

NOTAS ACERCA DE REDES DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS Y AGUAS LLUVIAS

Hernán Romero

1. LA VULNERABILIDAD del sistema institucional salvadoreño se puede medir por medio de la efectividad y eficiencia del marco legal e institucional que rige la gestión de los recursos hídricos. En el caso salvadoreño esto último es inadecuado, ya que dicha gestión tiene la característica de ser dispersa y contradictoria en varios aspectos.

2. El subsector de agua potable y saneamiento no es ajeno a lo anterior. Aquí habría que agregar el hecho de la descoordinación y la regulación del subsector a partir de normas obsoletas. Aunque existe una institución autónoma, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, la fluidez en la gestión no es lo distintivo. Por otra parte, se tiene un creciente segmento informal privado que no cuenta con mayores regulaciones, amén de varios programas independientes (con financiamiento externo) que promueven acueductos comunitarios rurales y programas de desarrollo local que rehabilitan y amplían sectores urbanos en forma descoordinada.

3. La vulnerabilidad física del recurso hídrico debe ser identificada con precisión, y esto quiere decir que el recurso hídrico está expuesto a riesgos independientes de la gestión y manejo que se haga del mismo. Un segundo momento es el manejo y usos que del recurso se hagan, y para esto deben distinguirse las siguientes fases del proceso de gestión y manejo del recurso hídrico: a) sistema de control, evaluación y monitoreo de los recursos hídricos; b) sistemas de abastecimiento de agua potable; c) sistemas de aguas negras; d) sistema de aguas lluvias. Lo anterior, pues, nos permitirá evaluar el grado de vulnerabilidad y los riesgos a los que están sometidos cada uno de ellos. Para el presente documento fueron se-

leccionados el sistema del Área Metropolitana de San Salvador, por ser representativo de la gestión y demás por poseer información que permite dicho análisis.

4. El recurso hídrico es finito, único, multiusuario e indispensable para la vida. Esta vulnerabilidad se manifiesta considerando los efectos de un simple vertido doméstico, ya que para lograr un nivel de difusión natural se requiere una relación de 1:75/60 partes, es decir, por una parte de recurso contaminado producto del uso doméstico se necesitan entre 75 y 60 partes de agua limpia.

5. El posicionamiento y las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico son determinantes para la vulnerabilidad del mismo. Por ejemplo, un acuífero subsuperficial o superficial es más vulnerable que un acuífero profundo; sin embargo, si llega a contaminarse el impacto en ambos es total.

6. Otro aspecto de la vulnerabilidad del recurso está referido a los efectos de la sobreexplotación en las zonas acuíferas o de un manantial, lo que incide en la pérdida de capacidad de recuperación, producto de la ruptura de su ciclo hidrológico, en tanto que la ecuación de equilibrio natural de recarga del almacenamiento producto de la infiltración natural, es menor que la sustracción del recurso. En el caso que el acuífero tenga contacto con el mar, la sobre explotación genera problemas de intrusión salina al invertirse el gradiente hidráulico. En el caso de un acuífero continental también por sobreexplotación puede inducirse la contaminación al bombear de una fuente superficial contaminada.

7. Las aguas superficiales suelen tener una mayor capacidad de recuperación, pero es más fácil contaminarlas, y por su forma de desplazarse puede afectar a más de un segmento de población, ya que en su recorrido (cuando se trata de ríos) aguas abajo se convierte en un recurso con limitaciones para su uso. Un ejemplo palpable son los ríos que pasan por las ciudades más importantes del país, los que por falta de tratamiento de las aguas domésticas e industriales, y que son vertidas directamente a los cauces, muchas veces son focos de infección desde su mismo origen. Tales son los casos de los ríos Acelhuate, Suquiapa, Sucio, Grande de San Miguel, Sensunapán, y otros, los cuales son alcantarillas a cielo abierto desde su nacimiento.

8. Dentro de los elementos básicos que se consideran para fines de diagnóstico y evaluación del grado de vulnerabilidad de los sistemas de control, evaluación y monitoreo de los recursos hídricos se considerarán los siguientes: a) tipo y nivel de cobertura de la red meteorológica e hidrométrica, redes de pozos de explotación y control de agua subterránea; b) tipo y cobertura de la red de control de calidad del agua y vertidos; c) cantidad y calidad de la información existente; y d) consistencia y homogeneidad de las series de datos.

9. En términos de cobertura se puede considerar que es aceptable ya que con excepción de las ciudades de Sonsonate y Santa Ana, el resto cubre los estándares establecidos por la Organización Mundial de Meteorología. Sin embargo, para fines de control de la cantidad (caudales) y calidad del agua con excepción de las cuencas del Acelhuate, Sucio y Suquiapa y cuyo número de estaciones está en relación directa con los puntos de vertidos localizados en campo, se puede considerar esta red aceptable. No así para el resto de las ciudades en donde no se cuenta con un inventario y caracterización de los vertidos, muchos menos con la red de control.

10. La red de explotación de agua subterránea del Área Metropolitana de San Salvador y de todas las ciudades estudiadas no cumple con ningún estándar, ya que es una costumbre muy propia de El Salvador el no considerar la construcción de pozos de observación o testigos en una zona acuífera, que permita controlar el comportamiento y la verificación de los parámetros hidráulicos de la zona acuífera, y así poder evaluar las condiciones de operación del mismo y por tanto poder regular su uso. En relación con los otros indicadores de cantidad y calidad de la información existente debe anotarse que la consistencia y homogeneidad de las series de datos representa un serio problema, en tanto que las series disponibles son de corta duración. Información de calidad y cantidad con cierto grado de aceptación se obtuvo en los años sesenta y ochenta, pero la situación se deterioró en los años noventa, debido por un lado al abandono que hubo durante el período de la guerra como al hecho de que esto ha sido relegado en el presupuesto institucional.

11. El sistema de agua potable del Área Metropolitana de San Salvador consta de cuatro fuentes de captación o producción; a) el sistema Tradicional; b) el sistema Zona Norte; c) el sistema Río Lempa; y d) el sistema Guluchapa.

12. El sistema Tradicional es la explotación del acuífero de San Salvador por medio de cincuenta y dos pozos y seis fuentes, y data desde 1900. El inicio se da con la captación de las fuentes de la Danta la Vieja, recibiendo un empuje importante en 1930 con un salto de calidad de la red para poder abastecer una población de unos 30.000 habitantes. De esa época a la fecha el sistema ha seguido funcionando y aporta al sistema del Área Metropolitana de San Salvador el 45.5 por ciento de la producción, lo que representa un caudal de 2.45 m.c.s.

13. Es sabido que uno de los principales problemas del sistema Tradicional es la disminución de su capacidad de infiltración y almacenamiento. Desde 1960 se estableció que el acuífero se encontraba en un proceso de sobreexplotación, lo cual no ha sido posible documentar debido a la falta y definición de una red de control, independiente de la red de explotación. De acuerdo a la instancia no-gubernamental PRISMA en 1996 se extrajeron 77.3 millones de metros cúbicos equiva-

lentes a 2.4 m.c.s. y se estima que la recarga del acuífero es del orden de 1.2 m.c.s., lo que da indicios de una sobreexplotación. Un esfuerzo de auscultación importante se realizó en 1993 por medio de una tesis de grado de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, donde se evaluaron las condiciones de los niveles freáticos entre 1972 y 1993, con la finalidad de poder valorar el efecto de la sobre explotación, y cuyos resultados fueron los siguientes:

PROMEDIO ANUAL DE DESCENSO DEL NIVEL FREÁTICO DE ACUÍFERO DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

Municipio	Promedio del descenso del nivel freático/año
Apopa	-0.38
Ilopango	-0.52
Soyapango	-0.81

14. Dentro de los elementos de vulnerabilidad física en el acuífero de San Salvador se pueden mencionar: a) la disminución del área de recarga como resultado del incremento del área urbana. Así, según datos obtenidos por la tesis con anterioridad citada, en el año 1972 existía un área cubierta de 40 km² y en 1983 el área cubierta era de 24 km², lo que representa una disminución del 40 por ciento en cobertura y una pérdida de 16 millones de metros cúbicos anuales; b) la potencial contaminación del acuífero por: lixiviados precolados; deterioro de las redes de agua potable, aguas negras y aguas lluvias en el Distrito Comercial Central, dada la magnitud de las pérdidas de la red de abastecimiento (0.752 m.c.s.); c) la otra fuente de contaminación potencial es la influencia del río Acelhuate, que conduce un 80 por ciento de las aguas negras generadas por el Área Metropolitana de San Salvador; d) la falta de control de la explotación de los pozos privados en la zona acuífera de Soyapango para uso industrial (que representa el 38 por ciento del agua bombeada), así como la profundización de la mayoría de los pozos son indicadores que permiten suponer un proceso de sobreexplotación de la zona, debido al exceso de demanda de agua potable en Soyapango y San Bartolo.

15. El sistema Zona Norte se localiza a unos 20 kilómetros al norponiente de la ciudad de San Salvador y está compuesto por cinco pozos y cinco manantiales ubicados en el acuífero del Río Sucio/Zapotitán y rinden una producción de 1.41 m.c.s., representando un 27.7 por ciento del suministro total del Área Metropolitana de San Salvador. Este sistema entró en funcionamiento en 1982 y abastece la

parte norponiente; posteriormente se han incorporado dos fuentes y tres pozos que abastecen la parte surponiente de Santa Tecla.

16. Dentro de los elementos de vulnerabilidad del sistema de captación se encuentran los siguientes: a) el potencial peligro de contaminación producto de los vertidos agroindustriales de la zona industrial que se realizan en el área de explotación del acuífero Opico/Río Sucio, que según un estudio de UCA/FIAES se detecta la presencia de metales pesados (plomo), ya que diecinueve de las muestras contenían más del estándar de USEPA (que es 15 ug/l) y las concentraciones de las muestras oscilaban entre 20 y 800 ug/l en ciertas áreas; b) el uso excesivo del acuífero superficial de la zona, producto del aumento de la demanda a raíz del desarrollo de zonas industriales y agroindustriales, así como áreas urbanizadas. El uso excesivo del acuífero superficial se debe a que las aguas del acuífero profundo poseen un elevado contenido de hierro y esto redundaría en mayores costos para el tratamiento de esas aguas; c) el descontrolado cambio en el uso de los suelos en toda la zona de influencia sobre el acuífero, lo que está generando una dinámica peligrosa, ya que no sólo podría darse una sobreexplotación del acuífero, sino que podría configurarse una contaminación grave del mismo.

17. El sistema Río Lempa es el único sistema de captación de agua superficial existente en el país y opera desde 1993. Consiste en una captación sobre el río del mismo nombre y una planta de tratamiento que se localiza a más o menos unos 23 kilómetros al norte de la ciudad de San Salvador. El sistema contribuye con un caudal de 1.15 m.c.s., lo que representa el 22.6 por ciento de la producción actual. La planta de tratamiento se encuentra en proceso de ampliación para llevarla a su máxima capacidad que sería de unos 2.50 m.c.s., previéndose que el sistema funcione a plenitud a finales del año 2002. La ampliación consiste en un tanque de almacenamiento paralelo a la planta, en el que se hará una sedimentación previa a ser tratada en la planta con el fin de disminuir la frecuencia en el lavado de los filtros, así como disminuir los volúmenes de productos químicos utilizados para el tratamiento de las aguas crudas.

18. Los elementos más importantes de vulnerabilidad del sistema son: a) los elevados niveles de turbidez (arriba de 500 NTU), como consecuencia de la carga de sólidos suspendidos y coloides que son transportados por el río durante la estación lluviosa y cierto tipo de algas que son generadas en el lago de Güija durante la estación seca; b) los paros de producción de agua tratada en la planta como resultado de los señalados niveles de turbidez, y que en los últimos años ha sido muy frecuente con una duración promedio anual de 27 días, tiempo requerido para el lavado de los filtros de la planta de tratamiento (que además demanda más o menos un 10 por ciento del agua producida).

19. El sistema Guluchapa es el más pequeño y se localiza a 12 kilómetros al oriente de la ciudad, consistiendo en la explotación de un acuífero semiconfinado de 25 kilómetros cuadrados por medio de cuatro pozos y rinde unos 0.25 m.c.s. lo que permite el abastecimiento de parte del municipio de San Martín y la colonia Santa Lucía. Esta agua tiene un elevado contenido de hierro, manganeso y otros componentes químicos, por lo que es necesario su tratamiento para evitar la corrosión de las tuberías.

20. Dentro de los elementos de vulnerabilidad de la zona de captación se pueden mencionar: a) la sobrexplotación del acuífero, lo que puede invertir el gradiente hidráulico generando una intrusión de agua del lago de Ilopango cuyas aguas tienen un elevado contenido de arsénico y boro; b) la contaminación del acuífero como resultado de la falta de tratamiento de las aguas industriales y domésticas vertidas en los cauces de los ríos que drenan la cuenca; c) el desarrollo de parte de las áreas colindantes de la cuenca del río Acelhuate, las que por falta de infraestructura de recolección de las aguas servidas tiene que verter sus aguas a otra cuenca.

21. Las líneas de conducción relacionadas con el sistema Tradicional se confunden con las líneas de distribución ya que la mayoría de los pozos bombean directamente a la red, lo que las hace más vulnerables debido a que muchas veces algunas de las estaciones de bombeo deben hacerlo contra la línea piezométrica de la red, que suele ser mayor que la carga de bombeo. Los principales aspectos de vulnerabilidad son: a) la obsolescencia de las tuberías, en tanto que muchas fueron instaladas hace más de 50 años; b) exceso de fugas de las tuberías, puesto que en muchas tuberías se usan juntas de ploma, que son propensas a derrame; c) fallas existentes en la zona dada las condiciones geológicas de la misma y los frecuentes movimientos sísmicos; d) la existencia de una gran mayoría de tuberías galvanizadas de hierro, susceptibles a la corrosión.

22. La línea de conducción del sistema Zona Norte consta de 70 kilómetros de tuberías de hierro fundido, de los cuales 10 kilómetros trabajan por gravedad (aducción) y 60 kilómetros por bombeo. La línea de conducción bordea la parte baja de las faldas del volcán de San Salvador. Dentro de los principales aspectos de vulnerabilidad se encuentran: a) las frecuentes rupturas de la línea en diferentes puntos, producto de las amenazas naturales debido a las condiciones topográficas de la zona y los frecuentes movimientos sísmicos propios del país; b) la puesta fuera de servicio de algunos de los pozos de producción, dada la frecuencia de actividad sísmica en la zona, lo que aunado a la agresividad del agua termina por configurar la probabilidad de que algún pozo siempre salga de servicio.

23. La línea de conducción del sistema Río Lempa consiste de 72 kilómetros de tubería de hierro fundido de 48 pulgadas, de los cuales 62 kilómetros son de línea de impelencia y 10 kilómetros de tubería por gravedad. La línea de conducción hace su recorrido desde la planta de tratamiento en la margen derecha del río Lempa en el sitio conocido como El Astillero, hasta la zona de Nejapa-Mariona-El Carmen. Esta tubería no se ve sometida a muchos efectos de la actividad sísmica, ya que ésta no es muy frecuente en esa zona. La vulnerabilidad aquí se concentra en un aspecto: a) el vandalismo local, puesto que parte de esta tubería pasa al descubierto (pelo tierra) en ciertas áreas pobladas.

24. La línea de conducción del sistema Guluchapa está conformada por 12 kilómetros de tubería de impelencia de hierro fundido de 12 pulgadas de diámetro. El recorrido comienza desde la planta de tratamiento Asinos, hasta la estación de rebombeo de la colonia Santa Lucía en el cantón El Matazano y luego regresa paralelo a la carretera Panamericana por el municipio de San Martín. Básicamente, la mayor vulnerabilidad del este sistema es el golpe de ariete al que puede ser sometido en caso de una interrupción del servicio de energía eléctrica y esto debido a la elevada carga dinámica con la que trabaja el sistema.

25. Las obras de almacenaje en el Área Metropolitana de San Salvador constan de 43 tanques de concreto reforzado y ladrillo de tipo superficial y localizados en diversos rumbos. Cuentan con una capacidad instalada de 216,138 m.c. Varios de los tanques fueron construidos en los años cincuenta del siglo pasado, pero se encuentran en buen estado no obstante estar ubicados en una zona de elevada actividad sísmica. Además, existen alrededor de 100 pilas que suministran agua a asentamientos humanos irregulares que carecen de sistema de suministro directo. Los aspectos que influyen en la vulnerabilidad son: a) las interrupciones del suministro debido a los problemas de fluctuación entre la producción efectiva y los ajustes en la operatividad de cada sistema; b) el bajo almacenaje del sistema ya que solamente se puede proveer agua a la ciudad por corto tiempo; c) la falta de conectividad entre los sistemas Zona Norte y Río Lempa, ya que a pesar de que ambos llegan al mismo lugar (Nejapa) las zonas para las cuales fueron diseñadas no pueden ser atendidos en forma alterna por falta de un circuito de interconexión eléctrica.

26. El sistema de distribución consiste en una red de tuberías que varían de 3/4 a 32 pulgadas de diámetro: los materiales son diversos y van desde pvc, hierro galvanizado hasta asbesto cemento (éste se encuentra en proceso de sustitución ya que no sólo es dañino para la salud, sino que dificulta el mantenimiento por el tipo de junta utilizada). Existe una longitud de unos 90 kilómetros de tubería correspondiente a la red primaria de distribución y otro tanto como red secundaria. Den-

tro de los elementos de vulnerabilidad del sistema de distribución se pueden contar: a) la obsolescencia de gran parte de la red, ya que en su mayoría data de unos cincuenta años atrás, especialmente en la red de distribución principal; b) un elevado porcentaje de la red secundaria es de pvc, la que ha sido colocada por las empresas urbanizadoras, pero con muy poca supervisión de parte del entre responsable; c) la falencia de un sistema de valvulería que permita contar con circuitos de presión que faciliten el aislamiento de sectores en caso de fallas, así como suministrar el agua en algunas áreas por otros medios; d) la falta de un plan de operación del sistema, que generalmente opera por inundación, razón por la cual las áreas localizadas a larga distancia de los puntos de control (tanques) tienen poca posibilidad de recibir un servicio aceptable, dadas las condiciones de pérdidas piezométricas en la red (San Bartolo, Soyapango); e) la alta tasa de pérdidas (según estudios recientes las pérdidas varían del 15 al 30 por ciento), especialmente en la zona del Distrito Comercial Central, San Jacinto, La Vega y San Esteban donde se encuentran las áreas más antiguas y que han sufrido daños como producto de los numerosos movimientos sísmicos. Otras zonas que sufren pérdidas considerables son las colonias Escalón, Jardines de Guadalupe, por ejemplo, donde la mayoría de las tuberías son de asbesto cemento y que por las condiciones sísmicas y de trabajo se encuentran fracturadas.

**COBERTURA DE AGUA POTABLE DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR
POR MUNICIPIO**

Municipio	Población urbana	Porcentaje
Mejicanos	195,731	75
Cuscatancingo	74,502	70
Soyapango	339,911	77
San Salvador	570,413	90
San Marcos	73,612	65
Delgado	141,452	70
Ayutuxtepeque	37,406	95
Ilopango	128,074	90
Antiguo Cuscatlán	44,600	100
Nueva San Salvador	157,360	90
Apopa	136,016	90
San Martín	73,061	46
Panchimalco	38,843	86

27. Dentro del Área Metropolitana de San Salvador se encuentran trece municipios, y como es lógico éstos tienen coberturas diferentes debido a problemas de ubicación, falta de líneas de distribución o problemas de micro medición. Para tener una idea de cuál es el nivel de cobertura promedio del Área Metropolitana de San Salvador se puede decir que de la población total estimada (2,010,981 habitantes) sólo 1,608.785 habitantes reciben el servicio de agua potable, siendo así que la cobertura es de alrededor del 80 por ciento.

28. Otros de los aspectos interesantes de analizar son la calidad y eficiencia del servicio, que se miden por medio del número de horas que se presta el servicio, así como por el estado de los medidores, que a su vez permite establecer el nivel de cobranza de la institución. Lo anterior no sólo impacta las economías de los hogares, sino que afecta también toda la rutina de la familia y pueden generar hasta problemas de salud. La eficiencia en la medición del agua servida a nivel del Área Metropolitana de San Salvador puede decirse que es bastante aceptable de acuerdo a las estadísticas de la empresa proveedora del servicio. Aunque debe destacarse no obstante que el 76.7 por ciento de la población cuenta con un sistema de control de volúmenes de agua servida, el resto (23.3 por ciento), dada la magnitud del sistema general de provisión de agua, no es un porcentaje bajo. En lo referente a la eficiencia del servicio, debe considerarse que éste se define por el número de horas que la población tiene agua, y se puede decir que es bajo ya que el promedio de horas de servicio es de 12 horas, con un 50 por ciento que tiene entre 0 a 12 horas de servicio y solamente un 28.6 por ciento con servicio razonable.

29. La calidad del agua suministrada se establece por medio de ciertos indicadores físico-químicos y bacteriológicos que son monitoreados por la empresa prestadora del servicio. Dichos indicadores se configuran sobre la base de normas internacionales (Organización Panamericana de la Salud). De acuerdo a la evidencia empírica existente y considerando la perspectiva físico-química el agua servida es aceptable: aunque hay algunos moderados limitantes en el agua subterránea, ya que su índice de saturación es de -0.94, lo que califica el agua como corrosiva. Sin embargo, los limitantes más fuertes se presentan con la calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico, ya que muchas pruebas realizadas en diferentes puntos de la red dan positivo en el contenido de bacterias fecales debido al estado de las tuberías y al elevado índice de fugas.

30. El otro impacto importante, de orden económico, es la medición del consumo a la población y que indiscutiblemente redonda en un pago inadecuado del servicio prestado por la empresa. Lo anterior tiene su fundamento en el hecho de que las cifras de consumo manejadas por la empresa proveedora de agua potable

no reflejan el consumo real; y esto se expresa con toda claridad en un estudio reciente realizado por una firma francesa (1998) que determinó y calificó el consumo bajo los siguientes aspectos: a) una fracción del consumo es estimado para efectos de facturación; b) existe una desactualización del catastro de usuarios, lo que se manifiesta por un subregistro de conexiones, así como conexiones que no existen. El 5.35 por ciento eran predios baldíos deshabitados, el 5.2 por ciento de los usuarios tiene medidores dentro de los predios lo que impide la lectura de los mismos, el 13.3 por ciento de los usuarios registrados no corresponde a la categoría definida por la empresa prestadora del servicio; c) un elevado porcentaje de los medidores no registra adecuadamente el consumo y por ende las lecturas no son correctas, a lo que hay que agregar que el 29.3 por ciento de los medidores tiene códigos diferentes al encontrado en el catastro de la empresa; d) existen medidores con más de quince años de operación y los medidores volumétricos instalados presentan deterioro debido a la presencia de sedimentos y arena existente en la red; e) existe una subfacturación debido a la submedición del consumo; el 72 por ciento del consumo se clasifica como residencial y nada más el 5.11 por ciento es industrial, debido a que la mayoría de las industrias existentes en la zona tiene su propio abastecimiento y el 6 por ciento se clasifica como otros.

31. El desarrollo del sistema de alcantarillado sanitario (o de aguas negras) data de los años veinte del siglo XX como producto de la pavimentación de las principales calles de San Salvador. En 1928 se construyó el colector de forma ovoide (2.1 x 1.4 m.) denominado ALCAINES y que permitió interceptar todos los colectores secundarios del centro y transportar esas descargas hasta un tributario del río Acelhuate. Durante más de veinte años se dejó de trabajar en la construcción de sistemas y fue hasta 1950 que se establece en el Ministerio de Obras Públicas la Dirección de Alcantarillados Sanitarios y se pasaron a construir varios ramales durante los diez años siguientes. Pero es en 1951 que se crea la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados que con fondos de préstamos retoma el mejoramiento de la red de aguas negras. Así, se construyeron los tres primeros colectores primarios para interceptar la mayor parte de las descargas a los ríos que atraviesan la ciudad. Con estos colectores se pudo drenar la mayor parte de San Salvador y Santa Tecla.

32. Importante es remarcar que en este momento el 85 por ciento del caudal de aguas negras drena directamente a las quebradas o ríos que pasan por el Área Metropolitana de San Salvador; el resto de esta agua (15 por ciento) es descargado en parte a los drenajes de aguas lluvias debido a que las restantes aguas de los colectores primario y secundario se encuentran sobre los niveles de descarga de ciertas zonas urbanas.

33. En el período de 1985-1998 se construyó la segunda fase de los colectores de gran diámetro para reunir la mayoría de las aguas negras de las redes sanitarias parciales y conducir dichos caudales fuera del Área Metropolitana de San Salvador; estos colectores tienen la capacidad de captar aproximadamente el 60 por ciento del caudal y se localiza paralelo al río Urbina-Tomayate, y el 15 por ciento es recibido por el colector paralelo al río Las Cañas. Con estas obras construidas la capacidad para el manejo de las aguas negras del Área Metropolitana de San Salvador está proyectada hasta el año 2015, y esto responde a la ubicación potencial de las plantas de tratamiento de aguas negras previstas para la mayor depuración de aguas negras generadas en esta zona del país. En lo relativo a la diferencia del 25 por ciento de las aguas negras que no pueden llegar a los colectores principales construidos, se ha determinado que un 15 por ciento de las aguas negras se vierten a los colectores de aguas lluvias; lo que significa que unas ciento cuarenta soluciones sí pueden ser incorporadas al sistema de colectores secundarios, pero el resto no puede ser incorporado por sus condiciones topográficas ya que muchos sitios se encuentran por debajo de las cotas más bajas de los colectores secundarios y terciarios y habría que buscar otro tipo de solución.

34. Dentro de las vulnerabilidades de orden físico se pueden mencionar: a) la obsolescencia y mala calidad de los colectores terciarios, muchos de los cuales han sido construidos por los urbanizadores con poca o nula supervisión por parte de la institución estatal responsable; b) falta de un catastro detallado de los sistemas que permita conocer su estado (de algunos no se sabe su ubicación exacta); por otra parte los alcantarillados construidos antes de la constitución de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados se hicieron sin mayor control de normas técnicas y un porcentaje elevado suele ser de diámetro menor a 24 pulgadas, lo que hace difícil su inspección; c) problemas de deterioro de la red antigua debido a la amenaza de fallas debido a los movimientos sísmicos y también al deterioro que producen los vertidos industriales, muchos de los cuales no son tratados y no se conoce su ubicación; d) la falta de un plan de mantenimiento de los colectores secundarios, ya que la división de mantenimiento de la institución encargada sólo atiende emergencias y casos «curativos» para sitios específicos.

35. Los efectos económicos y sociales de la poca gestión que se hace de la red de aguas negras son incalculables ya que dichos efectos se manifiestan en enfermedades gastrointestinales y respiratorias; afecciones conocidas como enfermedades hídricas. Una puntualización sería: a) una elevada tasa de diarreas, ya que por cada 1,000 personas en el departamento de San Salvador, se dan entre cuarenta y cinco y cuatrocientos cincuenta casos, y esto se debe a los elevadísimos niveles de contaminación del río Acelhuate que sirve de drenaje de la ciudad y donde el 85

por ciento de las aguas negras son descargadas; b) alto índice de coliformes y demanda bioquímica de oxígeno en el río Acelhuate, al nivel de la desembocadura al río Lempa (2,400,000 NMP/1,000 ml de coliforme y 49 ug/lt de demanda bioquímica); ambos indicadores se encuentran muy por encima de los niveles aceptables; c) los daños económicos anuales por morbilidad y mortalidad por diarreas y otras enfermedades relacionadas con el agua se estiman en 16.60 dólares/per cápita y representan el 2.4 por ciento del ingreso per cápita.

**MEDICIONES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA
EN EL RÍO LEMPA Y AFLUENTES**

Río	Toneladas diarias de heces fecales y orina	Oxígeno disuelto Mg/lt	Demanda bioquímica de oxígeno Mg/lt	Coliformes fecales NMP/100 ml
Río Sucio	315	7.30	40.0	150,000
Río Suquiapa	900	2.70	50.0	150,000
Río Acelhuate	1.600	2.60	49.0	24,000,000
Cerrón	2.500	4.90	4.50	35,000
Grande	2.570	6.40	4.80	200
Río Torola	2.814	5.70	7.00	150
15 de Septiembre- Puente San Marcos	3.400	6.20	8.70	450
NORMA PERMISIBLE		>7.0	<40.0	<200

35. Para precisar el problema de la evacuación de las aguas lluvias del Área Metropolitana de San Salvador es necesario analizar primero el drenaje natural de la zona, ya que éste es el receptor de todos los colectores que se han construido para el manejo de la escorrentía en este segmento del país; así, el comportamiento hidráulico de las quebradas y ríos está íntimamente relacionado con el comportamiento y operabilidad de los colectores. Hay que decir, ante todo, que el régimen actual de las quebradas se puede considerar en un estado geomorfológico más o menos equilibrado, y sólo se ve limitado en ciertas zonas de la ciudad, donde se

han construido obras de paso, especialmente en la parte baja de las cuencas; este comportamiento se ve afectado por el incremento de basura en los cauces y material arrastrado de zonas altas (especialmente ripio), como consecuencia de las demoliciones de casas que suelen ser tiradas directamente a las quebradas, o materiales arrastrados de las nuevas urbanizaciones donde no se hacen prácticas de protección de taludes o terraplenes y que durante la estación lluviosa son afectadas.

36. Del análisis de las principales subcuencas que drenan parte del Área Metropolitana de San Salvador, lo que luego se convierte en los ríos Tomayate, Urbina, Acelhuate y Las Cañas, se puede decir lo siguiente: a) de las doce minicuecnas que drenan la zona del Área Metropolitana de San Salvador, ocho tienen problemas de inundación que han producido problemas serios durante la estación lluviosa; b) varias de las minicuecnas analizadas tienen las características geomorfológicas de un cauce torrencial, ya que sus pendientes oscilan del 8 al 26 por ciento; c) las minicuecnas cruzan la ciudad y convergen en puntos críticos donde la presión de la urbanización es alta o son áreas donde se localizan la mayoría de asentamientos populares irregulares y los cauces han sido estrangulados por las construcciones.

**CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES MINUECNAS
DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR**

Minicuenca	Área Km ²	Longitud Km	Pendiente media cauces %	Subcuenca	Cuenca principal
El Piro	13.00	10.0	8.31	La Lechuza	Acelhuate
Merliot	8.00	7.00	15.4	La Lechuza	Acelhuate
El Espino	5.20	6.50	17.2	La Lechuza	Acelhuate
La Mascota*	12.00	11.00	10.3	Acelhuate	Acelhuate
Las Lajas*	7.00	6.50	16.0	Tutunichapa	Tomayate
Quebradona*	2.80	4.50	3.33	Tutunichapa	Tomayate
Bambural*	2.00	5.00	21.0	Tutunichapa	Tomayate
Arenal*	4.50	5.00	21.4	Mejicanos	Tomayate
Mejicanos	2.50	4.00	26.7	San Antonio	Tomayate
Llohapa*	2.60	3.20	13.4	Acelhuate	Acelhuate
El Garrobo	2.56	2.56	16.8	Acelhuate	Acelhuate
El Matazano*	2.00	2.00	21.2	Las Cañas	Las Cañas

* Sistema con problemas de inundaciones, las áreas han sido calculadas al punto de inundación.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN: LA GENERACIÓN Y LA GESTIÓN DEL RIESGO EN LAS CIUDADES <i>Mario Lungo</i>	9
Cuestiones generales	
DESASTRES URBANOS: UNA VISIÓN GLOBAL <i>Allan Lavell</i>	17
EXPANSIÓN URBANA Y REGULACIÓN DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA. ANTIGUOS PROBLEMAS NUEVOS DESAFÍOS <i>Mario Lungo</i>	29
LA CIUDAD: EL NUEVO ESCENARIO DEL RIESGO <i>Elizabeth Mansilla</i>	45
Análisis específicos	
LA GESTIÓN TERRITORIAL COMO INSTRUMENTO DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE SANTIAGO <i>Antonio Daher</i>	87
MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR <i>Celina Cruz Martínez</i>	101
NOTAS ACERCA DE REDES DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS Y AGUAS LLUVIAS <i>Hernán Romero</i>	115