

UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA LA CIUDAD DE SALTA

M.L. Gatto D'Andrea¹, M.A. Iribarnegaray², A. Fleitas³, F. Arredondo¹, J.D. Cabral⁴, F.R. Copa¹, V.I. Liberal⁵, J.L. Bonifacio³, L. Seghezze^{6*}.

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Avda. Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina
Tel. +54-387-4255516; E-mail: Lucas.Seghezze@gmail.com

RESUMEN: En este trabajo se presenta un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Salta (Argentina). El sistema fue subdividido en cuatro procesos (captación, transporte, potabilización y distribución). Se empleó la metodología de gestión de riesgos propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) complementada con aportes propios que consistieron básicamente en: (a) una ponderación de la importancia relativa de cada proceso, y (b) una cuantificación numérica de la magnitud de las medidas correctoras. La evaluación de riesgos se realizó en un taller con la participación de personal de la empresa prestataria del servicio. El riesgo actual para todo el sistema de suministro de agua potable Salta fue de 30.4% (riesgo de magnitud media), con algunas variaciones según los procesos. Cerca del 50% de los eventos peligrosos analizados requieren algún tipo de medida correctora (entre leve y muy severa). Los cambios metodológicos incorporados permitieron un análisis más detallado de los riesgos y podrían ser un aporte importante para el mejoramiento de la metodología utilizada. Este trabajo corresponde a un análisis global de diagnóstico. En una segunda etapa se iniciará la elaboración de PSA detallados para todos y cada uno de los procesos y sub-procesos que constituyen el sistema estudiado.

Palabras clave: Agua potable, evaluación de riesgos, plan de seguridad del agua, PSA, Salta.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable segura es una necesidad básica muy vinculada con la preservación de la salud pública (Davison et al., 2007). En los países en desarrollo las enfermedades asociadas a la falta de agua o calidad inadecuada ocasionan la muerte de aproximadamente 5 millones de personas por año, de las cuales 1,8 millones son por enfermedades diarreicas en niños menores de cinco años (OMS, 2004). En los últimos años se fue consolidando un reconocimiento creciente acerca de que el acceso al agua potable y saneamiento debía ser abordado en el marco de los derechos humanos (Cahill, 2005; Salman et al., 2004; Scanlon et al., 2004). Estas y otras iniciativas culminaron recientemente con el reconocimiento del agua como un derecho humano por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas, mediante la Resolución 64/292 aprobada el 28 de julio de 2010 (ONU, 2010). Allí se declara que el acceso al agua potable y el saneamiento es “un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos” y exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a “intensificar los esfuerzos por proporcionar a toda la población un acceso económico al agua potable y el saneamiento”.

La evaluación y gestión del riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua potable se ha concebido como una manera de resguardar la salud pública (Pérez Vidal et al., 2009). Para que los prestadores de servicios de agua potable cumplan de manera continua con los estándares mínimos de calidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido una metodología específica denominada Plan de Seguridad del Agua (PSA) (OMS, 2004). Un PSA es “la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo [...] aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor” (Bartram et al., 2009: 1). Los PSA se han llevado a la práctica en muchas regiones del mundo, incluyendo a África, América del Norte, el sudeste de Asia, Europa, el Pacífico oeste y diversos países de Latinoamérica. La experiencia de Spanish Town en Jamaica es el primer sitio de aplicación de un PSA en esta última región (Pérez Vidal et al., 2009). Otras experiencias se desarrollaron en Viçosa (Brasil), Dolores (Uruguay) y Tarija (Bolivia) (Argueta, 2008; Bastos et al., 2008; COSAALT y FunSalud, 2007). En octubre del año 2008 se creó la Red de Planes de Seguridad del Agua de Latinoamérica y el Caribe (RED-PSA/LAC), cuya finalidad es

¹ Facultad de Ciencias Naturales (UNSa) – INENCO

² Tesista Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) – Consejo de Investigación de la UNSa (CIUNSa)

³ Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySa)

⁴ Profesional adscripto CIUNSa – INENCO

⁵ Profesora Adjunta Facultad de Ingeniería (UNSa)

⁶ Investigador Adjunto CONICET – INENCO

* Autor a quien se debe enviar la correspondencia

promover mejoras en los sistemas de abastecimiento de agua potable a través del desarrollo acelerado y la implementación de los PSA.

Pese a que los PSA han sido impulsados por la OMS desde de su tercera edición de las guías para la calidad del agua potable (OMS, 2004), aún no se han puesto en práctica de manera generalizada en Argentina, donde la gestión del agua y el saneamiento ambiental ha cambiado sustancialmente desde que los primeros sistemas de agua potable y desagües cloacales se construyeron en Buenos Aires hace más de un siglo. En los años 90 se iniciaron diversos procesos de privatización o concesión del servicio al sector privado (Azpiazu et al., 2005). En la provincia de Salta, los Sistemas de Gestión del Agua y el Saneamiento (SGAS) también han sufrido una serie de cambios significativos en los últimos años (Saltiel, 2003). El servicio estatal fue transferido al sector privado en el año 1998, cuando la entonces Administración General de Aguas de Salta (AGAS) fue entregada en concesión a la empresa Aguas de Salta S.A. (ASSA). Luego de más de una década de servicio privado, el contrato de concesión fue rescindido por el gobierno provincial en el año 2009 y la prestación del servicio público de agua potable y desagües cloacales en todo el territorio de la Provincia de Salta fue asignado a la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySA), una empresa con 90% de capitales estatales provinciales.

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un PSA global para el sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta, que será la primera etapa para la definición y puesta en práctica de PSA específicos que consideren todos y cada uno de los procesos que constituyen el sistema.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

Este estudio fue desarrollado en la ciudad de Salta, capital de la provincia de Salta. La población actual de la ciudad supera los 500.000 habitantes (INDEC, 2010). La ciudad de Salta presenta un clima subtropical serrano con estación seca concentrada entre los meses de mayo a noviembre y una precipitación media anual de 700 mm. El consumo actual de agua es elevado, estimándose en 650 litros por persona y por día (ENRESP, 2010). De este valor, aproximadamente el 35% corresponde a pérdidas que se producen en el sistema. La cobertura del servicio de agua potable supera el 95%, aunque cerca de un 24% de los usuarios experimentan algún nivel de afectación por cortes turnados, turnos de agua con baja presión y/o cortes de servicio variables en función de la demanda.

Plan de Seguridad del Agua (PSA)

El trabajo se basó en la metodología de elaboración de PSA propuesta por la OMS (Bartram et al., 2009) (**Figura 1**). Para el desarrollo del PSA se determinaron una serie de eventos peligrosos que representan un peligro en un sistema de abastecimiento de agua. Los peligros son aquellos agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública. Cada evento peligroso fue evaluado en función del riesgo que implica para la seguridad del sistema, pudiendo afectar a uno o más procesos o sub-procesos. Una vez determinados la existencia y la magnitud de los riesgos, la empresa prestataria del servicio debe establecer un plan de medidas de control y optimización del sistema. El PSA exige también una revisión permanente y un monitoreo operativo constante con el objeto de asegurar una provisión segura y continua de agua de buena calidad. El PSA que se presenta en este trabajo incluye las actividades descriptas dentro de las etapas de “Preparación” y “Evaluación del sistema” (ver **Figura 1**).

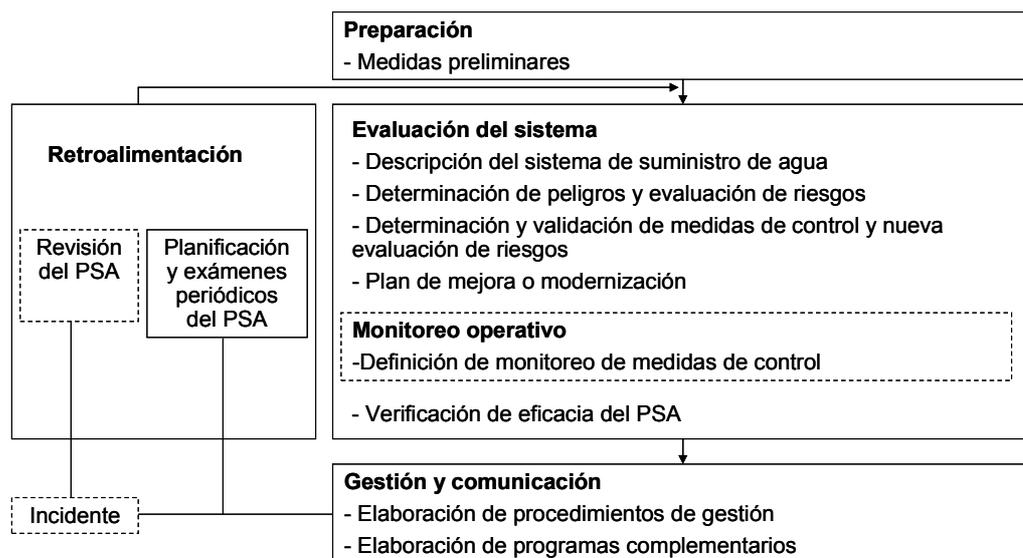


Figura 1. Etapas de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Modificado de Bartram et al. (2009).

Dentro de la etapa de evaluación se realizaron en su totalidad las actividades de “Descripción del sistema de suministro de agua” y “Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos”, y de manera parcial la actividad de “Determinación y

validación de medidas de control y nueva evaluación de riesgos”. La descripción del sistema se hizo a partir de información recabada sobre el servicio, visitas e inspecciones a todos los procesos, donde también se verificarían los diagramas de flujo elaborados por personal profesional de la empresa prestataria del servicio. Los posibles peligros y eventos peligrosos se identificaron durante las visitas y mediante entrevistas a personal clave de la empresa, considerando todos aquellos sucesos que puedan contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento. La evaluación de los riesgos se realizó mediante un taller participativo de convergencia tipo Delphi (Linstone y Turoff, 1975). Los participantes fueron representantes de todas las áreas operativas de la empresa prestataria con algún grado de responsabilidad en la operación, mantenimiento o control del sistema de abastecimiento de agua potable. Los resultados del taller fueron analizados y luego revisados por dicho personal en un proceso de retroalimentación.

La metodología propuesta por la OMS fue complementada con modificaciones propias que consistieron básicamente en el agregado de una etapa previa de ponderación de la importancia relativa de los distintos procesos mediante una variación del método SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique), una técnica de asignación de jerarquías para criterios múltiples (Belton, 1986; Saaty, 2008). Los valores de probabilidad y gravedad de los eventos peligrosos se asignaron en una escala de 0 a 100. El riesgo se calculó como el producto de la probabilidad y la gravedad expresado como porcentaje. La escala de riesgo adoptada fue la siguiente: 0–24 = bajo, 25–49 = medio, 50–74 = alto, 75–100 = muy alto (adaptada de Bossel, 1999). El valor de riesgo aceptable establecido como umbral en este trabajo fue de 24, correspondiente al máximo valor dentro del rango de riesgo bajo. El valor numérico de las medidas correctoras, otro aporte metodológico, se calculó como la diferencia entre el valor del riesgo y el valor umbral. Se estableció la siguiente escala para la magnitud de estas medidas: 0–24 = ninguna (sin necesidad de medidas correctoras), 25–49 = leves, 50–74 = severas, 75–100 = muy severas. El cálculo de la magnitud de las medidas correctoras en las mismas unidades con las que se valora el riesgo facilita la determinación, jerarquización, y posterior validación de las medidas de control, actividad que debe ser realizada por los prestatarios del servicio de agua y que, por lo tanto, excede los objetivos de este trabajo.

Grupo de trabajo

El PSA que se describe en este artículo se desarrolló en el marco de un convenio específico de colaboración firmado entre la Universidad Nacional de Salta (UNSa), a través del Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), y la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySa). Este convenio se planteó para realizar estudios conjuntos que permitan evaluar de manera integral algunos de los sistemas de gestión del agua y el saneamiento de la provincia de Salta. En el marco del citado convenio, se acordó que el INENCO cooperará con CoSAySa en la elaboración del PSA para la ciudad de Salta, en un programa que se ejecutará en dos etapas. La primera etapa involucra la elaboración de un PSA global que servirá como diagnóstico de la situación inicial de todo el sistema de gestión (este trabajo informa sobre los resultados de esta etapa). La segunda etapa consiste en la elaboración de PSA específicos para cada sistema en particular hasta cubrir la totalidad del sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta. Uno de los objetivos de esta cooperación interinstitucional es el desarrollo de una propuesta metodológica adaptada a la región que sirva de base para la elaboración de PSA apropiados para el resto de los sistemas de suministro de agua potable de la provincia de Salta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción del sistema de suministro de agua de la ciudad de Salta

El sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta, tanto para actividades productivas urbanas como para consumo humano, está constituido básicamente por 4 procesos: captación, transporte, potabilización y distribución (**Figura 2**). En el primero de ellos, el agua cruda es captada ya sea por medio de fuentes superficiales (tomas), sub-superficiales (drenes y filtros) o subterráneas (pozos de bombeo). Luego de la captación superficial y subálvea, el agua es transportada a través de acueductos entubados de diámetro y material diverso, o a cielo abierto por cauces naturales o revestidos hasta las plantas de tratamiento donde, dependiendo de sus características iniciales, el agua cruda es sometida a procesos de potabilización tales como filtración, decantación y cloración. Los pozos cuentan con sistemas independientes de cloración previo a la inyección de agua en la red. La distribución del agua potable se realiza por medio de una red de cañerías hacia los puntos de consumo. El sistema de distribución incluye instalaciones de presurización, control, cisternas de almacenamiento y tanques de reserva domiciliarios.

El sistema de captación de agua de Finca las Costas está ubicado al Oeste de la ciudad de Salta. La cuenca de abastecimiento comprende más de 10.000 ha. Esta zona fue cedida a la provincia de Salta en el año 1980 por la empresa estatal Obras Sanitarias de la Nación (OSN) a los fines de su utilización como reserva hídrica. En el año 1995 se la declara reserva permanente e intangible y cuenca productora de agua potable bajo la jurisdicción de la Dirección General de Obras Sanitarias (DGOS) de la provincia de Salta. En 1998 se ratifica la protección legal de Finca Las Costas y se la declara reserva ecológica y natural y patrimonio cultural. Esta figura legal sólo estuvo vigente hasta el año 2007, cuando se la redefine como reserva natural de “usos múltiples”. Más allá de estas y otras cuestiones normativas, todavía no existe un sistema adecuado de control de ingreso y permanencia de animales, personas y vehículos, lo que genera riesgos de contaminación hídrica, especialmente si se tiene en cuenta la vulnerabilidad de todo sistema de captación de agua superficial o subálvea. Los métodos de captación consisten en una serie de galerías filtrantes subálveas y dos sistemas de tomas de agua superficiales tipo parrilla que presentan plantas de decantación y filtrado grueso. Algunas de las tomas de agua deben ser inhabilitadas durante el período estival debido a que los altos niveles de turbiedad superan la capacidad de tratamiento. En época de estiaje el agua de la totalidad de las fuentes es insuficiente para cubrir la demanda y se suele restringir el servicio durante las noches a fin de recuperar niveles en las cisternas de almacenamiento. El agua captada es conducida por dos acueductos que abastecen a tres cisternas ubicadas en el establecimiento de almacenamiento y potabilización Alto Molino, desde donde se abastece a la zona Centro y a la zona Oeste de la ciudad.

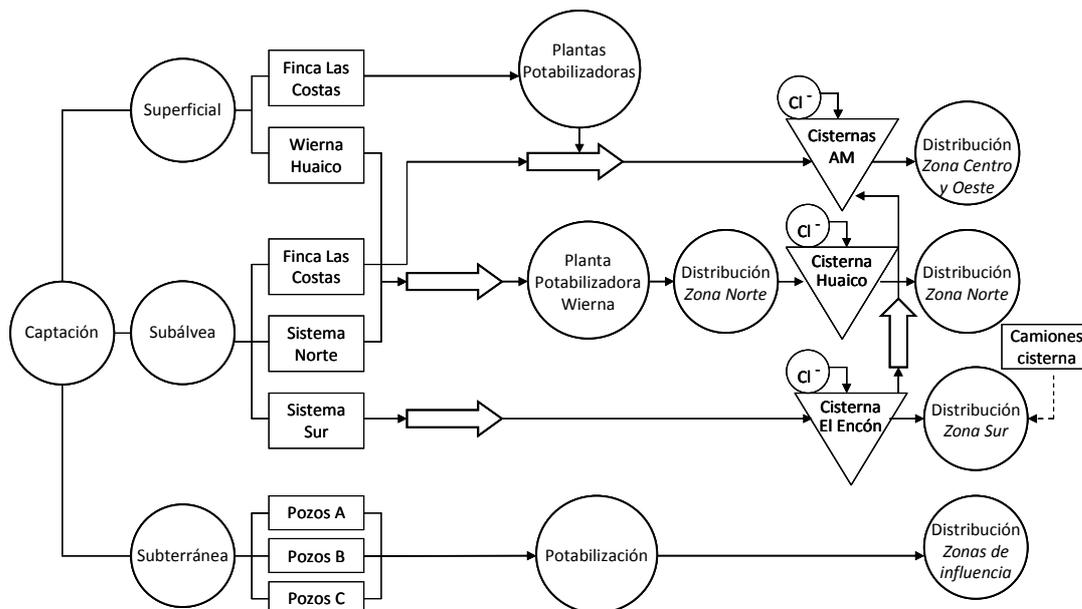


Figura 2. Diagrama de flujo simplificado del sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta.

El Sistema Norte presenta dos sistemas de captación de agua. Uno de ellos está compuesto por drenes de captación subálvea dispuestos en el Río La Caldera. Los drenes poseen caños de acero ranurado, cámaras especiales de captación y carga, y cañerías de distinto diámetro que vinculan las cámaras y trasladan el agua hasta los acueductos de transporte. El agua es clorada en la Planta Potabilizadora Wierna. El otro sistema consiste en captación superficial y subálvea del Río Wierna. El agua colectada es transportada a la misma planta potabilizadora donde, según el nivel de turbiedad, es tratada con productos químicos y se somete a procesos de decantación y filtrado. Posterior al tratamiento se bombea el agua hacia una cámara de carga desde la que circula por gravedad a través de un acueducto hasta la Cisterna Huaico, donde se combina con el agua proveniente del sistema de captación del Río La Caldera y se refuerza la cloración si es necesario. Antes de llegar a dicha cisterna, ambos acueductos presentan derivaciones hacia distintos barrios de la zona Norte de la ciudad. Asimismo, existen derivaciones posteriores en barrios aledaños a partir de cañerías que parten desde la mencionada cisterna.

El Sistema Sur capta agua del subálveo a través de drenes dispuestos en el Río Arenales. El agua es transportada hasta la Cisterna El Encón y a partir de allí se inicia la distribución a distintos barrios de la zona Sur de la ciudad. Existe a su vez una derivación que finaliza en la cisterna principal del establecimiento Alto Molino. Esta derivación permite incrementar el aporte de caudales y disminuir la incidencia de la falta de agua por turbiedad en el periodo lluvioso del año. En la zona existen dos plantas potabilizadoras denominadas La Merced Chica y El Encón, actualmente fuera de servicio debido a que la potabilización se realiza principalmente en Alto Molino. El sub-sistema de La Merced Chica capta agua superficial de un canal de riego aledaño a la planta y, luego de la cloración, el agua es conducida mediante dos acueductos hasta la zona Suroeste de la ciudad, a la cual abastece en parte, junto con dos pozos profundos. Este sistema se interrumpe en la época estival por el excesivo nivel de turbiedad y se debe recurrir a un servicio de abastecimiento de agua mediante camiones cisternas.

Los sistemas descriptos se complementan con el aporte subterráneo de agua de unos 169 pozos distribuidos ampliamente en la ciudad, de los cuales el 73,9% se encuentra en servicio actualmente. Del resto de los pozos, el 12,4% se encuentra en reserva. Los sistemas acuíferos explotados en la ciudad de Salta se denominan La Caldera, Arenales, Portezuelo, y La Isla (Baudino et al., 2005), siendo los acuíferos La Caldera y Arenales los más importantes debido a su ubicación estratégica en la ciudad. El acuífero Portezuelo presenta dimensiones más reducidas y menores capacidades de conducción de agua, mientras que el acuífero La Isla presenta dimensiones significativas y un gran potencial, aunque únicamente es explotado para consumo humano en la zona Sudeste de la ciudad, debido a que una gran parte del mismo se configura fuera del ejido urbano y es utilizado en mayor medida para usos agrarios. Las principales áreas de recarga de los acuíferos La Caldera y Arenales se encuentran en las serranías del Norte y Oeste de la ciudad. En este trabajo, los pozos de bombeo han sido clasificados en tres tipos según sean pozos con descarga a reserva (Pozos A), pozos que disponen de variador de frecuencia según presión (Pozos B) y pozos que inyectan el mismo caudal independientemente de la presión en la red (Pozos C).

Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos

La evaluación de riesgos se realizó en un taller en el que participaron activamente 15 profesionales de la empresa prestataria, estando representadas todas las áreas con alguna injerencia en la operación y el mantenimiento del sistema de suministro de agua potable a la ciudad de Salta. Participaron además, en calidad de facilitadores y coordinadores del taller, 7 miembros del INENCO. Los peligros y eventos peligrosos considerados se listan en la **Tabla 1**. Los eventos peligrosos pertinentes para cada sistema en particular fueron seleccionados de esta lista por los participantes del taller.

Los procesos que recibieron una valoración de importancia más elevada fueron potabilización y captación (**Figura 3**). Se justificó esta valoración por la vinculación existente entre estos procesos con la cantidad y calidad del agua. Dentro del proceso de captación de agua, la captación superficial recibió la puntuación más alta, seguida de las captaciones subterránea y

subálvea, a las que superó por una diferencia importante. En el taller se argumentó que la importancia de la captación superficial se debía principalmente a su estrecha relación con la calidad del agua. Sin embargo, existieron algunas discrepancias con esta valoración. Uno de los participantes, por ejemplo, asignó una puntuación elevada al proceso de captación subterránea, aseverando que estas fuentes son las que actúan como refuerzo y/o reemplazo en el caso de eventualidades o escasa disponibilidad de agua en los sistemas restantes y son las que insumen mayores costos.

El riesgo actual global estimado para el sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta fue de 30.4%, lo que equivale a un riesgo en el rango medio. Como se observa en la **Figura 4**, los riesgos actuales de tres de los cuatro procesos involucrados resultaron de magnitud media, siendo el proceso de Distribución el único que presentó un riesgo bajo (18.9%). La Potabilización fue el proceso de mayor riesgo (43.0%), seguido por la Captación y el Transporte. Se presenta el valor del riesgo corregido en cada caso, calculado luego de incorporar medidas correctoras exitosas para todos los casos con riesgos actuales superiores a 24%. Se destaca que los dos procesos con valores de riesgo actual más elevado (Potabilización y Captación) son asimismo los que han recibido una asignación mayor de importancia relativa. Como se observa en la **Figura 5**, el puntaje más alto de riesgo actual está representado por la Captación Superficial, que supera ampliamente el valor aceptable de riesgo. Al igual que en el caso de los procesos, este subproceso fue considerado el más importante de los tres. La Captación Subálvea, de riesgo medio, apenas supera el valor umbral, mientras que la Captación Subterránea es el único proceso que presenta un riesgo dentro del rango aceptable.

Nº	Denominación	Tipo	Descripción
1	Acuífero no confinado	N	Acuíferos libres con material impermeable presente únicamente en el nivel inferior del mismo
2	Agricultura	A	Actividades agrícolas que emplean productos químicos, fuentes de contaminación del agua por arrastre/lixiviado.
3	Animales domésticos	A	Presencia de animales que implica un riesgo de contaminación microbiológica por defecación y/o muerte.
4	Casilla en malas condiciones	O	Condición deficiente/mal estado de la casilla para operarios que dificulta/impide el control del sistema.
5	Condiciones de funcionamiento	O	Deficiencias que afectan el rendimiento de los pozos de bombeo (sobreexplotación, incrustaciones, etc.).
6	Conflicto de servidumbres	O	Conflictos de servidumbre en terrenos con infraestructura del sistema, dificulta o imposibilita el acceso al mismo.
7	Corte de suministro eléctrico	A	Cortes imprevistos de energía que interrumpen el normal funcionamiento de sistemas eléctricos (cloración, bombeo, otros)
8	Desinfección inadecuada	O	Ocurrencia de fallas que impiden que el proceso de desinfección se lleve a cabo de forma adecuada.
9	Desprendimientos de laderas	N	Desprendimientos de laderas que generan turbiedad en el agua y/o dificultades de acceso a sitios de operación/control.
10	Dinámica de acuíferos incierta	N	Desconocimiento sobre el estado actual del nivel de los acuíferos, imposibilita el control, puede llevar a sobreexplotación.
11	Extracción de áridos	A	Actividad de extracción de áridos sobre el lecho del río que genera turbiedad y/o modifica caminos de acceso al sistema.
12	Falla de material	O	Fallas en el material de construcción de la instalación/infraestructura que afectan su correcto funcionamiento.
13	Fallas constructivas	O	Fallas en la construcción de la instalación/infraestructura que afectan su correcto funcionamiento.
14	Falta de mantenimiento	O	Ausencia/deficiencia de mantenimiento de instalaciones/infraestructura/componentes del sistema.
15	Fuentes de contaminación	A	Otras fuentes de contaminación que pueden afectar la calidad del agua (actividades industriales, forestales, residenciales, otras).
16	Golpe de ariete	O	Ocurrencia de una sobrepresión en la cañería de transporte que puede ocasionar averías en las tuberías.
17	Infraestructura en malas condiciones	O	Condición deficiente/mal estado de las instalaciones/infraestructura, puede afectar el funcionamiento de un determinado proceso.
18	Inundaciones	N	Inundaciones que pueden producir daños totales o parciales en la infraestructura del sistema y/o afectar la calidad del agua.
19	Mala señalización de válvulas	O	La señalización de válvulas no es clara y puede facilitar la ocurrencia de fallas, errores u omisiones en su operación.
20	Maquinaria de terceros	A	Actividades extractivas con uso de maquinaria pesada en zona de influencia que puede generar turbiedad en el agua.
21	Maquinaria insuficiente o inaccesible	O	Ausencia de maquinaria/herramientas adecuadas para solucionar problemas eventuales que afectan la seguridad del sistema.
22	Microbasurales	A	Presencia de microbasurales en las inmediaciones cuyo lixiviado constituye una fuente de contaminación del agua.
23	Obras en construcción	A	Obras en construcción en la red de distribución que pueden afectar la integridad de las instalaciones/infraestructura.
24	Otros usos	A	Demanda de agua para usos que compiten con el consumo humano, disminuyendo la disponibilidad del recurso.
25	Pérdidas en cañería/averías	O	Presencia de pérdidas en tramos de cañerías/acueductos.
26	Personal de control insuficiente	O	El personal de control es insuficiente, por lo que no realiza las actividades previstas en tiempo y forma.
27	Pozos ciegos o letrinas	A	Presencia de pozos ciegos/letrinas que constituyen una fuente de contaminación del agua.
28	Pozos no sellados	O	Ausencia de sellado que facilita el ingreso de contaminantes a sustratos inferiores.
29	Precipitaciones	N	Precipitaciones intensas que generan turbiedad en las aguas y/o dificultan el acceso a sitios de operación y control del sistema.
30	Procesos erosivos	N	Procesos erosivos que pueden dejar al descubierto tramos de acueductos/cañerías/otros y/o generar turbiedad en el agua.
31	Seguridad deficiente	A	Ausencia/deficiencia de condiciones de seguridad del sistema, facilitando el vandalismo y sus consecuencias.
32	Sequías	N	Períodos de sequía que disminuyen considerablemente de la disponibilidad del recurso.
33	Sismos	N	Movimientos sísmicos que generan daños en las instalaciones/infraestructura y/o introducen partículas contaminantes al agua
34	Uso incorrecto de químicos	O	Dosificación incorrecta/indebida de productos químicos empleados para el tratamiento del agua por desconocimiento/descuido.
35	Uso recreativo indebido	A	Emprendimientos turísticos, campings, motocross y otras actividades y usos indebidos que pueden afectar la calidad del agua.
36	Vehículos en cruces no entubados	A	Ocurrencia de tránsito de vehículos en cruces de aguas de captación sin entubar que genera turbiedad en el agua.

Tabla 1. Listado de todos los peligros y eventos peligrosos que podrían afectar el sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta. Para cada proceso se seleccionaron sólo los eventos pertinentes para la elaboración del PSA. N: Natural; A: Antrópico; O: Operativo.

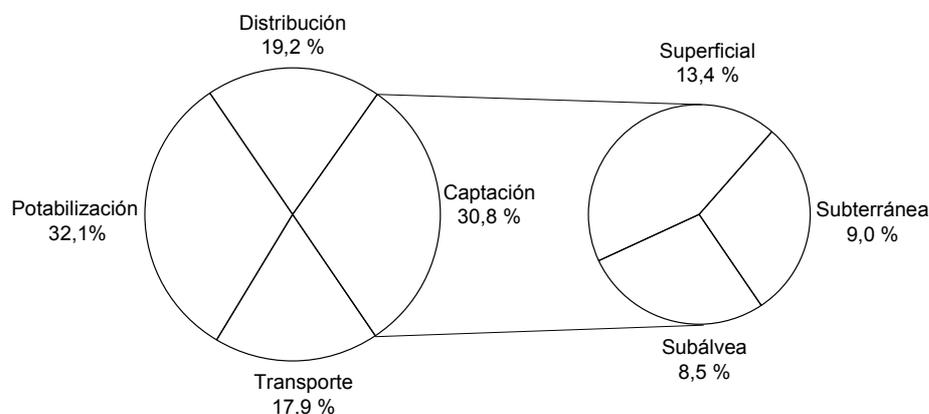


Figura 3. Importancia de los distintos procesos y subprocesos del sistema de suministro de agua potable de la ciudad de Salta.

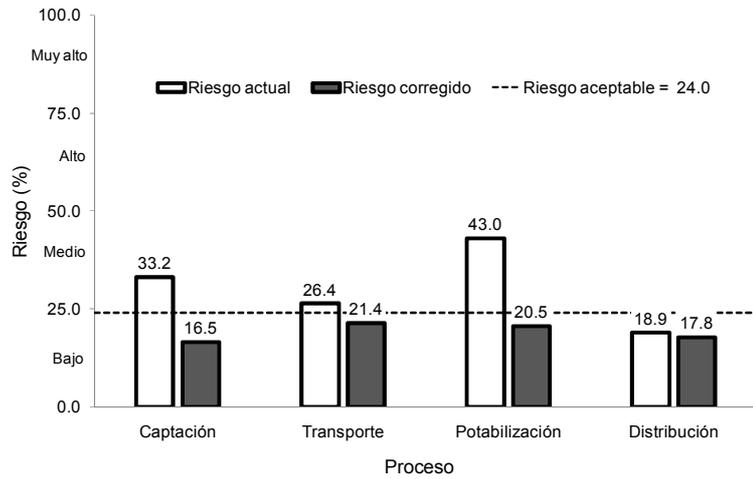


Figura 4. Riesgo ponderado promedio por proceso para el sistema de agua de la ciudad de Salta.

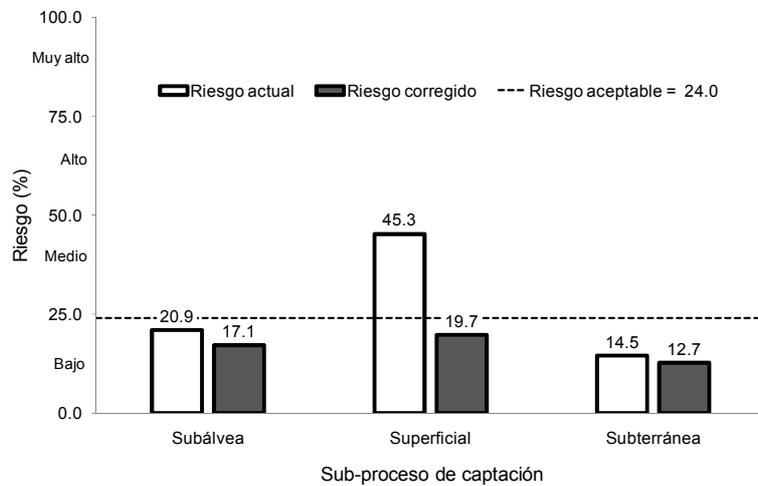


Figura 5. Riesgo ponderado promedio por los sub-procesos del proceso de captación de agua.

Medidas correctoras

Un 45.9% de los eventos peligrosos analizados requieren algún tipo de medida correctora de magnitud variable, como se deduce de la **Figura 6**, la mayoría de las medidas requeridas son de magnitud leve, un menor porcentaje moderadas, y una pequeña proporción corresponde a medidas severas y muy severas.

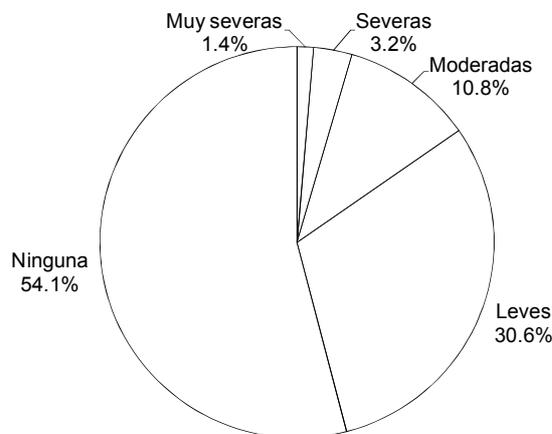


Figura 6. Tipo de medidas correctoras necesarias sobre un total de 222 casos de eventos peligrosos considerados para todo el sistema de agua de la ciudad de Salta.

El análisis de riesgos por sistema particular puede ser útil para la planificación del servicio y para la identificación de áreas prioritarias de acción. A modo de ejemplo, la **Figura 7** muestra tres áreas de acción (indicadas con los números 1, 2 y 3), con orden decreciente de urgencia, que podrían encararse de manera secuencial en función de los valores de riesgo obtenidos para cada sistema. Esta modalidad de gestión permitiría una reducción máxima del riesgo en el tiempo, con una optimización de las inversiones necesarias. La reducción del riesgo global del sistema se podría planificar en tres etapas, concentrando los esfuerzos en las áreas prioritarias 1, 2 y 3 de manera gradual o secuencial. Es necesario indicar aquí que difícilmente sea posible concentrar toda la atención únicamente en las áreas prioritarias, ya que existen eventos peligrosos con valores de riesgo por encima del umbral aceptable incluso en aquellos sistemas cuyo valor de riesgo promedio se encuentra por debajo del umbral. Estos eventos deberían ser tratados con medidas correctoras adecuadas incluso durante las primeras etapas del plan de mejora. También es posible establecer un programa gradual de reducción del riesgo global que no alcance necesariamente el valor umbral en la primera etapa. Este programa permitiría optimizar el presupuesto que la empresa tiene asignado para cada sección operativa. Es importante remarcar que es indispensable verificar de manera constante, en lo posible mediante auditorías externas a la empresa prestataria, que la reducción de los riesgos en el tiempo se ajuste al plan de acción elaborado al inicio. Este monitoreo permite una readecuación constante del plan de acción en función de los resultados obtenidos con la aplicación de las medidas correctoras y preventivas.

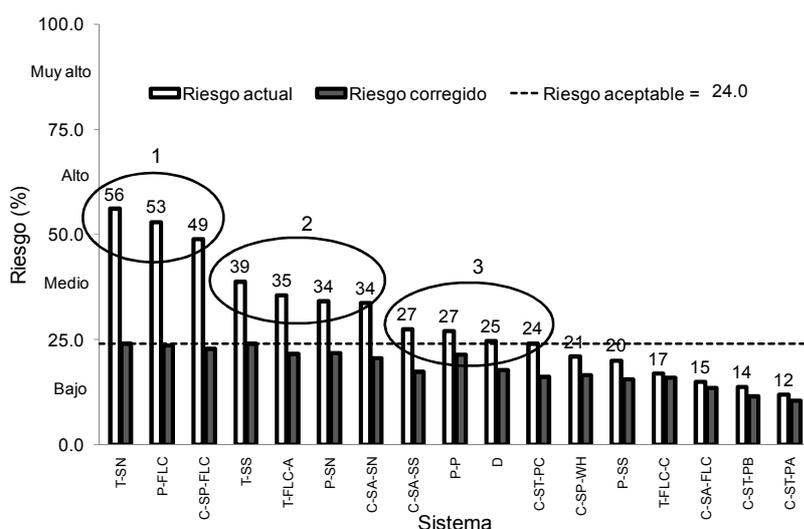


Figura 7. Riesgos obtenidos por sistema particular. Con los números 1, 2 y 3 se indican posibles áreas prioritarias de acción. Códigos de procesos: C=captación; T=transporte; P=potabilización; D=distribución. Códigos de sub-procesos: SA=subálvea; SP= superficial; ST=subterránea. Códigos de sistemas y sub-sistemas: FLC=Finca Las Costas; SN=sistema Norte; SS=sistema Sur; WH=Wierna-Huaico; PA=pozos A; PB=pozos B; PC= pozos C; A=aducción; C=conducción.

Discusión final

Las modificaciones incorporadas a la metodología tradicional permitieron un análisis más profundo y detallado de los riesgos en función de las particularidades específicas de cada sistema de abastecimiento de agua potable. En nuestro caso, la ponderación de la importancia relativa mejoró la sensibilidad del método, favoreciendo la detección de procesos o sub-procesos de alto riesgo. Para evitar la multiplicidad de criterios en la asignación de la importancia relativa podría ser recomendable establecerlos de antemano, independizando al máximo la etapa de la evaluación de la asignación de valores de riesgo propiamente dichos. En caso contrario, es posible que los participantes del taller asignen valores de importancia a partir de un valor de riesgo preconcebido para los distintos procesos. En algunos casos, es factible una asignación de importancia de tipo cuantitativa, basada en parámetros medibles de manera similar en todos los procesos, sub-procesos, o sistemas particulares (por ejemplo, el caudal proporcionado por cada tipo de captación). El tipo de criterio a utilizar puede ser consensuado entre los participantes durante el taller. Las medidas correctoras que permitan llevar los riesgos a valores aceptables deben ser definidas por la empresa prestataria del servicio, teniendo en cuenta que debe existir coherencia entre la magnitud de las medidas y el valor de riesgo calculado. Considerando que muchas veces estas acciones no pueden ejecutarse todas de manera inmediata, debe elaborarse un plan de acción determinando prioridades en la asignación de plazos y presupuesto. Lo ideal es que este plan de acción priorice los procesos más riesgosos. Una vez que las medidas correctoras son llevadas a la práctica, es importante efectuar una reevaluación de los riesgos y determinar en qué medida los resultados obtenidos se ajustan a los esperados. El PSA debe ser monitoreado constantemente y estar orientado a la búsqueda de una mejora continua de los procesos que intervienen en el sistema.

La asignación del valor aceptable del riesgo merece una atención especial, ya que su definición tiene gran implicancia en la determinación de aquellos riesgos que requieren de medidas correctoras. Si se modifica el valor de este parámetro cambian automáticamente los resultados obtenidos. La identificación de un valor umbral también puede ser motivo de controversias. Este valor umbral debe verse sobre todo como un objetivo de mediano plazo. Es admisible una variación en el tiempo de este valor objetivo que permita mejorar la planificación interna y maximizar la reducción del riesgo en el tiempo. Los resultados obtenidos responden directamente a criterios subjetivos del personal de la empresa prestataria del servicio que participó del taller. Sería de utilidad realizar talleres similares con grupos de actores distintos (usuarios, ONGs, académicos) y comparar

los valores obtenidos. Sin embargo, es necesario destacar que los valores absolutos de riesgo son menos importantes que su variación relativa en el tiempo, luego de la introducción de medidas correctoras y la re-evaluación periódica. Por tal motivo, se reduce considerablemente la importancia de los sesgos potenciales que se pueden esperar de un taller de evaluación compuesto por personas de un mismo grupo de interés. El estudio presentado corresponde a un análisis global de diagnóstico. En una segunda etapa del trabajo se elaborarán PSA de detalle para todos y cada uno de los procesos y sub-procesos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Salta.

REFERENCIAS

- Argueta, M. (2008). Avances de los Planes de Seguridad del agua (PSA) en LAC. Memorias del V Congreso de la IV Región de AIDIS, DIAGUA - AIDIS, Paraguay.
- Azpiazu, D., Schorr, M., Crenzel, E., Forte, G., y Marín, J.C. (2005). Agua potable y saneamiento en Argentina. Privatizaciones, crisis, inequidades e incertidumbre futura. Cuadernos del CENDES 22(59), 45-67.
- Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A., y Stevens, M. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Ginebra: OMS/IWA.
- Bastos, R., Bezeira, N. R., Oliveira, D. C., Bevilacqua, P. D., Vieira, J. M, Davis, R. B., y Adrian., S. (2008). System assessment and hazard prioritization: preliminary results and methodological aspects of a water safety plan pilot Project in Brazil. Memorias Water Safety Plans: Global experiences and future trends. Lisboa, Portugal: ASPEB, IWA, OMS.
- Baudino, G., Fuertes, A., Donaire, A. y Pitzzú, G. (2005). Exploración hidrogeológica para el uso racional del agua subterránea en el paleocauce del río La Caldera, Salta, Argentina. Actas IV Congreso Argentino de Hidrogeología. II Seminario Hispano – Latinoamericano sobre temas actuales de hidrogeología, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Belton, V. (1986). A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function. European Journal of Operational Research 26, 7-21.
- Bossel H. (1999). Indicators for sustainable development: theory, method, applications. A report to the Balaton Group. International Institute for Sustainable Development (IISD). Winnipeg, Canada.
- Cahill, A. (2005). The human right to water - a right of unique status: The legal status and normative content of the right to water. The International Journal of Human Rights, 9(3), 389 – 410.
- COSAALT y FUNSALUD (Fundación boliviana para la salud) (2007). Plan de Seguridad de Agua para la ciudad de Tarija-Bolivia.
- Davison, A. y D. Deere (2007). Material de trabajo para “Planes de Seguridad del Agua” para consumo humano. Material para capacitación de capacitadores. Singapur.
- ENRESP (Ente Regulador de los Servicios Públicos) (2010). Plan Director de agua potable y saneamiento. Período 2010 - 2025. Bases para el Plan Director de la provincia de Salta.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010). Datos estadísticos disponibles en: <http://www.indec.com.ar>
- Linstone, H. y Turoff, M. (1975). The Delphi Method: Techniques and Applications. Addison-Wesley.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2004). Guías para la calidad del agua potable. Tercera Edición, Volumen 1. Ginebra.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2010). Derecho Humano al Agua y Saneamiento. Sexagésimo cuarto período de sesiones, Tema 48 del programa Aplicación y seguimiento integrados y coordinados de los resultados de las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas en las esferas económica y social y esferas conexas.
- Pérez Vidal, A., Torres Lozada, P. y Cruz Vélez, C. (2009). Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. Revista Ingeniería e Investigación 29(3), 79-85.
- RED-PSA/LAC (Red de Planes de Seguridad del Agua de Latinoamérica y el Caribe). (2008). Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/redpsa>.
- Saaty, T.L. (2008). Relative Measurement and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors: The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM 102(2), 251-318.
- Salman M. A. y McInerney S. (2004). The human right to water. Legal and policy dimensions. The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. Washington, DC.
- Saltiel, G. (2003). La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en la provincia de Salta. Washington, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Scanlon, J., Cassar, A. y Nemes, N. (2004). Water as a human right? IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, Inglaterra.

ABSTRACT

In this article, a water safety plan (WSP) for the drinking-water supply system of the city of Salta (Argentina) is presented. The system was divided into four processes (catchment, transport, treatment and distribution). A risk management methodology proposed by the World Health Organization (WHO) was applied. This methodology was modified with the addition of two innovative steps: (a) a preliminary weighing procedure where the relative importance of processes and sub-processes was estimated; and (b) a quantitative calculation of the magnitude of control measures. The risk assessment step was performed during a workshop with members of the drinking-water supply company. Current risk for the entire system was calculated at 30.4% (medium range), with slight variations amongst the processes. The study concludes that about 50% of the hazards and hazardous events studied would require some kind of control measure (between mild and very severe). Methodological changes introduced allowed a more detailed analysis of the risks and would be an important improvement of the original assessment method. This study represents a baseline assessment step for Salta's water supply system. In a second stage, detailed WSP will be developed for every single process within the system studied.

Keywords: Drinking water, risk assessment, Salta, water safety plans, WSP.