

CAPÍTULO 6

La vulnerabilidad del sistema de agua potable del DMQ

1. Introducción a la vulnerabilidad del sistema de agua potable

Los servicios de agua potable son elementos fundamentales para garantizar las condiciones de salud y de bienestar de la población y el desarrollo de un territorio. Ya sea debido a eventos externos (fenómenos de origen natural o antrópico como la contaminación) o internos a los sistemas de abastecimiento y de distribución de agua potable (inexistencia de sistemas de calidad, disfuncionamiento de plantas de tratamiento o de canalizaciones, etc.), el suministro de agua potable constituye, para las ciudades de los países en vías de desarrollo, un problema constante, considerablemente agravado en período de crisis. Se desarrollan entonces las enfermedades y epidemias y por ende la sobremortalidad. Fue el caso en especial en Centroamérica con la llegada del huracán Mitch en

octubre de 1998. Tomando únicamente el ejemplo de Honduras, más del 90% de su población se encontró sin servicio de agua potable inmediatamente después del paso del huracán y tal porcentaje alcanzaba aún 40 un mes más tarde (OPS-OMS, 2001)¹.

El Ecuador ha conocido este tipo de problema en varias ocasiones a lo largo de su historia, como por ejemplo durante el fenómeno El Niño de 1997-1998: contaminación y colmatación de pozos familiares y comunitarios en zonas rurales y urbanas de la Costa que se abastecen principalmente de aguas subterráneas, ruptura de tuberías a causa de deslizamientos, pérdida de captaciones de agua y por tanto del servicio a las áreas urbanas, etc. (D'Ercole y Trujillo, 2003).

¹ Además, los daños en sistemas de agua y saneamiento se elevaron a 58 millones de US\$.

A la escala del DMQ, se registraron numerosos problemas de abastecimiento de agua potable cuando las caídas de ceniza del volcán Guagua Pichincha en octubre de 1999² y de El Reventador en noviembre de 2002³. El 8 de abril de 2003, la rotura, a la altura de Pa-pallacta, del oleoducto que transporta el petróleo crudo de la Amazonía a la Costa contaminó durablemente una de las principales fuentes de abastecimiento

de agua para Quito, pero la catástrofe, al menos en lo que respecta a la población del Distrito, se evitó por escaso margen gracias a la rápida intervención de la EMAAP-Q⁴.

Todos estos ejemplos demuestran la fragilidad de los sistemas de abastecimiento de agua y la necesidad de un desarrollo, por parte de las empresas de agua, de un servicio seguro y de calidad, de manera que se eviten o limiten en el tiempo las interrupciones del suministro de este recurso vital que implica a la vez higiene, salud pública y seguridad. En tal contexto, los análisis de vulnerabilidad, como el que se ofrece para el DMQ, permiten identificar los principales puntos débiles de los sistemas de abastecimiento de agua, conocimiento previo indispensable para la reducción de la vulnerabilidad y de los riesgos para la población.

En Quito, el agua potable proviene en gran parte de la red pública. Según los datos del censo de noviembre de 2001, el 91,1% de las viviendas del DMQ están conectadas a la red de la EMAAP-Q⁵ y el consumo de agua es esencialmente doméstico⁶. En la ciudad

² Por ejemplo, el servicio de distribución de la EMAAP-Q fue suspendido por varias horas en los barrios abastecidos por la planta Noroccidente debido a la contaminación del agua por la ceniza; el barrio de Atucucho, que aprovecha el agua de la tubería que abastece a esa misma planta, también se vio afectado; otros barrios de las laderas del Pichincha, que se abastecen mediante el sistema comunitario, tuvieron igualmente problemas. Así, el barrio de La Comuna permaneció sin agua aproximadamente una semana a causa de la contaminación de la captación correspondiente (UPAD-DGP e IRD, 1999).

³ El sistema de abastecimiento de agua del DMQ fue más severamente afectado en 2002 debido a una mayor cantidad de ceniza y a una mayor expansión. Varias plantas de tratamiento dejaron de funcionar o por lo menos fueron perturbadas por la caída de ceniza (daños en los filtros, los clarificadores, etc.). El problema de suministro de agua afectó al noroccidente y al suroeste de Quito, pero sobre todo a los valles orientales (Tumbaco, Checa, Pifo, Yaruquí, El Quinche principalmente) donde se necesitó una semana para restablecer el servicio normal (Estacio y D'Ercole, 2003).

⁴ Véase el capítulo 3 (punto 7 «Amenazas relacionadas con el transporte y el almacenamiento de productos peligrosos»).

⁵ Esto corresponde a 484.074 viviendas. Las demás, 43.265, se abastecen mediante agua de río, vertiente, acequia o canal (5,2%), pozo (2,3%), carro repartidor (0,7%) y de otra manera (0,7%).

⁶ Según las cifras de la EMAAP-Q para 1995, el 86% del consumo facturado corresponde a uso doméstico,

la gran mayoría de las viviendas están conectadas a la red pública, salvo en el extremo sur (mapa 6-1). Las disparidades son mucho más marcadas en el resto del Distrito: en el oeste, el norte y el sudeste, sectores poco poblados, se utilizan esencialmente otros sistemas, mientras que en los valles, la situación es variada aunque predomina la red pública.

En este contexto, analizar la vulnerabilidad del abastecimiento de agua es, ante todo, comprender lo que podría afectar a la red pública, a fin de poder actuar para garantizar su continuidad. Aprender la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable es un proceso doblemente complejo: como el agua sigue un periplo lineal, cada etapa depende de la anterior. Esto significa que a la vulnerabilidad identificable a nivel de cada etapa o tramo por el que transita el agua, se agrega la vulnerabilidad transmitida por la inevitable cadena funcional de las fases que constituyen los sistemas de abastecimiento, dependiendo cada etapa del adecuado desarrollo de la anterior. Se trata pues de identificar, siguiendo el «curso del agua», las diferentes vulnerabilidades capaces de interrumpir su flujo.

El itinerario comienza completamente aguas arriba, a nivel de la captación; se debe entonces realizar una primera apreciación sobre la vulnerabilidad de los recursos hídricos que van a abastecer al sistema. Una vez captada, el agua ingresa a la tubería de conducción para llegar a la planta de potabilización⁷. Hay que apreciar entonces la vulnerabilidad de esa línea de conducción. La planta constituye luego una

etapa clave donde el agua se almacena temporalmente para ser objeto de los tratamientos que la harán potable. Posteriormente el agua circula por líneas de distribución hacia los reservorios a partir de los cuales las canalizaciones de la red de distribución llegan al consumidor.

Para comprender el procedimiento de análisis de la vulnerabilidad, hay que subrayar el hecho de que mientras más cerca está el agua del consumidor, más interconectado está el sistema y, por tanto, menos vulnerable es el abastecimiento de agua por la gran variedad de alternativas existentes. En la red primaria, *a priori* todas las conexiones son posibles (respetando la gravedad o utilizando el bombeo) y cuando el agua llega a las plantas, en algunos casos puede ser redistribuida a otras. En cambio, aguas arriba, antes de la llegada a las plantas, las interconexiones son pocas e incluso inexistentes. Esto justifica que el análisis se centre sobre todo en las líneas de conducción y las plantas.

El análisis de la vulnerabilidad del abastecimiento de agua del DMQ se va a centrar primeramente en comprender la vulnerabilidad de cada elemento esencial del sistema, cada línea, planta y tanque

el 4% a uso industrial y el 10% a uso comercial (véase Metzger y Bermúdez, 1996, p. 73 y siguientes).

⁷ El proceso que reúne captación y conducción hasta las plantas se conoce como «sistema de captación» en la EMAAP-Q.

tomados aisladamente, considerando las diferentes formas de vulnerabilidad que presentan (vulnerabilidad intrínseca, exposición a las amenazas y susceptibilidad de daños, dependencia de elementos exteriores, alternativas, capacidad de control y preparación para crisis). En una segunda etapa, se tratará de comprender la vulnerabilidad del abastecimiento siguiendo el curso del agua, es decir la interdependencia funcional de los elementos esenciales al interior de cada subsistema⁸. Este trabajo permitirá desembocar en la cuestión de la vulnerabilidad del abastecimiento del territorio mismo, identificando los elementos esenciales del funcionamiento del Distrito Metropolitano localizados en la zona geográfica abastecida por el subsistema más vulnerable.

2. La vulnerabilidad de los elementos esenciales del sistema de abastecimiento de agua potable

El análisis de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable se basa en la identificación previa de sus elementos esenciales de funcionamiento. Estos se definieron a partir de un trabajo de análisis cuantitativo, cualitativo y funcional presentado en el primer libro⁹. Los resultados de este trabajo permitieron considerar que el sistema de abastecimiento de agua potable del DMQ se apoya, para funcionar, en los siguientes 15 elementos esenciales (véase el mapa 6-2):

- las cuatro principales líneas de captación (que alimentan a las plantas Bellavista, Puengasí, El Troje y El Placer);
- las cuatro plantas principales: Puengasí, Bellavista, El Troje y El Placer;
- los tres tanques principales: Bellavista medio, Carolina medio y Alpahuasi alto,
- las cuatro líneas de distribución que desempeñan un papel mayor en la interconexión de los subsistemas y en la distribución: dos líneas que unen a las plantas entre ellas (Bellavista-Puengasí, Puengasí-El Placer) y dos líneas que conectan las plantas con dos grandes tanques (Bellavista con Bellavista medio y Carolina medio y Puengasí con Alpahuasi alto).

El análisis de la vulnerabilidad en sí se basa en las 6 formas de vulnerabilidad definidas en la introducción general del libro y utilizadas en el capítulo anterior a propósito del sistema eléctrico.

⁸ A interior del sistema global de abastecimiento de agua potable para el DMQ, se pueden distinguir varios subsistemas que asocian captación, conducción, tratamiento y distribución. Los cuatro principales son Bellavista, Puengasí, El Troje y El Placer. La EMAAP-Q habla de «sistema Bellavista», «sistema Puengasí», etc., pero preferimos en este caso utilizar el término «subsistema» para evitar la confusión con el sistema global o con los sistemas de captación, tratamiento o distribución.

⁹ D'Ercole y Metzger (2002).

Metodología de evaluación de las diferentes formas de vulnerabilidad

Para evaluar la vulnerabilidad intrínseca, la reflexión conjunta con los funcionarios de la EMAAP-Q, completada con trabajo de campo, permitió determinar los componentes clave de cada tipo de elemento esencial

(cuadro 6-1), y los criterios de vulnerabilidad propia de esos componentes. El análisis cualitativo de la vulnerabilidad intrínseca de los elementos esenciales del abastecimiento de agua se basó en criterios de calidad y de mantenimiento de los equipos, de antigüedad y de experiencia en cuanto a la frecuencia de problemas de todo orden registrados estos últimos años.

Cuadro 6-1: Los componentes clave de los elementos esenciales del abastecimiento de agua del DMQ identificados para el análisis de la vulnerabilidad intrínseca

Líneas de conducción	Plantas	Líneas de distribución	Tanques
Válvulas	Tanques de reserva de agua cruda	Tuberías	Celdas de reserva de agua
Válvulas eskada	Tanques de almacenamiento de agua tratada	Uniones mecánicas	Válvulas
Tomas caucasicanas	Filtros	Válvulas	Tuberías de entrada y salida de agua potable
Tuberías	Tanques de clorogás		
Estaciones de bombeo	Sedimentadores o sedimentadores floculadores		
Sifones	Coaguladores, tanques de sulfato de aluminio		
Aliviadores	Clarificadores		
Canales	Válvulas de clorogás		
	Compresores de aire		

Fuente: Investigación IRD en colaboración con ingenieros y técnicos de la EMAAP-Q

En una segunda etapa, se definieron las demás formas de vulnerabilidad para cada elemento esencial. Se apreció la vulnerabilidad proveniente de las amenazas, considerando no solo el tipo de amenaza a la que está expuesto cada elemento, sino también la susceptibilidad de daños y sus posibles efectos. Para tomar un ejemplo simple, la caída de ceniza no tiene impacto en las tuberías enterradas, pero puede en cambio afectar al agua de canales y tanques que están a la intemperie. La evaluación de la vulnerabili-

dad imputable a las amenazas, a la dependencia de elementos exteriores, a las alternativas de funcionamiento, a la capacidad de control y al nivel de preparación para enfrentar crisis se basa en un análisis cualitativo de los siguientes criterios (cuadro 6-2).

Los resultados obtenidos por tipo de vulnerabilidad aparecen en los mapas 6-3A a 6-3F, y evidencian la diversidad de situaciones en función de los tipos de elementos.

Cuadro 6-2: Criterios de análisis de las demás formas de vulnerabilidad de los elementos esenciales del sistema de abastecimiento de agua del DMQ

Exposición y susceptibilidad	Dependencia	Alternativas de funcionamiento	Capacidad de control	Preparación para crisis
Aluviones Inundaciones Inestabilidad Sismos Ceniza Lahares Productos peligrosos	Electricidad Telecomunicaciones Productos químicos	Análisis específicos para cada elemento	Accesibilidad por vía terrestre Accesibilidad directa a los elementos Personal calificado Televigilancia Telecontrol	Existencia de un plan Preparación del personal Simulacros Experiencia de emergencia de crisis Autonomía energética Comunicación con organismos de emergencia Facilidad de comunicación

La vulnerabilidad intrínseca

En lo que respecta a la vulnerabilidad intrínseca (mapa 6-3A), las líneas de conducción y las plantas de los subsistemas Pita y El Placer son claramente las más vulnerables y alcanzan el nivel 4 en la escala que va de 1 a 5. La vulnerabilidad intrínseca de las líneas de captación se debe al hecho de que parte de ellas están a la intemperie, a lo que se suma la variabilidad de los caudales captados en función de las estaciones. La vulnerabilidad intrínseca de las dos plantas se debe ante todo a la antigüedad de su diseño, que determina una fragilidad de conjunto de los subsistemas. Comparativamente, las otras dos plantas, Bellavista y El Troje, son mucho menos vulnerables y se podrá observar la muy baja vulnerabilidad de la tubería de conducción que alimenta a El Troje, al no presentar sus componentes ninguna debilidad intrínseca. La vulnerabilidad intrínseca de los tanques y las líneas de distribución es relativamente baja, estando las diferencias observables vinculadas a la antigüedad de su creación y a algunos puntos débiles (caso de la línea de distribución que conecta la planta Puengasí con la planta El Placer¹⁰).

Exposición a amenazas y susceptibilidad de daños

Paralelamente, todas las líneas de conducción están expuestas a amenazas y son susceptibles de daños (mapa 6-3B). Las líneas orientales están en especial amenazadas por los lahares vinculados a una posible erupción del volcán Cotopaxi (mapa 6-4), lo que

plantea la eventualidad de la interrupción casi total del abastecimiento de agua al Distrito. Están también, según el caso, más o menos expuestas a los deslizamientos de terreno, los sismos y a las amenazas relacionadas con la proximidad de los lugares de almacenamiento de productos peligrosos. La línea de conducción El Placer¹¹ no está en el trayecto de los lahares potenciales del Cotopaxi, pero se sitúa en cambio en la zona de impacto de flujos de lodo del Pichincha y parece estar más expuesta que las otras líneas a la amenaza sísmica. Las líneas de distribución que atraviesan Quito, en especial la línea Puengasí-El Placer, están igualmente muy expuestas a varias amenazas. Las plantas y los tanques, por su parte, son menos susceptibles de daños, incluso si los riesgos ligados a los sismos o a la caída de ceniza están siempre presentes en el caso de las primeras, mientras que los segundos podrían verse afectados por los sismos e incluso por fenómenos de inestabilidad (Bellavista medio) o de flujos de lodo del Pichincha (Carolina medio).

¹⁰ A pesar de haber sido diseñada para amortiguar los denominados «golpes de ariete», la presión produce tremores fuertes en la tubería y se teme que en algún momento puede producirse un fallo.

¹¹ En realidad, varias tuberías de conducción alimentan a la planta El Placer, pero únicamente la principal figura en los mapas de vulnerabilidad. Se consideró que las diferentes líneas de conducción, situadas todas en los flancos del Pichincha y construidas en la misma época, presentan las mismas características de vulnerabilidad.

Dependencias

Globalmente, las plantas muestran una dependencia relativamente homogénea pero importante de elementos exteriores al sistema de abastecimiento de agua (mapa 6-3C), basada esencialmente en su imperativa necesidad de productos químicos y de energía eléctrica para funcionar. Todas dependen igualmente de sistemas de telecomunicación y estos son a veces sofisticados, como es el caso de las plantas modernas de Bellavista y El Troje¹². Aunque ubicadas en el mismo nivel de vulnerabilidad que las anteriores, Puengasí y El Placer presentan una dependencia menor de los sistemas de telecomunicación pero comparable en el caso de las demás variables definidas. Todas muestran una vulnerabilidad de dependencia claramente mayor a la de los demás elementos esenciales, con la notable excepción de la línea de conducción Papallacta/Bellavista que se caracteriza por una importante dependencia de sistemas complejos de telecomunicación (como la línea La Mica/El Troje) y, a diferencia de las otras, de la energía eléctrica, debido a la existencia de estaciones de bombeo que permiten enviar el agua hasta Bellavista. Los tanques, y más aún las líneas de distribución, dependientes únicamente de comunicaciones por radio, presentan un grado de dependencia bajo a muy bajo.

Capacidad de control

La capacidad de control es globalmente de buena calidad en el caso de los elementos puntuales (mapa 6-3D). Los sistemas de comunicación eficientes

pero complejos de las plantas Bellavista y El Troje, que constituían un inconveniente en términos de dependencia, se convierten aquí en ventajas. La situación, ligeramente mejor, de la planta Puengasí, se explica ante todo por una mejor accesibilidad mientras que la vulnerabilidad más marcada de dos tanques (Carolina medio y Bellavista medio) está vinculada a la ausencia de personal permanente en el lugar y de televigilancia. Se observará sobre todo que la capacidad de control y de intervención en las líneas de distribución y en dos líneas de conducción (El Placer y Pita/Puengasí) es particularmente limitada debido a la dificultad de acceso, la falta de televigilancia o de personal calificado permanente¹³.

¹² Bellavista dispone de un sistema de vigilancia interna de la planta y de un centro de vigilancia y telemando de las líneas de conducción. El Troje cuenta no solo con un sistema automático de vigilancia y de alarma del funcionamiento de la planta sino también con medios de telecontrol (por ejemplo, el cierre de una válvula a distancia).

¹³ Sin embargo, esta elevada vulnerabilidad global traduce situaciones diferentes. Los problemas de accesibilidad terrestre atañen sobre todo a las líneas de conducción, en especial a aquellas que alimentan a la planta El Placer. La accesibilidad directa a los elementos se dificulta cuando estos están enterrados, lo que es el caso de las líneas de distribución y parcialmente de las de conducción. Hace falta personal calificado permanente y televigilancia a lo largo de las líneas de distribución, aunque también de las de conducción que atienden a las plantas Puengasí y El Placer.

Tal capacidad es sensiblemente mayor en las líneas Papallacta/Bellavista y La Mica/El Troje gracias a los medios de televigilancia y de telecontrol, y a la existencia de personal calificado presente en ciertos puntos a lo largo de las líneas (uno solo en el caso de la segunda, varios en el de la primera).

Preparación para crisis

La preparación para crisis se revela indispensable en un contexto de exposición globalmente elevada a las amenazas y de existencia de otras formas de vulnerabilidad. Ahora bien, esta preparación está lejos de ser óptima en el caso de las líneas de distribución, las líneas de conducción y los tanques (mapa 6-3E) que, de manera general, no disponen de un plan de

emergencia específico y no han sido objeto de simulacros¹⁴. Comparativamente, las plantas están mejor preparadas y presentan un nivel similar en ese aspecto, puesto que todas disponen de un plan de contingencia¹⁵, realizan simulacros¹⁶ y tienen personal preparado. Además, la autonomía en energía eléctrica, salvo en el caso de la planta El Placer, puede considerarse satisfactoria, al igual que la comunicación de emergencia tanto en el plano del procedimiento (saber a quién contactar) como en el de los medios técnicos.

Alternativas de funcionamiento

Las alternativas de funcionamiento constituyen otro medio de compensar los diferentes puntos débiles observados en los elementos esenciales del sistema de abastecimiento de agua. Sobre este aspecto, el mapa 6-3F y el cuadro 6-3 presentan situaciones muy contrastadas tanto para el conjunto de elementos esenciales como para cada uno de sus tipos. La ausencia total de alternativas corresponde a la línea de conducción Pita/Puengasí y a la línea de distribución que permite transportar el agua desde la planta Bellavista hasta el tanque Carolina medio. Las alternativas son limitadas en muchos casos, en especial en el de la línea de conducción La Mica/El Troje, el de la planta El Troje, el del tanque Alpuhual alto y el de la línea de distribución que conecta la planta Puengasí con la de El Placer. Las alternativas de funcionamiento son a veces numerosas, lo que permite limitar los efectos que generaría un daño. Es el caso en particular de las líneas de con-

¹⁴ Se identificaron otras debilidades particulares como la insuficiente autonomía en relación con la energía eléctrica de la línea de conducción Papallacta/Bellavista, la falta de experiencia en manejo de crisis en el caso de ciertas líneas de distribución o la dificultad de comunicación de urgencia, en especial con los organismos de auxilio (esto atañe particularmente al tanque Bellavista medio y a las líneas de distribución).

¹⁵ Se trata de planes generales de manejo de crisis. Únicamente la planta El Placer cuenta con un plan específico.

¹⁶ Sin embargo, el alcance de los simulacros es limitado: en las plantas Bellavista, Puengasí y El Troje se realizó un simulacro frente a una erupción del Pichincha. En cuanto a la planta El Placer, se realiza un simulacro anual para el caso de incendios.

Cuadro 6-3: Alternativas de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua del DMQ

	ALTERNATIVAS DE FUNCIONAMIENTO	Valor
Línea de captación Papallacta	Tiene dos alternativas, ya sea por el sistema de bombeo (1a etapa) o por el sistema de optimización de Papallacta (2a etapa) y ambos tienen diferentes fuentes. Presenta más alternativas que La Mica y el punto de unión de los sistemas está más cerca de Quito.	3
Línea de captación Puengasí	No presenta alternativas	5
Línea de captación Mica Quito Sur	En caso de fallar esta línea, El Troje no podría ser abastecido por otras fuentes. Se podría considerar una alimentación desde Puengasí pero con bombeo. Alternativas muy aguas arriba.	4
Líneas que alimentan a El Placer	Tres líneas de entrada + Puengasí	1
Planta Bellavista	Varios tanques de gran capacidad pueden abastecer por un tiempo a los sectores atendidos por esta planta. Además puede tener el apoyo de la planta Puengasí, a través de la línea Puengasi-tanque Bellavista medio, que es confiable en cuanto a la calidad del agua y a la facilidad de transporte del recurso.	1
Planta Puengasí	Varios tanques de gran capacidad pueden abastecer por un tiempo a los sectores atendidos por esta planta. La planta El Placer y el pozo Sena podrían abastecer al tanque Alpuhuasi alto, pero la planta Bellavista no podría abastecer fácilmente a los sectores atendidos por Puengasí (en particular en caso de insuficiencia de los reservorios de Puengasí que reciben el agua proveniente de Bellavista y porque la línea Bellavista-Puengasí no se encuentra funcionando habitualmente).	2
Planta El Troje	Las únicas alternativas provienen de los tanques del suroccidente conectados con esta planta, que no puede contar con el apoyo de otras plantas.	4
Planta El Placer	Podría ser suplantada solo en parte por algunas plantas del Suroccidente. La línea que proviene de Puengasí no podría apoyar si esta planta está totalmente fuera de servicio (incluyendo el tanque de reserva de agua tratada). Otra alternativa es el agua que se podría recoger de vertientes, pero no sería potable.	3
Tanque Carolina medio	Presenta dos celdas de almacenamiento de agua. En caso de fallar una la otra podría seguir abasteciendo. Si falla todo el tanque, el agua podría llegar a Carolina alto por bombeo directamente de la línea 165 y cubrir gran parte de su zona de influencia (pese a que se trata de una zona extensa). Sin embargo, por diferencia de capacidad, podría haber problemas de caudales de distribución.	2
Tanque Bellavista medio	Presenta dos celdas de funcionamiento, y en caso de fallar ambas el agua podría ser distribuida directamente por líneas de distribución de la planta Bellavista hacia otros tanques como Bellavista bajo. Además su zona de influencia es poco extensa.	1
Tanque Alpuhuasi alto	Presenta dos celdas de almacenamiento. Si fallara todo el tanque habría problemas de abastecimiento del extenso sector consolidado del sur (alternativas limitadas en cuanto a redistribución por parte de otros tanques y de líneas de distribución que no pueden cubrir todo el sector)	4
Línea 165	Su función es transportar el agua desde Bellavista hasta el tanque Carolina medio. Es una línea única de gran capacidad y no podría ser reemplazada. No hay pues alternativas.	5
Línea 164 ^a	Su función es transportar el agua desde Puengasí hasta el tanque Bellavista medio. Si fallara, este podría ser abastecido por la planta Bellavista. Hay pues una alternativa.	2
Línea 77	Su función es transportar el agua cruda desde Puengasí hasta la planta El Placer. Si fallara no habría posibilidad de llevar agua cruda desde Puengasí, pero la planta El Placer podría tener agua aunque en menor cantidad.	4
Línea 19	Su función es transportar el agua tratada desde la planta Puengasí hasta el tanque Alpuhuasi alto (pasando por Chiriyacu alto). Si fallara, el pozo del Sena podría abastecer al tanque Alpuhuasi alto. Hay entonces una alternativa.	2

Alternativas
5 = Ninguna
4 = Muy limitadas
3 = Parciales
2 = Por lo menos una buena
1 = Varias

Fuente:
Investigación IRD en colaboración con ingenieros y técnicos de la EMAAP-Q

ducción que alimentan a la planta El Placer, de la planta Bellavista y del tanque Bellavista medio.

Síntesis

El análisis anterior destaca tres formas de vulnerabilidad de la red de agua que se pueden considerar como las más marcadas. La primera es imputable a la limitada capacidad de control en las líneas. Esta cuestión es tanto más importante cuanto que, en los sistemas complejos (como el de Bellavista), cada falla, incluso mínima, puede conllevar, por efecto en cadena, una infinita variedad de consecuencias, algunas de ellas sumamente graves. De ahí el papel crucial del control y de la televigilancia¹⁷. En segunda instancia viene la cuestión de la exposición a las amenazas que también atañe esencialmente a la líneas, siendo lo más preocupante la situación de las de conducción. En tercer lugar está el problema planteado por las alternativas de funcionamiento que globalmente son insuficientes, sobre todo en el caso de las líneas, aunque también en el de ciertos elementos puntuales. Comparativamente, la vulnerabilidad intrínseca y el nivel de preparación para crisis presentan, en conjunto, menos debilidades, incluso si la situación está lejos de ser óptima. En

cuanto a la dependencia de elementos exteriores, la situación es muy contrastada y constituye un problema esencialmente en el caso de la conducción de Bellavista y de las plantas.

La síntesis de los diferentes tipos de vulnerabilidad para los elementos esenciales del sistema de abastecimiento de agua, presentada en el mapa 6-5¹⁸ muestra que si bien las plantas y los tanques son relativamente poco vulnerables (con matices, sin embargo, pues tres de las cuatro plantas alcanzan el nivel 3 de vulnerabilidad), las líneas de conducción y de distribución en cambio son particularmente vulnerables. Esta situación global se comprende fácilmente en la medida en que es más difícil garantizar la confiabilidad de conjunto en las líneas que se extienden en decenas de kilómetros y que, aunque fuera solo por su longitud, son más susceptibles de exposición a las amenazas, más difíciles de controlar y manejar, que los elementos puntuales (plantas y tanques). Paralelamente, la vulnerabilidad de las líneas de distribución, en especial las que atraviesan la ciudad de Quito de este a oeste, se debe especialmente a las deficiencias en la capacidad de control (en este caso la dificultad de acceso a las tuberías enterradas, la falta de telecontrol y de personal) y a alternativas de funcionamiento limitadas. En lo que respecta a las líneas de captación, todas están expuestas y son susceptibles de daños, siendo lo más preocupante la situación de las líneas Pita y El Placer debido, en especial, a su antigüedad. La situación más inquietante es la de la línea que abastece a Puengasí.

¹⁷ Véase Dourlens y Vidal-Naquet, 1991.

¹⁸ El método utilizado para elaborar este mapa de síntesis fue el mismo que se empleó para la vulnerabilidad del sistema eléctrico del DMQ (véase el capítulo correspondiente: 5).

3. La vulnerabilidad comparada de los subsistemas

La distribución del agua potable en el DMQ depende de cuatro subsistemas principales, cada uno de los cuales presenta dos fases esenciales e interdependientes: la conducción y la planta de tratamiento. Los demás tipos de elementos esenciales considerados en el análisis (líneas de distribución y tanques) no atañen sino a ciertos sistemas. Ubicados aguas abajo en el proceso de producción del agua potable, tienen, además, una importancia menor. Por ello, el análisis va a concentrarse sobre todo en el binomio determinante vulnerabilidad de la planta/vulnerabilidad de su línea de abastecimiento.

La vulnerabilidad de los subsistemas apreciada por el cúmulo de vulnerabilidades de los diferentes elementos que lo componen refuerza las conclusiones del análisis anterior: los dos subsistemas menos vulnerables son los más modernos. Se trata, en ese orden, de Bellavista y El Troje. Los dos subsistemas más vulnerables son Puengasí y El Placer (véase la figura 6-1).

Subsistema Puengasí

El subsistema Puengasí, que es el más importante del DMQ desde el punto de vista funcional¹⁹ (en

Figura 6-1
Vulnerabilidad global de los subsistemas
(líneas y plantas)



especial porque desempeña un papel no despreciable en el abastecimiento del sector de Bellavista), es también globalmente el que presenta la mayor vulnerabilidad (mapa 6-6). En efecto, aguas arriba, a nivel de la captación, los recursos hídricos pueden sufrir variaciones estacionales. Luego, la línea de conducción presenta una elevada vulnerabilidad intrínseca debido a que parte de ella pasa por un canal abierto y a la vetustez de algunos de sus componentes (válvulas). Paralelamente, la línea está muy expuesta a las amenazas, especialmente por la inestabilidad de los suelos y los potenciales lahares del Cotopaxi. Además, esta no dispone de alternativa alguna y sufre de la ausencia de personal calificado permanente. La capacidad de control es igualmente

¹⁹ Y ello aunque la capacidad de tratamiento de la planta Bellavista es superior (véase D'Ercole y Metzger, 2002, p. 79-91).

limitada debido a la ausencia de televigilancia y a un difícil acceso, y la preparación para crisis, comparable a la de las demás líneas de conducción es, al parecer, poco eficiente. En definitiva, el único punto positivo de esta línea es su poca dependencia de elementos exteriores.

Se tiene pues un verdadero problema de vulnerabilidad de la conducción del subsistema Pita que, además, llega a una planta que presenta una vulnerabilidad más bien elevada por su dependencia de elementos exteriores y sus debilidades intrínsecas (antigüedad de las instalaciones, insuficiencia de mantenimiento y de las válvulas de clorogás) En conclusión, el binomio conducción/planta del subsistema Pita/Puengasí es entonces muy vulnerable y la alternativa que ofrece la línea que permite a Puengasí tratar agua cruda proveniente del subsistema Bellavista es una seguridad necesaria²⁰.

Subsistema El Placer

El subsistema El Placer presenta características bastante comparables con las del subsistema Puengasí: una vulnerabilidad importante de la conducción y relativamente fuerte de la planta. Las debilidades corresponden a una elevada vulnerabilidad

intrínseca, debida en particular a la antigüedad del subsistema, el más viejo de los cuatro analizados. Pero además, la línea de captación está gravemente expuesta a las amenazas de origen natural pues se sitúa en las laderas del Pichincha, sector sometido a todas las amenazas, salvo la inundación. Más expuesta que todas las demás, la planta El Placer es susceptible de daños. Por otro lado, si bien su antigüedad redunda en una menor dependencia tecnológica de elementos exteriores, la capacidad de control de la línea de conducción es problemática, por un lado porque las tuberías son de difícil acceso y no se dispone de personal permanente, y por otro, porque no existe sistema alguno de televigilancia que permitiría detectar rápidamente las fallas

Subsistema La Mica

La primera vulnerabilidad del subsistema La Mica, centrado en la planta El Troje, proviene de la exposición a las amenazas de la línea de conducción. Globalmente la vulnerabilidad es relativamente elevada (nivel 3 en la escala), ligada a la exposición, a la dependencia de elementos exteriores y sobre todo a la inexistencia de alternativa de funcionamiento, tanto de la conducción como de la planta. Si bien la dependencia de elementos exteriores es una vez más imputable a la modernidad del subsistema y por tanto a la importancia de las telecomunicaciones para su funcionamiento, es la falta de alternativa lo que lo diferencia claramente del subsistema Bellavista.

²⁰ En esta línea que presenta una vulnerabilidad mediana, el agua circula en el sentido Puengasí-Bellavista, pero existe la posibilidad de lo inverso.

Subsistema Bellavista

El subsistema Bellavista cuenta con seis elementos esenciales y es el que globalmente presenta la menor vulnerabilidad. Las debilidades identificadas se encuentran en los dos extremos del proceso de abastecimiento de agua, por una parte completamente aguas arriba a nivel de la conducción y, por otra, en las líneas de distribución. Globalmente, la vulnerabilidad intrínseca es baja, pues se trata de un sistema relativamente nuevo. La primera vulnerabilidad proviene de la exposición a amenazas de la tubería de conducción que, en especial, atraviesa zonas expuestas a los lahares del Cotopaxi. En la medida en que se trata de la fase que va a condicionar el resto del funcionamiento del sistema, es probablemente la vulnerabilidad cuya reducción es más urgente. Sin embargo, la reciente experiencia de la contaminación de la laguna de Papallacta mostró que el subsistema Bellavista está en capacidad, en especial gracias a sus alternativas de funcionamiento, de enfrentar una grave situación de crisis a nivel de la captación. Un factor notable de vulnerabilidad es la dependencia de elementos exteriores en la parte aguas arriba del abastecimiento, es decir la fase conducción/planta. En efecto, contrariamente a los otros subsistemas, la llegada del agua no se hace por gravedad sino por bombeo, lo que crea una dependencia de la conducción en relación con la energía eléctrica. Además, la televigilancia y el telecomando de las operaciones implican una marcada dependencia (tanto para el transporte del agua cruda como en la planta) de sistemas complejos de telecomunicación. Esta dependencia,

consecuencia de la modernidad, está compensada por una buena capacidad de control.

4. La vulnerabilidad de los espacios en relación con el abastecimiento de agua

Más allá de la vulnerabilidad comparada de los subsistemas de abastecimiento, es necesario analizar ahora sus consecuencias a nivel territorial. En los sectores geográficos que dependen de un subsistema vulnerable de abastecimiento de agua, ¿cuáles son los elementos esenciales y hasta qué punto son dependientes del agua para funcionar? Desde ya es importante subrayar que las dos plantas más vulnerables, Puengasí y El Placer, son también las que abastecen al centro de la ciudad, lugar donde se concentra una gran proporción de los elementos esenciales del funcionamiento del Distrito. De las 1.958 mallas del Distrito que presentan al menos un elemento esencial, 404 (es decir cerca del 21%) se ubican en la zona de influencia de las dos plantas (mapa 6-7).

El Placer, la más pequeña de las plantas identificadas como elemento esencial, desempeña un papel mucho menor que Puengasí. Por ello el análisis se centrará en la identificación de los elementos esenciales dependientes del agua en la zona abastecida por Puengasí, y particularmente en todo lo que atañe a la población y a sus necesidades inmediatas.

La zona atendida exclusivamente por Puengasí es un espacio muy densamente poblado (mapa 6-8). Se cuentan alrededor de 570.000 personas (es decir del

orden del 30% de la población del Distrito) que dependen ampliamente de la red de la EMAAP-Q, como la mayor parte de la zona urbana del DMQ (véase el mapa 6-1). El no funcionamiento de Puengasí²¹, tendría entonces graves consecuencias en el abastecimiento de agua a la población, a las escuelas y a los centros de atención médica que se encuentran en ese sector. Se debe insistir en particular en la ubicación de numerosos colegios de gran tamaño en el sector, así como de algunas universidades: 30% de los establecimientos escolares del DMQ que representan aproximadamente el 38% de los estudiantes (mapa 6-9). Se encuentran igualmente allí 63 establecimientos de salud que reúnen 707 camas, es decir cerca del 16% del total del DMQ (mapa 6-10), entre ellos 4 hospitales identificados como elementos

esenciales del funcionamiento del sistema de atención médica en el Distrito Metropolitano (el hospital Eugenio Espejo, la Maternidad Isidro Ayora, el Patronato San José Sur y la Clínica La Villaflores). En el plano económico, el sector abastecido por Puengasí cuenta con 2.304 empresas, de un total de 18.117 cartografiadas en el DMQ (es decir el 12,7%), lo que está lejos de ser despreciable.

Todas estas cifras destacan el peso de la zona de influencia de la planta Puengasí al interior del DMQ así como la importancia de sus necesidades de agua. Sería muy difícil satisfacer estas últimas en caso de deficiencia de un elemento esencial del sistema Pita-Puengasí que, como se sabe, es particularmente vulnerable²².

Conclusión

Para concluir, el análisis detallado de lo que constituye los puntos críticos del abastecimiento de agua del DMQ ofrece la posibilidad de intervenir puntualmente en la vulnerabilidad de los elementos esenciales, mejorando la capacidad de control de ciertas líneas o resolviendo causas de vulnerabilidad intrínseca de ciertas plantas²³. Sin embargo, pensar globalmente la seguridad del abastecimiento de agua supone la implantación de una política más general de reducción de la vulnerabilidad que podría centrarse en las debilidades que presenta la conducción (en especial a través de la protección y el refuerzo de las tuberías que pueden ser atravesadas por los lahares del Cotopaxi²⁴) y en el mejoramiento de las

²¹ incluso si puede ser compensado en parte por Bellavista gracias a la línea que une a las dos plantas.

²² Y ello pese a que existen pozos de reserva que pueden abastecer al tanque Alpahuasi alto.

²³ Por ejemplo, resolver los problemas de las válvulas de clorogás en Puengasí o en El Placer, vinculados a la antigüedad o a un mantenimiento insuficiente, o incluso reforzar el tanque de reserva de agua cruda de Puengasí.

²⁴ Con la noticia del incremento de la actividad del volcán Cotopaxi en 2003 y en vista de que los tres mayores sistemas de agua potable con los que cuenta la ciudad podrían ser afectados en caso de erupción, la EMAAP-Q está muy interesada en evaluar la vulnerabilidad de su sistema y en plantear las alternativas

posibilidades de utilización de los recursos hídricos locales (pequeños sistemas comunitarios²⁵, acuíferos), lo que ofrecería alternativas al funcionamiento de los sistemas existentes.

En efecto, el análisis de la vulnerabilidad y de sus diferentes formas, aplicado a los elementos esenciales del funcionamiento del suministro, valida una crítica de fondo a los grandes sistemas de abastecimiento de agua potable impulsados por el financiamiento internacional. Tales sistemas tienen una modalidad de producción del agua potable que se basa en dos grandes principios: producir grandes cantidades de agua y generar agua de muy buena calidad. La otra cara de la moneda es un costo extremadamente elevado y un abastecimiento doblemente vulnerable: para garantizar la cantidad, la longitud de las líneas de captación representa una primera vulnerabilidad, en especial en una zona muy expuesta a amenazas como el DMQ, e implica importantes exigencias en términos de vigilancia directa o a distancia; por otra, para asegurar la calidad, enormes cantidades de agua deben transitar por algunos puntos clave, las plantas, que presentan pocas o ninguna alternativa²⁶. Los pequeños sistemas comunitarios de abastecimiento tienen características exactamente inversas: la cantidad y la calidad son ampliamente insuficientes²⁷, pero el recurso hídrico es local y el costo muy bajo. Están presentes principalmente en los barrios periféricos no atendidos por la EMAAP-Q. Tienen el mérito de existir y pueden constituir una alternativa para la red pública en caso de crisis. Por otro lado y en esta perspectiva, parece importante mantener en buen estado

de funcionamiento el sistema de bombeo del acuífero, que permitió el abastecimiento del Norte de Quito hasta la entrada en servicio de Bellavista.

Finalmente, dada la importancia de la zona abastecida por el sistema Pita/Puengasí, parece más que pertinente dedicarse a disminuir su vulnerabilidad.

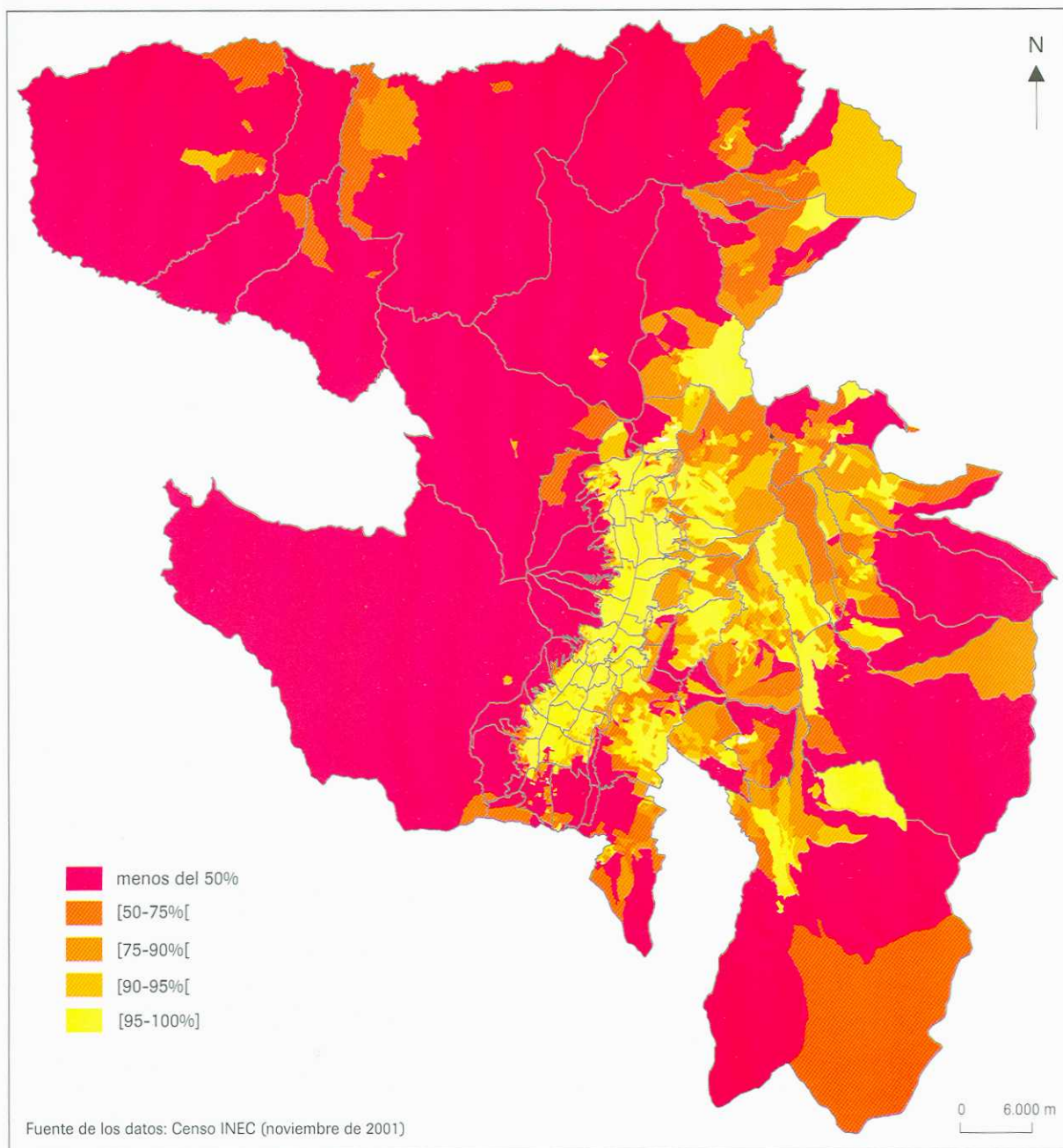
necesarias para garantizar el suministro de agua y la rehabilitación del servicio lo más rápidamente posible luego de la probable erupción. Para ello ha pedido al IG-EPN realizar un estudio de evaluación (en curso) y ya se ha reflexionado sobre las posibles alternativas entre las cuales se cuentan: cubrir la tubería enterrada con más hormigón, contar con los repuestos y equipos necesarios para reparar los daños producidos lo más rápidamente posible luego de la erupción, hacer adecuaciones en la red de agua para que una planta abastezca a la zona que le corresponde cubrir normalmente a otra planta, y utilizar provisionalmente tanqueros en las zonas donde se corte el suministro.

²⁵ Véase Feuillette, Metzger y Le Goulven, 1998.

²⁶ La reducción de la vulnerabilidad puede pensarse también en términos de funcionamiento parcial del sistema de abastecimiento, en especial a nivel de las plantas. En otras palabras, las plantas pueden continuar funcionando incluso si ya no están en capacidad de realizar el proceso completo de potabilización del agua.

²⁷ Véase Feuillette, Metzger y Le Goulven, 1998.

Mapa 6-1: Porcentaje de viviendas del DMQ que utilizan la red pública de agua potable



Mapa 6-2: Elementos esenciales del abastecimiento de agua del DMQ

