

Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador



Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud



El presente documento es el informe final de consultoría elaborado por el Ing. Roberto Arturo Argüello. Las opiniones en él vertidas son de exclusiva responsabilidad del consultor.

Se agradece la generosa colaboración documental de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), que ha posibilitado la recopilación y el análisis de la información que hoy se entrega. Asimismo, la asignación del Ing. Luis Alberto Magaña, durante la fase inicial de este estudio.

Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS.
Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador. Organización Panamericana de la Salud, 1a. ed. 500 ejemplares. San Salvador, El Salvador. OPS, 2003.
Jenkins, J. J. Editor., Argüello, R. A. Consultor.
70 p.; 22 cm.
ISBN 99923-40-23-1
1- Agua y Saneamiento 2- Desastres 3- Vulnerabilidad de Agua y Saneamiento 4- El Salvador
WA675/068/2003

Fotografías portada, contraportada y págs. 69 a la 72 J. J. Jenkins M.
Fotografías en texto: R. A. Argüello

OPS/OMS, Representación en El Salvador
73a. Ave. Sur, No. 135 • Tel.: 279-1591 • Fax: 298-1168
Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador, C. A.
<http://www.ops.org.sv/>
jjenkins@els.ops-oms.org

Impreso en Imprenta Criterio
Tel.: 298-6660 • Fax: 279-4157
e-mail: impcriterio@navegante.com.sv
San Salvador, El Salvador, C. A.
Abril de 2003

CONTENIDO

Introducción	5
Situación actual del abastecimiento de agua potable en El Salvador	5
Cobertura de los servicios de agua potable rural	5
Calidad de los servicios	8
Inversiones en agua y saneamiento	8
El recurso agua en El Salvador	10
Síntesis histórica del abastecimiento de agua y saneamiento en áreas rurales de El Salvador	13
Vulnerabilidad institucional y legal	14
Tecnologías aplicadas para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales de El Salvador	15
Pozos excavados a mano	15
Protección sanitaria de manantiales	15
Captación de aguas lluvias	15
Acueducto sistema múltiple	16
Tecnologías aplicadas en saneamiento para zonas rurales de El Salvador	20
Letrina de hoyo seco	20
Letrina de foso modificada	20
Letrina abonera	20
Amenazas naturales y efectos en sistemas de agua potable	21
Sismos o terremotos	21
Erupciones volcánicas	22



Deslizamientos	23
Inundaciones	24
Sequías	25
Síntesis de terremotos y huracanes acontecidos en El Salvador	26
Impacto del Huracán Mitch y de los terremotos de 2001 en El Salvador	29
Huracán Mitch, 1998	30
Sismos de enero y febrero de 2001	31
Caso de cambios en sabor y turbidez en pozos de la zona costera de Usulután	34
Recomendaciones	37
Daños ocasionados en letrinas	38
Vulnerabilidad detectada en los sistemas de abastecimiento de agua potable ante los sismos de enero y febrero de 2001	41
Fuente de abastecimiento	42
Análisis de datos de ANDA en sistemas urbanos y rurales	43
Saneamiento	46
Estudio de caso: Sistema Cacahuatal, departamento de Cuscatlán	47
Conclusiones y recomendaciones	54
Referencias	59
Anexos	61

Introducción¹

El presente documento busca contribuir al conocimiento del sector de agua y saneamiento rural en El Salvador relativo a los riesgos ante desastres que enfrentan los sistemas, mediante los cuales se suministra agua potable y saneamiento. Estos riesgos pueden ser naturales como los sismos e inundaciones, o pueden ser ocasionados por la mano del hombre. Con esta investigación se busca rescatar la experiencia de eventos acontecidos en años recientes como la tormenta tropical Mitch en 1998 y los sismos de enero y febrero del 2001, a fin de extraer lecciones que nos sirvan para considerar en el momento de elaborar planes, programas o proyectos de agua y saneamiento en zonas rurales.

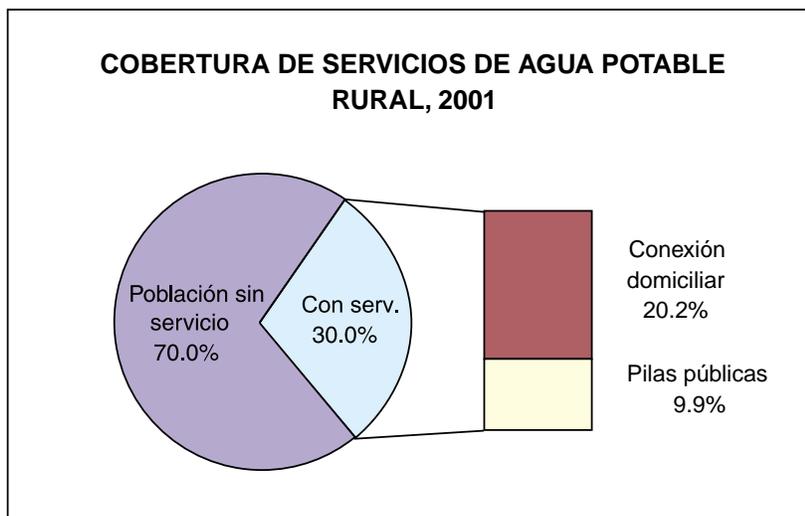
Situación actual del abastecimiento de agua potable y saneamiento en El Salvador

Con el fin de tener un panorama amplio del agua y el saneamiento en zonas rurales de El Salvador, primeramente haremos una breve reseña de la situación actual de los servicios de agua potable y saneamiento.

Cobertura de los servicios de agua potable rural

Para 2001 y según los datos proporcionados en el Boletín Estadístico No. 23 de ANDA, la cobertura de los servicios de agua potable en el área rural corresponde al detalle de la Figura 1 y la Tabla 1:

¹ Aprovechamos esta introducción para agradecer al doctor Jorge J. Jenkins M., Asesor en Salud Ambiental de la Representación de OPS / OMS en El Salvador y editor de esta publicación, la iniciativa tomada para la realización de este estudio y los valiosos aportes e ideas sugeridas durante su desarrollo.



• Figura 1. Cobertura de servicios de agua potable rural, 2001. Fuente: ANDA

Población				% de la población rural
Población con servicio			953,060	30.0%
	Conexión domiciliar	640,360		20.2%
	Pilas públicas	312,700		9.9%
Población sin servicio			2,218,795	70.0%
Población rural			3,171,855	100.0%

• Tabla 1. Cobertura de servicios de agua potable rural, 2001. Fuente: ANDA

Como lo refleja la figura y la tabla anterior, prácticamente menos de la tercera parte de la población rural cuenta con un sistema formal de abastecimiento de agua potable; el resto se

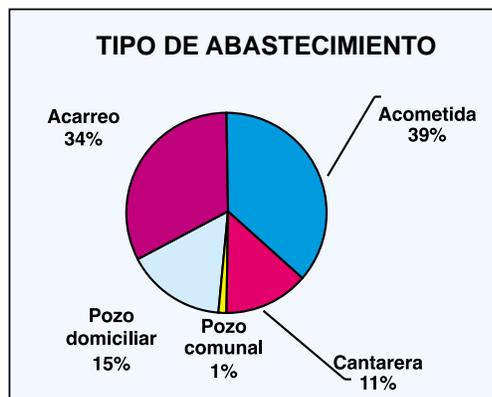
abastece a partir de pozos excavados, acarreo de manantiales o ríos, agua lluvia, o compra a proveedores informales.

La situación del saneamiento en áreas rurales al 31 de diciembre de 2001 y según el Boletín Estadístico No. 23 de ANDA, es que el 51.0 % de la población rural cuenta con algún tipo de letrina y el resto, el 49.0 %, dispone las excretas de manera inadecuada.

En un estudio de septiembre de 2001 realizado por la Red de Agua y Saneamiento de El Salvador, RAS – ES, en el cual se levantó directamente en el campo una encuesta diseñada para evaluar la situación del agua y el saneamiento en 1,526 de los 2,319 cantones del país, se revelan importantes hallazgos como los siguientes:

- El 27 % de las viviendas encuestadas tienen un suministro adecuado de agua
- El 51 % de los sistemas considerados son del tipo bombeo eléctrico
- El 66 % de los sistemas investigados eran administrados por la comunidad

El tipo de abastecimiento en las viviendas encuestadas en la investigación de RAS-ES se distribuye como se ilustra en la Figura 2:



• Figura 2. Tipo de abastecimiento según encuesta de RAS – ES, 2001



En cuanto a la disposición de excretas, el 38 % de las viviendas encuestadas cuenta con infraestructura para la disposición de excretas.

Calidad de los servicios

En un estudio realizado por la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), presentado en agosto del 2001, se analizó la calidad del agua de consumo humano de las familias rurales.

La forma del abastecimiento de agua de las familias estudiadas se distribuye de la forma siguiente: el 47 % mediante cañería, 26.2 % a partir de un pozo excavado, 19.7 % de un río o manantial y el 6.3 % la compra a un repartidor.

El 87.3 % de las viviendas abastecidas mediante cañería reciben el servicio diariamente en un promedio de 12.6 horas al día; el 7.8 % cada dos días, el 1.9 cada tres días, y el 3% cada semana.

Los resultados de los análisis de las muestras del 43 % de las familias abastecidas por agua potable mediante cañería presentaron coliformes fecales y en el 34 % de ellas había presencia de E. coli.

Considerando cualquier forma de abastecimiento de agua, solamente en las muestras del 11.2 % de las familias se detectó cloro residual libre; en ese porcentaje están incluidos los casos cuando hay cloración en el sistema de abastecimiento, la cloración la realiza el usuario o algún promotor de salud la aplica en determinado punto del sistema de abasto.

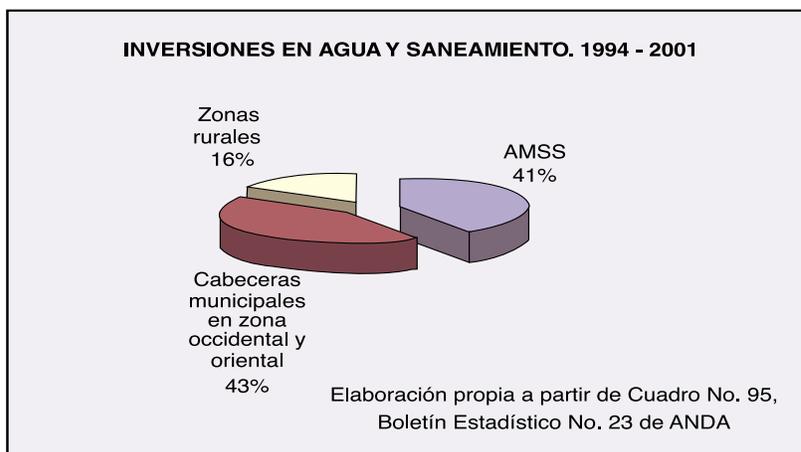
El 85.4 % de las muestras de agua consumida por las familias estudiadas que se abastecen mediante pozo, presentaron coliformes fecales.

Inversiones en agua y saneamiento

En el periodo comprendido entre 1994 y 2001 el promedio de las inversiones anuales en agua y saneamiento para el sector

rural fue de US\$ 3,216,000. El promedio anual de inversiones orientadas a las zonas urbanas fue de US\$ 17,243.00.

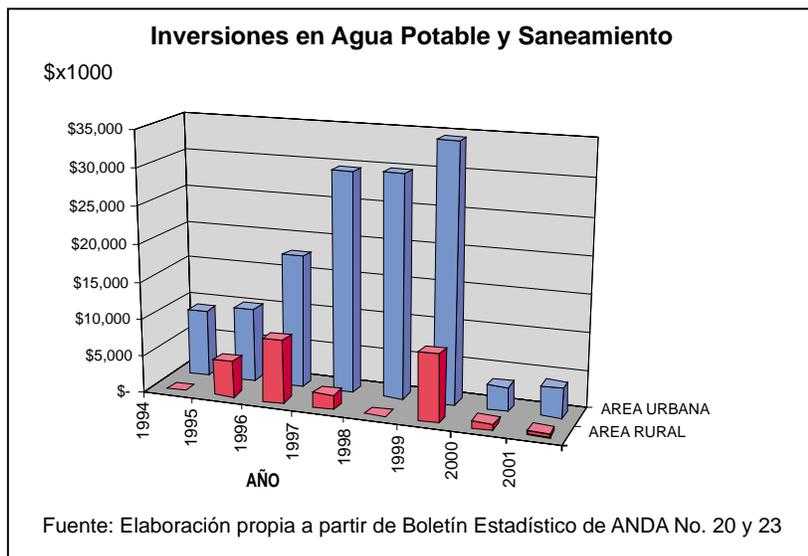
Basados en la información anterior y tomando en cuenta la población rural del país², el promedio de inversión por persona rural por año durante el periodo señalado resulta ser de US\$1.07; contrasta este valor con el estimado para la población urbana que resulta ser de US\$5.58 / persona / año, que es cinco veces mayor que el anterior.



• Figura 3. Distribución de las inversiones en agua y saneamiento entre 1994 y 2001

La figura 3 ilustra la distribución del total de las inversiones hechas en agua y saneamiento en el periodo comprendido entre 1994 y 2001, desglosadas en lo invertido en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), en las cabeceras municipales fuera del AMSS y en áreas rurales. Del total de inversiones hechas en ese periodo, solamente el 16 % estaban orientadas al sector rural. Al analizar los datos para cada año se observa un patrón similar de distribución, en el largo plazo. Esto ha colocado a la

² Para este análisis se ha utilizado la población de El Salvador a 1998 según Cuadro No. 26 del Boletín Estadístico No. 23 de ANDA: Población Urbana de 3,092,210 y Rural 3,000,610



• Figura 4. Inversiones en agua y saneamiento entre 1994 y 2001

población rural del país en una contrastante desventaja en cuanto al abastecimiento de agua potable principalmente, comparada con la población que vive en áreas urbanas, constituyéndose en uno de los factores que incentivan la migración de la población rural hacia zonas urbanas.

El recurso agua en El Salvador

En El Salvador hay aproximadamente 360 ríos, distribuidos en 10 regiones hidrográficas en las que ha sido dividido el territorio nacional. El Río Lempa es el de mayor importancia, con una cuenca hidrográfica total de aproximadamente 18,000 km², compartida con Honduras y Guatemala. El 56% de la cuenca, unos 10,000 km², están en territorio salvadoreño y esa extensión corresponde a casi la mitad del territorio nacional. La cuenca aporta el 72% del recurso hídrico total de El Salvador, se encuentra ubicada entre el parte-aguas de la cadena montañosa del norte y la cadena costera que incluye la meseta central y los valles interiores centro occidentales. Entre sus

afluentes tributarios se encuentran los ríos Acelhuate, Sucio, Torola y Sumpul.

La disponibilidad del recurso agua para la población del país en 1994 era de 3,500m³/per cápita³, siendo ésta la disponibilidad más baja entre los países centroamericanos. Según FAO, los países con menos de 2,000 m³ por persona se encuentran en una preocupante situación de escasez marginal de agua, y enfrentan grandes problemas en los años de sequía. La baja disponibilidad del agua como recurso natural en El Salvador viene a constituir una vulnerabilidad nacional que amenaza directamente la prestación de servicios de abastecimiento de agua potable y a los demás sectores como el de la generación de energía, riego y recreación.

Además de la baja disponibilidad del recurso agua, otro problema crítico con el recurso es la contaminación de los cuerpos de agua. El Salvador es el país de la región centroamericana con mayor densidad de población (300 habitantes por kilómetro cuadrado), la presión sobre los recursos naturales y sobre el agua en particular es enorme; se estima que el 90 % de los cuerpos de agua dulce superficiales, tienen alguna forma de contaminación, por causas de desechos y vertidos domésticos, industriales, agroindustriales, hospitalarios, etc. Los costos sociales reportan índices altos en muertes infantiles al año por contaminación de aguas. Los costos económicos son del orden de 1.2% a 1.7% del PIB (FUSADES), considerando a la población en general. Entonces, al igual que la cantidad del recurso, el acelerado deterioro de la calidad se constituye en otro punto de vulnerabilidad del subsector de abastecimiento de agua potable para la población.

De hecho, la situación de escasez, los problemas originados por el deterioro de los cauces naturales con una secuela de inundaciones y avalanchas con ocasión de tormentas tropicales y huracanes, y la grave situación creada por la contaminación

3 CCAD. *Estado del Ambiente y los Recursos Naturales en Centroamérica 1998*. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 1998

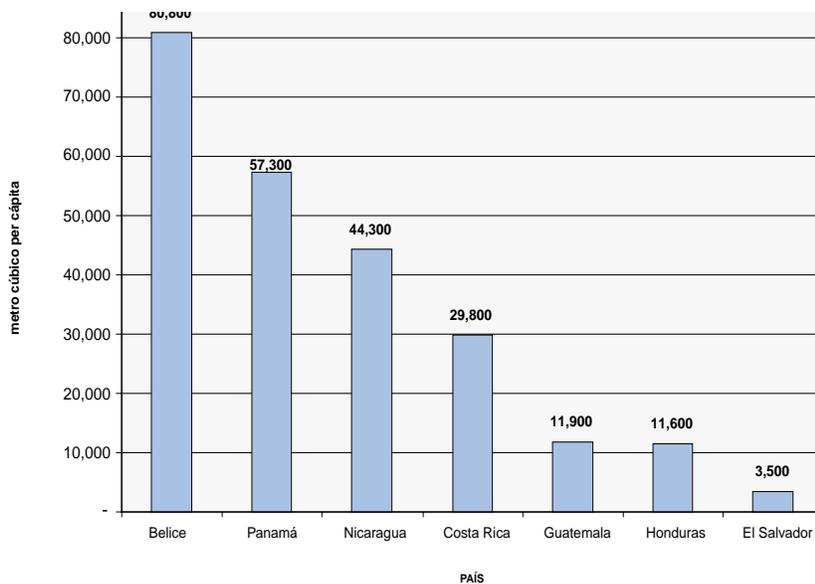


creciente del agua, exigen una legislación específica para el recurso, que defina su administración y su protección.

El país carece de una política nacional de agua. Las acciones que se realizan ante situaciones de desastres, al igual que la legislación existente, responden a respuestas aisladas para situaciones específicas. Es evidente la urgencia de adoptar e implementar una política nacional para la gestión del recurso hídrico, cuya falta ha sido uno de los factores que contribuyó a que el recurso cayese a la situación en la que actualmente se encuentra en el país.

DISPONIBILIDAD DE AGUA DULCE PER CAPITA EN CENTRO AMÉRICA

Fuente: CCAD, Estado del Ambiente y los Recursos Naturales en Centroamérica 1998



• Figura 5. Disponibilidad de agua en Centroamérica

Síntesis histórica del abastecimiento de agua y saneamiento en áreas rurales de El Salvador

Mediante el Decreto No. 341 del 17 de octubre de 1961 se creó la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), que según la ley de creación sería el ente responsable de implementar, operar y administrar los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para toda la población del país. Desde sus inicios ANDA ha operado principalmente en la mayor parte de las cabeceras municipales del país, exceptuando unas 72 en las que la gestión de los sistemas ha permanecido hasta hoy bajo la responsabilidad de los gobiernos municipales. Pocos años después de la constitución de ANDA, ésta realizó un convenio -que fue renovándose en repetidas ocasiones- con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para que este último atendiera la responsabilidad de dar agua y saneamiento a las áreas rurales del país. Esto permitió que se constituyese dentro de la estructura del Ministerio la unidad respectiva, que con el transcurso de los años tuvo varios nombres y jerarquías, como Acueductos Rurales, Programa de Introducción de Agua Potable en Áreas Rurales (PIAPAR), Departamento de Acueductos Rurales, y Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural, (PLANSABAR). Durante este periodo el Banco Interamericano de Desarrollo, BID, financió tres programas de agua y saneamiento. La participación del Ministerio de Salud en el agua y saneamiento rural llegó hasta 1995, cuando desapareció por completo de la estructura del Ministerio el PLANSABAR y a la vez fue creada en ANDA la Gerencia de Sistemas Rurales.

Desde la década de los ochenta comenzaron a surgir instituciones de carácter no gubernamental con el fin de ayudar a abastecer con agua potable y disposición de excretas a los pobladores de las áreas rurales o urbano marginales del país. También por el lado del sector gubernamental surgieron otras



entidades como el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) y la Secretaría Nacional de Reconstrucción que financiaron la construcción de sistemas de abastecimiento de agua y letrinas. A la fecha se han identificado más de 40 instituciones gubernamentales y no gubernamentales que participan de una u otra forma en el abastecimiento de agua y la letrización.

Vulnerabilidad institucional y legal

El Salvador no cuenta, ni nunca ha contado, con una Ley General de Agua que regule y defina responsabilidades en la gestión del recurso para sus usos más significativos: suministro de agua potable a la población, riego agrícola, generación de energía eléctrica y recreación. En el caso del suministro de agua potable para la población el único marco legal vigente es el de la ley de creación de ANDA, concebida a principios de la década de los sesenta cuando el modelo que se promovía era el de una entidad nacional central responsable del suministro de agua y alcantarillados a toda la población. Ese marco legal e institucional no da mucho espacio a la tendencia actual de que la prestación de esos servicios pueda ser brindada por los gobiernos municipales, empresas de economía mixta o empresas privadas.

La institucionalidad y el marco legal actual para la prestación de servicios de agua potable en áreas rurales es aún más débil e indefinido. Desde la desaparición del PLANSABAR, como se citó en la relación anterior, muchas de las fortalezas institucionales que existían no se han vuelto a conformar o readecuar a los nuevos tiempos. Es dramática la situación de decenas de sistemas como el caso del sistema "Platanillos", que se detalla más adelante, en los que las comunidades quedaron sin apoyo técnico⁴, subsidios por consumo de energía eléctrica disminuidos, y peor aún, con enormes deudas con las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Para el caso de los sistemas rurales existentes en El Salvador, la vulnerabilidad más seria que existe es la falta de institucionalidad y un marco legal adecuado.

⁴ Aspecto sumamente trascendental, porque como lo ilustramos más adelante, se trata de sistemas con cierto grado de complejidad en los aspectos hidráulicos y electromecánicos en los que es iluso pensar que la comunidad por sí sola pueda garantizar la sostenibilidad del servicio tanto en lo técnico como en lo financiero.

Tecnologías aplicadas para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales de El Salvador

Pozos excavados a mano

En las zonas del país donde la profundidad del nivel freático lo permite, una de las soluciones más obvias para el suministro de agua es la de los pozos excavados a mano. El agua se extrae mediante un balde atado a un lazo. Muchas veces la protección sanitaria del pozo es muy precaria o inexistente. Los esfuerzos institucionales en estos casos se orientan hacia la protección sanitaria del pozo e instalación de algún sistema mecánico – hidráulico de extracción del agua.

Dependiendo de la naturaleza de los estratos de suelo que atraviesa, los pozos excavados a mano presentan riesgos de derrumbarse ante sismos y de contaminarse en el caso de inundaciones.

Protección sanitaria de manantiales

Solución sencilla y de bajo costo para proteger el manantial de la contaminación, donde la comunidad se abastece mediante acarreo. La mayoría de las veces consiste en obras de canalización del agua lluvia, muros de retención y losas de concreto como cubierta protectora del manantial.

Captación de aguas lluvias

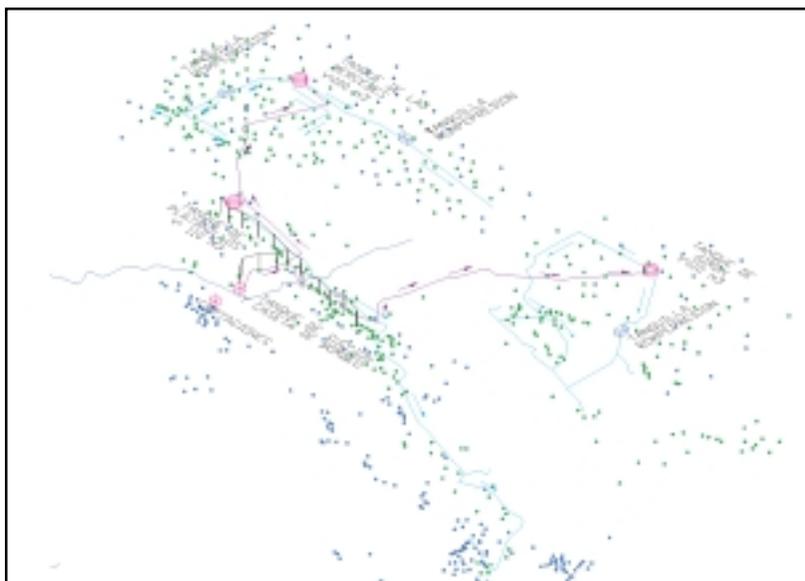
Solución utilizada ampliamente en las comunidades asentadas en volcanes y cerros y en sitios con dificultad de abastecimiento. El agua lluvia se capta usando los techos de las viviendas a partir de donde se conduce hasta tanques de almacenamiento herméticos con el fin de garantizar la calidad del agua almacenada hasta la llegada de la época seca.



Acueducto sistema múltiple

Solución bastante frecuente para abastecer de una sola fuente a varias comunidades rurales. Un considerable porcentaje de la población rural de El Salvador vive concentrada en pequeñas comunidades denominadas caseríos o colonias, que agrupan desde 10 hasta cientos de casas ubicadas a unos cuantos metros unas de otras. Esto ha permitido concebir sistemas de abastecimiento en los que se aprovecha una misma fuente de abastecimiento (pozo perforado o manantial), que alimenta a más de un tanque de almacenamiento y contar con tantas redes de distribución como caseríos o colonias sea factible suministrar con agua.

La Figura 6 representa el Sistema Múltiple llamado “Platanillos”, construido por PLANSABAR – MSAPAS en 1992, el cual presta servicio a 10 caseríos ubicados en los cantones Platanillos, Girón y Las Mercedes de la jurisdicción de Quezaltepeque en el departamento de La Libertad. El sistema se abastece a partir de la captación de varios afloramientos de agua ubicados en un radio de 30 metros, el agua se conduce a una cisterna en la que está instalado un equipo de bombeo de 100 caballos (hp), desde donde se impulsa el agua a 3 tanques de distribución de 100 metros cúbicos cada uno, y de cada tanque surge una red de distribución. El sistema cuenta con 390 acometidas domiciliarias que sirven a unas de 2,200 personas. Por tratarse de un sistema que requiere energía eléctrica para su operación, el servicio es frecuentemente interrumpido por fallas en los equipos, especialmente en el motor de la bomba. Otro aspecto vulnerable se refiere a las fugas en las tuberías de conducción y distribución.



• Figura 6. Esquema del Sistema Múltiple "Platanillos", Quezaltepeque

Los puntos verdes de la figura representan las viviendas con servicio y los puntos azules son las viviendas sin servicio intradomiciliar.

La tarifa actual por servicio es fija y corresponde a \$ 6.86 por mes; no cuentan con micromedición.

Este tipo de sistema presenta dos tipos de vulnerabilidades muy significativas. Primero, por tratarse de sistemas no muy sencillos desde los puntos de vista hidráulico y electromecánico, para su operación requieren de la presencia casi constante de técnicos especialistas en electricidad, hidráulica y mantenimiento de equipos de bombeo, apoyo con el que no cuentan actualmente las comunidades encargadas de la operación y mantenimiento; y segundo, para la prestación del servicio dependen completamente del suministro de energía eléctrica cuya calidad en cuanto a variaciones de voltaje y continuidad dejan mucho que desear. Además, el costo de la energía es cada vez más alto.



La tasa de incidencia de fallas en los sistemas eléctricos y mecánicos es sumamente alta. Existen sistemas con menos de un año de operación en los cuales se han reparado hasta tres veces los equipos de bombeo (Santa Elena, Usulután), o como el caso de cantón Valle del Señor en Quezaltepeque, La Libertad, donde desde 1994, cuando comenzó a operar, los equipos de bombeo han sido cambiados cuatro veces por desperfectos.



• Figura 7. Sistema rural "Platanillos". Tablero eléctrico del equipo de bombeo

Sistema Platanillos, Girón y Las Mercedes



Tanques de succión y estación de bombeo



Detalle tanque Platanillos



Tanque en Platanillos, $v=100 \text{ m}^3$



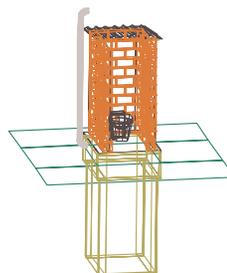
Tuberías de impelencia y distribución



Tecnologías aplicadas en saneamiento para zonas rurales de El Salvador

Letrina de hoyo seco

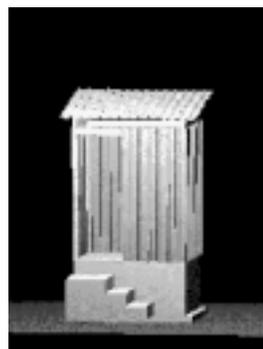
Es la solución más sencilla y elemental para la disposición de las excretas, además que es la opción más económica donde no hay servicio de red de alcantarillado. La correcta aplicación de la letrina de hoyo seco es una solución sanitariamente segura para la disposición de las excretas.



• Figura 8. Esquema de letrina de foso modificada

Letrina de foso modificada

Esta solución es similar a la letrina de hoyo seco tradicional, pero incorporándole algunas mejoras que la hacen más eficiente y segura, como es el caso del tubo de ventilación, taza adecuada y un drenaje que permite la separación de orina.



• Figura 9. Letrina abonera

Letrina abonera

Sistema de disposición de excretas en el que las heces son almacenadas en cámaras herméticas y se le dan las condiciones de manera que se descompongan y poder así utilizar el producto final como mejorador de suelo para cultivo.

La infraestructura para todas estas soluciones se ubica separada de la vivienda, por lo que requieren de la construcción de una caseta con sus propias paredes y techo. Los tipos de pared más utilizados son de ladrillo de barro puesto de canto, y cubierta de lámina de zinc, aunque las hay de paredes y cubierta de lámina apoyadas en estructura metálica.

Amenazas naturales y efectos en Sistemas de Agua Potable⁵

Amenazas naturales y efectos en Sistemas de Agua Potable

Las amenazas naturales son de tipo geológico o de tipo meteorológico. En El Salvador las principales amenazas de tipo geológico son los sismos, las erupciones volcánicas y los deslizamientos, y las de tipo climático son las inundaciones y las sequías.

Las amenazas pueden estar interrelacionadas y sus efectos magnificados. Por ejemplo, los sismos provocan deslizamientos, los cuales a su vez ocasionan represamiento de ríos e inundaciones progresivas aguas arriba, y la rotura de los represamientos de ríos e inundaciones turbulentas y crecidas aguas abajo.

El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas rurales de agua potable y sus componentes puede ser muy variado y depende fundamentalmente de la magnitud y localización del fenómeno natural y de la vulnerabilidad del sistema y sus componentes, tanto en el aspecto físico como en el operativo, administrativo y organizativo. El impacto de las amenazas es directo en los componentes físicos del sistema e indirecto en los aspectos organizativos, administrativos y en la capacidad de operación.

Sismos o terremotos

Evento súbito, no predecible, no controlable ni alterable por el hombre.

⁵ Adaptación hecha del documento "Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guía para el análisis de vulnerabilidad". OPS / OMS Washington D. C. 1998



La gravedad del impacto se relaciona con la magnitud de la energía liberada, la distancia y ubicación del epicentro del terremoto con relación al elemento expuesto y las condiciones locales del terreno.

El tamaño del área afectada está directamente relacionada con la cantidad de energía liberada por el evento e inversamente con la profundidad del sitio de liberación de energía.

El terremoto es capaz de modificar y destruir el entorno físico de la región.

Un terremoto tiene efectos directos y secundarios. Los efectos directos son aquellos causados por el sacudimiento producido por el paso de la onda sísmica y los secundarios por las deformaciones permanentes del terreno, como: asentamientos diferenciales del suelo, deslizamientos y correntadas de lodo, licuación del suelo, avalanchas, maremotos o tsunamis.

Los efectos del sismo en los sistemas de agua potable son:

- Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Roturas de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques, con la consiguiente pérdidas de agua.
- Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso.
- Modificaciones de la calidad del agua por deslizamientos en áreas de topografía montañosa.
- Variación (disminución) del caudal en captaciones subterráneas o superficiales.
- Cambio del sitio de salida del agua en manantiales.
- Daños por inundación costa adentro por impacto de tsunamis.

Erupciones volcánicas

Evento gradual, no controlable ni alterable por el hombre y predecible; se poseen técnicas adecuadas de vigilancia de los volcanes. Evento súbito si se trata de volcanes no conocidos o no vigilados.

La gravedad del impacto se relaciona con el volumen del material arrojado, carácter explosivo, duración de la erupción, espesor de los depósitos, radio de cobertura por la caída de los productos aéreos como la ceniza; y con la ubicación de los sistemas y la trayectoria de los flujos en las cercanías del volcán o a distancia considerable, a través de sus drenajes.

Los efectos de las erupciones volcánicas en los sistemas son:

- Destrucción total de los componentes en las áreas de influencia directa de los flujos, generalmente restringidas al cauce de los drenajes que nacen en el volcán.
- Obstrucción de las obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción, flocuradores, sedimentadores y filtros, por caídas de ceniza.
- Modificaciones de la calidad del agua en captación de agua superficial y en reservorios por caída de cenizas.
- Contaminación de los ríos, quebradas y pozos en zonas de deposición de los lahares.
- Destrucción de caminos de acceso a los componentes y de las líneas de transmisión de energía eléctrica y de comunicación.
- Incendios.

Deslizamientos

Evento gradual o súbito, en ocasiones predecible, controlable y alterable. Las fallas súbitas del terreno pueden ocurrir sin advertencia. Las fallas lentas presentan signos precursores que pueden ser reconocidos y vigilados con base en la instrumentación adecuada.

La gravedad del impacto se relaciona con el volumen del material deslizado, la velocidad y trayectoria de la masa en movimiento, el tamaño de las rocas y el tipo de movimiento, todo esto en función a la ubicación geográfica del sistema.

Los macrodeslizamientos y los movimientos de terreno desencadenados por sismos o lluvias pueden cambiar localmente la topografía de la zona.



Los deslizamientos presentan efectos directos causados por la deformación y el impacto de la masa en movimiento y, secundarios, producidos por las inundaciones aguas arriba de un deslizamiento / represamiento y las crecidas ocasionadas aguas abajo después de la rotura del deslizamiento / represamiento.

Los efectos de los deslizamientos en los sistemas son:

- Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de captación y de conducción ubicadas sobre o en la trayectoria principal de deslizamientos activos, especialmente en terrenos montañosos inestables con fuerte pendiente o en taludes muy inclinados o susceptibles a deslizamientos.
- Contaminación del agua en las áreas de captación superficial en zonas montañosas.
- Colateralmente por impactos indirectos como la suspensión del servicio eléctrico, corte de caminos y comunicaciones.

Inundaciones

Evento gradual o súbito, que puede ser predecible si se cuenta con los medios técnicos adecuados, y controlable si se hacen las obras físicas correspondientes. Pueden ocurrir en ríos y en el borde del mar. En la zona costera las inundaciones están relacionadas con los tsunamis y marejadas mientras que tierra adentro con las fuertes lluvias y las llanuras de inundación de los ríos. En zonas de alta pendiente pueden darse crecidas instantáneas de rápido surgimiento y desaparición.

La gravedad del impacto se relaciona con el área inundada, el calado o altura de la inundación, velocidad del flujo de agua, cantidad de sedimento transportado, la duración y la frecuencia de ocurrencia de inundaciones.

En caso de tsunamis o marejadas el impacto en la zona costera depende de la altura de las olas que, a su vez, depende de la forma local del fondo marino y del terremoto que lo originó.

La inundación en llanura cambia el curso del río y deposita sedimentos. La crecida erosiona el cauce y puede provocar deslizamientos nuevos o reactivar antiguos.

Los efectos de las inundaciones y crecidas en los sistemas son:

- Destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.
- Azolve y colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.
- Pérdidas de captación por cambio del cauce del río.
- Rotura de tuberías de distribución y conexiones en el área costera debido al embate de marejadas y áreas vecinas a cauces de agua.
- Contaminación del agua en las cuencas.
- Daño de equipo de bombeo al entrar en contacto con el agua.
- Colateralmente hay impactos indirectos por la suspensión de la energía eléctrica, corte de caminos y comunicaciones.

Sequías

Evento gradual de inicio lento en períodos de años, predecible si se cuenta con los medios técnicos adecuados, controlable si se toman las medidas correspondientes en el largo plazo.

La gravedad del impacto se relaciona con el déficit de lluvias, el nivel de las precipitaciones, el período de sequía, el área de erosión de la superficie del terreno y la extensión de la zona climática desértica.

La sequía cambia el entorno bioclimático de la región y las condiciones del agua superficial y subterránea.

Los efectos de las sequías en los sistemas son:

- Pérdida o disminución del caudal del agua superficial y / o subterránea.
- Racionamiento y suspensión del servicio.
- Abandono del sistema.
- Concentración de contaminantes



Síntesis de terremotos y huracanes acontecidos en El Salvador en los últimos años

Cronología histórica de los principales sismos en El Salvador⁶

La siguiente es una relación de sucesos sísmicos acontecidos en territorio salvadoreño desde la época de la colonia.

FECHA	HORA LOCAL	COORDENADAS	MAGN.	COMENTARIOS
23 Mayo 1576	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Total destrucción de San Salvador
30 Septiembre 1659	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Gran erupción del Boquerón. Total destrucción de San Salvador.
16 Abril 1854	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Ruina en San Salvador, la capital se trasladó a Santa Tecla.
18 Abril 1902	Sin dato	Sin dato	7.9	Maremoto en Ahuachapán. Daños en el occidente de país y en San Salvador
18 Julio 1912	Sin dato	Sin dato	5.9	Violento temblor causó daños en Armenia, Izalco y Santa Ana.
8 Junio 1917	Sin dato	Sin dato	6.5	Erupción del Boquerón. Daños en Armenia, Ateos, Sacacoyo y San Julián. Un segundo sismo causa daños en San Salvador, Apopa, Nejapa, Quezaltepeque, Opico y Santa Tecla.
6 Mayo 1951	17:03	13.52° N 88.40° O	6	
6 Mayo 1951	17:08	13.52° N 88.40° O	6.2	Murieron más de 400 personas.
7 Mayo 1951	14:22	13.48° N 88.45° O	5.8	
12 Abril 1961	16:20	13.10° N 88.90° O	5.75	Daños menores en San Salvador y el sur de El Salvador.
3 mayo 1965	4:01	13.65° N 89.15° O	6	125 muertos, 400 heridos y 4000 casas destruidas.
4 Febrero 1976	3:02	15.32° N 89.08° O	7.5	En Guatemala hubo más de 22,700 muertos, más de 76,000 heridos y 254,750 casas destruidas. No hubo daños en San Salvador.
19 Junio 1982	0:22	13.35° N 89.63° O	7	8 muertos y 96 heridos; 5000 damnificados.
23 Abril 1985	9:16	13.56° N 88.67° O	4.8	Se registraron más de 5,000 sismos de los cuales al menos 167 fueron sentidos en el área epicentral.
10 Octubre 1986	11:49	13.67° N 89.19° O	5.4	1,500 muertos y 10,000 heridos. Unas 60,000 viviendas destruidas o seriamente dañadas.
3 Noviembre 1988	8:47	13.88° N 90.45° O	5.6	5 muertos, algunos heridos y 100 viviendas dañadas al sur de Guatemala.
13 Enero 2001	11:34	12.83° N 88.79° O	7.6	944 muertos, 108,261 viviendas destruidas
13 Febrero 2001	08:22	13.64° N 88.94° O	6.6	315 muertos, 44,750 viviendas destruidas
17 Febrero 2001	13:39	13.39° N 89.14° O	5.1	Intensidad VI en San Salvador

• Tabla 2. Cronología histórica de los principales sismos en El Salvador

⁶ Fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas de El Salvador, citado por Jenkins, J. en el documento "Vulnerabilidad Sísmica: Centroamérica y El Salvador 2001"

Existen numerosas zonas del territorio salvadoreño que para cada época de lluvias están sujetas a inundación. Muchas de estas áreas fueron prácticamente deshabitadas o tienen muy baja densidad poblacional. El crecimiento natural de la población ha hecho que poco a poco estas áreas sean objeto de nuevos asentamientos.

En el documento de CEPRODE de 1991⁷ se hace una reseña histórica de inundaciones acontecidas desde comienzos del siglo veinte en diferentes áreas del territorio nacional; de esa reseña hemos adaptado la tabla siguiente:

⁷ Velis, Luis y Campos, Napoleón. *Desastres por Actividad Hidrometeorológica. Serie: Los desastres en El Salvador una visión histórico social. Volumen 2. Centro de Protección para Desastres. 1991*



AÑO	ZONA
1911	Cantón Las Pitass, municipio de Tecoluca, departamento San Vicente, zona comprendida en el bajo Lempa
1934	Zonas rurales aledañas a la cabecera municipal de Metapán, municipio del departamento de Santa Ana
1961	Acajutla, municipio del departamento de Sonsonate, poblaciones de los departamentos San Miguel y San Salvador
1965	Ciudad de Acajutla, Sonsonate
1966	Se menciona desbordamiento del Lempa al norte del país sin detalles, alrededores de la laguna de Olomega, departamento. de San Miguel
1968	Colonias Las Brisas, La Chacra y Quiñóñez, todas del municipio de Soyapango; y Colonia Santa Lucía del municipio de Ilopango, del departamento. de San Salvador
1969	Se mencionan desbordamiento del río Lempa sin detalle, desbordamiento del río Paz, fronterizo entre el departamento de Ahuachapán y Guatemala, poblaciones ubicadas en márgenes de Estero de Jaltepeque, en el departamento de la Paz, poblaciones ubicadas en margen del Río Grande de San Miguel, departamento de San Miguel
1974	Población del bajo Lempa, entre los departamentos de San Vicente y Usulután, efectos del Huracán Fifi, toda la franja costera del departamento de Usulután, desbordamiento río Grande de San Miguel, en el departamento de San Miguel, zona costera del departamento de Ahuachapán
1987	Zonas rurales de Metapán, departamento de Santa Ana
1989	Poblaciones ubicadas en margen del Río Grande de San Miguel, en el departamento de San Miguel

• Tabla 3. Reseña histórica de inundaciones acontecidas en El Salvador

Impacto del Huracán Mitch y de los terremotos de 2001 en El Salvador

Sector	Daños directos, millones de dólares	Daños indirectos, millones de dólares	Daño total, millones de dólares
Total	179.40	218.70	398.10
Sectores sociales	16.90	20.60	37.60
Vivienda	5.60	8.00	13.60
Salud	1.70	9.90	11.60
Educación	9.70	2.70	12.40
Infraestructura	24.70	49.60	74.30
Transporte y comunicaciones	22.10	48.30	70.40
Agua y alcantarillado	1.40	1.00	2.40
Riego y drenaje	1.10		1.10
Energía	0.10	0.30	0.40
Sectores productivos	130.70	148.50	279.20
Agricultura (arroz, frijol, maíz, sorgo)	112.10	6.70	118.80
Ganadería (bovinos, aves, equinos, porcinos e infraestructura)	6.60	38.60	45.20
Pesca	3.00	1.30	4.30
Industria	0.00	73.90	73.90
Comercio	9.00	28.00	37.00
Ambiente	7.00	0.00	7.00

• Tabla 4. Daños directos ocasionados por Mitch en 1998. CEPAL



Huracán Mitch, 1998

El cuadro anterior consolidado por CEPAL, estima los daños directos e indirectos ocasionados por Mitch en los principales rubros de la economía nacional. El daño total en el sector de Agua y Alcantarillado se estimó en 2.4 millones de dólares, monto bastante bajo al compararlo con otros rubros, pero que refleja también, que si la cobertura de estos servicios es sumamente baja especialmente a áreas rurales, la magnitud del costo de infraestructura que resulte dañada también será baja, al compararlo a otros rubros como el de transporte y el de infraestructura.

El documento "Crónicas de Desastres. Huracanes Georges y Mitch" publicado por la Organización Panamericana de la Salud en 1999, resume lo siguiente con relación a los daños ocasionados por Mitch en la infraestructura de agua potable y saneamiento y la respuesta de emergencia brindada.

"Los principales problemas de saneamiento ambiental surgidos en la emergencia fueron: contaminación del agua en pozos, sistemas de abastecimiento, manantiales, ríos y lagos; destrucción y deterioro de sistemas de abastecimiento; inundación y enterramiento de pozos y manantiales; destrucción e inundación de letrinas para abono y de fosas; estancamientos extensos de agua; contaminación de alimentos almacenados, en preparación, servicio y consumo; y migración de roedores (ratas y ratones).

Los daños a la infraestructura sanitaria de agua y alcantarillado se localizaron en 56 municipios y afectaron a diversos sistemas hidráulicos: presas, tanques de abastecimiento, caños maestros, redes de distribución, desarenadores y rejillas. De los 489 sistemas hidráulicos existentes, 155 (32%) resultaron averiados. Los sistemas de alcantarillado afectados fueron 14, incluyendo sistemas de aguas negras, drenaje de agua lluvia y descarga final. También resultaron dañados 7600 pozos y 9200 letrinas, aproximadamente.

El huracán Mitch afectó principalmente las zonas costeras, donde la cobertura de abastecimiento de agua es de un 25 % y donde el agua para el consumo se obtiene principalmente de

pozos excavados. La dotación de letrinas es de un 53 %, principalmente del tipo para preparación de abono, pues el nivel freático es superficial en esa zona. Los avances en materia de saneamiento básico han sufrido un serio retroceso con el Mitch, que puso en evidencia la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria. Puso asimismo en evidencia el deficiente ordenamiento territorial de una urbanización descontrolada, en condiciones precarias e insalubres, con un uso irracional del suelo y un manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas.

Como se ha señalado, los daños en la infraestructura sanitaria afectaron principalmente la obtención de agua potable y la adecuada disposición de excretas, aumentando así el riesgo de transmisión de enfermedades diarreicas agudas y del cólera. Las inundaciones y el estancamiento del agua favorecieron la proliferación de mosquitos transmisores del dengue y paludismo.

Entre las lecciones aprendidas, hay que destacar la importancia de asegurar el suministro de agua potable y de mejorar el saneamiento básico a corto y mediano plazo en las zonas rurales y sobre todo en las zonas costeras, para que el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria haga menos vulnerable a la población.

Sismos de enero y febrero de 2001

Daños en los sistemas de abastecimiento de agua

En el documento “Vulnerabilidad sísmica: Centroamérica y El Salvador 2001” de Jorge J. Jenkins, publicado en septiembre de 2001 por la Representación de OPS/OMS en El Salvador, se citan los daños sectoriales de los sismos de enero y febrero según las estimaciones de CEPAL, los cuales transcribimos a continuación.



• Figura 10. Tableros eléctricos en el “Cacahuatal”



Las cifras están en millones de dólares.

Sector	Total \$	Propiedad Pública,\$	Propiedad Privada, \$
Sectores Sociales	616.70	237.70	379.00
Educación	210.50	68.60	141.90
Salud		72.40	72.40
Vivienda y Asentamientos	333.80	96.70	237.10
Infraestructura	472.30	171.20	301.20
Electricidad	16.40	3.30	13.20
Agua y saneamiento	23.10	13.10	10.00
Transporte	432.80	154.80	278.00
Productivo	339.30	15.30	324.10
Agropecuario y pesca	93.10	13.40	79.80
Industria, comercio, turno.	246.20	1.90	244.30
Medio Ambiente	102.50	102.50	-----
Otros daños	73.00	40.00	33.00
Totales	1,603.80	566.70	1,037.30

• Tabla 5. Daños sectoriales por los terremotos de enero y febrero de 2001. CEPAL

ANDA reporta sólo en concepto de costos de distribución de agua de emergencia entre la población afectada, un total de \$ 374,500, según el siguiente desglose.

Costos de distribución de agua por parte de ANDA en las zonas afectadas por los sismos de enero y febrero 2001

RUBROS	COSTO EN DOLARES
Transporte pipas privadas	\$ 133,510.86
Agua, distribuida	\$ 86,791.86
Combustible AMSS	\$ 11,550.90
Combustible región central	\$ 3,912.45
Combustible región occidental	\$ 18,675.09
Combustible región oriental	\$ 7,824.90
Viáticos AMSS	\$ 6,584.00
Viáticos región central	\$ 1,004.00
Viáticos región occidental	\$ 3,763.92
Viáticos región oriental	\$ 1,236.00
Horas extras AMSS	\$ 22,005.00
Horas extras región central	\$ 2,784.00
Horas extras región occidental	\$ 7,052.43
Horas extras región oriental	\$ 3,480.00
Depreciación camiones	\$ 12,574.29
Salario motoristas	\$ 51,758.58
TOTAL	\$ 374,508.28

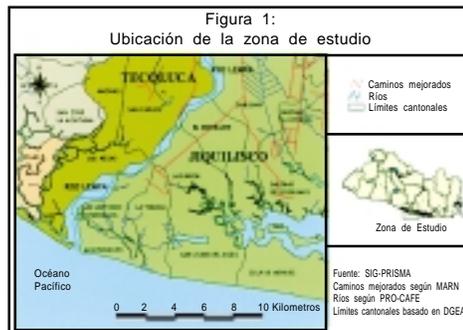
• Tabla 6. Costos de distribución de agua por ANDA en zonas afectadas por sismos de 2001. ANDA

Caso de cambios en sabor y turbidez en pozos de la zona costera de Usulután

A continuación se resumen los resultados relativos a la investigación hecha a raíz de los cambios en sabor y turbidez que se reportó en pozos en la cuenca baja del río Lempa después del terremoto del 13 de enero de 2001. Este informe fue el resultado del Taller Centroamericano de Geofísica Aplicada al Estudio de las Aguas Salinas en la Zona Costera de la Bahía de Jiquilisco, organizado por el proyecto FIAS – ANDA, Proyecto Agua y Saneamiento (AGUASAN) de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Cooperación Francesa (CCCAC), Universidad de El Salvador y la Universidad de Paris, entre otros. El informe fue editado y publicado por PRISMA en 2001.

Una gran cantidad de acuíferos en el mundo se encuentran ubicados en las llamadas cuencas hidrográficas abiertas, donde existe un contacto del agua subterránea dulce con el agua de mar, estando presente el peligro latente de una intrusión salina (contaminación del acuífero de agua dulce con agua salada del mar) en el caso de una excesiva explotación del acuífero.

Muchos de estos acuíferos son utilizados para proveer agua para consumo humano y agricultura, como sucede en las regiones ubicadas en la zona costera de El Salvador, lo que obliga a conocer el proceso de intrusión salina y asegurar el aprovechamiento del recurso hídrico de dichos acuíferos.



• Figura 11. Ubicación de la zona de estudio de AGUASAN

La zona del Bajo Lempa se encuentra localizada dentro de una de las diez regiones hidrográficas más importante del país (Figura 11). El efecto causado por el terremoto del 13 de enero

del presente año, y las implicaciones causadas en la población y en el desenvolvimiento de sus actividades agrícolas, dio lugar a enfocar el interés en el área, y con especial atención en aquellos fenómenos que escapan de la comprensión práctica y que por lo tanto, requerían del trabajo científico para su explicación.

En ciertos lugares, fenómenos de licuefacción rápidamente se asociaban con “anomalías de salinidad”. Estas razones, y el fácil acceso a la zona junto a lo suave de su topografía, sirvió de base para su selección como zona de estudio aunque de manera evidente, el bajo consumo de agua establecido en el área no representa un alto peligro de una intrusión salina, que es un fenómeno hidrodinámico bastante complejo y que puede ser investigado de varias maneras. La Geofísica representa una de las diversas herramientas que permiten entender la problemática hidrogeológica. La primera fase de la investigación consistió en la caracterización y determinación de las cargas piezométricas dentro del contexto geológico y aprovechar de los puntos de medida como sistemas abiertos que permiten visualizar el complejo sistema agua-roca (acuífero), para luego complementarlos con medidas de conductividad eléctrica, que en términos generales representa una medida de la cantidad de minerales disueltos en el agua. Por otra parte, las prospecciones geofísicas ayudaron a identificar y a entender la estructura del subsuelo y la naturaleza de sus constituyentes, para corroborar los resultados y llegar a las mejores conclusiones y recomendaciones. El producto del estudio es un trabajo interdisciplinario, en donde el punto principal era la determinación de la existencia de la cuña de agua salada en el acuífero aluvial, para lo cual fue necesario la aplicación de técnicas de hidrogeología física y reconfirmadas con los métodos geofísicos, para luego integrar la información y analizar los resultados obtenidos.

Las Conclusiones y Recomendaciones a las que llegó el equipo de trabajo del estudio fueron:

Con los resultados obtenidos por medio de métodos hidrogeológicos y con el apoyo de los métodos geofísicos se pudo determinar que no existe presencia, en las condiciones