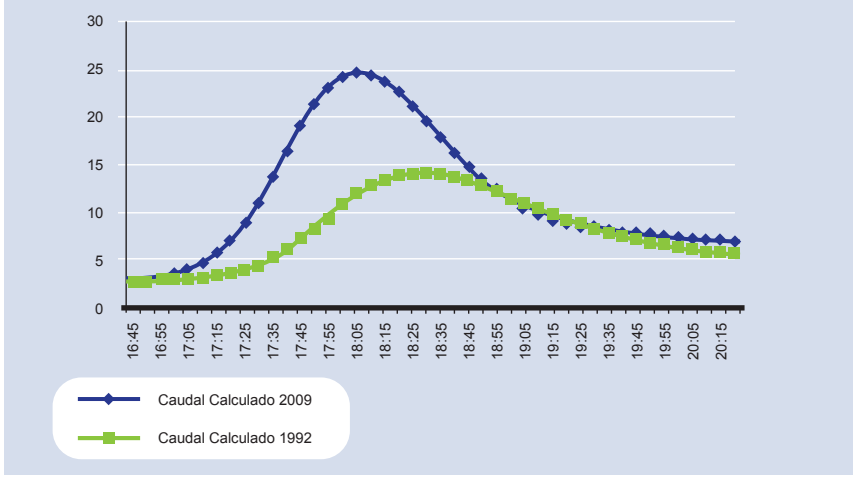


Gráfico 4: Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "La Málaga"
Fuente: "Análisis de crecidas máximas registradas en los eventos del año 2008 y 2009" MARN-SNET 2010

Finalmente, en el gráfico 5 se presentan los caudales calculados para la estación Belloso. La cuenca para ese punto de control es de 53.47 km^2, y la urbanización generada de 5.52 km^2 representa el 10.33% del área. Se experimentó un incremento de 16 m^3/s equivalente al 98% del caudal pico, y una reducción del 40% del tiempo de llegada.

Gráfico 5 **Caudales Belloso evento 17 septiembre 2009**

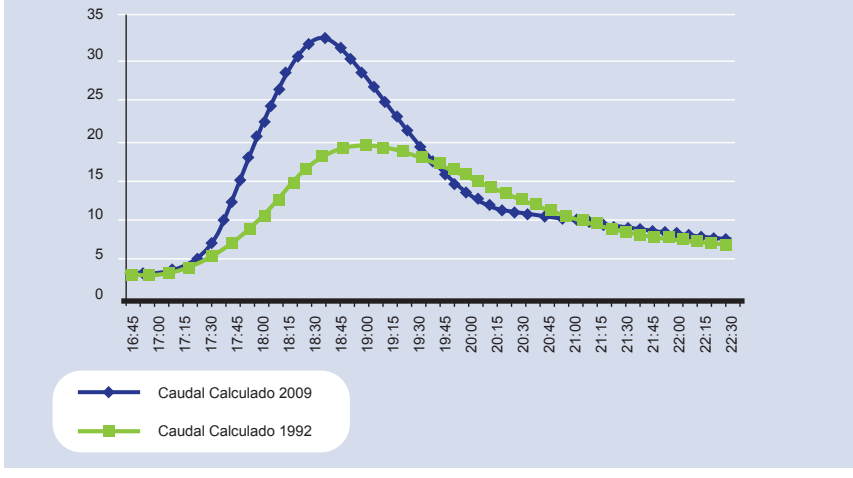
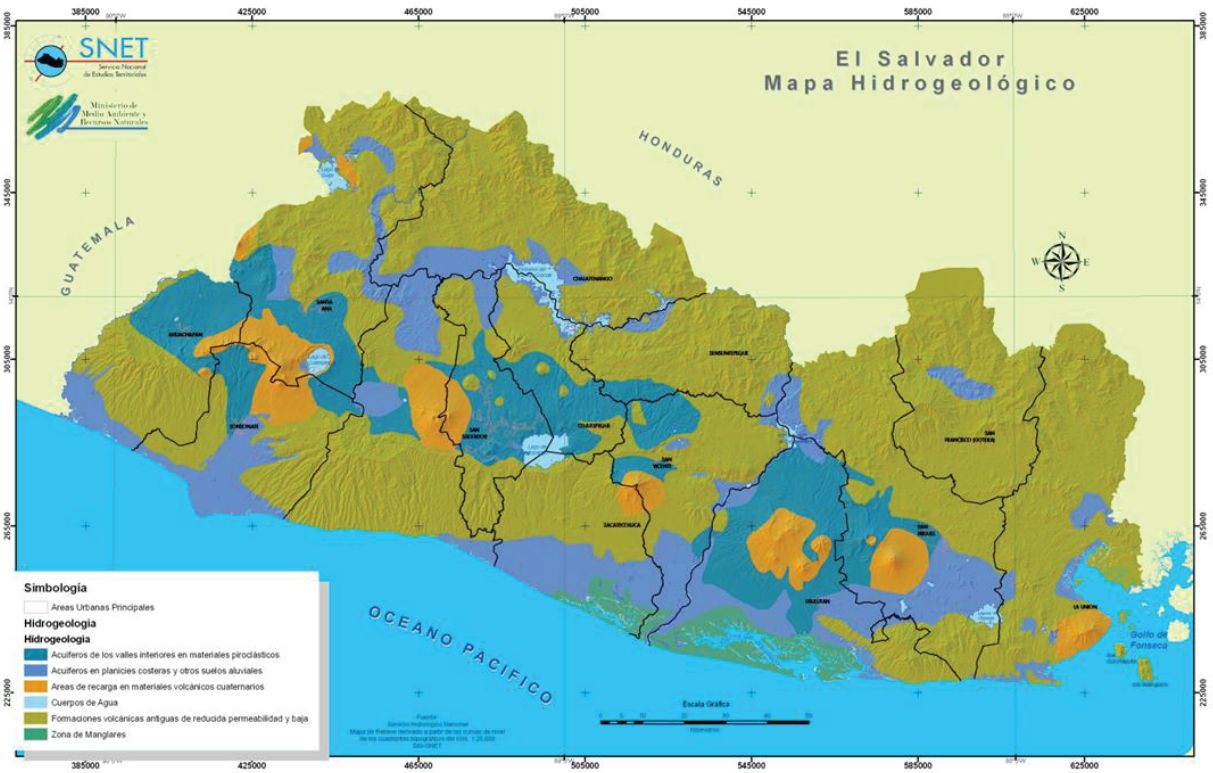


Gráfico 5: Hidrogramas calculados para el año 1992 y 2009 en el punto de control "Mercado Belloso"
Fuente: "Análisis de crecidas máximas registradas en los eventos del año 2008 y 2009" MARN-SNET 2010

4. Evaluación, ubicación y uso en zonas urbanas de las principales fuentes de agua, superficiales y subterráneas a nivel nacional

El abastecimiento de agua a las zonas urbanas o poblaciones de mayor densidad se lleva a cabo a través de la captación de agua superficial en ríos o manantiales y a través de la extracción mediante pozos situados en las principales zonas de acuíferos del país. El mapa 7 representa el mapa hidrogeológico actualizado del país MARN-SNET 2002, aunque el mismo fue determinado a partir de los estudios PNUD-ANDA1972 y PLANDARH 1982. La coloración azul representa los acuíferos interiores en el entorno de la cadena volcánica central conformado por materiales piroclásticos y de moderada a alta productividad hídrica. La coloración azul morada expresa los acuíferos conformados por depósitos aluviales que se presentan en la franja costera y en el entorno de zonas fluviales, embalses y humedales. La coloración anaranjada constituye zonas de recarga hídrica que se presentan especialmente en las estribaciones volcánicas.



Mapa 7: *Mapa hidrogeológico de El Salvador*
Fuente: MARN-SNET 2002

Los acuíferos pertenecientes al entorno de la cadena volcánica tienen una función estratégica, ya que son los que se encuentran próximos a las principales ciudades del país (AMSS, Santa Ana y San Miguel). Sin embargo, en las últimas décadas, han incrementado su vulnerabilidad debido a la mayor presión sobre el recurso hídrico y los efectos de la contaminación procedente de las áreas urbanas. Los acuíferos situados en la planicie costera han tenido históricamente una menor explotación para el abastecimiento de zonas urbanas, aunque han desempeñado un importante rol en el abastecimiento de la población local rural y en zonas de cultivo mediante riego. Sin embargo, uno de los problemas e impactos que éstos han experimentado, ha sido la presencia de trazas de contaminantes provenientes del uso intensivo de agroquímicos, principalmente en grandes plantaciones agrícolas de algodón y caña de

azúcar desde los años 50's. Por otro lado, se han presentado puntos focalizados de intrusión marina lo que genera una menor disponibilidad del agua en cuanto a la calidad. Uno de los acuíferos de mayor importancia estratégica en la zona costera es el de "El Jocotal" y "Olomega", ubicado en el extremo sur oriental del país, pues el mismo, a diferencia de otras zonas costeras se encuentra confinado al sur por las cordillera "Jucuarán-Intipucá-Conchagua" lo que lo aísla de la interacción con las dinámicas marinas, posibilitando su conservación como agua enteramente dulce. Por otro lado, no ha estado tan expuesto a la contaminación directa por efecto de plaguicidas y agroquímicos en el pasado, debido a que se encuentra en una zona natural protegida, sitios "Ramsar"[2] y de conservación de especies, conformado por las lagunas de Olomega y el Jocotal. Sin embargo, su vulnerabilidad se presenta por los efluentes contaminantes que pueden provenir del río Grande de San Miguel, el cual interactúa directamente con esa zona acuífera.

En la tabla 1 se presentan los diversos acuíferos existentes en el país y su ubicación se expresa en el mapa 8. Los acuíferos de Santa Ana-Chalchuapa y San Miguel, son los que abastecen mayoritariamente, en el orden de un 80%, a esas dos ciudades (Santa Ana 560,000 habitantes y San Miguel 470,000 habitantes), las cuales constituyen la 2da. y 3ra ciudades y departamentos en importancia del país, después de San Salvador y el AMSS.

Tabla 1: Formaciones acuíferas de El Salvador de acuerdo a la categorización (PNUD- ANDA 1972)

Tabla 1 — **Formaciones acuíferas de El Salvador de acuerdo a la categorización (PNUD - ANDA 1972)**

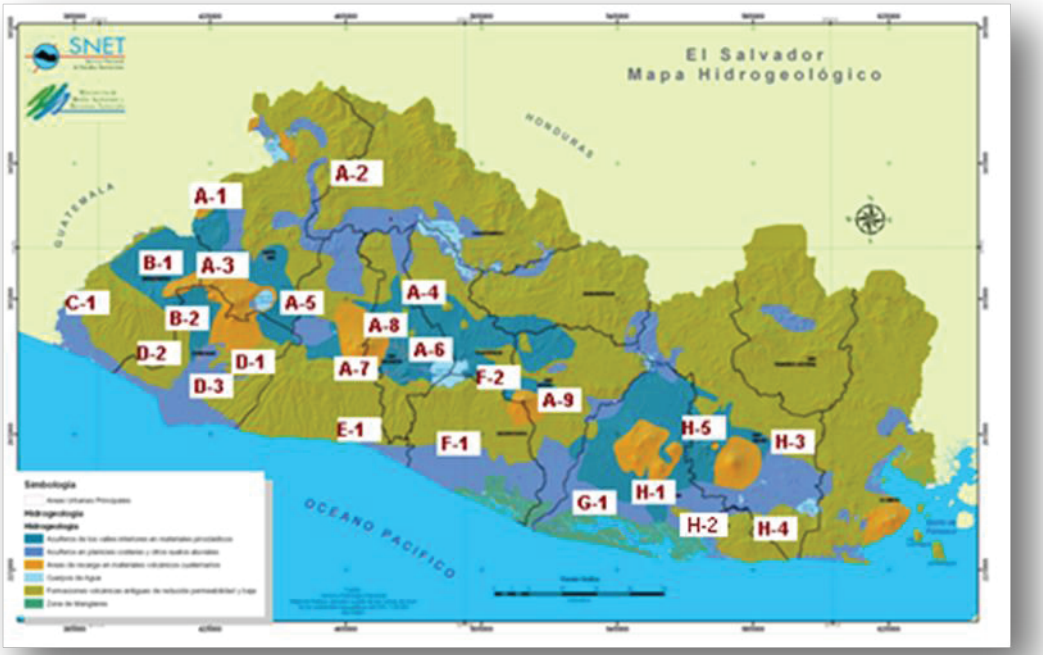
Código	Nombre del acuífero	Unidad hidrogeológica	Extensión	Espesor	Recarga anual
			Km^2	m	m^3/año x 10^6
A-1	Singüil	Piroclastos cuaternarios redepositados	24	30	7,00
A-2	Texistepeque	Piroclastos cuaternarios redepositados	40	40	10,00
A-3	Santa Ana - Chalchuapa	Lavas cuaternarias y piroclastos	200	80	90,00

[2] Nota del editor. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, conocida en forma abreviada como Convenio de Ramsar.

Código	Nombre del acuífero	Unidad hidrogeológica	Extensión	Espesor	Recarga anual
			Km^2	m	m^3/año x 10^6
A-4	Aguilares	Piroclastos cuaternarios redepositados	60	60	30,00
A-5	Coatepeque	Piroclastos cuaternarios	45	60	23,00
A-6	San Salvador	Lavas cuaternarias y piroclastos	160	100	42,00
A-7	Zapotitán	Depósitos piroclásticos y sedimentos lacustres	200	100	200,00
A-8	Quezaltepeque - Nejapa	Lavas cuaternarias y piroclastos	130	60	100,00
A-9	San Vicente	Lavas cuaternarias y piroclastos	100	100	55,00
B-1	Chalchuapa - Ahuachapán	Lavas cuaternarias y piroclastos	250	80	114,00
B-2	Omoa	Piroclastitas cuaternarias y lavas intercaladas	100	60	9,00
C-1	Paz - Acajutla	Depósitos sedimentarios aluviales	185	60	81,00
D-1	Izalco	Lavas cuaternarias y piroclastos	160	40	55,00
D-2	Sonsonate	Lavas cuaternarias y piroclastos	300	40	143,00
D-3	San Julián	Lavas cuaternarias y piroclastos	20	20	41,00
E-1	Libertad-Comalapa	Depósitos sedimentarios aluviales	85	40	30,00
F-1	Comalapa - Lempa	Depósitos sedimentarios aluviales y piroclastitas cuaternarias	400	60	418,00

Código	Nombre del acuífero	Unidad hidrogeológica	Extensión	Espesor	Recarga anual
			Km^2	m	m^3/año x 10^6
F-2	Ilopango	Piroclásticos cuaternarios	40	100	20,00
G-1	Lempa-Usulután	Sedimentos costeros, piroclastitas cuaternarias y lavas	450	100	298,00
H-1	Usulután	Piroclásticos cuaternarios	150	100	200,00
H-2	El Jocotal	Lavas y depósitos sedimentarios aluviales	130	60	100,00
H-3	San Miguel	Lavas cuaternarias y piroclastos	150	100	57,00
H-4	Olomega	Depositos aluviales	100	60	30
H-5	Quelepa	Lavas cuaternarias y piroclastitas	150	60	30

El acuífero de San Salvador es el principal acuífero de explotación para el suministro de aguas urbanas en el país. Sus extracciones representan aproximadamente el 33% del agua suministrada a la capital. Por otra parte, el acuífero de Quetzaltepeque – Nejapa cumple la función primordial de suministrar un estimado del 21% hacia la capital.



Mapa 8: *Ubicación de las formaciones acuíferas a nivel nacional cuya nomenclatura corresponde a la indicada en la tabla 1*
Fuente: MARN-SNET 2002

Las aguas superficiales constituyen la otra fuente estratégica de abastecimiento para diferentes ciudades y poblaciones de menor densidad en el país. La principal fuente de agua superficial es la captación y estación depuradora en el río Lempa conocida como "Las Pavas". La misma capta un caudal estimado de 2 m^3/s para el abastecimiento del AMSS y representa aproximadamente el 38% del suministro de agua a la capital. Otra vertiente de importancia para el suministro de agua, es el río Tamulasco ubicado en el departamento de Chalatenango. En el mismo, la administración nacional de acueducto y alcantarillado (ANDA) tiene instalada una estación de captación y depuración para el abastecimiento de la cabecera departamental prestando el servicio a más de 50,000 habitantes.

Uno de los problemas que ha presentado el aprovechamiento de las aguas superficiales ha sido su disponibilidad, tanto en cantidad como en calidad. En cuanto a la cantidad, las aguas superficiales en el país, se encuentran en franco detrimento en las últimas décadas, debido a la disminución paulatina de los caudales base, principalmente en la época seca. Esta situación fue ampliamente estudiada por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET-MARN 2005. A partir del mismo se determinó que gran parte de los principales ríos en el país estaban disminuyendo sus caudales base principalmente en la época seca, de tal forma que muchos de ellos se podían transformar a mediano plazo en meros drenajes naturales en la época lluviosa. Este problema se atribuyó primordialmente a la falta de protección, conservación de suelos y de cobertura arbórea en varias cuencas hidrográficas del país y a la variación hidrometeorológica, de tal forma que se ha dado una pérdida paulatina de la capacidad de infiltración y regulación del flujo sub-superficial que es el que mantiene los nacimientos y fuentes de agua como flujos tributarios de los ríos. El estudio llevó a cabo una clasificación en base a "niveles de anomalía", estableciendo precisamente para el río Tamulasco, una de las situaciones más críticas con un nivel de anomalía considerado como "muy alto", pues el río estaba perdiendo aceleradamente sus caudales en la época seca, de tal forma que se debían implementar acciones urgentes en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos en su

cuenca alta, más aún cuando depende del mismo, el abastecimiento de un importante centro poblacional.

En la tabla 2 se presenta la información comparativa de aforos realizados por ANDA en algunos de los principales nacimientos, ríos y puntos de captación como aprovechamiento de agua superficial, tanto aguas arriba como aguas abajo de la toma de agua, para el mismo día. Al respecto puede verificarse que los niveles de extracción superan en muchos casos el 50% de la disponibilidad, alcanzando incluso aprovechamientos superiores al 80% de la disponibilidad hídrica, tal como es el caso del río Tamulasco para los meses más secos del año (febrero y marzo), lo que reduce significativamente los caudales base o caudales ambientales que se requieren para mantener el equilibrio ecológico de los sistemas fluviales. Esta misma situación se refleja en las extracciones de algunos meses para varias fuentes de captación (Suchitoto, Nueva Concepción, Aguilares y Ahuachapán).

En el mapa 9 se presenta la ubicación de algunos de los nacimientos o fuentes de agua superficial más importantes a nivel nacional. En el mismo, se ilustra en coloración café claro y café obscuro, las zonas de moderado y mayor nivel de anomalía en cuanto a reducción de los caudales en la época seca. La coloración en verde significa un incremento de los caudales, debido a que la cuenca del río Acelhuate se trata de una cuenca urbana que drena los flujos de aguas residuales y tratadas del AMSS, la cuales han presentado un incremento en las dos últimas décadas.

Tabla 2: Fuentes de agua superficial y aforos realizados por ANDA (2009-2013)

Tabla 2	Fuentes de agua superficial y aforos realizados por ANDA (2009-2013)					
No.	**Fuente Superficial**	**Nombre**	**Municipio o población**	**Fecha**	**Departamento**	**Caudal (1/s)**
1	Río	El Rosario	Metapán	Febrero 2012	Santa Ana	12.23
	Río (aguas arriba de bocatoma)	El Rosario	Metapán	15 Enero 2013	Santa Ana	147.97
	Río (aguas debajo de bocatoma)	El Rosario	Metapán	15 Enero 2013	Santa Ana	64.08
2	Manantial (aguas arriba)	Caballeros	Aguilares	08/Marzo 2012	San Salvador	10.34
	Manantial (excedente)	Caballeros	Aguilares	08/Marzo 2012	San Salvador	5.45

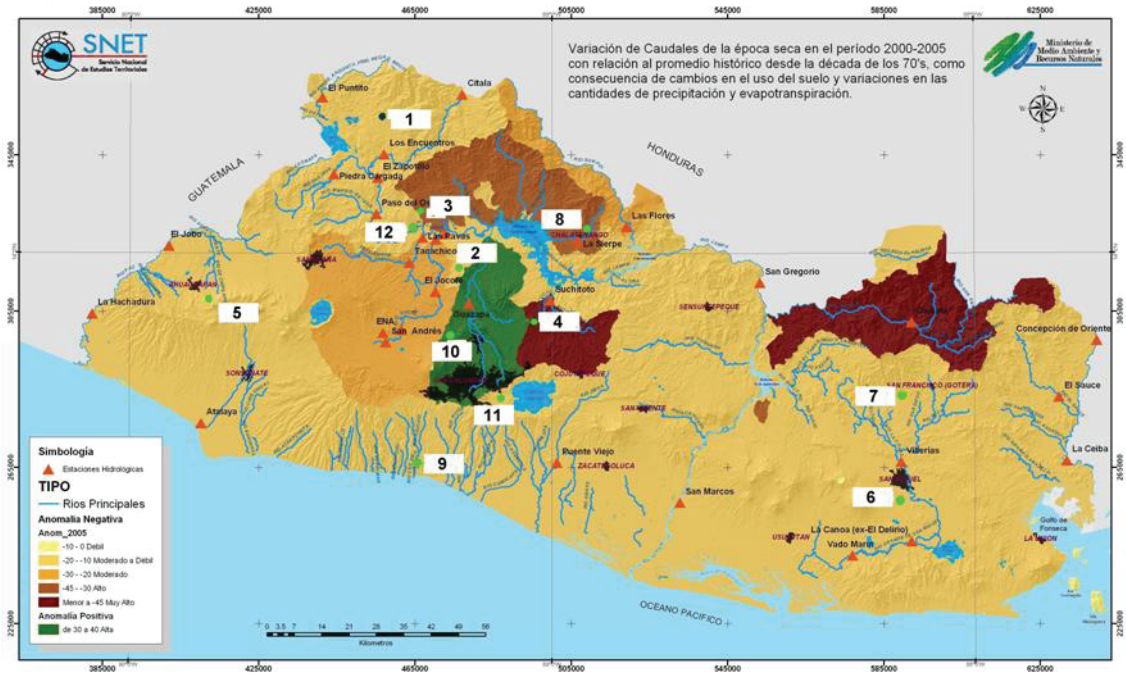
No.	Fuente Superficial	Nombre	Municipio o población	Fecha	Departamento	Caudal (1/s)
	Manantial (aguas arriba)	Caballeros	Aguilares	07/Diciembre 2012	San Salvador	11.17
	Manantial (excedente)	Caballeros	Aguilares	07/Diciembre 2012	San Salvador	1.74
3	Manantial	El Chaguitón I (Caudal total)	Nueva Concepción	27/Marzo 2012	Chalatenango	31.64
	Manantial	El Chaguitón I (Excedente)	Nueva Concepción	27/Marzo 2012	Chalatenango	16.39
	Manantial	El Chaguitón I (Caudal Total Aguas Abajo)	Nueva Concepción	7/Junio 2013	Chalatenango	3.88
	Manantial	El Chaguitón I (Caudal Total Aguas Arriba)	Nueva Concepción	7/Junio 2013	Chalatenango	22.73
4	Manantial	El Molino	Suchitoto	11/Abril 2012	Cuscatlán	29.70
	Manantial (Excedente)	El Molino	Suchitoto	11/Abril 2012	Cuscatlán	3.87
5	Manantial	El Cashal I y II	Ahuachapán	Junio 2009	Ahuachapán	10
	Manantial	El Cashal I y II	Ahuachapán	Junio 2009	Ahuachapán	1.73
	Manantial	El Cashal I y II	Ahuachapán	Mayo 2012	Ahuachapán	12.11
	Manantial (caudal total)	Apunián	Ahuachapán	22 Febrero 2013	Ahuachapán	787.41
	Manantial (excedente)	Apunián	Ahuachapán	22 Febrero 2013	Ahuachapán	638.88
6	Río	El Jute	San Miguel	24/Mayo 2012	San Miguel	192.89
	Río	El Jute agua abajo Planta ANDA	San Miguel	24/Mayo 2012	San Miguel	178.32

No.	Fuente Superficial	Nombre	Municipio o población	Fecha	Departamento	Caudal (1/s)
7	Manantial	El Borbollón	San Francisco Gotera	16 Mayo 2012	Morazán	21.51
8	Río (aguas arriba bocatoma	Tamulasco	Chalatenango	Enero 2009	Chalatenango	126.4
	Río (aguas abajo bocatoma)	Tamulasco	Chalatenango	Enero 2009	Chalatenango	49.1
	Río (aguas arriba bocatoma)	Tamulasco	Chalatenango	Marzo 2009	Chalatenango	74.8
	Río (aguas abajo bocatoma)	Tamulasco	Chalatenango	Marzo 2009	Chalatenango	0.81
	Río (aguas arriba bocatoma	Tamulasco	Chalatenango	16 Abril 2013	Chalatenango	37.44
	Río (aguas abajo bocatoma	Tamulasco	Chalatenango	16 Abril 2013	Chalatenango	7.62
9	Río (aguas arriba bocatoma	Chilama	La Libertad	Enero 2009	La Libertad	217.3
	Río (aguas abajo bocatoma)	Chilama	La Libertad	Enero 2009	La Libertad	130.5
	Río (aguas arriba bocatoma	Chilama	La Libertad	Marzo 2009	La Libertad	134.3
	Río (aguas abajo bocatoma)	Chilama	La Libertad	Marzo 2009	La Libertad	62

No.	Fuente Superficial	Nombre	Municipio o población	Fecha	Departamento	Caudal (1/s)
10	Río	San Antonio (antes de afluente nacimiento tres piedras)	Nejapa	Marzo 2009	San Salvador	60.8
	Río	San Antonio (antes de afluente nacimiento tres piedras)	Nejapa	Marzo 2009	San Salvador	208.7
	Manantial	San Antonio (antes de afluente nacimiento tres piedras)	Nejapa	13 Marzo 2009	San Salvador	56.96
11	Río	Cuaya (llegada a bocatoma)	Ilopango	Enero 2009	San Salvador	130
	Río	Cuaya (llegada a bocatoma)	Ilopango	Febrero 2009	San Salvador	77.3
12	Río	Lempa (Las Pavas)	San Pablo Tacachico	Febrero 2009	La Libertad	815

Fuente: Elaboración propia en base a programa de aforos realizados por ANDA (2009-2013)

Mapa Mapa de reducción de caudal de los ríos en época seca



Mapa 9: *Mapa de variación de caudales y ubicación de los aprovechamientos superficiales cuya numeración corresponde a la indicada en la tabla 2*
Fuente: MARN - SNET 2005

Desde la perspectiva de la calidad de las aguas, el país cuenta con un programa de monitoreo (Calidad de aguas-2011) que se viene ejerciendo desde el año 2005, a través del Observatorio Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). El monitoreo se lleva a cabo en 123 puntos de muestreo de 55 ríos en el país, los cuales son de gran importancia por sus diferentes usos ambientales consistentes en agua para consumo humano, riego, recreación, mantenimiento de vida acuática, etc. Para su evaluación utiliza el Índice de Calidad de Agua (ICA) formulado con un puntaje entre 0 y 100 y elaborado en base a normativas nacionales sobre calidad del agua y directrices de la OMS (Organización Mundial de la Salud). De acuerdo a los resultados obtenidos para el año 2011 el 88% de los ríos presentan una calidad ambiental entre regular y pésima, tal como se presenta en los registros históricos formulados de calidad del agua en los ríos expresados en la tabla 3. De acuerdo al informe la principal causa de contaminación de la mayoría de los ríos es la debida a aguas residuales domésticas sin tratamiento y falta de saneamiento básico, lo cual se evidencia con la presencia de altas concentraciones de coliformes fecales cuyos valores máximos alcanzan los 3.5 millones de bacterias/100 ml y DBO5 hasta de 122 mg/l, con la consecuente reducción del oxígeno disuelto.

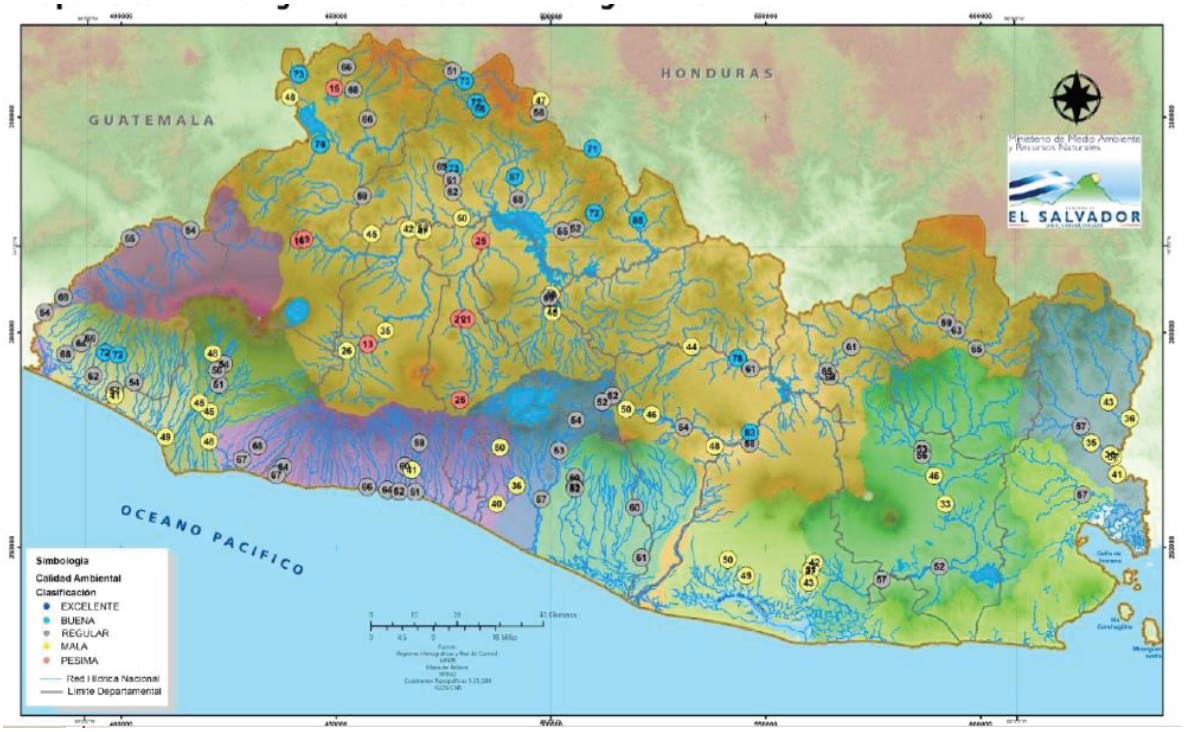
En lo que respecta a la viabilidad de usos para su depuración y potabilización mediante métodos convencionales, el monitoreo reportó que apenas 23 de los 123 sitios evaluados, correspondiente al 17%, cumplen con los requerimientos de acuerdo a la normativa del decreto 51 “Reglamento sobre la calidad del agua, control de vertidos y zonas de protección” para ser potabilizados por medio de métodos convencionales.

Tabla 3	Nivel de calidad del agua en los principales ríos de El Salvador

Calidad ambiental	Porcentaje de sitios				
	2006	2007	2009	2010	2011
Excelente	0%	0%	0%	0%	0%
Buena	17%	3%	0%	2%	12%
Regular	50%	45%	60%	65%	50%
Mala	20%	46%	31%	27%	31%
Pésima	13%	6%	9%	6%	7%

Fuente: Informe de calidad de agua 2011, MARN

En el mapa 10 se presenta la ubicación de los sitios de toma de muestras y el nivel de calidad obtenida, expresándose en azul los sitios de calidad buena, y con coloración gris, amarilla y roja, los sitios que presentan calidad regular, mala y pésima.



Mapa 10: Mapa de red de monitoreo y calidad del agua a nivel nacional
Fuente: MARN 2011

Es importante destacar que la calidad del agua en los tramos del río Lempa, anteriores a la estación de captación y depuradora "Las Pavas", presentan calidades entre regular y mala, lo cual supone mayores costos de depuración para ANDA en la producción estratégica de ese sistema para el abastecimiento del AMSS.

El agua potable en zonas urbanas

El servicio de agua potable a la población lo ejerce en todo el país, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la cual es una entidad autónoma de carácter público y constituida por decreto de Ley desde 1961 para proveer y garantizar el servicio de agua potable a la población y el servicio de evacuación y disposición final de las aguas residuales. Dicha entidad es la encargada de llevar a cabo los proyectos y programas dirigidos a la construcción y ampliación de la infraestructura de acueductos, alcantarillados y sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como la gestión de los mecanismos de financiación necesarios para dar cumplimiento a los objetivos de la institución. Entre otros aspectos, tiene a su cargo, elaborar y hacer efectivas las normas técnicas para los diseños y construcción de proyectos hidráulicos, emitir autorizaciones de explotación o "constancias de no afectación", desarrollo de estudios hidrogeológicos para la explotación de fuentes subterráneas, potabilización y control de calidad de las aguas en los puntos de extracción, captación y red de distribución, e implementación de tarifas de consumo de agua.

1. Características del proceso de descentralización, situación actual y producción de agua y consumo a nivel nacional

Entre los años 2001 y 2004 a través de la "Unidad de Descentralización" de ANDA, se discute el proceso de descentralización (SACDEL-2005), el cual posteriormente empieza a implementarse confiriéndosele la administración de una pequeña parte del servicio, a diversas municipalidades o entidades locales mediante la figura jurídica de asociaciones municipales, micro regiones o empresas mixtas (municipales-privadas y comunitarias) principalmente en el área rural. Este proceso se concibió sin perjuicio en las obligaciones de ley de ANDA, pues la entidad seguía siendo la titular y propietaria de los activos, pero trasladaba la administración local del recurso a estos nuevos operadores, con el acuerdo de acompañamiento técnico, asesoría, capacitación de personal encargado y gestión compartida para la financiación del desarrollo y mantenimiento de la infraestructura, de tal forma de poder ejercer una operación sostenible del nuevo modelo de gestión.

De esta forma, ANDA podía desligarse de la gestión directa en zonas rurales que le implicaban gran inversión de recursos administrativos, técnicos y logísticos, y por otra parte, seguiría percibiendo ingresos establecidos y acordados con los nuevos operadores, en función de la facturación local del abastecimiento de agua y alcantarillado.

En 2009 (Boletín estadístico, ANDA-2009), de los 262 municipios que componen el país, ANDA con su capacidad instalada atendió a 122 municipios con agua potable, lo cual representa el 46.6% del total de municipios; 45 municipios que equivalen al 17.2% fue atendido a través de operadores descentralizados y el 36.2% (95 municipios) fue abastecido por otros operadores. En general, esta distribución espacial en el territorio no es correspondiente con la distribución en cuanto a densidad de población, y especialmente, en cuanto a producción de agua ya que históricamente los operadores descentralizados y otros operadores autoabastecidos, únicamente producen conjuntamente en promedio entre el 5% y 6% de la producción de agua a nivel nacional. De acuerdo a datos generales, de una producción anual a nivel nacional de 366 millones de m^3 en promedio, los operadores descentralizados cooperan con 20 millones de m^3, tal como se verá más adelante. Sin embargo, ejercen una función primordial ya que el servicio lo llevan a cabo en muchos municipios rurales categorizados con un nivel de pobreza moderada a alta y las tarifas se

encuentran ajustadas a las posibilidades económicas de la población en el orden de 0,20 a 0,70 US$/$m^3$, contribuyendo grandemente a combatir la especulación y abusos por parte de vendedores intermediarios a través de carros o camiones cisterna que antes lo hacían a través de la venta de "barriladas" con un precio equivalente a 10.00 US$/$m^3$.

A partir del año 2012, empieza a revertirse el proceso de descentralización aduciendo por parte de ANDA, que los operadores descentralizados ejercen una gestión con baja eficiencia y capacidad técnica-administrativa, lo que incurre en un incremento de costos y bajos ingresos a la institución. Este desmontaje de la institucionalidad local, ha traído serios conflictos y rechazos a dicha medida ya que no sólo implica la reversión de una gestión administrativa, sino además, el impacto directo en la formación de la organización comunitaria y municipal, que fue configurando el empoderamiento de nuevos actores sociales en el desarrollo local a lo largo de la última década.

Precisamente, uno de los aspectos que prevaleció en la discusión política en los años precedentes a su implementación, fue la importancia y valoración de la medida en orden a fortalecer y desarrollar la participación ciudadana, municipal y comunitaria en el área rural, principalmente en lo concerniente a la toma de decisiones, y el desarrollo de responsabilidades en la gestión del recurso hídrico y trabajo organizado en torno a un servicio esencial para la población.

En una evaluación inicial del proceso de descentralización en el año 2005, efectuado por RTI Internacional (Moncada, L. RTI-2005), y citado en el análisis efectuado por SACDEL, se atribuye como uno de los logros más importantes del proceso llevado a cabo por ANDA, "el desarrollo de los recursos humanos a nivel local, el respeto a los derechos de los usuarios y una mayor conciencia sobre la necesidad de proteger los recursos hídricos".

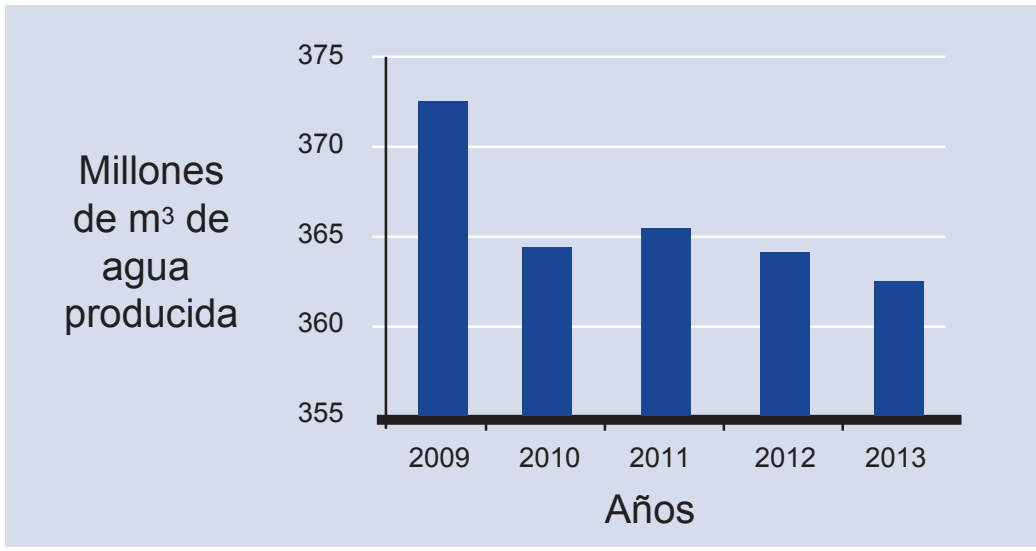
Para el año 2012 el aporte de la unidades descentralizadas fue de 16.4 millones de m^3, y para el año 2013 de 9.4 millones de m^3 representando el 2.4% del agua producida a nivel nacional. De acuerdo a la memoria de rendición de cuentas ANDA 2009-2014, 6 de las más importantes unidades descentralizadas han vuelto a ser retomadas desde 2012 por la institución, generando en ese año un incremento en su gestión de US$85,100.00. Aunque a la fecha todavía es muy reciente para evaluar los incrementos esperados de este nuevo proceso de centralización, en cuanto a la eficiencia y rendimientos en el servicio por parte de la institución, en la tabla 4 puede observarse que para los años 2012 y 2013 los niveles de producción y consumo a nivel nacional se han mantenido en términos generales prácticamente invariables, o incluso, han experimentado una disminución en relación a años precedentes tal como se ilustra en el gráfico 6. No así las pérdidas por fugas o conexiones ilegales, las cuales han experimentado un paulatino incremento entre 2008 y 2011.

Tabla 4 Comparativo entre la producción y el consumo de agua a nivel nacional (millones de m^3)

Año	Producido por ANDA	Producción otros sistemas descentralizados	Total de agua producida a nivel nacional	Consumo del sistema de ANDA a nivel nacional	Consumo de operadores descentralizados y autoabastecidos a nivel nacional	Total consumida	Pérdida por fugas o conexiones ilegales	% de pérdidas
2008	351.1	20.8	371.9	206.2	35.6	241.8	144.9	41.3
2009	353.4	20.3	373.7	202.4	36.9	239.3	151	42.7
2010	341.4	23.3	364.7	187.5	39.1	226.6	153.9	45.1
2011	345.7	20.4	366.1	179.8	39.7	219.5	165.9	48.0
2012	348.3	16.4	364.7	nd	nd	nd	nd	nd
2013	353.6	9.4	363	186.5	35.9	222.4	167.1	47.3

Fuente: Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA-2008-2011 y memoria de labores ANDA-2013 y de rendición de cuentas ANDA-2009-2014.
nd= Información no disponible

Gráfico 6 Producción de agua a nivel nacional



Fuente: Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA-2008-2011 y memoria de labores ANDA-2013 y de rendición de cuentas ANDA-2009-2014.
nd= Información no disponible

2. Capacidad financiera de ANDA en relación a la producción y a las pérdidas por fugas o conexiones ilegales a nivel nacional

Una de las fortalezas de la institución ha sido, a diferencia de otras entidades del estado o ministeriales, que la parte mayoritaria de sus ingresos y del presupuesto asignado se constituye a partir de la facturación directa que ejerce por la prestación del servicio, de tal forma que no depende únicamente de una partida proveniente del fondo nacional de la nación para su operación y funcionamiento, aunque la misma siempre se brinda interanualmente como parte del refuerzo presupuestario, ya que de acuerdo al pliego tarifario, el servicio se ejerce de forma subsidiada en función de los niveles de consumo. El presupuesto asignado se conforma además, por préstamos para inversión, montos no reembolsables, financiamiento de la cooperación internacional, etc.

Así, es en función del presupuesto total asignado que se planifican los objetivos interanuales en términos de agua y saneamiento, mejora en los servicios, mantenimiento y rehabilitación, incremento de la cobertura, etc.

En la tabla 5 puede observarse que entre los años 2008 y 2013, los ingresos por facturación han tenido un incremento importante, lo cual se atribuye a una serie de acciones relacionadas a la modernización del sistema de facturación, apertura de sucursales y puntos "express" de cobro ágil y accesible a los usuarios, mejoras en los servicios de atención al cliente, actualización e informatización con la implementación de nuevos y mejores paquetes informáticos "software" para el manejo de la base de datos, implementación de computadoras portátiles "handheld" para la lectura de medidores y mejor control de dotaciones de agua servidas, fugas y conexiones ilegales; mejor gestión en la recuperación de moras, incremento de la eficiencia en las tareas operativas y logísticas de mantenimiento y reparaciones de líneas de conducción y acometidas domiciliares y ampliación del servicio por nuevos usuarios, etc.

Por otra parte, en algunos años se ha visto fortalecida la asignación presupuestaria con refuerzos provenientes del fondo nacional y a través del financiamiento de préstamos y montos de inversión provenientes de la cooperación internacional, principalmente en aquellos años afectados por eventos meteorológicos extremos que han generado daños o desastres en los sistemas de conducción y distribución de agua y alcantarillado. Un año que se destaca al respecto ha sido el 2011, en el cual se experimentó la tormenta tropical IDA, afectando extensas zonas del país. En general puede observarse que el presupuesto total ejecutado ha tendido a incrementarse entre los años 2009 y 2011.

Un aspecto relevante es que pesar de todos los esfuerzos e incrementos significativos en la ejecución presupuestaria interanual, la producción de agua a nivel nacional, se ha mantenido prácticamente invariable o incluso ha experimentado una disminución, tal como se muestra en la tabla 5 alcanzando su punto de mayor eficiencia en el año 2009 y el de más bajo rendimiento de los años disponibles en el año 2011, pues no se dispone actualmente la información correspondiente al año 2012.

Tabla 5 **Producción de agua anual y montos presupuestarios ejecutados**

Año	Facturación y otros ingresos comerciales (millones US$)	Refuerzo presupuestario del fondo general de la nación, préstamos y cooperación internacional (millones US$)	Presupuesto ejecutado total (millones US$)	Agua producida a nivel nacional (millones de m^3)	Índice de relación entre presupuesto ejecutado y agua producida (US$/$m^3$)
2008	81.1	52.3	113.4	371.9	0.36
2009	80.1	13	93.1	373.7	0.25
2010	102.8	14.6	117.4	364.7	0.32
2011	102.8	64.5	167.3	366.1	0.46
2012	nd	nd	nd	364.7	nd
2013	110.1	25.7	135.8	363	0.37

Fuente: *Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA-2008-2011 y memoria de labores ANDA-2013 y de rendición de cuentas ANDA-2009-2014.*
nd= Información no disponible

A partir de los reportes institucionales y tomando en cuenta los fondos destinados para emergencias por eventos hidrometeorológicos, algunos de los aspectos atribuibles a esta situación son los altos precios de la energía y la necesidad de incrementar la eficiencia energética en los sistemas de bombeo, plantas de potabilización y abastecimiento de agua, pues los costos se han elevado significativamente en los últimos años. Al respecto se han iniciado convenios y acuerdos interinstitucionales con la entidad nacional de generación hidroeléctrica "Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa", CEL, con el fin de convenir precios de distribuidora de energía y no de grandes consumidores. Otro aspecto, ha sido la erogación de fondos destinados a la inversión en la apertura de nuevos pozos (26) y la rehabilitación de pozos antiguos (45) que habían estado en desuso desde hace muchos años. Por otra parte, la modernización en los sistemas de facturación, control de fugas, uso de instrumentos portátiles en la toma de lectura de medidores, implementación de paquetes informáticos de mayor capacidad para la gestión administrativa, e inversión en recurso humano han sido otros de los factores que han implicado mayores inversiones presupuestarias en los últimos años. Finalmente, puede destacarse un incremento sensible en los fondos destinados a la desinfección del agua cruda extraída de los pozos profundos y fuentes superficiales con el fin de volverla potable. De acuerdo a registros de la institución, para el año 2009 se utilizaron 1.5 millones de libras de cloro (cloro gaseoso e hipoclorito de calcio) a un costo de US$1.02 millones; sin embargo para el año 2011 se utilizaron 14.8 millones de libras de químicos a un costo de US$3.24 millones, lo que refleja un incremento del 300% en los costos necesarios para la purificación de la misma o incluso menor cantidad de agua.

Este hecho es de gran preocupación por cuanto refleja un indicativo de la contaminación paulatina del recurso o baja calidad del agua cruda que la institución requiere potabilizar, tal como se indicó anteriormente con respecto a los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de agua, en los tramos del río Lempa antecedentes a la estación "Las Pavas".

Por otro lado, las pérdidas en el sistema de distribución de agua han representado históricamente un significativo problema para la institución, las cuales se consideran entre moderadas y altas estimándose para el 2013 un valor de 47.3% a nivel nacional, tal como se presentó en la tabla 4. En el gráfico 7 puede observarse que este valor se ha venido incrementando paulatinamente, aunque ha experimentado una ligera disminución este último año, lo cual está asociado a los esfuerzos y mejoras que ANDA desarrolla en el marco de

Gráfico 7 **Porcentaje de pérdidas de producción de agua a nivel nacional**

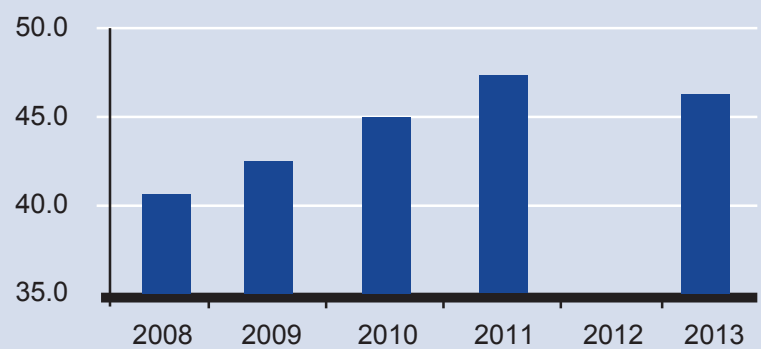


Gráfico 7: Comportamiento de pérdidas a nivel nacional (%)
Fuente: Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA 2008-2011; memoria de labores ANDA-2013 y rendición de cuentas ANDA 2009-2014

diversos programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las redes de acueducto y alcantarillado a nivel nacional. Estos programas han permitido corregir desperfectos ocasionados principalmente por la antigüedad de las tuberías. A nivel nacional se reporta que se llevaron a cabo para el año 2013, 51,257 reparaciones de las cuales 46,794 (91.72%) fueron hechas en redes y acometidas de acueducto y 4,463 (8.7%) en redes de alcantarillado sanitario.

3. Fuentes de suministro de agua para el área metropolitana, volúmenes de producción y consumo, y situación de las pérdidas por fugas y conexiones ilegales

Con respecto a la región metropolitana, AMSS, ANDA posee cuatro sistemas o fuentes primordiales de producción de agua: 1) Las Pavas, la cual constituye una fuente superficial de agua cuya captación se encuentra en el principal río del país, el río Lempa, y en el cual se tiene actualmente una capacidad operativa de 2.2 m^3/s. Este sistema constituye la principal fuente de agua superficial del país para consumo humano y se ubica a 44 km del AMSS. Representa aproximadamente el 38% de la dotación actual a la capital. 2) Sistema tradicional, el cual consiste en la producción mediante extracción de pozos profundos ubicados en el acuífero de San Salvador y representa un estimado del 33% del suministro de agua a la capital. 3) Sistema Zona norte, el cual consiste en la producción mediante extracción por pozos profundos y se ubica en las estribaciones bajas al norte del volcán de San Salvador (Acuífero “Nejapa - Quetzaltepeque - Opico”) representando el 21% del abastecimiento a la capital. Está localizado a un promedio de 18 km del AMSS y tiene la importancia estratégica de su bajo nivel de contaminación y buena conservación de las zonas de recarga hídrica, que ha mantenido durante muchos años debido a la categorización de desarrollo restringido y escasa urbanización que experimentó en los años 80′s y 90’s. Sin embargo, actualmente se encuentra bajo la presión de un nuevo escenario de desarrollo urbanístico habitacional e industrial y la desprotección de las zonas de recarga que antes eran restringidas, con la apertura de autopistas a principios de la década pasada y la recategorización en los usos del suelo, donde es frecuente observar a lo largo de las nuevas carreteras, planteles logísticos, fábricas, embotelladoras, grandes áreas de techos y parqueos impermeabilizados, rótulos indicando la venta de terrenos con vocación industrial autorizados, y últimamente, el inicio de la construcción de un extenso complejo habitacional de alta densidad, totalmente incompatible a la función estratégica hídrico- ambiental de esa región. 4) Sistema Guluchapa, sistema combinado mediante captación de fuentes superficiales y subterráneas ubicado en la zona sur oriente de la capital en la región hidrográfica Guluchapa, cuya cuenca se extiende entre el cerro San Jacinto y el lago de Ilopango. El mismo representa en promedio el 8% del abastecimiento a la capital conjuntamente con el aporte minoritario del único operador descentralizado que contribuye al abastecimiento del AMSS. Este sistema muchas veces se contabiliza conjuntamente con el aporte del Sistema Tradicional, lo cual alcanza entre ambos el 41%. En la tabla 6 se presenta la producción de agua en millones de m^3 proveniente de cada sistema al AMSS, a lo largo de los últimos 6 años. De nuevo puede verificarse que la producción ha tendido a disminuir en el periodo analizado.

Tabla 6 — **Sistema de producción de agua para el abastecimiento de la Región Metropolitana (AMSS) administrados por ANDA y otros sistemas (millones de m^3)**

Año	Las Pavas	Sistema tradicional	Sistema zona norte	Guluchapa	Otros sistemas	Total
2008	75.7	64	40.4	11.1	0.6	191.8
2009	78	62.3	41.5	10.6	0.51	192.9
2010	75.6	63.7	37.9	10	0.44	187.6
2011	75	65.1	35.7	10.7	0.5	187.0
2012	70.5	* 73.5	35.4	---	0.5	179.9
2013	70.5	60.6	38.3	13.9	0.51	183.8

Fuente: *Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA-2008-2011, memoria de labores ANDA-2013 y de rendición de cuentas ANDA-2009-2014.*
nd= Información no disponible
**Incluye sistema tradicional y Guluchapa*

En la tabla 7 puede observarse la distribución por categorías de uso del consumo de agua entre los años 2004 y 2011, en la región metropolitana de San Salvador, verificándose una disminución paulatina del consumo total a lo largo del periodo analizado.

Para el sector residencial en el año 2011, el consumo se ha establecido en 88.9 millones de m^3. De acuerdo a la categorización establecida por ANDA, para ese año la clase baja consumió un 38.2%, con un promedio de 11m^3/mes, la clase media un 41.2% con promedio de 30m^3/mes y la clase alta un 20.6% con un promedio de 87m^3/mes.

Tabla 7 — **Cuadro resumen de consumo por categorías generales de la región metropolitana en sistemas administrados por ANDA, explotación privada y operadores descentralizados (2004 - 2011) (Millones de m^3/año)**

Usuario	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Residencial	120.7	117.4	121	120.1	102.8	100	93.7	88.9
Industrial	1.9	1.7	1.4	1.3	3	2.6	2.2	2.4
Comercial	14.5	15.2	15.9	14.9	20.5	19	18.6	18
Sector Público	8.3	8.5	8.7	8.5	8.8	9.3	8.3	8.2
Total	145.4	142.8	147	144.8	135.1	130.9	122.8	117.5

Fuente: *Boletines estadísticos ANDA*

En la tabla 8 puede observarse que el porcentaje de pérdidas en la producción en el AMSS, presenta un comportamiento similar que a nivel nacional, pues las mismas han tendido a incrementarse, a diferencia del consumo que ha tendido a disminuir entre 2008 y 2011, sin que se conozcan las cifras de consumo para los años 2012 y 2013.

Tabla 8 Comparativo entre la producción y el consumo de agua en el (AMSS) (millones de m^3)

Año	Producido por ANDA	Producción otros sistemas descentralizados	Total producido	Total consumida	Pérdida por fugas o conecciones ilegales	% de pérdidas
2008	191.2	0.6	191.8	135.1	56.1	29.3
2009	192.4	0.51	192.9	131	61.4	31.9
2010	187.2	0.44	187.6	122.8	64.4	34.4
2011	186.5	0.5	187.0	117.5	69	37.0
2012	179.4	0.5	179.9	nd	nd	nd
2013	183.3	0.51	183.8	nd	nd	nd

Fuente: Elaboración propia en base a boletines estadísticos ANDA-2008-2011 y memoria de labores ANDA-2013 y de rendición de cuentas ANDA 2009-2014.
nd= Información no disponible

4. Cobertura de agua a nivel nacional en zonas urbanas y rurales

En cuanto al análisis de cobertura de abastecimiento de agua potable mediante tubería, y de acuerdo a la encuesta de hogares y propósitos múltiples para el año 2011, el área urbana posee un 90.42% mientras que el área rural posee un 63.05%. En la tabla 9 puede verificarse los diferentes tipos de servicio de agua bajo los cuales se abastece la población a nivel urbano y rural.

Tabla 9 Condiciones de servicio de agua para consumo humano a nivel nacional para el año 2011

	Rural		Urbano		País	
Descripción Servicio de agua	Familias	Porcentaje	Familias	Porcentaje	Familias	Porcentaje
Cañería	348565	63.05%	940137	90.42%	1288702	80.9%
Cantarera	29373	5.26%	39037	3.75%	68110	4.3%
Pozo artesanal	96440	17.44%	45420	4.37%	141860	8.9%
Manantial	70083	12.68%	7047	0.68%	77130	4.8%
Agua lluvia	6391	1.16%	6252	0.60%	12643	0.8%
Otros	2324	0.42%	1864	0.18%	4188	0.3%
Total	552876	100.00%	1039757	100.00%	1592633	100.0%
Servicio de baño						
Regadera	199008	36.0%	843272	65.4%	1042280	65.4%
Río o quebrada	57544	10.4%	6728	4.0%	64272	4.0%
Barril o pila al aire libre	295506	53.4%	189674	30.5%	485180	30.5%
Otros medios	818	0.1%	83	0.1%	901	0.1%
Total	552876	100.00%	1039757	100.0%	1592633	100.0%

Fuente: Elaboración propia en base a la EHPM-2011

5. Control de calidad de las aguas suministrada por ANDA

La calidad de las aguas suministradas, es otra temática de gran importancia en el consumo de agua potable a nivel nacional y desde la perspectiva de las aguas urbanas, especialmente en el AMSS.

ANDA cuenta con un reconocido Laboratorio de Control de Calidad de Aguas el cual se encuentra acreditado ante el Organismo Salvadoreño de Acreditación, OSA, y bajo la norma internacional ISO/IEC 17025:2005, y se constituye en el referente nacional en el análisis de aguas residuales para la US/EPA. Algunas de las características en cuanto al cumplimiento del laboratorio de la Normativa Salvadoreña Obligatoria (NSO) son las siguientes (Laboratorio Calidad de Aguas, ANDA-2014):

Cumple a nivel nacional en un 100% con respecto al número de muestras mínimas, normales y completas que exige la NSO, para evaluar la calidad del agua; así como del monitoreo de acuerdo a la frecuencia, numero de muestras y parámetros que son los requisitos sanitarios establecidos por la NSO de agua potable.

En cuanto al número de parámetros por tipo de análisis se cumple con el 100% de los parámetros que establecen las muestras mínimas. Sin embargo, se cumple con únicamente con el 65% de los parámetros (15 parámetros de los 23 que exige la NSO) que estipulan las muestras normales. Al respecto se tiene como meta a corto plazo el obtener el 100% de cumplimiento.

Se cumple únicamente con un 66% de los parámetros (23 parámetros de los 35 que exige la NSO) que estipulan las muestras completas. Al respecto se tiene como meta a corto plazo el obtener el 100% de cumplimiento.

La gama de parámetros que actualmente el laboratorio no realiza corresponden principalmente a la categoría de metales pesados (Bario Ba, Cadmio Cd, Cromo Cr, Mercurio Hg, Antimonio Sb, Selenio Se, Boro B y Nitritos NO_2), los cuales tienen gran significancia sanitaria, de acuerdo a los criterios de la NSO. Sin embargo, actualmente se están llevando a cabo las gestiones necesarias para la adquisición de un equipo ICP/MASAS y para la actualización de los programas informáticos de los equipos de cromatografía y espectrometría de masas para análisis de plaguicidas. Al respecto, de igual forma se pretende incrementar el alcance en las determinaciones analíticas de plaguicidas organoclorados, organofosforados y metales pesados.

De acuerdo a reportes institucionales, la implementación de su propio laboratorio le ha posibilitado a la institución un mejor control y monitoreo de la calidad de agua que la población consume, con una inversión entre US$360,000.00 y US$400,000.00 al año, a diferencia de llevar a cabo la subcontratación de un laboratorio privado que significaría una erogación de fondos en el orden de US$1.6 millones.

Tratamiento de agua en las ciudades

1. Cobertura de saneamiento y tratamiento de aguas residuales en las ciudades y a nivel nacional

El servicio de saneamiento en el país se ha caracterizado por presentar una marcada diferencia entre la cobertura urbana y rural, pues en las ciudades la cobertura de disposición de aguas negras mediante alcantarillado sanitario alcanza el 59%; mientras en el área rural apenas es de 0.64%, pues la modalidad principal en esta área de disposición y tratamiento de excretas, es mediante fosas sépticas (13.1%) y letrinas (76.9%), tal como se establece en la tabla 10.

Tabla 10 **Condiciones de saneamiento a nivel nacional**

Descripción Servicio sanitario	Rural		Urbano		País	
	Familias	Porcentaje	Familias	Porcentaje	Familias	Porcentaje
Inodoro al alcantarillado	3255	0.6%	610983	59.0%	614238	38.6%
Inodoro a fosa séptica	72268	13.1%	137810	13.0%	210078	13.2%
Letrinas	425188	76.9%	284553	27.0%	709741	44.6%
No tiene	52165	9.4%	6411	1.0%	58576	3.7%
Total	552876	100.0%	1039757	100.0%	1592633	100.0%

Fuente: Elaboración propia en base a la EHPM-2011

Aunque en las ciudades se tiene una cobertura mayoritaria de disposición mediante alcantarillado sanitario, existe una parte importante cuya disposición y tratamiento se ejerce a través de Inodoro a fosas sépticas (13%) y letrinas (27%), principalmente en zonas periurbanas y de escasos recursos económicos.
De acuerdo a valoraciones y análisis de experiencias en zonas marginales y periféricas, tal como lo expresa la Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples (EHPM-2010), apenas un 24% de los sistemas de disposición unifamiliar de aguas residuales de lavar poseen un funcionamiento adecuado mediante pozos de absorción, pues la gran mayoría no posee pozo, y en muchos de los casos las aguas residuales crudas son vertidas a las calles sin ningún tratamiento, o bien, el sistema en su conjunto funciona de manera deficiente de tal forma que los mismos no cumplen con los estándares requeridos de remoción de los constituyentes de las aguas residuales, contribuyendo grandemente a la contaminación de las aguas subterráneas, superficiales, suelos y alimentos, principalmente a través de la generación de microorganismos patógenos y la consecuente afectación a la salud de la población.

En el AMSS, no se posee un sistema integral de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, sino que el mismo se lleva a cabo mediante algunas plantas de tratamiento en complejos residenciales y otros sistemas particulares, los cuales no alcanzan a tratar de manera conveniente la totalidad de las aguas residuales de la ciudad, funcionando muchos de ellos con baja eficiencia. De acuerdo al estudio realizado por el Centro para la Defensa del Consumidor (Quiñonez, J. CDC-2014) la evaluación realizada desde organismos internacionales como el Banco Mundial, para el año 2007, asignaban al país un bajo nivel de tratamiento de aguas residuales, en el orden del 3%. El estudio sostiene, en cuanto a la inversión en el sector, que actualmente no se tiene establecido claramente una asignación de fondos pues la misma se lleva a cabo de manera

general dirigida al sector de agua potable y saneamiento. De acuerdo al informe de FOCARD-APS 2013, citado en el estudio, la inversión conjunta para el año 2011, entre ANDA y FISDL, fue de US$ 56.3 millones, considerándose un 30% de dicho monto destinado al saneamiento. En esa misma dirección el informe de FOCARD afirma: "... esta situación es el resultado del abandono que el sector ha tenido, al menos en los últimos 25 años, en términos de planificación y desarrollo, retraso en atender una reforma normativa e institucional del sector y la ausencia de voluntad política para enfrentar los desafíos de ordenamiento del mismo. En este sentido, el país carece, a la fecha, de una institucionalidad adecuada para atender los retos que implica una gestión integral de los recursos hídricos."

De acuerdo a FOCARD-2013, actualmente se cuenta con 89 plantas de tratamiento en todo el país, de las cuales 20 son administradas por ANDA y 69 son administradas por operadores municipales y privados. Según el estudio y de acuerdo a información brindada por ANDA, el volumen de aguas residuales producido en los sistemas de alcantarillado es de 111.1 millones de m^3 al año, equivalentes a un caudal de 3.52 m^3/s de los cuales se da tratamiento a 9.46 millones de m^3/año, equivalente a 0.30 m^3/s. Esto implica que solamente al 8.52% de las aguas residuales que se disponen al alcantarillado sanitario, recibe algún tipo de tratamiento antes de su descarga a cuerpos hídricos receptores. Según cálculos efectuados por FOCARD-APS-2013 los sistemas administrados por las municipalidades y algunas residenciales, producen un volumen estimado de 73.82 millones de m^3 al año, de los cuales, 16.40 millones de m^3 al año, cuenta con un tratamiento, lo que implica que el 22.23% reciben un tratamiento antes de ser vertidos a un cuerpo receptor. Sin embargo, no se cuenta con un seguimiento sistemático, por parte de alguna entidad competente, del funcionamiento y medición de las eficiencias de los sistemas, de tal forma que se desconoce si los vertidos tratados se encuentran dentro de los rangos y normativas establecidas. En la tabla 11 se presenta los datos referentes a las condiciones de cobertura de saneamiento a nivel nacional con alcantarillado sanitario.

Tabla 11 **Cobertura de saneamiento a través de sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales con alcantarillado sanitario. Administración pública y privada-municipal**

Descripción	Administración pública (ANDA) (con alcantarillado)	Administración municipal - privada (con alcantarillado)	Cifras totales
Número de plantas de tratamiento	20	69	89
Población atendida con tratamiento de aguas residuales (habitantes)	124,481	349,551	474,032
Porcentajes de población atendida (%)	26%	74%	100%
Producción anual de aguas residuales de los sistemas de alcantarillado (millones de m^3/año)	111.12	73.82	184.94
Caudal A.R. tratados de los sistemas de alcantarillado (millones de m^3/año)	9.46	16.40	25.86
Aguas residuales con tratamiento de los sistema de alcantarillado (%)	8.52%	22.23%	13.98%

Fuente. *FOCARD-APS 2013*

En la tabla 12 se presenta la cobertura mediante fosas sépticas y letrina a nivel nacional.

Tabla 12 **Cobertura de saneamiento a través de sistemas de fosas sépticas y tanques sin alcantarillado sanitario. Administración Comunitaria-Municipal**

Descripción	Administración Comunitaria - Municipal		Cifras totales
	Urbano	Rural	Total
Población (habitantes)	3,871,332	2,342,398	6,213,730
Disposición y algún nivel de tratamiento mediante fosa séptica (habitantes)	503,273	306,854	810,127
Porcentaje	13	13	
Disposición y algún nivel de tratamiento mediante letrinas (habitantes)	1,045,260	1,108,158	2,846,564
Porcentaje (%)	27	77	
Total	1,548,533	2,108,158	3,656,691
Porcentaje	40	90	59

Fuente: FOCARD APS 2013

2. Evaluación del abordaje institucional y marco normativo para el vertido de aguas residuales en el país

Actualmente se carece en el país de una ley general de aguas, a partir de la cual se establezca una autoridad rectora que regule y controle la situación de los vertidos y conciba una planificación general en cuanto a la descontaminación y fomento de un enfoque de desarrollo sustentable y coherente en el marco de una adecuada protección de los recursos y las cuencas hidrográficas. El anteproyecto de ley se encuentra actualmente en discusión en la Asamblea Legislativa.

En ese sentido, varias entidades del estado históricamente han intervenido en la problemática, de acuerdo a competencias parciales y sectoriales en diversos campos de acción sobre el control de vertidos, calidad de aguas, y enfoque sanitario, agroproductivo y ambiental, en función de sus alcances y atribuciones. Para ANDA su enfoque primordial es la protección y control de la calidad del agua proveniente de las fuentes superficiales y subterráneas, así como del agua presente en las líneas de conducción, distribución y consumo. Para el Ministerio de Salud, la importancia recae en el control y seguimiento desde una perspectiva sanitaria, en la erradicación de vectores, enfermedades relacionadas al agua y el fomento de adecuadas prácticas de saneamiento, principalmente en lo rural a través de sistemas unifamiliares de disposición. Para el MARN, su énfasis se enfoca en la regulación y monitoreo de vertidos, control de la contaminación y protección ambiental de los cuerpos receptores. Finalmente, para el Ministerio de Agricultura (MAG), su énfasis de trabajo está puesto en verificar la calidad de agua para riego agrícola.

Desde esta perspectiva, en muchas ocasiones no se ha trabajado de forma interinstitucional, coordinada y conjunta, sino de forma dispersa y sin asumir desde un enfoque integral, la problemática de la contaminación y calidad del agua.

Ha sido en los últimos años que se han hecho esfuerzos por desarrollar un abordaje coordinado y una acción interinstitucional más sistemática e integral, de tal forma que se han logrado acuerdos bajo los cuales se comparte información, se establecen mecanismos metodológicos conjuntos y se concibe el problema del agua en toda su dimensión como algo que afecta diversos campos de la vida nacional.

Sin embargo, a pesar de todo este esfuerzo, el marco normativo vigente para el control y disposición de las aguas residuales presenta serias deficiencias en cuanto a posibilitar una real protección y gestión integral de los recursos hídricos desde una perspectiva sanitaria, eco sistémica y de desarrollo sustentable, pues en muchos casos los parámetros regulados presentan rangos permisibles, muy alejados de estándares y referencias internacionales.

Un primer aspecto que puede señalarse es la modificación significativa que se llevó a cabo en el establecimiento de la Norma Técnica de ANDA-2005, sobre valores permisibles descargados al alcantarillado público, en relación al decreto No.50 de octubre de 1987, el cual establecía rangos permisibles mucho menores para ese mismo propósito, es decir, la norma técnica de ANDA-2005 amplió sustancialmente los límites permisibles de concentraciones de contaminantes que podían conducirse en el alcantarillado sanitario de las ciudades.

Esta situación tuvo que haber experimentado un impacto significativo en la capacidad de los sistemas de tratamiento, ya que los mismos fueron diseñados para ciertos caudales y determinadas concentraciones, y la nueva norma técnica de ANDA-2005 permitía un sustancial incremento de las mismas sin que ordenara de igual modo, mediante alguno de sus artículos, la rehabilitación o transformación de los sistemas de tratamiento a las nuevas condiciones de efluentes no ordinarios.

En la tabla 13 se presenta un cuadro comparativo entre los rangos modificados de la normativa de ANDA-2005 y los rangos que se establecían en el decreto No. 50, art. 81,1987.

Tabla 13 — **Valores máximos permisibles para la disposición de aguas residuales en el alcantarillado público**

Parámetro	Unidades	Máximo valor permisible norma anda (2005)	Decreto no. 50 (1987)
Aceites y grasas	mg/l	150	20
Aluminio (Al)	mg/l	10	
Arsénico (As)	mg/l	1.0	0.05
Boro (B)	mg/l	3	
Cadmio (Cd)	mg/l	1	
Cianuro Total	mg/l	1	0.10
Cinc (Zn)	mg/l	5	5
Cobalto (Co)	mg/l	0.5	
Cobre (Cu)	mg/l	3	0.20
Color Real	mg/l	No diferente al de la descarga doméstica	

Parámetro	Unidades	Máximo valor permisible norma anda (2005)	Decreto no. 50 (1987)
Compuestos fenólicos	mg/l	5	0.005
Cromo hexavalente (Cr+6)	mg/l	0.5	0.05
Cromo total (Cr)	mg/l	3	
DBO5	mg/l	400	
Detergentes (SAAM)	mg/l	35	
DQO	mg/l	1000	
Fluoruros (F)	mg/l	6	3
Fósforo total (P)	mg/l	45	
Herbicidas totales	mg/l	0.1	
Hidrocarburos	mg/l	20	
Hierro total (Fe)	mg/l	20	
Manganeso total	mg/l	4	
Materiales flotantes	mg/l	Ausentes	
Mercurio (Hg)	mg/l	0.02	
Molibdeno (Mo)	mg/l	4	
Níquel (Ni)	mg/l	4	
Nitrógeno total (N)	mg/l	100	
Organoclorados	mg/l	0.05	
Órgano fosforados y Carbonatos	mg/l	0.25	
PH	unid	5.5-9.0	5.5 - 9.0
Plata	mg/l	3	
Plomo (Pb)	mg/l	1.0	
Selenio (Se)	mg/l	0.15	
Sólidos sedimentables	mg/l	20	
Sólidos suspendidos			
Totales	mg/l	450	
Sulfatos (SO_4)2	mg/l	2000	
Sustancia radioactivas - ausente			
temperatura (°C)	°C	20-35	T°< 35
Vanadio (V)	mg/l	5	

Fuente: Estudio CDC, Elaboración en base a normas técnicas

Por otro lado, similar situación se presenta entre los valores definidos en la normativa obligatoria salvadoreña NSO, la cual establece intervalos permisibles para vertidos en cuerpos receptores provenientes de diferentes sectores industriales y los valores guía establecidos por la EPA y otros referentes internacionales.

Tabla 14

Comparativo de valores límites permisibles de constituyentes de aguas residuales dispuestas en cuerpo receptor, entre la norma salvadoreña NSO 13.49.01:09 y los valores guía indicados por la EPA y otros referentes internacionales.

Parámetro	Unidades	Concentración límite norma salvadoreña NSO.13.49.01:09	Concentración límite guía orientativo BM-EHS/EPA proveniente uso industrial
DBO_5	mg/l	200 – 3000	30
DQO	mg/l	400 – 3500	125
Sólidos suspendidos totales			
(SST)	mg/l	150 – 1000	45
N Total	mg/l	50	10
P total	mg/l	15	2
Grasa	mg/l	30 - 200	10
pH	Uni.	5.5 – 9.0	6 – 9
Total de bacterias coliformes	NMP/		
	100 ml	10,000	400
°T	°C		37
Color			No es aceptable un color ofensivo a la observación visual
Mercurio (Hg)	mg/l	0.01	0.01 – 0.015
Cadmio (Cd)	mg/l	0.1	0.01 – 0.015
Plomo (Pb)	mg/l	0.4	0.1 – 0.15
Arsénico (As)	mg/l	0.1	0.010 - 0.015
Cianuro (Cd)	mg/l	0.5	0.20 - 0.30
Cobre (Cu)	mg/l	1	0.25 - 0.375
Níquel (Ni)	mg/l	0.2	0.20 - 0.30
Cromo (Cr)	mg/l	1	0.10 - 0.15
Cinc (Zn)	mg/l	5	1.0 - 1.5
Antimonio (Sb)		---	No requerido para la mayoría de fuentes
Cobalto (Co)		0.05	0.03 (No requerido para la mayoría de fuentes)

Fuente: Estudio CDC, elaboración en base a normativa Salvadoreña NSO 13490109, en comparación a valores guía de "Industry Sector Environmental Health and Safety Guidelines (EHS)" promovido por el BM "US-EPA National Recommended Water Quality Criteria" y Global Effluent Guidelines (GEG) by Levy Strauss Co.

La Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) de "Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor" NSO 13.49.01.09, fue adoptada en base a acuerdo ejecutivo en marzo de 2009, entre el Ministerio de Economía, entidades empresariales y académicas. En la misma se establecieron valores límites de vertidos de usos industriales a cuerpos receptores (quebradas y ríos), que sobrepasan considerablemente los valores permisibles para aguas negras domésticas. Adicionalmente los límites establecidos para un mismo parámetro diferían en función del sector industrial del cual proviniese. Así por ejemplo, los límites para el DBO_5 varían entre 200 mg/l y 3,000 mg/l. Si se trata de fábrica de productos lácteos (600 mg/l), destilación de bebidas alcohólicas (3000 mg/l), fabricación de jabones (300 mg/l) o de la industria textil (200 mg/l).

Desde esta perspectiva, la norma salvadoreña, lejos de regular en función del control y disminución de las fuentes de contaminación y fomento de la preservación de los cuerpos receptores y ecosistemas, se vuelve un contra sentido que permite de forma oficial y legal, verter altas concentraciones de contaminantes provenientes de uso industrial muy distantes de los objetivos de saneamiento y de las normativas, pautas y exigencias internacionales. Pues dichos cargas y concentraciones de contaminantes no pueden ser auto depuradas por las corrientes naturales y cuerpos receptores.

En esa misma dirección, es importante recordar que los lineamientos promovidos por el Banco Mundial para la disposición de vertidos en corrientes superficiales y drenajes naturales, provenientes de usos industriales, establecen como guía fundamental, la preservación de la calidad ambiental del agua en el cuerpo receptor y establecen un marco normativo – guía con límites de parámetros basados en las directrices de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

De acuerdo a lo expresado en el estudio del CDC, citado anteriormente, "Dichos criterios para preservar una buena calidad ambiental del agua, se encuentran claramente definidas en las recomendaciones de calidad del agua establecidas por la EPA, "US-EPA National Recommended Water Quality Criteria". Tomando en cuenta y basándose en dichas recomendaciones, la agencia multilateral (BM) creó un documento de lineamientos-guía dirigido a la industria, con el objetivo de hacer énfasis en la preservación de la salud, el medio ambiente y la seguridad, "Industry Sector Environmental Health and Safety Guidelines (EHS)", en el cual se establece que todo proceso productivo industrial debe priorizar la incorporación y la realización de los procesos internos y previos necesarios para evitar, minimizar y controlar los impactos adversos en la salud de las personas, el medio ambiente y la seguridad integral de la población".

Por otra parte, un aspecto fundamental que se destaca dentro de los lineamientos guía, es la importancia de tener un conocimiento y caracterización del cuerpo receptor en su capacidad de asimilación y autodepuración, tomando en cuenta los tiempos estacionales del año, dado que la capacidad de dilución es mucho mayor en la época lluviosa que en la época seca, y por consiguiente es necesario establecer una "línea-base-estacional". A partir de esta caracterización o línea base es posible determinar y construir una matriz de usuarios y la factibilidad de establecer concentraciones máximas, volúmenes a descargar, frecuencias, momentos y puntos o tramos para efectuar las descargas.

Tal como lo establece el documento del CDC, "Una de las debilidades de las normativas y lineamientos de regulación en El Salvador, es precisamente este punto. Es decir, en el país se establece un patrón de límites y rangos permisibles de descarga sin un conocimiento hídrico a fondo del cuerpo receptor, y de las características cuantitativas y cualitativas, en función de la época seca o lluviosa, y de sus capacidades reales de autodepuración. Con ello, se ejerce una práctica de descargas de "vertidos tratados" con autorización, pero sin que los mismos contribuyan realmente al objetivo de saneamiento, preservación hídrica ambiental del cuerpo receptor y de su entorno natural".

Queda pendiente desde esta perspectiva, una iniciativa estratégica a nivel nacional que empiece a revertir al actual proceso de degradación, incorporando el saneamiento y la descontaminación de los cuerpos de agua receptores, como una acción fundamental que debe ser asumida inter institucionalmente y en diálogo franco con los actores sociales, económicos y políticos del país. Para ello, debe haber un esfuerzo institucional, dirigido al desarrollo de las propias capacidades investigativas, tecnológicas y administrativas, así como de gestión del financiamiento, que posibilite no solo la realización de importantes programas y acciones focalizadas, sino además, el desarrollo e implementación por fases de un sistema nacional de saneamiento, enmarcado en un modelo de gestión apropiado y en una planificación y elaboración de políticas públicas.

3. Evaluación de las aguas de reúso

Recientemente, se comienzan esfuerzos en la dirección de aguas de reúso, a través del Fondo de Inversión Social y Desarrollo Local (FISDL) en cooperación con la organización española Alianza por el Agua (AxA), la cual ha coadyuvado a fortalecer vínculos y relaciones de cooperación entre la institución y el CENTA de España. A partir de ello se han realizado cursos de capacitación a técnicos locales y enriquecimiento de manuales e instructivos para la promoción de una nueva agenda de saneamiento principalmente en zonas periurbanas y rurales. El enfoque va dirigido primordialmente, a la puesta en marcha de sistemas de tratamiento extensivos, los cuales permiten la aplicación de tecnologías apropiadas y de bajo coste mediante sistemas combinados de tratamiento preliminar, separación de sólidos, filtración, biofiltros horizontal y vertical, y lagunajes; los cuales permiten la reutilización de los flujos tratados en huertos, extensiones forestales y frutales, así como para el mantenimiento de jardines y del entorno paisajístico. Entre los requerimientos para su aplicación está el disponer preferentemente, de una fisiografía conveniente que permita el emplazamiento del sistema en gravedad, con el fin de evitar costes por rebombeo, la disposición de espacio, y la zona de aprovechamiento donde se reutilizará el agua tratada.

4. Gasto per cápita en los sistemas de tratamiento dentro de una estrategia de saneamiento a nivel nacional

Las inversiones requeridas para la implementación de una estrategia de saneamiento a nivel nacional, ya han sido estimadas en el marco de FOCARD-APS 2013, estableciendo los montos globales y costos per cápita en función del tipo de sistema de tratamiento a emplear, tal como se observa en la tabla 15.

Tabla 15 **Inversión necesaria en saneamiento de acuerdo a la población objetivo y tipo de sistema a implementar**

Descripción	Población (Habitantes)	Monto per cápita (US$/habitante)	Monto total (Millones US$)
Población urbana sin alcantarillado	27,050	325.00	8.79
Población rural sin saneamiento mejorado	243,295	150.00	36.49
Población urbana sin tratamiento de aguas residuales	2,378,735	275.00	654.15
Mejoramiento de sistemas individuales	3,090,702	30.00	92.72
Monto total			792.16

Fuente: FOCARD-APS 2013

Agua y salud en las ciudades

El nivel de disponibilidad de agua en cantidad y en calidad, es un aspecto directamente vinculado a la salud de la población tanto en las áreas rurales como urbanas. Generalmente en la época lluviosa, el país reporta un incremento de los cuadros epidemiológicos relacionados al dengue, dengue hemorrágico y otras enfermedades de tipo gastrointestinales, lo cual está asociado a retenciones de agua limpia en depósitos sin uso, encharcamientos que potencian el aparecimiento de larvas de zancudo *(Aedes aegypti)* y contaminación de fuentes de abastecimiento lo cual tiene una incidencia directa en la salubridad de los alimentos. Sin embargo, de acuerdo a cifras del Ministerio de Salud (MINSAL), aún en la época seca, esta problemática se mantiene. Se ha establecido que aun siendo alta la cobertura de agua potable mediante cañería domiciliar en áreas urbanas, solo el 66.5% de éstas cuentan con un servicio continuo de agua (esta condición se entiende como el servicio de agua suministrado durante 7 días a la semana durante al menos 4 horas diarias), mientras que las viviendas en el área rural, el servicio continuo cubre un 34.6% de la población. Esta situación trae como consecuencia que los hogares se ven forzados a almacenar agua en recipientes y lavaderos, lo que trae consigo un riesgo a la salud en tanto que de acuerdo a los registros del MINSAL, el aparecimiento del vector transmisor del dengue en la época seca, alcanza un 83% de positividad en los depósitos útiles al interior de las viviendas.

Por otra parte, la ausencia de una disposición mejorada de los servicios de aguas negras, y la disposición de aguas servidas sin tratamiento previo y el bajo tratamiento de las aguas negras antes de la disposición final a los drenajes naturales o a través de mecanismos de infiltración, es otra variable que incide directamente en la salud de la población. Aunque la cobertura de servicios mejorados es alta en las áreas urbanas, las familias que carecen de ello, son las más afectadas y vulnerables, y las que recurrentemente presentan cuadros infecciosos asociados a la transmisión de enfermedades por mecanismo fecal – oral, como diarreas, entre las cuales se incluyen parasitismo intestinal, fiebre tifoidea, paratifoidea y salmonelosis, habiéndose reportado en el año 2012, una cantidad de 303,393 casos atendidos por el sistema hospitalario. Al respecto puede evidenciarse mediante muestreo y análisis de laboratorio, que este cuadro infeccioso se debe en gran parte a factores de riesgo relacionado a aguas contaminadas en pozos artesanales y fuentes de aguas superficiales las cuales reportan presencia de coliformes totales, coliformes fecales, parásitos, virus, E. coli y otros. Entre ellos, el rotavirus que ha afectado primordialmente a la población infantil menor de 4 años, habiéndose reportado para el mismo año 615 casos atendidos.

En la tabla 16 se presenta el reporte de las primeras 10 enfermedades que son causa de mayor frecuencia de consulta ambulatoria en la red de servicios de salud del MINSAL. Las “demás causas” se refieren a lesiones externas (accidentes, caídas, heridas), atenciones neonatales, infantes, maternales, y otras enfermedades y afectaciones. Las enfermedades diarreicas, aunque representan un bajo porcentaje en relación a las consultas ambulatorias totales, requieren de otras consultas relacionadas a servicios de laboratorio y exámenes, lo cual incrementa el servicio de asistencia para enfermedades de tipo infeccioso que están relacionadas con el agua y la salubridad. Adicionalmente, respecto a los servicios hospitalarios, el MINSAL establece que en relación a estas primeras 10 causas, el 44.37% de la atención y egresos de hospital es debido a enfermedades de tipo infeccioso-contagioso, entre las que se encuentran las enfermedades diarreicas y gastrointestinales, así como infecciones en vías urinarias y neumonía. Por otra parte, un 13.8% lo representan las enfermedades crónico - degenerativas, principalmente la insuficiencia renal crónica.

Tabla 16 **Causas más frecuentes de consultas ambulatorias en la red de servicios del MINSAL**

No. de Orden	Diagnóstico	Total
1	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	1,525,620
2	Hipertensión esencial (primaria)	710,779
3	Faringitis aguda y amigdalitis aguda	699,125
4	Otras enfermedades del sistema urinario	530,477
5	Personas en contacto con los servicios de salud para investigación y exámenes	481,498
6	Diabetes Mellitus	360,785
7	Diarrea de presunto origen infeccioso	302,393
8	Otros síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	293,704
9	Otros traumatismos de regiones especificadas, de regiones no especificadas y de múltiples regiones del cuerpo	287,378
10	Otras enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo	282,221
	Demás causas	5,288,705
	Totales	10,762,685

Fuente: Memoria de labores MINSAL 2013

Al respecto, es importante destacar que la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas provenientes de los usos industriales y agropecuarios, ha adquirido en los últimos años gran relevancia y materia de discusión y atención por parte de las autoridades de Salud y Medio Ambiente, debido al incremento notorio en algunos puntos específicos del país, de enfermedades renales crónicas (ERC), asociadas al uso intensivo de plaguicidas y contaminación de aguas con trazas de elementos químicos y metales, que tienen entre sus causas principales las fumigaciones intensivas en las antiguas haciendas algodoneras y en alguna medida en las actuales plantaciones de caña de azúcar, pues los niveles freáticos de los acuíferos locales son de muy poca profundidad oscilando entre los 4 m y 12 m, lo cual los hace muy susceptibles a la contaminación.

Si para el año 2007 las consultas por ERC fueron de 16,464, reportándose 505 fallecidos, las mismas han ido en un incremento paulatino en los últimos años, alcanzando 32,366 en el 2012 y con una cifra de 809 personas fallecidas. Entre los departamentos más afectados del país, las tasas de muertes para esta enfermedad por cada 100,000 hab., son de 28.8 y 25.6.

Por otra parte, aunque muchos de los brotes donde se han disparado las cifras, no pertenecen propiamente a áreas urbanas, la incidencia de éstas tiene un factor preponderante ya que, la alta contaminación de las aguas superficiales que se producen en el AMSS, genera impactos directos a través de todo su recorrido hasta su desembocadura al mar, pues a lo largo de dicho trayecto hay usos diversos relacionados a riego, pesca, usos recreativos, y retención en embalses hidroeléctricos, entre otros, hasta finalmente alcanzar la zona deltaica del Bajo Lempa en la planicie costera, cuyas amplias extensiones son recurrentemente inundadas afectando pozos artesanales, sembradíos comunitarios, animales domésticos de granjas familiares, acuíferos locales y otros usos agropecuarios.

Las defunciones por todas las causas registradas en el año 2012 en la red de hospitales del MINSAL fueron 10,024, reportándose una disminución de 116 fallecidos en relación al 2011. Con ello, la tasa de mortalidad general para el año 2012 fue de 160.4 x 100,000 habitantes.

Aunque el MINSAL no establece explícitamente las inversiones o gastos de acuerdo a las principales causas de atención ambulatoria y

hospitalaria, puede destacarse a partir de los datos presentados anteriormente, que los costos que el país realiza destinado a la atención de padecimientos relacionadas a la problemática del agua y del saneamiento, son muy significativos, y podrían estimarse en el orden del 10% - 15% del presupuesto total anual de US$625.00 millones, considerando el alto porcentaje que representan entre las primeras 10 causas de atención ambulatoria y hospitalaria, las enfermedades infecto-contagiosas, infecciones urinarias, gastrointestinales, las enfermedades renales crónicas y los requerimientos de servicios de exámenes y análisis que ellas demandan.

El comportamiento del presupuesto anual proveniente del gobierno central y financiamiento de diversas fuentes del MINSAL se presenta en la tabla 17. En la misma puede observarse una tendencia creciente del presupuesto anual, pues el mismo representaba en el 2008 el 1.9% del PIB, mientras que en el 2012 representó el 2.4%.

Tabla 17 **Variación del presupuesto anual en los últimos años y fuentes de financiamiento**

Total del presupuesto por fuente de financiamiento	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
GOES	307.1	329.4	328.4	384.4	488.3	483.8	555.4
Préstamos externos	41.4	40.2	105.1	76.2	38.5	45.3	42.3
Donaciones	5.7	13.2	8.2	12.8	13.3	15.1	12.6
Recursos propios	14.8	14.8	15.5	11.3	11.5	14.6	12.6
FAE	1.4	1.7	1.7	1.7	2.3	2.3	2.3
Total presupuesto	371.4	399.3	458.9	486.4	553.9	561.1	625.5
Tasa de crecimiento anual	**0.8%**	**7.5%**	**14.9%**	**6.0%**	**13.9%**	**1.3%**	**11.5%**
GOES	83%	82%	72%	79%	88%	86%	89%
Préstamos externos	11%	10%	23%	16%	7%	8%	7%
Donaciones	2%	3%	2%	3%	2%	3%	2%
Recursos propios	4%	4%	3%	2%	2%	3%	2%
FAE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
TOTALES	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Fuente: Memoria de labores MINSAL 2013

En relación a la mortalidad infantil en el país, puede destacarse que la tasa de mortalidad de infantes menores de 5 años y neonatales, ha tenido una disminución apreciable en los últimos años. Para el año 2007, en relación a niños menores de 5 años, la tasa fue de 15.80 por cada 1000 nacidos vivos. Para el año 2012 la tasa fue de 12.5, tal como se presenta en el gráfico 8.

Gráfico 8 **Comportamiento de la tasa de mortalidad infantil**

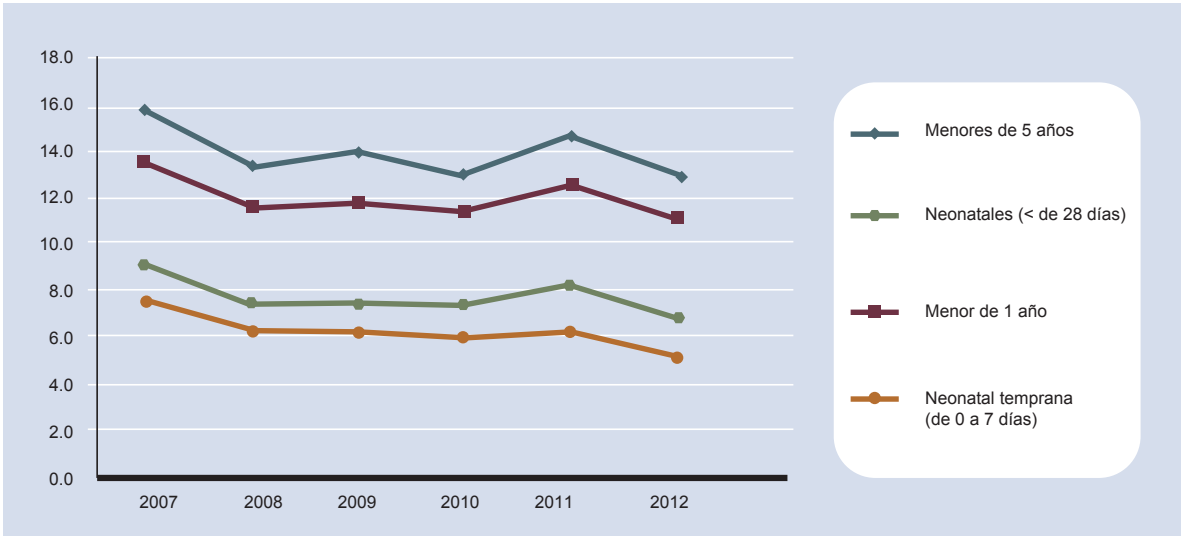


Gráfico 8: Comportamiento de la tasa de mortalidad infantil
Fuente: Memoria de labores MINSAL 2013

Esta importante disminución en la tasa de mortalidad de infantes menores de cinco años, perinatales y neonatales, registrada en los últimos años se debe en gran medida a la implementación de un modelo de salud que privilegia la Atención Primaria de Salud Integral (APSI), el cual conlleva la extensión de programas de inscripciones prenatales para el mejoramiento de la atención, controles y educación materno – infantiles, los cuales han sido de gran beneficio y contribuido a una reducción de las principales causas de muerte infantil, entre las cuales se encuentran asfixia perinatal, sepsis neonatal y prematurez.

Estos mismos programas han contribuido significativamente a reducir la muerte materna, registrándose 64 casos de defunciones para el 2011, y 53 casos para el 2012. El MINSAL reporta que con ello se han alcanzado los objetivos del milenio 5 para el año 2015, que consisten en reducir hasta dos terceras partes la mortalidad materna equivalente a una tasa de 52.8 x 100,000 nacidos vivos (nv), en relación a la tasa de 1990 que fue de 211 x 100,000 nv. La tasa para el año 2012 se reporta en 42 x 100,000 nv.

Desde esta perspectiva, es importante observar que entre los principales desafíos para el país, no solamente se presentan como tales los esfuerzos por incrementar los servicios de salud en cuanto a atención ambulatoria y hospitalaria, así como los recursos en personal profesional e infraestructura, tratamientos y medicamentos respectivos desde de las asignaciones presupuestarias de estado; sino además, el generar las condiciones desde la óptica de impulsar un modelo de desarrollo social y económico, con equidad y sustentabilidad hídrica-ambiental, que propicie las condiciones para elevar y mejorar las condiciones de vida de la población, en relación a una vivienda digna con servicios básicos, protección de los ecosistemas y medios de vida de la población, descontaminación ambiental, gestión integral de las cuencas hidrográficas para el mantenimiento de la cantidad y calidad del agua, promoción de hábitos saludables de vida y pautas culturales que fomenten una práctica social menos consumista, entre otros. Todo ello se encuentra íntimamente vinculado al cuadro de las principales 10 causas de servicios de salud, de tal forma, que un giro económico-social en esta dirección, puede coadyuvar a regular y disminuir grandemente la carga social que se va generando año con año sobre el sistema de salud, propiciando con ello un servicio más eficiente, con posibilidad de potenciar otras áreas estratégicas en el desarrollo de los servicios de salud preventivos, de diagnóstico, tratamiento y curativos.

Cambio climático y variabilidad: su impacto en el agua de las ciudades

La variabilidad climática y los impactos asociados de la misma y del cambio climático sobre la dinámica de las aguas urbanas, se han sentido con mayor intensidad en las últimas décadas, reflejándose en el incremento de la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos, aumento de las intensidades de lluvia (mm/min) y sus periodos de retorno, disminución de la precipitación media e incremento de la temperatura en algunos puntos del país, incremento de días consecutivos secos en la época invernal y disminución de días consecutivos lluviosos, principalmente. Todos estos aspectos han sido estudiados, en años pasados, desde la perspectiva de la variabilidad climática por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), hoy Observatorio Ambiental del MARN, y desde la perspectiva del cambio climático por diversos estudios realizados en interacción entre entidades nacionales e internacionales, a partir de proyecciones climáticas en cuanto a variación de temperatura y lluvias para diferentes escenarios de emisiones y mediante la modelación de reducción de escala a partir de los resultados obtenidos de los modelos de circulación global.

En base al análisis interdecadenal, el Servicio Hidrológico Nacional del SNET, analizó en el año 2005 el comportamiento de la lluvia y temperatura en una serie de estaciones meteorológicas a nivel nacional. Con respecto a la temperatura los resultados de 10 estaciones con datos de más de 40 años, indicaron una tendencia generalizada al incremento de la temperatura a partir de mediados de los años 70's con intervalos que varían entre 0.4°C a 2.2 °C. En los gráfico 9 y 10 puede observarse la tendencia al incremento de la temperatura en dos estaciones meteorológicas ubicadas en altitudes diferentes al occidente del país, en el departamento de Santa Ana, y para un registro mayor a los 40 años.

Gráfico 9 **Estación Santa Ana El Palma A-12 Altitud: 725 msnm**

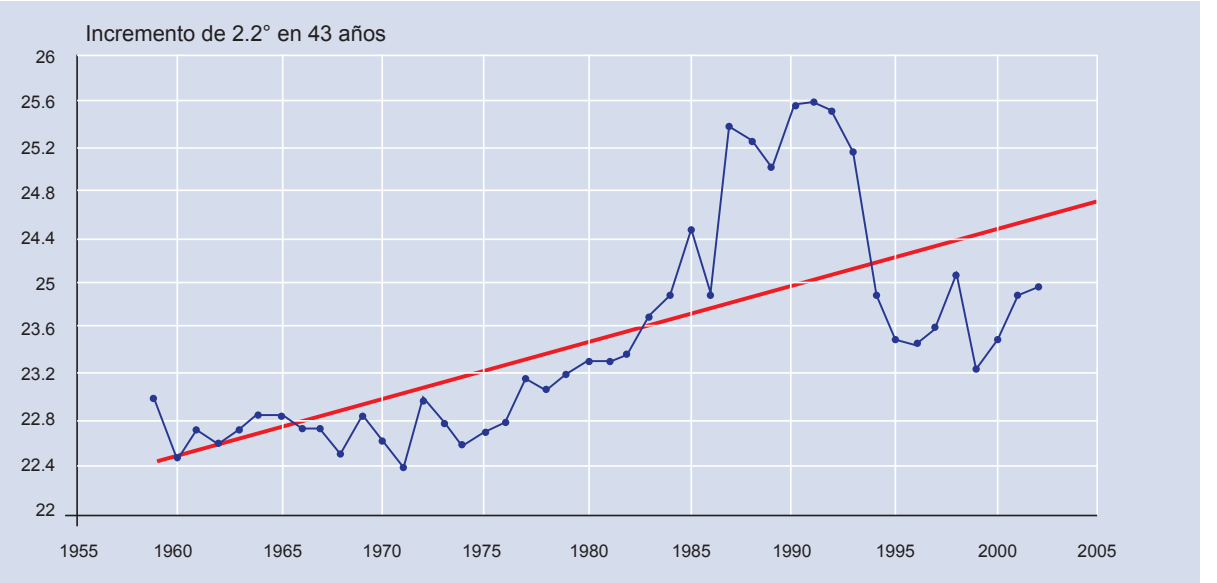


Gráfico 9: Análisis de la T° en la estación El Palmar A-12, Santa Ana
Fuente: Comportamiento de la variabilidad climática T° y lluvia en algunas estaciones del país SNET 2005

Gráfico 10 **Estación Guija A-15 Altitud 485 msnm**

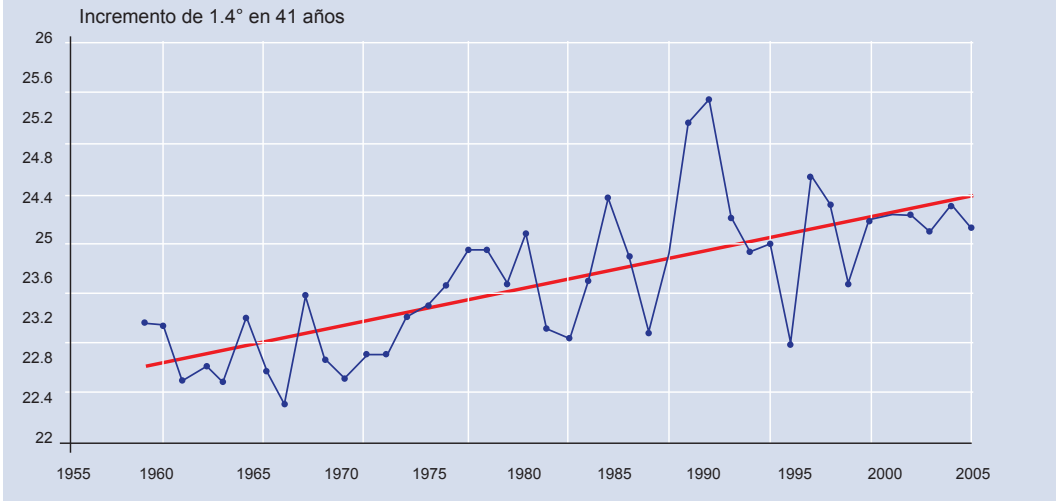


Gráfico 10: Análisis de la T° en la estación Guija A-15, Santa Ana
Fuente: Comportamiento de la variabilidad climática T° y lluvia en algunas estaciones del país SNET 2005

Con respecto a la lluvia, se llevó a cabo el análisis de 17 estaciones a nivel nacional, para el periodo comprendido entre la década de los 50's y el año 2005, estableciéndose considerables reducciones de lluvia, principalmente en algunas estaciones del oriente del país, cuya zona está siendo afectada interanualmente por sequías e incremento de días consecutivos secos en la época invernal. El análisis determinó que aproximadamente el 70% de las estaciones analizadas experimentó un decrecimiento de la lluvia y el 30% experimentó un incremento de lluvia. La estación con una reducción más severa fue la del departamento de La Unión con una reducción de 800 mm en 78 años de registros, pasando de 2100 mm a 1300 mm en promedio. Esta fuerte reducción de lluvia, ha causado gran preocupación y escenario de mayor atención, de tal forma que se siguen analizando los datos y validez de los mismos, principalmente los registrados en la primera mitad del siglo XX. En los gráficos 11 y 12 se presentan las tendencias de los registros de dos de las estaciones que reflejan el comportamiento antes señalado.

Gráfico 11 **Estación L-1**

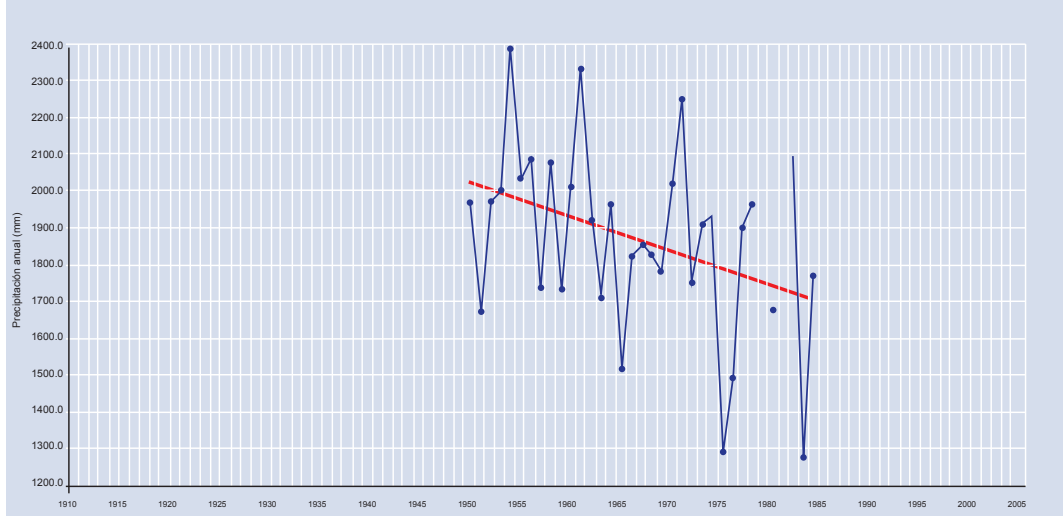


Gráfico 11: Análisis de la precipitación (mm) en la estación L-1, La Libertad
Fuente: Comportamiento de la variabilidad climática T° y lluvia en algunas estaciones del país SNET 2005

Gráfico 12 **Estación Cutuco N-2 Altitud 5 msnm**

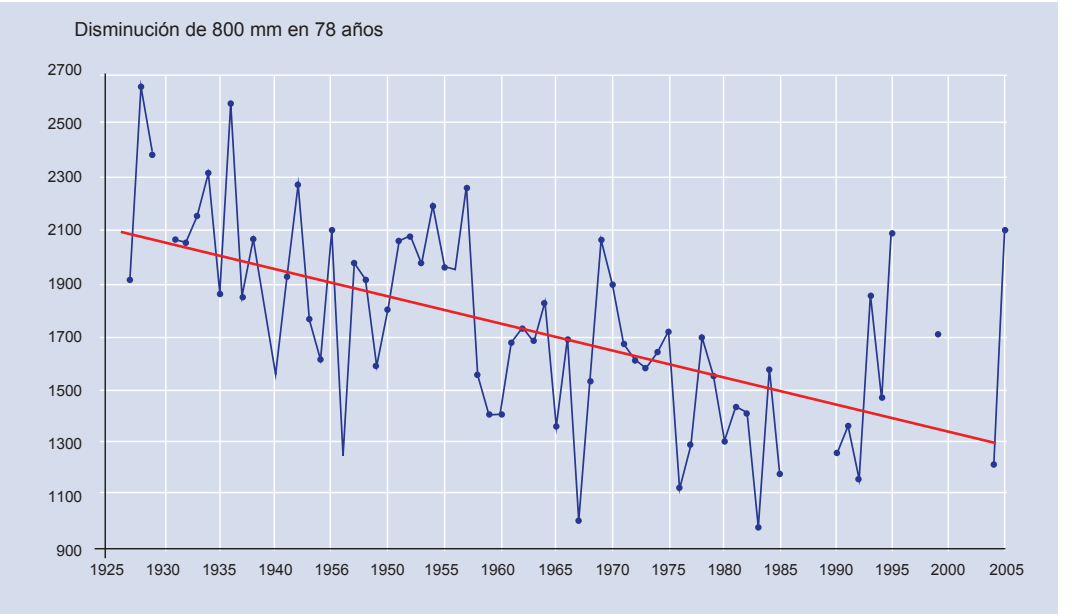


Gráfico 12: Análisis de la precipitación (mm) en la estación N-2, Cutuco, La Unión. Fuente: Comportamiento de la variabilidad climática T° y lluvia en algunas estaciones del país SNET 2005

Desde la perspectiva del cambio climático, en 1998 se llevó a cabo uno de los primeros estudios de gran importancia para el país, realizado por Abel Centella, investigador del Centro Nacional del Clima de Cuba y con el apoyo de la Universidad de El Salvador y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). El mismo consistió en la elaboración de los escenarios climáticos (Centella,1998) construidos a partir de las salidas de modelos de circulación global (MCG) y mediante la aplicación del modelo MAGICC, el cual es un modelo climático que reproduce concentraciones de gases efecto invernadero, temperatura y nivel del mar entre los años 1990 y 2100, y del modelo SCENGEN, el cual contiene la base de datos y resultados de 14 modelos de circulación global para temperatura y elevación del nivel del mar, y produce escenarios de cambio climático a nivel regional, para diferentes supuestos o escenarios de emisiones de gases de efecto invernado y sus proyecciones futuras (2020, 2050 y 2100) de calentamiento, combinando y reproduciendo los resultados de los modelos de circulación global y del MAGICC.
Los resultados del estudio, tomando en cuenta una línea base climática de referencia de 30 años (entre 1961-1990), indican un incremento de la temperatura entre 0.8° C y 1.1 °C para el año 2020, hasta 2.5°C a 3.7°C para 2100. Con respecto a la precipitación los resultados presentan intervalos de reducción desde –11.3% a incrementos de 3.5% en el 2020 y de – 36.6% a 11.1% en el 2100.

Posteriormente, en el año 2006 se llevó a cabo un nuevo estudio a nivel centroamericano coordinado por la "Universidad de Costa Rica (2006)", en el cual se aplicaron las mismas técnicas y modelos de análisis utilizados en el estudio de 1998 para El Salvador, con la diferencia de una aplicación actualizada de parámetros y algoritmos. De acuerdo al análisis de la climatología regional, el istmo centroamericano se dividió en zona norte y zona sur, divididas ambas por el paralelo 10N. Para el caso de la zona norte, donde se ubica El Salvador, en la vertiente del pacífico centroamericano, el estudio determinó nuevamente un incremento de la temperatura y un decrecimiento de la lluvia, lo cual se vería intensificado para algunos meses del año debido al fenómeno de El Niño y a una mayor intensidad de los usos del agua. Los resultados obtenidos, para dos escenarios de emisión, uno bajo B1 y otro medio-alto A2, indican con respecto a la temperatura un incremento de 0.8°C – 0.9°C para 2030 y entre 2.7°– 3.3°C para 2100. Para lluvia, los resultados establecieron un decrecimiento

entre -2.8% y -4.9% para 2030 y entre -11.5% y -20.1% para 2100, principalmente en los meses de mayo y septiembre, este último caracterizado por ser el mes más lluvioso del año, sin que el estudio reportase posibles proyecciones de incrementos de lluvia, tal como indicaron los resultados del estudio de 1998.

En el año 2008, se llevó a cabo un nuevo estudio a través de la Universidad de Santa Clara, California (E.P. Maurer 2008), el cual tuvo como propósito el análisis de los impactos del cambio climático en la capacidad de generación hidroeléctrica del principal embalse del país, determinando resultados en la misma dirección de los estudios anteriores. Estableciendo la misma línea base como referencia climática (1961-1990) para la cuenca hidrográfica del río Lempa y para los dos escenarios de emisiones (B1 y A2), los resultados reportaron incrementos en la temperatura entre 1.9 °C y 3.4 °C para la segunda mitad del siglo XXI, así como el decrecimiento de precipitaciones medias en el orden de 5% y 10.4% para los dos escenarios de emisiones y para ese mismo periodo proyectado. Por otra parte se determinó una reducción de la entrada de los caudales a los embalses principalmente durante los meses lluviosos de junio a septiembre en el orden de 13% y 24% y un decrecimiento en la capacidad de acumulación de agua en los embalses para la generación hidroeléctrica en el orden de 33% a 53%, como resultado de un incremento en la frecuencia de años con flujos reducidos e incremento de la evapotranspiración.

En el año 2010, CEPAL publicó el estudio denominado “La economía del cambio climático en Centroamérica” que ratifica la misma tendencia de los estudios anteriores en cuanto a disminución de lluvia e incremento de la temperatura para El Salvador, expresando por otra parte, una mayor tendencia en cuanto a intensidad del uso del agua de 12.01%, la cual es la más alta en relación a los demás países del istmo centroamericano. De acuerdo al escenario de mayores emisiones A2, se esperaría un incremento entre 0.77°C y 2.03°C para la primera mitad del siglo y entre 2.9°C y 4.73°C para la segunda mitad del siglo. En cuanto a lluvia, se esperaría una reducción entre -2.67% a -15.23% para la primera mitad del siglo y una reducción entre -15.73% y -31.67% para la segunda mitad del siglo. El mismo estudio señala para el escenario A2 una reducción en la disponibilidad hídrica neta a nivel nacional (precipitación menos pérdidas por evapotranspiración) de -44% para el año 2050 y de -82% para el año 2100, así como una reducción para ese mismo año, del 93% de la disponibilidad per cápita (estimada en el orden de 3,200 m^3/habitante/año de acuerdo a cálculos del MARN), la cual se constituye actualmente en la más baja de Centroamérica.

Adicionalmente al análisis de los impactos generados por el incremento de temperatura y decrecimiento de la lluvia media, las proyecciones de los impactos del cambio climático, reflejan en los diferentes estudios, un notorio incremento en las intensidades de lluvia (mm/min) y recurrencia de las mismas, así como la presencia de tormentas tropicales o eventos meteorológicos que reflejan grandes cantidades de lluvia en corto tiempo, tal como lo manifiestan los eventos de los últimos años indicados en la Introducción. Por otra parte los modelos y análisis proyectan la mayor probabilidad de eventos de varios días secos consecutivos y una menor duración de los periodos con varios días consecutivos con lluvias mayores de 10 mm.

Tomando en cuenta esta situación de alta susceptibilidad a los impactos del cambio climático, en abril de 2013 se lanzó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) por parte del MARN, la cual se orienta hacia la implementación de líneas prioritarias de adaptación que confluyen con iniciativas y planes sectoriales claves de otras carteras de estado en el área económica y social, tales como agricultura y gestión de cuencas, infraestructura vial, generación hidroeléctrica y eficiencia energética, ordenamiento territorial, saneamiento enfocado al control y manejo de vertidos domésticos e industriales, así como a la promoción de la salud de la población, inversiones en la franja costera y restauración de ecosistemas y paisajes rurales, la cual se interrelaciona directamente con los programas de agroforestería y gestión de cuencas hidrográficas, con la implementación de mecanismos REDD+ para la ampliación y manejo forestal, como parte de las acciones de mitigación.

Desde esta perspectiva, algunas de las acciones priorizadas como medidas de adaptación a nivel nacional se orientan, en el sector agrícola, al desarrollo de programas de agricultura familiar diversificada mediante la implementación de huertos caseros, reservorios de agua para riego local, sistemas de riego eficiente y obras de conservación de suelos, entre otros. Este programa ha sido impulsado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), desde hace algunos años, con énfasis en la promoción de la seguridad alimentaria y habiendo beneficiado a amplios sectores de escasos recursos en las zonas rurales; esperándose a un corto y mediano plazo su evaluación y monitoreo de resultados en relación a una línea de referencia base para su análisis dentro del enfoque de adaptación al cambio climático.

En el área de infraestructura vial, a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP), los planes del sector se destinan a la intensificación de obras de protección en zonas de riesgo a desbordamientos, erosión y formación de cárcavas, principalmente en las zonas urbanas, así como a acciones de gran envergadura destinadas a mejorar la interconectividad vial, principalmente en la capital (desarrollo del Sistema Integrado de Transporte del AMSS, -SITRAMSS-), como una medida que puede propiciar una mayor eficiencia en el transporte masivo y por consiguiente, contribuir a la disminución de las emisiones de GEI en el país, concebida en ese sentido, como una medida que puede contribuir más a la mitigación que a la adaptación. Se estima que El Salvador, produce 0.04% de las emisiones globales.

Desde el enfoque del ordenamiento urbano y desarrollo bajo en carbono, los lineamientos de adaptación y mitigación se dirigen a la promoción del ordenamiento territorial basado en una arquitectura que integre medidas de valor ecológico, promoción de la construcción en altura y el fomento hacia la actualización de los códigos de diseño y construcción desde esta nueva perspectiva de adaptación al cambio climático, así como mayor énfasis en la investigación y aplicación de tecnologías compatibles y apropiadas, introducción de pautas ecológicas y de adaptación al cambio climático en los programas educativos de las distintas profesiones, sensibilización para la protección de ecosistemas y áreas boscosas de las zonas medias-altas de recarga acuífera en las cuencas hidrográficas, control de los niveles de impermeabilización, etc.

Otras de las iniciativas incorporadas a la ENCC es la promoción de la diversificación y eficiencia energética, cuyas líneas prioritarias ya se encuentran en los planes de trabajo de la Comisión Nacional de Energía, entidad adscrita al Ministerio de Economía. Uno de los aspectos que se destacan es la introducción de luminarias ahorradoras, turbo cocinas de bajo consumo en leña y el rediseño de grandes Presas Hidroeléctricas como "El Cimarrón" y "el Chaparral", las cuales han sido seriamente observadas en el pasado, precisamente por su alta intervención en zonas de gran importancia para la conservación del recurso hídrico y los ecosistemas. En el caso de El Cimarrón, fundamentalmente, por su ubicación en el principal tramo del río Lempa que posee el agua de mejor calidad en cuanto a aguas superficiales del país, siendo dicho tramo, esencial para la dilución, para el mantenimiento de la hidrodinámica y geomorfología fluvial, y principalmente, para el abastecimiento de agua potable al AMSS, pues aguas abajo se ubica la principal toma de agua de ANDA, indicada en apartados anteriores y conocida como "Las Pavas". Por otra parte, una de las variables técnicas y administrativas más importantes es que la cuenca hidrográfica al punto de presa, es una cuenca transfronteriza cuya extensión en un 80% aproximadamente, pertenece a territorios de países vecinos, con los cuales no hay acuerdos internacionales respecto a garantizar la cantidad y calidad de los flujos de diseño requeridos para la generación hidroeléctrica, más aún, cuando se prevé importantes disminuciones de caudales y disponibilidad hídrica para las próximas décadas, de acuerdo a los impactos por el cambio climático establecidos en los diferentes estudios.

Actualmente, a partir del lanzamiento de la ENCC, se está trabajando en el Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC) y en el Plan de Adaptación Nacional (PAN), los cuales integrarán los ejes y lineamientos prioritarios, marco jurídico,

institucionalidad, agenda de trabajo y gestión para el financiamiento; concibiéndose como instrumentos esenciales en el marco de la tercera comunicación nacional sobre cambio climático, a celebrarse en el presente año.

En ese sentido es importante señalar que un esfuerzo y desafío como país, se plantea en torno a que los planes deben basarse y corresponder a la información, análisis y resultados de los estudios del cambio climático, de tal forma que la situación crítica proyectada sobre la disponibilidad del recurso hídrico, el incremento de los eventos extremos (los cuales pueden propiciar pérdidas por inundaciones y sequías), la afectación a los ciclos agrícolas por pérdida de mayor evapotranspiración y disminución de los periodos de humedad del suelo, y pérdida de los ecosistemas, son aspectos que deben estar estrechamente vinculados a las medidas estratégicas de adaptación, de tal forma de no incorporar, mecanismos de aplicación, acciones y medidas que contribuyen colateralmente o marginalmente a la adaptación y que responden más bien a intereses económicos y sectoriales, considerando además que su implementación puede ser cuestionable desde los impactos adversos y contradictorios que pueden derivarse en detrimento de los objetivos mismos de adaptación que se persiguen.

Tal es el caso de la construcción de las grandes represas hidroeléctricas concebidas en un entorno de crisis hidroclimática y empréstitos de infraestructura vial que van abriendo ejes preferenciales, favoreciendo el avance urbanístico precisamente en zonas que deberían conservarse, como es el caso de la zona boscosa y de retención hídrica, ubicada en las estribaciones de la cordillera del Bálsamo, Santa Tecla y la zona sur poniente de la capital, tal como se ha indicado en el apartado de “Impactos causados por la urbanización en fuentes de agua en zonas urbanas”, y que son esenciales para la recarga del acuífero de San Salvador y para la atenuación natural de los altos escurrimientos en momentos de crecidas.

Al respecto es importante destacar, desde la perspectiva de la gestión de Aguas Urbanas, el desarrollo actual por parte del Ministerio de Obras Públicas, de los diseños de un sistema de lagunas de laminación, muchas de ellas aprovechando la topografía de los cauces naturales, u obras de regulación hidráulica a implementar en diferentes puntos del AMSS, como parte de las soluciones estructurales para la reducción de riesgo y vulnerabilidad urbana ante los impactos por cambio climático, referentes a la ocurrencia de eventos extremos de lluvias intensas y de alta duración. Las mismas están destinadas a atenuar y regular los flujos, y evitar posibles desbordamientos aguas abajo, de tal forma que se prevé su ubicación en las zonas medias de la capital. Uno de los aspectos que se han señalado en cuanto a su formulación y ubicación, es que las mismas deben implementarse dentro de un enfoque de compatibilidad e integración ambiental en el interior de la ciudad, de tal forma de no generar efectos colaterales contraproducentes a los servicios ecológicos que brindan las principales vertientes y quebradas naturales situadas en las zonas medias y altas. Dichos cauces naturales, mantenidos históricamente en sus condiciones originales, se caracterizan por su nutrida cobertura arbórea que debe ser preservada, pues constituyen los únicos corredores biológicos para la oxigenación de amplias áreas urbanas, hábitats de diferentes especies de aves, regulación térmica por efecto de la sombra, atenuación de la radiación solar y captura de CO_2. En general, tal como se ha señalado anteriormente, la mejor obra de mitigación, es la protección misma de la cobertura arbórea existente en las amplias extensiones de las zonas medias y altas de la capital, y el énfasis en medidas no estructurales bajo la óptica de un desarrollo sustentable.

Con respecto a las aguas de reúso, actualmente se tiene concebido dentro de los lineamientos prioritarios por parte de ANDA, el intensificar las medidas referentes al saneamiento y entre ellas el fomento de la reutilización de aguas tratadas especialmente dirigido a empresas e industrias. Las aguas de reúso, están regidas por el marco regulatorio del reglamento especial de aguas residuales, decreto 39 del año 2000, y definido para diferentes usos (reúso urbano, para riego agrícola, recreativo, paisajístico, y para el sector construcción), antes o en sustitución de su vertido

final. Los parámetros de las calidades de las aguas a reutilizar se encuentran establecidos en parte, en el decreto No. 50 del año 1987, referente a calidad del agua y control de vertidos. Por otra parte, se han iniciado esfuerzos entre FISDL, MINSAL y Alianza por el Agua (AXA) con el fin de promover de manera más intensa las aguas de reúso en zonas periurbanas, comunitarias y rurales, tal como se indicó en el apartado referente al tratamiento de aguas en las ciudades.

Consideraciones finales

La gestión integral de aguas urbanas es una temática que debe ir adquiriendo cada vez, mayor importancia y centralidad en la agenda del país y de las políticas públicas, pues a partir de dicha priorización, se encuentran y focalizan aspectos claves para el desempeño coordinado e interinstitucional, en interacción con otros sectores sociales y económicos, para el abordaje de los problemas fundamentales relacionados a la disponibilidad y abastecimiento del agua, al saneamiento, al ordenamiento y preservación hídrico-ambiental de los territorios, a la promoción de la salud de la población y a una estrategia de auténtica adaptación al cambio climático.

A partir de su análisis y perspectiva participativa e interdisciplinar, pueden concebirse y definirse lineamientos estratégicos para la planificación de las ciudades y la promoción de un nuevo modelo de desarrollo hídricamente sustentable, que regule, controle y articule la lógica del progreso desarraigada de la preservación de los bienes naturales, asi como las inversiones y los proyectos urbanísticos y económicos, al conocimiento y comprensión de las actuales condiciones de grave crisis hídrico- ambiental en que se encuentra el país, con el propósito de coadyuvar a propiciar un proceso que permita revertirlas o equilibrarlas a corto y mediano plazo. Para ello, un aspecto fundamental en la agenda legislativa, es la aprobación de la Ley General de Aguas, cuyo anteproyecto se encuentra en discusión y análisis en la Asamblea Legislativa desde marzo del año 2012. La Ley General de Aguas posibilitaría brindar al país el marco jurídico para enrumbar una estrategia de ordenamiento hídrico-ambiental llevando a cabo las acciones requeridas dentro del esquema de una política nacional y bajo la autoridad pública-estatal de una entidad rectora.

Paralelo a ese esfuerzo es importante impulsar el Plan Nacional Hídrico (PNH) y el Plan de Adaptación Nacional al Cambio Climático (PAN), los cuales deben fundamentarse en los estudios, análisis y resultados de los diagnósticos e investigaciones de la crítica situación hídrica-ambiental actual, su comportamiento histórico en las últimas décadas y sus proyecciones futuras, y en correspondencia a dichos aspectos base, dar paso a la priorización de áreas hidrográficas y de acciones y medidas, en el ámbito jurídico, político, económico, social, comunicacional y financiero, de tal forma de enfocar este esfuerzo a los temas claves que implica la gestión del agua de cara al futuro con equidad, solidaridad y participación, entre ellos, abordando decididamente la dinámica de aguas urbanas, en todas sus variables, desafíos y dimensiones, tal como se ha destacado en el presente capítulo El Salvador.

Fuentes consultadas

1. ANDA, Boletín Estadístico 2009, parte B. Cobertura de Servicios por ANDA y operadores descentralizados a nivel nacional.
2. ANDA, Boletín estadístico 2010
3. ANDA, Boletín estadístico 2011
4. ANDA, Informe de gestión, unidad de Laboratorio de Calidad del Agua, 2014.
5. ANDA, Memoria de labores 2013
6. ANDA, Informe de rendición de cuentas 2009-2014
7. Arévalo y Vásquez, “Actualización del comportamiento del flujo subterráneo del acuífero de San Salvador”, trabajo de graduación”, UCA 2005.
8. Barrera, M.; “Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de áreas de recarga en el acuífero de San Salvador”. Trabajo de investigación para optar al grado de Maestra en Gestión de Recursos Hidrogeológicos, Universidad de El Salvador, Septiembre 2010.
9. Centella A., Escenarios climáticos de referencia para la república de El Salvador, PNUD/GEF/ELS/97/32, San Salvador, 1998.
10. CEPAL, “La economía del cambio climático en Centroamérica”, síntesis 2010.
11. Coto, “Evaluación de la explotación y disponibilidad de agua subterránea y análisis de pruebas de bombeo en el acuífero del AMSS”, trabajo de graduación, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, UCA, 1994.
12. Dada Arquitectos, “Propuesta para la conservación y uso sostenible de El Espino”, mayo 2010.
13. DIGESTYC, “Dirección general de estadísticas y censos”1992-2007
14. E.P. Maurer, “Hydrologic impacts of climate change to the río Lempa basin of Central America”, Santa Clara University, CA, USA. 2008.
15. Erazo, A., “Análisis de los impactos de los cambios de usos de suelo en la escorrentía superficial del arenal seco, San Salvador”, SNET-MARN 2009.
16. FOCARD-APS “Gestión de las excretas y aguas residuales, situación actual y perspectivas, El Salvador -2013”
17. Junker, M., Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea” Forgaes-El Salvador, UN, 2005.
18. Lungo, M., “La gestión de la tierra urbana en El Salvador”, PRISMA, dic. 1996.
19. MARN-Observatorio Ambiental, “Informe de la calidad de las aguas en los ríos de El Salvador 2011”.
20. MINSAL, Informe de labores 2012-2013
21. Ministerio de Economía. Encuesta de hogares de propósitos múltiples (EHPM-2011).
22. Moncada G, Luis., “Evaluación y sistematización de las experiencia y lecciones aprendidas de las 12 empresas descentralizadas asesoradas por RTI”, El Salvador, mayo 2005.
23. PLAMDARH, “Plan maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos”, El Salvador, PNUD-ELS, mayo 1982.
24. Quiñónez, J. “Propuesta de un modelo de gestión de saneamiento técnica y económicamente viable”, Centro para la Defensa del Consumidor CDC, Mayo 2014.
25. SACDEL (Sistema de asesoría y capacitación para el desarrollo local), Análisis del proceso de descentralización del estado Cap. VI, abordaje ANDA, p.117, 2005.
26. SNET-MARN, Balance hídrico dinámico de El Salvador, 2005.
27. Universidad de Costa Rica, “Impacts and adaptation to climate change and extreme events in Central America” (AIACC-LA06), 2006.

"Sólo uniendo voluntades, esfuerzos y capacidades para proteger las cuencas es que garantizaremos la calidad de agua en nuestros hogares"

Carlos Navarro, Alcalde de Tomalá y presidente de Consejo de Cuenca del Río Lempa

Acerca de GWP

La Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, GWP) es una red internacional de organizaciones involucradas en el manejo de los recursos hídricos. Nuestra visión es la de un mundo con seguridad hídrica y nuestra misión es fomentar la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos para lograr un desarrollo sostenible equitativo.