

# Plan de seguridad del agua en los Campos de Refugiados Saharauis en Tindouf (Argelia)

## *Water safety plan at the Saharawi refugee camps in Tindouf (Algeria)*

García, R.<sup>a</sup>, Blanco, R.<sup>b</sup>, Anta, J.<sup>c</sup>, Naves, A.<sup>d</sup>, Molinero, J.<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Solidaridad Internacional Andalucía (SIA), Programa CRS. Actualmente consultor independiente. C/ Marqués de San Esteban, 26 5ºA 33206 Gijón (España). Email: robertogarciacampos@gmail.com

<sup>b</sup>Solidaridad Internacional Andalucía (SIA), Programa CRS. Actualmente en Tragsatec. Avda. La Paz, 8, 7D, Burgos, 09004 (España). Email: blancoarroyo@yahoo.es

<sup>c</sup>Universidade da Coruña, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Campus de Elviña s/n, 15192-A Coruña. (España). E-mail: jose.anta@udc.es

<sup>d</sup>Universidade da Coruña, Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas (CICA), ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Campus de Elviña s/n, 15192-A Coruña. (España). E-mail: acacia.naves@udc.es

<sup>e</sup>AMPHOS 21 Consulting S.L., Passeig de Garcia i Faria, 49-51, 08019 Barcelona (España). E-mail: jorge.molinero@amphos21.com

Recibido: 11/09/2017

Aceptado: 14/12/2017

Publicado: 31/01/2018

**Citar como:** García, R., Blanco, R., Anta, J., Naves, A., Molinero, J. 2018. Water safety plan at the Saharawi refugee camps in Tindouf (Algeria). *Ingeniería del agua*, 22(1), 37-52. <https://doi.org/10.4995/ia.2018.7998>

## RESUMEN

Desde 1975, unos 165 000 saharauis viven como refugiados en el desierto del Sahara cerca de Tindouf (Argelia). El agua disponible proviene de pozos profundos ubicados en algunos casos a decenas de kilómetros de distancia de los asentamientos de población, es tratada en plantas de ósmosis inversa y mediante cloración y, posteriormente, se distribuye mediante una red de grifos y camiones cisterna. La complejidad del sistema de abastecimiento y las condiciones extremas han obligado a la elaboración de un Plan de Seguridad del Agua con objeto de asegurar que el suministro ofrece una dotación suficiente y una calidad del agua adecuada. El plan sigue una metodología de evaluación de riesgos y establece mecanismos de control para minimizar su impacto, que se recogen en seis protocolos de actuación para las infraestructuras y el control de la calidad de agua. Como aportación novedosa la metodología desarrollada en los campamentos incorpora además de los tradicionales conceptos de calidad de agua, el análisis del volumen de agua suministrada, muy relacionada con algunas enfermedades hídricas. Desde finales de 2014, estos protocolos han comenzado a ser aplicados obteniéndose resultados que repercuten en la mejora de la calidad de vida de las personas refugiadas.

**Palabras clave** | sahara; refugiados; plan de seguridad del agua; gestión de sistemas de abastecimiento; calidad de agua; sistema de información geográfica.

## ABSTRACT

Since 1975, about 165,000 people from Western Sahara are living as refugees in the Sahara Desert near Tindouf (Algeria). Available water resources come from deep boreholes located up to tens of kilometers away from the settlements of the population, bulk water is treated in reverse osmosis plants and by chlorination systems and, after, distributed through a network of taps and water tankers. Water supply system complexity and extreme conditions force the elaboration of a Water Safety Plan, aiming to guarantee appropriate provision and quality of water. The plan follows a risk assessment methodology and establishes control mechanisms to minimize risk impacts, which are compiled in six action protocols for infrastructures and water quality monitoring. As a novel contribution, the

*proposed methodology developed in the refugee camps incorporates besides the conventional water quality assessment concepts, the analysis of the volume of supplied water, linked with some water-washed diseases. Since the end of 2014, those protocols have begun to be applied obtaining results that have a positive effect on the life quality of refugees.*

**Key words** | *sahara; refugees; water safety plan; water supply system management; water quality; geographic information system.*

## INTRODUCCIÓN

En 2002, el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas aprobó su Observación general N.º 15 sobre el Derecho al Agua (ONU, 2002b) en la que se establece el derecho de todas las personas “a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico”. El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento. En dicha resolución se exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a aportar recursos que permitan a los países en vías de desarrollo proporcionar servicios de agua y saneamiento saludables, accesibles y asequibles a la población (ONU, 2010). El 25 de septiembre de 2015 los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: un plan de acción compuesto por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas, cuyo propósito es poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y hacer frente al cambio climático para el 2030. El objetivo 6 busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (ONU, 2017). Sin embargo, según el informe del año 2015 de la Organización Mundial de la Salud, todavía existen 667 millones de personas sin acceso a fuentes de agua mejorada (WHO, 2015). Esta situación es especialmente grave cuando se trata de poblaciones refugiadas afectadas por largos conflictos en lugares donde los recursos son escasos, como Palestina (UNRWA, 2016) o el Sáhara Occidental (ECHO, 2015).

El caso de los refugiados saharauis asentados en el noroeste del desierto del Sáhara (Tindouf, Argelia) desde hace 40 años es paradigmático. El acceso al agua de las 165 000 personas que habitan allí, según las autoridades saharauis, ha constituido un reto debido a la escasez de recursos hídricos, la baja calidad del agua, la falta crónica de inversiones y las extremas condiciones climáticas. Así, desde los inicios del exilio en torno a 1975, cuando se explotaban pozos someros excavados manualmente en la cercanía de los hogares, el abastecimiento de agua ha ido evolucionando lentamente hacia a un complejo sistema de pozos profundos y plantas de tratamiento con el fin de proteger la salud de la población.

En la actualidad, los agentes implicados en la gestión del sistema de abastecimiento son el Ministerio de Agua y Medio Ambiente (MIAMA) de la República Árabe Saharaui Democrática (RASD), como responsable de garantizar el abastecimiento de agua en cantidad y calidad en los Campamentos de Refugiados Saharauis (CRS), y Solidaridad Internacional Andalucía (SIA), que cuenta con el asesoramiento de Aguas del Huelva (Sevilla, España) y actúa en asociación con el Alto Comisionado para el Refugiado de Naciones Unidas (ACNUR). La Dirección General de Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas (ECHO) es uno de los principales financiadores de las operaciones.

En el año 2010, dadas las demandas crecientes, se elaboró la Estrategia de Agua y Saneamiento en los CRS para el período 2011-2016 en lo referente a operación y mantenimiento del sistema (MIAMA, 2011), cuyo objetivo fue servir de guía para las distintas intervenciones a realizar en el sector del agua. Uno de los aspectos cruciales de la estrategia es en la mejora de la gestión y especialmente en la necesidad de la puesta en marcha de unos protocolos de actuación que permitan gestionar y supervisar la calidad de agua y las infraestructuras de manera eficiente. Estos protocolos de actuación han sido elaborados por el personal técnico de SIA y MIAMA, que se apoyó en las metodologías de gestión de los riesgos de los Planes de Seguridad de Agua (PSA) promovidas por la Organización Mundial de la Salud (Bartham *et al.*, 2009).

Existen multitud de experiencias (String *et al.*, 2016) en las que se han aplicado la metodología de los PSA, aunque no en asentamientos de refugiados donde habitualmente se adopta un enfoque de emergencia. En este sentido el sistema de agua de los CRS, debido a las cuatro décadas de desarrollo y a su paulatina mejora, se aleja de este enfoque de emergencia y se asemeja más a sistemas de abastecimiento de agua de países en desarrollo. Estas experiencias se centran en los aspectos relacionados con la calidad de agua y se muestran prometedoras no solo como una herramienta de mitigación de riesgos, sino también como una

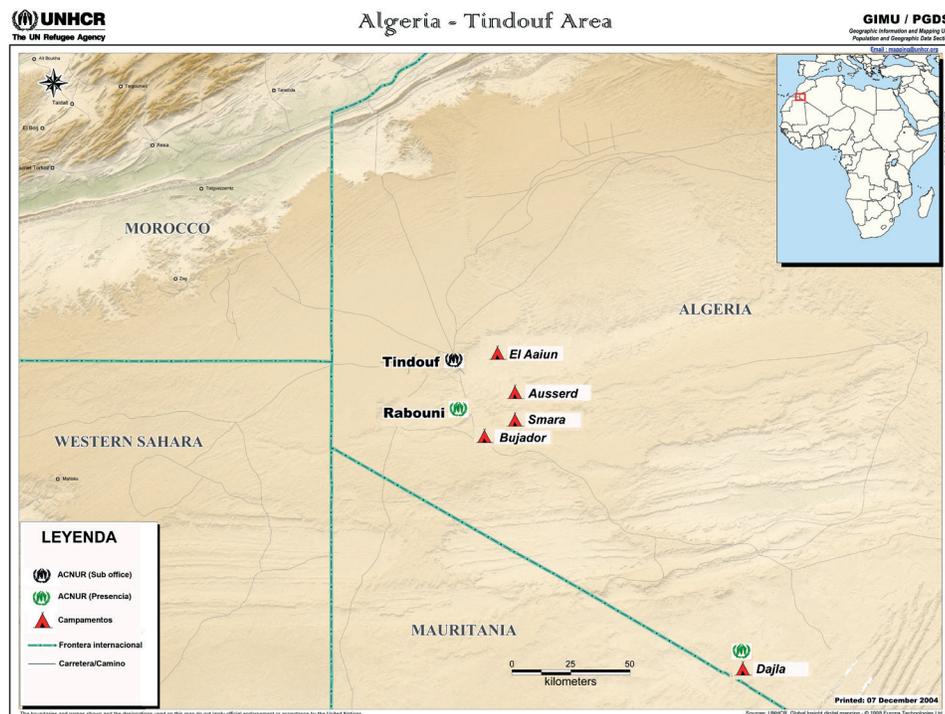
iniciativa rentable para los proveedores de agua siempre y cuando se dé suficiente apoyo a los responsables de suministro para su implementación y se haga una adaptación local de esta metodología (String *et al.*, 2016).

En este artículo se presenta la metodología aplicada para el desarrollo del Plan de Seguridad del Agua en los CRS, y los primeros resultados obtenidos. Como aportación novedosa, la metodología desarrollada incorpora además de los tradicionales conceptos de calidad de agua, el análisis del volumen de agua suministrada, muy relacionada con algunas enfermedades hídricas.

## LOS CAMPAMENTOS DE REFUGIADOS SAHARAUIS EN TINDOUF

### Contexto

El asentamiento de la población en los CRS tiene su origen en el llamado conflicto del Sahara Occidental, antigua colonia y provincia española declarada territorio no autónomo en la resolución 1542 (XV) de la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU,1960). Se trata de una región desértica de 266 000 km<sup>2</sup> limitada al oeste por el Océano Atlántico, por Marruecos al norte, Argelia al noreste, y Mauritania al este y al sur (Figura 1).



**Figura 1** | Mapa de situación de los campamentos de refugiados saharauis en Tindouf (adaptado de ACNUR).

La salida de España como potencia colonizadora del Sahara Occidental, en 1976, después de haber firmado la Declaración de principios entre España, Marruecos y Mauritania sobre el Sahara Occidental (Acuerdo Tripartito de Madrid) provocó la ocupación del territorio saharauí por parte de Mauritania y Marruecos. Este acuerdo, que se compone de una declaración política y varios anexos secretos, ignora el derecho a la libre determinación del pueblo saharauí y, posteriormente, fue declarado no válido según un dictamen del Secretario General Adjunto de Asuntos Jurídicos de las Naciones Unidas (ONU, 2002a). Por lo tanto, el territorio se encuentra oficialmente en proceso de descolonización.

En 1976, el Frente Popular de Liberación de Saguía el Hamra y Río de Oro (Frente Polisario), que desde 1979 es considerado por las Naciones Unidas como el legítimo representante del pueblo saharauí (ONU, 1979), proclamó la independencia del territorio y la fundación la República Árabe Saharaui Democrática (RASD). En ese momento se inicia un conflicto armado con Mauritania y Marruecos que provoca la llegada masiva de refugiados a Argelia. En el año 1979, Mauritania se retira de la contienda cediendo los territorios al Frente Polisario. La guerra con Marruecos continua varios años más, durante los cuales éste ocupa la mayor parte de la región. En 1991 se firmó un alto el fuego en el contexto de un plan de paz mediado por la ONU y la OUA (Organización para la Unidad Africana). Este plan preveía la celebración de un referéndum de autodeterminación para el pueblo saharauí. La Misión de Naciones Unidas para el referéndum en el Sahara Occidental (MINURSO) es la entidad encargada de organizar dicho referéndum con base en el censo español de 1974. Desde entonces, la falta de entendimiento en lo referente al censo de votantes y muchos otros inconvenientes expresados por el Reino de Marruecos han retrasado el proceso hasta llevarlo a una situación de estancamiento. Se estima que la población refugiada actualmente alcanza las 165.000 personas, según fuentes locales y del gobierno de Argelia. Esta crisis humanitaria es la única crisis que alcanzó en 2014 la máxima puntuación (11/11) en la lista de crisis olvidadas que elabora ECHO (ECHO, 2015).

Aunque la gestión de los CRS es responsabilidad del gobierno saharauí a través de sus estructuras administrativas, ha sido imprescindible la ayuda internacional para mantener con vida a la población saharauí refugiada durante casi cuatro décadas de exilio. La coordinación de esta ayuda recae en el Alto Comisionado para el Refugiado de Naciones Unidas (ACNUR). Otras agencias con gran presencia en la zona son el Programa de Mundial de Alimentos (PMA) y UNICEF. España, donante fundamental en esta crisis, se ha focalizado en los sectores de seguridad alimentaria, nutrición y salud (AECID, 2015)

Los refugiados saharais se distribuyen en cinco campamentos o *wilayas*: Auserd, Bojador, Dajla, El Aaiún y Smara (Figura 1). A estas cinco entidades se une Rabuni, la capital político-administrativa, donde se encuentran las distintas instituciones y autoridades de la RASD. Las *wilayas* se dividen administrativamente en 29 *dairas* o ayuntamientos y en 116 barrios.

## El sector del agua en los Campamentos de Refugiados Saharais de Tindouf

En un inicio, en el que se preveía una rápida vuelta al Sahara Occidental, los sistemas de abastecimiento adoptaron un enfoque de emergencia. Estaban basados en la explotación de las aguas subterráneas más someras mediante pozos excavados manualmente en el entorno de los hogares, *pozos familiares*. En 1994, las fuertes lluvias causaron importantes inundaciones que, debido a la falta de sistemas adecuados de saneamiento, provocaron una epidemia de cólera en el Aaiun. Esto obligó al cierre de los *pozos familiares* y a un cambio de planteamiento que incluyó la excavación de pozos profundos, la puesta en marcha de sistemas de cloración, el control bacteriológico y un sistema de suministro por camiones (Vivar et al., 2016).

Con el tiempo se produjo un aumento de la población refugiada y se constató el hecho de que la solución del conflicto estaba enquistada. A finales de la década de los 90, las autoridades saharais y el ACNUR decidieron avanzar en la mejora del sistema, siempre teniendo en cuenta que cualquier tipo de infraestructura debía ser portátil para poder ser transportada al Sahara Occidental una vez se solucionara el conflicto.

A partir del año 2001 se elaboró el Plan Director de Abastecimiento, con el apoyo de SIA y el Consorcio de Aguas del Huesna, que fue financiado por ECHO (SIA, 2001). Su objetivo era abastecer a la población en cantidad y calidad suficientes. El plan incluyó la excavación de nuevos pozos profundos (~100 m de profundidad), la instalación de plantas de osmosis y la sustitución paulatina de sistema de distribución en camiones por una red general de canalización mediante tuberías. La primera red de abastecimiento por grifos se instaló en Dajla en el año 2002. Posteriormente, en el año 2010 se elaboró la Estrategia de Agua y Saneamiento en los CRS (2011-2016) como guía para las distintas intervenciones a realizar en los CRS, según las prioridades establecidas por los diversos actores involucrados: beneficiarios/as, MIAMA, distintos financiadores y ONGDs en la zona.

Actualmente, el abastecimiento de agua potable se basa en pozos profundos situados en el entorno de los campamentos. El agua se extrae mediante bombas sumergibles y se conduce hasta depósitos metálicos de regulación de 240 m<sup>3</sup> de capacidad. El agua bruta almacenada es tratada en función de su calidad. El sistema de abastecimiento se divide en 3 zonas autónomas, cada una con diferente problemática:

- La Zona 1, que comprende las *wilayas* de El Aaiun y Ausserd, se abastece de 7 pozos profundos situados al norte del Aaiun. Estos pozos se alimentan de un acuífero detrítico terciario y son de productividad moderada. La calidad microbiológica del agua es buena. Se trata de un agua salina, con una conductividad eléctrica de 2200 microS/cm, y que contiene concentraciones de flúor y nitrato por encima del límite máximo de referencia establecido por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2011) y la normativa argelina (Argelia, 2011). Desde el año 2014 funciona una planta de ósmosis que suministra agua tratada de manera alternativa al Aaiun y Ausserd. Los periodos de alternancia son de unos 20 días.
- La Zona 2 cuenta con 2 pozos en las cercanías de la *wilaya* de Bojador para el abastecimiento de las *wilayas* de Smara, Bojador y el centro institucional de Rabuni (Figura 2). Los pozos, más productivos que en la Zona 1, se alimentan de un acuífero kárstico del Carbonífero que contiene agua de muy elevada conductividad eléctrica (~ 4000 mS/cm) y, al igual que en la Zona 1, con concentraciones de nitratos y flúor que superan los límites establecidos por la normativa. El agua bruta es tratada mediante una planta de ósmosis inversa desde el año 2006.
- La Zona 3, que corresponde a la *wilaya* de Dajla y está situada a 120 km de Rabouni, cuenta con 2 pozos profundos que se alimentan de un acuífero formado por areniscas del Devónico. La calidad fisicoquímica y bacteriológica es buena, por lo que no ha sido necesario la instalación de tratamiento.

En las tres zonas funcionan sistemas de cloración previos a la distribución. Las aguas tratadas se transportan y distribuyen mediante una red que conecta las captaciones y las zonas de consumo, que en algunos lugares se encuentran a 25 km de distancia. El abastecimiento a los hogares se lleva a cabo a través de grifos comunitarios provistos de dos salidas. A una de las salidas se conecta una manguera flexible de ~150 m que permite llenar cisternas familiares de 1 a 2 m<sup>3</sup>. A la otra salida se conecta un pequeño tubo flexible para llenar garrafas de 20 L. A pesar de que existen más de 450 grifos, la cobertura de la red en baja presión no es completa en todas las *wilayas*, alcanzando el 50% de la población total. El resto de la población se abastece mediante camiones cisterna que se alimentan en una serie de puntos de la red denominados *jirafas* (Figura 2). El objetivo estratégico es lograr una dotación de 20 L/hab·d.



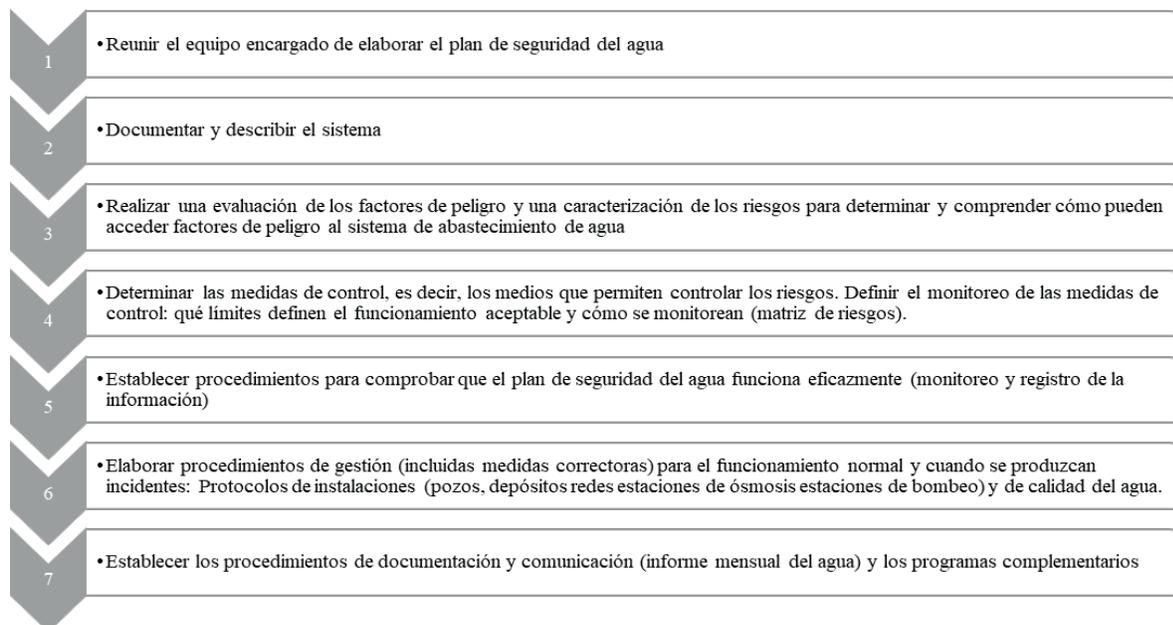
**Figura 2** | Esquema del sistema de abastecimiento de la Zona II que abastece las *wilayas* de Smara, Bojador y el centro institucional de Rabuni (fuente: SIA).

## UN ENFOQUE INTEGRAL: ELABORACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

### Introducción

El asegurar una dotación adecuada y con calidad suficiente en un abastecimiento de agua para consumo humano requiere de una serie de acciones y controles coordinados que deben formar parte de un plan integral de actuación. Según la OMS (WHO, 2004): «La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Este tipo de planteamientos se denominan *planes de seguridad del agua*». Los Planes de Seguridad del Agua (PSA) deben considerarse una estrategia de gestión de riesgos con una finalidad clara: garantizar sistemáticamente la seguridad y aceptabilidad del agua de consumo suministrada por un sistema de abastecimiento (Davinson, 2002).

En el caso del PSA para el sistema de agua de los campamentos de refugiados saharauis (PSA-CRS) y como aspecto novedoso de la metodología propuesta, se decidió ampliar el concepto de seguridad y aceptabilidad incluyendo, no solo aspectos relacionados con la calidad del agua, sino también con la cantidad de agua disponible o dotación. Se considera que esta mejora es muy conveniente para analizar la situación de los campamentos de refugiados saharauis en la que los problemas de calidad de agua no son tan relevantes, porque el agua es tratada (osmotizada) y clorada, pero sí que se pueden plantear problemas de enfermedades hídricas ligadas a una baja accesibilidad al agua, como las enfermedades relacionadas con una higiene deficiente por no disponer de suficiente volumen de agua. En este caso, se ha considerado que el procedimiento incluido en los planes de seguridad es muy adecuado para realizar la evaluación de riesgos y proponer las medidas y controles adecuados. La idea principal es que las conclusiones de la evaluación de riesgos, resumidas la matriz de riesgos del PSA-CRS, deben ocupar un lugar central como elemento de análisis y reflexión y ser, por consiguiente, la herramienta fundamental para la priorización de las acciones necesarias para mitigar los riesgos que pongan en peligro el suministro en cantidad y calidad adecuada. A partir de la matriz de riesgos se generan los protocolos o planes de gestión de las instalaciones, los protocolos o planes de gestión de la calidad de agua y se prevén acciones de sensibilización a la población y técnicos, formativas y de I+D+i (programas complementarios).



**Figura 3** | Metodología del Plan de Seguridad del Agua de los Campamentos de Refugiados Saharauis (PSA-CRS). Adaptación de la metodología OMS para los PSA.

## Metodología

La metodología (Figura 3) consta de tres partes fundamentales. En primer lugar, se ha realizado una evaluación de los factores de peligro y una caracterización de los riesgos, para determinar y comprender cómo pueden afectar los factores de peligro al sistema de abastecimiento. A continuación, se han determinado las medidas que controlan los riesgos identificados en el sistema y garantizan el cumplimiento de las metas. Se trata de establecer un monitoreo operativo que garantice la detección rápida y oportuna de cualquier desviación con respecto al funcionamiento requerido. Finalmente, se han elaborado los protocolos o planes de gestión que describen: (1) Las medidas a adoptar durante el funcionamiento normal; (2) Las medidas a adoptar tras posibles incidentes; (3) Aspectos relacionados con el monitoreo y el flujo de información en el sistema y (4) Los programas complementarios.

### Evaluación de los riesgos

La primera etapa del PSA consistió en reunir a un equipo de personas implicadas en el sistema de abastecimiento para determinar los peligros que pueden afectar a la calidad y seguridad del agua a lo largo de la cadena de suministro. Se formó un equipo experimentado y multidisciplinar con miembros del Ministerio de Agua y Medioambiente de la RASD y Solidaridad Internacional Andalucía, que contaba con el asesoramiento técnico de Aguas del Huesna.

El siguiente paso fue una completa revisión de la información disponible sobre el sistema de abastecimiento de agua en los CRS. Existe una amplia documentación histórica del sistema (SIA, 2010) que incluye información sobre: (1) Las fuentes de suministro y su emplazamiento; (2) Los cálculos hidráulicos de los sistemas; (3) Las normas de calidad del agua pertinentes (Argelia, 2011); (4) Los procesos de tratamiento y potabilización del agua; (5) Los pormenores sobre el sistema de distribución del agua, incluidos los relativos a la red de distribución y el transporte en camiones cisterna y, por último, (6) La determinación de usos y usuarios del sistema. La información recopilada se depuró y se completó mediante la obtención de datos adicionales en terreno, para lo que se realizaron evaluaciones rápidas (WHO, 2012), se revisó la documentación de referencia (Ainsworth, 2004) y se compararon los datos con informes de años anteriores (Docampo y Molinero, 2006). Simultáneamente, se desarrolló un sistema de información que permite controlar el ciclo de vida de la información desde su obtención hasta su disposición final. Este sistema de información consiste en: (1) Un sistema de información geográfica (SIG) del sistema de abastecimiento; (2) Un sistema de navegación *off-line* basado en OruxMaps, que permite situar sobre el terreno el emplazamiento de todas las infraestructuras del sistema; y (3) La puesta en servicio de un servidor de datos *on-line* que ha permitido compartir la información con los agentes implicados.

A continuación se procedió a realizar el análisis de riesgos, que consiste en definir los puntos más débiles del sistema de abastecimiento de agua para determinar y comprender cómo le pueden afectar los factores de peligro. El procedimiento consta de dos pasos, la evaluación de peligros y la caracterización de riesgos. La evaluación de peligros se realizó en función del tipo de infraestructura de la red: captaciones, tratamientos, depósitos, red y puntos de consumo. Así, para cada tipo de infraestructura, los eventos peligrosos se definen como eventos que introducen peligros en el sistema de abastecimiento de agua o impiden su eliminación. Por ejemplo, las lluvias torrenciales (evento peligroso) pueden facilitar la introducción de microorganismos patógenos (peligro) en la fuente de agua. Para el sistema de abastecimiento de agua en los CRS se han identificado eventos peligrosos y peligros agrupados según los cinco tipos de infraestructura. De entre todos los eventos peligrosos definidos se disgregaron los más significativos de los menos significativos, limitando a 42 como los más relevantes (Tabla 1).

**Tabla 1** | Número de peligros y eventos peligrosos más relevantes por infraestructura.

Emplazamiento	Captaciones	Tratamiento	Depósitos	Redes	Punto de Consumo
Nº de eventos y peligros asociados	14	8	4	12	4

En relación con la caracterización de los riesgos, se aplicó un método semi-cuantitativo basado en la matriz de riesgos (Deere *et al.*, 2001), que comprende la estimación de la probabilidad o frecuencia de un peligro y la gravedad o consecuencia del evento asociado a dicho peligro. Para definir la probabilidad del riesgo, se empleó la siguiente jerarquía de sucesos, a la que se le asignó un peso variable entre 1 y 3:

- Evento poco probable: Se produce alguna vez cada 5 años. Se le asignó un peso de 1.
- Evento probable: Se produce varias veces al año. Se le asignó un peso de 2.
- Evento muy probable: Se produce varias veces al mes. Se le asignó un peso de 3.

La vulnerabilidad se definió a partir de la evaluación de la gravedad de las consecuencias en caso de producirse el evento. En este caso han establecido tres niveles, con un peso variable entre 1 y 5:

- Muy alta: Producen un efecto catastrófico para la salud pública y/o generan un gran impacto en la dotación mensual. Se le asignó el mayor peso, de valor 5.
- Alta: Producen un efecto grave para la salud a largo plazo, un efecto reglamentario grave y/o un impacto en la dotación semanal. Se ponderó con un peso de 3.
- Moderada: Producen un efecto leve para la salud, un cambio organoléptico moderado y/o un impacto en la dotación diaria. En este caso se ponderó la vulnerabilidad con un peso de 1.

Finalmente, se definió la importancia del riesgo como el producto de la probabilidad de desencadenamiento de un evento peligroso y de la vulnerabilidad del sistema frente a dicho evento. La evaluación de riesgos en este primer tramo de la vida del PSA-CRS fue realizada con la opinión de los técnicos de SIA y del MIAMA con experiencia de varios años en el terreno. En la Tabla 2 se pueden ver 4 ejemplos de 4 riesgos analizados en el sistema.

**Tabla 2** | Ejemplos de clasificación de riesgos en el PSA-CRS.

Emplazamiento	Peligro	Evento	Clasificación del riesgo (probabilidad×gravedad)
Captaciones	Desecho de cadáveres de animales	Sacrificio de animales en proximidades de la captación	Poco probable (1)×Muy alto (5) = 5
Captaciones	Interrupción del suministro	Fallo en el suministro eléctrico	Probable (2)×Muy alto (5) = 10
Tratamiento	Interrupción del tratamiento /Agua no desinfectada	Avería en dosificadora de cloración	Probable (2)×Muy alto (5) = 10
Redes	Disminución de los caudales circulantes	Presencia de aire en tuberías	Probable (2)×Alto (3) = 6

## Determinación de las medidas de control

Una vez establecidos los riesgos que afectan a cada tipo de infraestructura, se procedió a establecer los mecanismos de control para cada uno de ellos a fin de minimizar la amenaza que representan. Dichos mecanismos deben ser medidas con objetivos claros (límites críticos objetivos), con valores umbral o alarmas que desencadenan la acción correctiva (límite crítico desencadenante de la adopción de medida). Hay que tener en cuenta que la determinación y aplicación de las medidas de control se debe basar en el principio de las barreras múltiples. La ventaja de este sistema es que el fallo de una barrera puede compensarse mediante el funcionamiento eficaz de las barreras restantes.

En el caso del sistema de abastecimiento agua de los CRS, se han tenido en cuenta diversos aspectos para determinar las medidas de control atendiendo a cada tipo de infraestructura, como las que se reflejan a modo de ejemplo en la Tabla 3 para captaciones, redes y puntos de consumo. El sistema de información geográfica y su potencial como herramienta de análisis ha sido de gran ayuda para la definición de las medidas de control.

**Tabla 3** | Aspectos considerados para la determinación de las medidas de control en captaciones, redes y puntos de consumo.

Captaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción correcta de pozos, incluido su revestimiento, impermeabilizado y protección de la boca</li> <li>• Barreras para impedir el acceso de animales</li> <li>• Barreras para impedir el acceso y la manipulación no autorizados</li> <li>• Medidas de control, mantenimiento preventivo y correctivo definido en los protocolos de la instalación</li> </ul>
Redes y puntos de consumo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de control, mantenimiento preventivo y correctivo definido en los protocolos de la instalación</li> <li>• Disponibilidad de sistemas de reserva</li> <li>• Uso de válvulas</li> <li>• Sistema de distribución y medios de almacenamiento completamente protegidos</li> <li>• Mantenimiento de una presión suficiente en el sistema</li> <li>• Protección necesaria para evitar el sabotaje, las conexiones ilegales y la manipulación</li> <li>• Almacenamiento en los hogares</li> </ul>

Una vez definidas las medidas de control para cada riesgo, se procedió a definir para cada una de ellas unos límites de aceptabilidad de la eficacia de las operaciones, llamados límites críticos, que pueden aplicarse a los parámetros de monitoreo operativo. De esta forma, si el monitoreo determina que se ha superado un límite crítico deberán desencadenarse acciones correctivas en caso de incidencia. La detección de la desviación y la aplicación de la medida o medidas correctoras deben poder realizarse en un plazo suficiente para mantener la eficacia del sistema y la calidad del agua. En la Tabla 4 se presentan ejemplos de medidas de control relativas a los riesgos presentados en la Tabla 2, los límites críticos establecidos y las acciones correctivas que desencadenan. En el PSA-CRS elaborado se plantearon medidas de control para la mayoría de los peligros determinados en la etapa de evaluación de riesgos. Será misión de las siguientes versiones del plan el establecimiento de nuevas medidas de control y la revisión de los peligros y los eventos peligrosos asociados.

**Tabla 4** | Ejemplo de matriz de riesgos con sus medidas de control, límites críticos y acciones correctivas.

Instalación	Evento	Medidas de Control	Límite crítico objetivo	Límite crítico desencadenante de la adopción de medidas	Acción Correctiva
Captaciones	Sacrificio de animales en proximidades de la captación	Perímetro de protección	Se controla este tipo de actividades en las proximidades del abastecimiento	No se controla este tipo de actividades en las proximidades del abastecimiento	Vigilancia
Captaciones	Fallo de suministro eléctrico	Generadores de reserva/ Carburante	Funcionan los equipos de emergencia	No funcionan No existen No hay carburante	Generadores en funcionamiento
Tratamiento	Avería de la dosificadora de cloración	Monitoreo de cloro en la red	Se controlan y mantienen los equipos en funcionamiento	No funcionan los equipos. No hay cloro en la red	Reparación, sustitución y/o calibración de los equipos de cloración
Redes	Disminución de los caudales circulantes	Revisión de las ventosas	Se detectan una disminución del caudal circulante en la red	Disminución >20% del caudal medio	Revisión del funcionamiento o sustitución de las ventosas

## Planes de gestión y mejora. Definición de los Protocolos de actuación

El programa de mejoras que se plantea en el PSA de los CRS está contenido en los protocolos de operación y mantenimiento de instalaciones y calidad de agua, que SIA y el MIAMA han desarrollado durante los años 2015 y 2016. El objetivo del programa es definir las tareas necesarias para el control y mantenimiento de las instalaciones y los controles y tareas relativas al trabajo del equipo de la Unidad de Calidad de Agua (UCA), de cara a asegurar una dotación suficiente de agua de calidad. Estos protocolos están dirigidos a todas las entidades que intervienen en el proceso de abastecimiento y control de la calidad de las aguas de consumo humano. De los seis protocolos redactados, cinco son relativos a instalaciones –pozos, depósitos, redes, estaciones de ósmosis y estaciones de bombeo– y el otro a la calidad de agua. El esquema desarrollado para los protocolos de todas las instalaciones es idéntico y se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5** | Esquema del protocolo de instalaciones en el PSA de los CRS.

Capítulo	Descripción
1. Estrategia de control y mantenimiento	Recoge los tipos de control y el tipo de mantenimiento correctivo y preventivo a realizar por el personal del MIAMA, así como el monitoreo que debe ser realizado por SIA Para su correcta implementación se define: (i) Tipo de actuación; (ii) Persona responsable; (iii) Frecuencia de actuación y horas de trabajo estimadas y (iv) Material necesario para llevarlo a cabo
2. Organigrama	Presenta el organigrama por zona de actuación en el que se establecen los puestos de trabajo y sus responsabilidades
3. Descripción de las instalaciones existentes	Incluye, fichas descriptivas de las instalaciones, planos de zonificación y planos de equipamiento hidráulico y eléctrico
4. Fichas de Control	Formularios para el control y mantenimiento que deben ser utilizadas en la implementación del protocolo
5. Piezas de Repuesto	Listado de piezas de repuesto a disponer en los almacenes para garantizar el correcto funcionamiento anual de las instalaciones
6. Cronograma	Define un cronograma anual de las diferentes instalaciones definidas anteriormente con el fin de permitir la planificación de los trabajos a llevar a cabo en cada una de las zonas
7. Estudio Económico	Valoración económica de las diferentes partidas en que se divide el control y mantenimiento de las instalaciones para garantizar su correcto funcionamiento anual incluyendo piezas de repuesto, medios humanos, medios materiales auxiliares y trabajos a subcontratar

Por otro lado, el protocolo de calidad de agua busca implementar medidas de autocontrol para la gestión de la calidad de agua en abastecimientos de agua, fija la normativa a emplear (Argelia, 2011) y las estrategias a seguir para asegurar la calidad fisicoquímica (seguimiento y tratamiento) y bacteriológica (prevención, tratamiento, análisis y acciones correctivas) del agua de consumo humano. En la Tabla 6 se recoge el índice de anexos del protocolo que sirven de guía a la actividad de la Unidad de Calidad de Agua (UCA).

**Tabla 6** | Anexos del protocolo de Calidad del Agua del PSA de los CRS.

Anexos	Descripción
1. Estrategia de muestreo	Define qué, cuándo y dónde muestrear estableciéndose varios niveles de control en el sistema
2. Riesgos: prevención y corrección	Define las pautas de la prevención, basada en el análisis de riesgos y la respuesta a incidencias ilustrando varios casos posibles con ejemplos
3. Inspecciones Sanitarias	Guía básica para la vigilancia de las infraestructuras
4. Manual de cloración	Define el sistema de cloración propuesto en cada una de las zonas del sistema de agua, así como las tareas de funcionamiento y procedimientos a seguir
5. Manual de Técnicas Laboratorio	Detalla los métodos y técnicas analíticas para los parámetros determinados en el Anexo 1
6. Manual Seguridad	Manual básico de seguridad en el laboratorio
7. Recursos Humanos	Define un organigrama por zona de actuación en el que se establecen los puestos de trabajo y las responsabilidades
8. Recursos Materiales	Define los medios materiales necesarios en base a garantizar la puesta en marcha del protocolo en el periodo de un año
9. Presupuesto	Valoración económica de las acciones propuestas

## Definición del monitoreo

El monitoreo del sistema es fundamental para apoyar la gestión de los riesgos que demuestra que la medida de control es eficaz y que, si se detecta una desviación, permite adoptar nuevas medidas con tiempo suficiente para evitar poner en peligro la cantidad y calidad del suministro. Por este motivo, las estrategias de monitoreo del sistema están indicadas explícitamente en los protocolos de instalaciones y calidad de agua (Tablas 5 y 6).

El monitoreo constituye, junto con las medidas correctoras, el sistema de control para garantizar sistemáticamente la seguridad y aceptabilidad del agua de consumo suministrada por un sistema de abastecimiento. Una parte importante del proceso de monitoreo son los procedimientos de documentación y comunicación. A este respecto, los resultados de la aplicación de los protocolos se recogen en un informe mensual elaborado por el MIAMA y SIA desde el año 2015. Este informe incluye los aspectos relacionados con la producción de los pozos, tratamiento de las plantas, suministro diario, calidad de agua, averías, nuevas infraestructuras, etc. Además, este informe permite la realización de una evaluación continua del estado del sistema, determinar en qué casos se necesitan controles nuevos o mejorados y, finalmente, mantener registros fidedignos para ofrecer transparencia y justificar los resultados.

## RESULTADOS INICIALES OBTENIDOS

La aplicación de los protocolos de actuación está siendo un proceso paulatino, debido a los condicionantes de un campo de refugiados que se sitúa en uno de los desiertos más áridos del planeta y donde el personal técnico realiza su labor de manera semi-voluntaria. En la primera etapa de aplicación del PSA-CRS, iniciada a finales de 2014, se priorizó la aplicación del protocolo de calidad de agua y la puesta en marcha del sistema de toma de los datos para la elaboración del informe mensual del abastecimiento. Este informe se ha convertido en una herramienta de control, evaluación y seguimiento de los aspectos más importantes que afectan al sistema.

En el año 2015 se creó la Oficina de Mantenimiento y Logística (OML) con el fin de impulsar la aplicación de los protocolos de actuación. Esta oficina es la encargada de la planificación y registro mensual de los trabajos de mantenimiento y del control logístico del stock de piezas. Simultáneamente, se han realizado sesiones de formación a todos los niveles del MIAMA sobre el PSA

y los protocolos de actuación incidiendo en las medidas de mitigación de riesgos. Se ha hecho un esfuerzo especial a nivel de grifo y cubas familiares, implementando medidas que involucran a las mujeres y apoyan la asunción por su parte de roles de liderazgo (COSUDE, 2005).

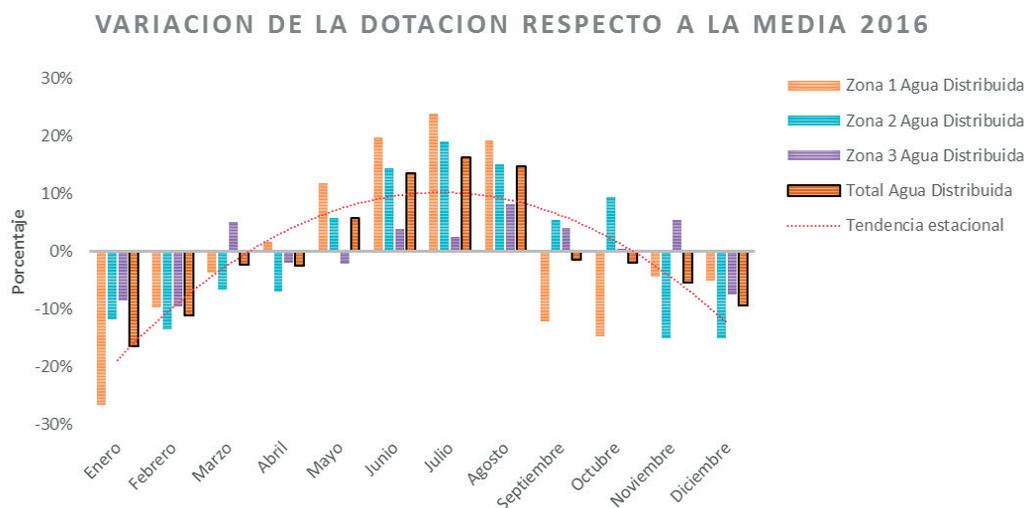
A continuación, se presentarán los resultados más relevantes de la aplicación del PSA-CRS en los ámbitos prioritarios: la producción de agua bruta y el seguimiento de los acuíferos, la producción de agua tratada en las plantas de ósmosis, la distribución del agua, el control de la calidad de agua y el mantenimiento de las infraestructuras.

## Control de la producción de agua bruta, tratamiento y distribución

En la aplicación del PSA-CRS se ha desarrollado un seguimiento sistemático de la producción de agua en los pozos de las tres zonas de abastecimiento de los campamentos (11 pozos) determinando: los caudales y volúmenes bombeados, las horas de operación del sistema, la evolución de los niveles freáticos y la calidad del agua bruta. De este modo, se ha podido monitorizar el nivel de producción de agua para ajustarlo a las demandas, anticipar posibles averías y evitar posibles efectos de sobreexplotación de los acuíferos. Como ejemplos, la disminución de caudales permite prever la necesidad de una limpieza del pozo y la realización e interpretación de ensayos hidráulicos permite optimizar los caudales bombeados.

Con la incorporación en 2014 de una planta de ósmosis al sistema de abastecimiento de la zona I y la puesta en marcha de los protocolos de dichas plantas, se ha logrado que el 75% del agua en las zonas I y II sea osmotizada. En los procesos de ósmosis entre un 30% y 40% del agua es rechazada originando una pérdida importante de recursos en un contexto de escasez de agua, por lo que muchas veces es necesario lograr un compromiso entre la mejora de la calidad del agua y que la dotación no se vea comprometida. El agua de la zona III no necesita tratamiento por ósmosis, ya que sus características fisicoquímicas son aceptables de acuerdo con la normativa. Toda el agua es clorada en estaciones de cloración situadas en puntos estratégicos del sistema.

A efectos de cálculos de dotación, para el consumo humano, la distribución mensual media de agua asciende a unos 80 000 m<sup>3</sup> y varía según la estación y la zona geográfica. La Figura 4 presenta la evolución temporal de los datos de distribución de agua en términos de variación con respecto al valor medio para cada zona y para la totalidad de los CRS. Se puede observar que existe una clara variación estacional entre los meses de verano e invierno.



**Figura 4 |** Variación de la dotación mensual en las distintas zonas del sistema.

No todo el agua producida llega a los habitantes de los campamentos para su consumo. Así, se ha establecido un protocolo conjunto entre los técnicos locales, los técnicos de ACNUR y los de SIA que permite estimar las pérdidas del sistema y la cantidad de agua necesaria para otros usos como escuelas, hospitales, administraciones, la cabaña ganadera y la fabricación de ladrillos para la construcción de viviendas y cierres (SIA, 2016).

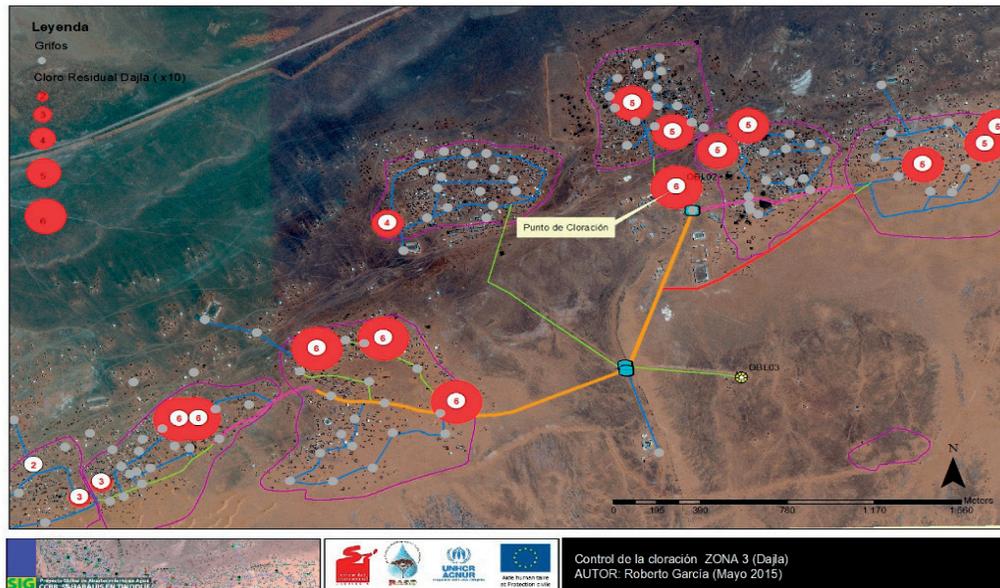
A modo de resumen, las pérdidas por fugas representan aproximadamente entre un 3% y un 6% del total de la producción, las dotaciones de servicios representan entre un 6% y 8% de la producción, las necesidades de la cabaña ganadera entre un 5% y 10% y las necesidades para la fabricación de ladrillos entre un 5% y un 12%. De este modo, se puede considerar que entre un 19% y un 33% del volumen de agua suministrada no llega a las familias debido a las pérdidas en la red y al agua destinada al resto de usos mencionados. Teniendo en cuenta todo esto, se estima una dotación media de 18 L/hab·d en 2016 con variaciones según la zona y el censo de población utilizado para el cálculo. Hay que señalar que la población residente en los campamentos es un dato extremadamente sensible ya que tiene fuertes implicaciones políticas en el conflicto. En cualquier caso, si se emplean las estimaciones consensuadas de ACNUR y el gobierno saharauí, la dotación obtenida para el consumo humano no varía sustancialmente y el valor presentado refleja la situación actual de un modo bastante fiel.

Tomando como bueno el valor de 18 L/hab·d, se puede señalar que la dotación para el consumo humano no alcanza el valor fijado en los objetivos estratégicos para la dotación, entre 20 y 40 L/hab·d. Este rango se considera el mínimo adecuado teniendo en cuenta las características socio-culturales del desierto y el contexto de los campos de refugiados saharauis (MIAMA, 2011). Hay que remarcar además que estos valores están dentro de la horquilla de dotaciones conocida como umbral de la pobreza hídrica, establecida entre 20 y 50 L/hab·d (ONU, 2006)

## Calidad de agua

Las acciones llevadas a cabo por la Unidad de Calidad de Agua (UCA) en el marco de la implementación del PSA-CRS son: (1) Acciones de carácter preventivo para reducir los riesgos por contaminación patógena, mediante el control de la calidad bacteriológica de agua en origen y en el sistema de suministro y distribución; (2) Control del tratamiento para asegurar que el agua llega suficientemente clorada a los consumidores, a través del análisis del cloro residual en grifos, cubas unifamiliares y camiones; (3) Análisis y monitoreo de la calidad físico-química del agua y (4) Acciones de carácter correctivo en respuesta a cualquier incumplimiento de los valores paramétricos. Para ello, se ha diseñado un calendario de inspecciones sanitarias, se han instalado sistemas de cloración en puntos estratégicos, se ha desarrollado un sistema de control del nivel de cloro en la red y existe un plan de monitoreo de la calidad microbiológica (*estreptococos* y *E. Coli*) en toda la red y físico-química en pozos y plantas. La Figura 5 presenta, a modo de ejemplo, los resultados de un estudio de cloro residual realizado por la UCA en Dajla (Zona III) en los que se representan sobre una foto aérea las concentraciones de cloro residual medidas en puntos significativos de la red definidos en el protocolo de calidad. Cabe señalar que los análisis microbiológicos se realizan en el Laboratorio Central del MIAMA (más de 900 análisis en 2016), así como las determinaciones de control de las plantas de ósmosis (conductividad, sales disueltas) y el control de la calidad de la red de abastecimiento (cloro residual). Los análisis del resto de parámetros físico-químicos se realizan en laboratorios certificados de España, tras un adecuado proceso de conservación y transporte de las muestras (Rice *et al.*, 2012)

Como resultado de estos trabajos, se puede concluir que la calidad físico-química de los pozos de abastecimiento no ha variado apenas en los últimos años con respecto a los valores base recogidos en trabajos previos (Docampo y Molinero, 2006). Los análisis realizados a la salida de las plantas de ósmosis muestran concentraciones de nitratos y fluoruros en el agua tratada dentro de los rangos recomendados en la normativa argelina y por la OMS. Por otro lado, el sistema de cloración funciona aceptablemente bien (SIA, 2016) y no se han reportado episodios epidemiológicos graves relacionados con enfermedades de origen hídrico desde el Ministerio de Salud Pública de la RASD ni desde el Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière argelino.



**Figura 5 |** Estudio control de la cloración red de agua en Dajla (Zona III). Se presentan, sobre una imagen satélite de la zona, las concentraciones medidas de cloro residual (en ppm×10) en puntos significativos de la red de abastecimiento previamente definidos en el protocolo de calidad del agua del PSA-CRS. Se muestran también los elementos principales de la red - el pozo (círculo amarillo), depósitos, grifos y tuberías de diferente tamaño (líneas de colores)- y los diferentes sectores en que se divide la red de distribución, que se corresponde con divisiones administrativas llamadas Dairas (delimitados con polígonos rosas).

### Control de las incidencias

El trabajo de mantenimiento relativo a la aplicación de los protocolos se centraliza en la Oficina de Mantenimiento y Logística (OML), que es la entidad que se encarga de la programación mensual de actividades, de las incidencias y de la gestión del stock de los almacenes. Así, desde el año 2015, se han llevado a cabo importantes intervenciones orientadas a aumentar la fiabilidad del sistema incluyendo un pormenorizado registro de sus actividades mensuales. En la Figura 5 se cuantifican las intervenciones más importantes realizadas en 2016 por tipo de infraestructura. Como se puede observar la mayor parte de las incidencias tuvieron lugar en las plantas de ósmosis y en los pozos, al tratarse de infraestructuras complejas con sistemas eléctricos e hidráulicos que se ven afectadas por los rigores del clima desértico.



**Figura 6 |** Intervenciones significativas reportadas por la OML en 2016 clasificadas por tipo de infraestructura.

## CONCLUSIONES

Con objeto de asegurar el abastecimiento de agua a la población refugiada de los CRS en el sur de Argelia con una dotación suficiente y una calidad del agua adecuada, se ha elaborado un Plan de Seguridad de Agua. Como aportación novedosa, la metodología desarrollada en los campamentos incorpora, además de los tradicionales conceptos de calidad de agua, el análisis del volumen de agua suministrada. Se considera que esta mejora es muy conveniente para analizar la situación del agua en los campamentos, ya que no existen problemas graves de calidad de agua (el agua es tratada y clorada) y si pueden aparecer brotes de enfermedades hídricas, vinculadas con una higiene personal deficiente ocasionada por no disponer de suficiente agua.

Para la aplicación del Plan de Seguridad del Agua, se ha seguido una metodología de evaluación de riesgos, identificando y priorizando los más importantes, y se han establecido una serie de mecanismos de control, tratando de minimizar las amenazas que representan para el sistema. Estos controles se han traducido en la elaboración de cinco protocolos de actuación para las infraestructuras y uno para la calidad de agua.

Desde finales de 2014, estos protocolos han comenzado a ser aplicados por parte de la Unidad de Calidad de Agua y la Oficina de Mantenimiento y Logística, dependientes del gobierno de la RASD, obteniéndose resultados que repercuten en la mejora del suministro. Antes de la implantación del Plan de Seguridad del Agua, no se realizaba un control sistemático de la producción de agua ni de las incidencias del sistema, lo cual repercutía directamente en la calidad y cantidad de agua suministrada, por lo que la implantación y seguimiento del plan se puede considerar un avance significativo.

Por otra parte, el seguimiento sistemático de la producción del agua en los pozos, de acuerdo con dichos protocolos, ha permitido ajustar el nivel de producción a las demandas, prever y evitar posibles averías y evitar la sobreexplotación de los acuíferos. Se estima que se ha alcanzado una dotación media de 18 L/hab·d en 2016 con variaciones según la zona y estación. Se ha logrado que el 75% del agua en las zonas I y II, que requieren dicho tratamiento, sea osmotizada y que toda el agua sea adecuadamente clorada. Además, se han implantado un sistema de control del nivel de cloro en la red y un plan de monitoreo de la calidad microbiológica en toda la red y fisicoquímica en pozos y plantas definidas en los protocolos. Como resultado, se ha mantenido la calidad fisicoquímica del agua bombeada en los pozos, la calidad del agua distribuida es adecuada respecto a los rangos de los parámetros establecidos en la normativa argelina y no se han reportado episodios epidemiológicos graves relacionados con enfermedades de origen hídrico. La aplicación de los protocolos ha supuesto también la organización de las tareas de mantenimiento, el registro de actividades y la adecuada gestión de los almacenes que han aumentado la fiabilidad del sistema. Las mejoras en la gestión del sistema presentadas repercuten de manera muy significativa en la mejora de la calidad de vida de las personas refugiadas.

No obstante, este PSA-CRS deberá ser sometido a revisión y optimización incorporando mejoras basadas en las lecciones aprendidas durante su aplicación. Los siguientes pasos en la implementación del plan pasan por implicar a la población a través de realización de programas complementarios de sensibilización y de formación. También se debe prestar especial atención al personal técnico del MIAMA en relación a la revisión de sus necesidades formativas y condiciones laborales e impulsar la incorporación de mujeres a puestos técnicos y directivos.

Finalmente, cabe destacar que la experiencia del MIAMA en la gestión de agua en un entorno tan sumamente complejo será de gran utilidad cuando la población refugiada pueda volver a su tierra, y hacerse cargo de la gestión de sus propios recursos.

## AGRADECIMIENTOS

La redacción del PSA de los CRS se enmarca en el proyecto “Potable water supply for Sahrawi Refugees in the Tindouf Camps” perteneciente a la operación DZA ABC de ACNUR y financiado parcialmente por la Humanitarian aid and civil protection (ECHO) de la Unión Europea.

Los autores quieren extender el agradecimiento a todos los miembros del MIAMA, al señor Ministro y a su Director de Cooperación Salem Buchraya, pionero del proyecto de abastecimiento, a los responsables de plantas de ósmosis y calidad de agua, Abdelfata Mohamed Salem y Chej Hamdi, y todos los técnicos del MIAMA, especialmente a nuestras compañeras de la Unidad de

Calidad de Agua. También queremos agradecer el trabajo realizado por el equipo local de Solidaridad Internacional Andalucía en terreno, especialmente a Medhi Hamudi y Embarek Bachir verdaderas columnas vertebrales del proyecto.

Por último, nos gustaría mencionar a Jaime Morell como Director Técnico del Proyecto de Abastecimiento en los CRS, emprendedor, impulsor y *alma mater* del mismo desde 2001 y a Javier Fernández, como el técnico responsable del diseño del sistema desde sus inicios y siempre disponible para echar una mano. Gracias al Consorcio de Aguas del Huesna, al Consorcio Municipal de Aguas de Sevilla y a Ingeniería Sin Fronteras por su compromiso continuado. Finalmente agradecer a Solidaridad Internacional Andalucía, impulsores del Proyecto Internacional para los Abastecimientos en los Campamentos de Refugiados Saharauis, el apoyo que nos han proporcionado y las facilidades que nos han dado durante estos años de duro trabajo.

## REFERENCIAS

- AECID. 2015. *Memoria de actuación 2015*. Campamentos de población refugiada saharauí. Disponible en: <http://www.aecid.es/Centro-Documentacion> [Última consulta: enero de 2018].
- Ainsworth, R. 2004. *Safed piped water. Managing Microbial Water Quality in Piped Distribution Systems*. WHO Press. Geneve.
- Argelia. 2011. Décret exécutif no 11–125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- Bartram, J., Corrales L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., 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*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- COSUDE. 2005. *Género y agua: Integración de la equidad de género en las intervenciones de agua, higiene y saneamiento*. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Berna.
- Davison A., Howard G., Stevens, M., Fewtrell, L., Deere, D., y Bartram, J. 2002. *Water safety plans. Protection of the human environment: Water, Sanitation and Health*. World Health Organization, Geneva (WHO/SDE/WSH/02.09).
- Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G., Dufour, A. 2001. *Management Strategies. Water quality: guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. Londres, Organización Mundial de la Salud, IWA Publishing, 2001:257-288.
- Docampo, E., Molinero J. 2006. *Los abastecimientos en los campamentos de refugiados saharauis de Tindouf (Argelia). Un caso de explotación de acuíferos en una situación de sequía extrema*. Disponible en: <http://ingenierosdeminas.org/documentos/61213-abastecimientos-campamentos.pdf> [Última consulta: enero de 2018].
- ECHO. 2015. *Forgotten crisis assessment*. European civil protection and humanitarian aid operations. Disponible en: [http://ec.europa.eu/echo/files/policies/strategy/fca\\_2013\\_2014.pdf](http://ec.europa.eu/echo/files/policies/strategy/fca_2013_2014.pdf) [Última consulta: enero de 2018].
- MIAMA. 2011. *Estrategia de Agua y Saneamiento de los campos de refugiados saharauis en Tindouf (2011-2016)*. Ministerio de Agua y Medio Ambiente (RASD). Campos de Refugiados Saharauis, Tindouf, Argelia.
- ONU. 1960. Declaración sobre la concesión de la independencia a los países y pueblos coloniales. Aprobada por la resolución 1514 (XV) de la Asamblea General de las Naciones Unidas (947ª sesión plenaria del 14 de diciembre de 1960). Disponible en: <http://www.un.org/es/decolonization/declaration.shtml> [Última consulta: enero de 2018].
- ONU. 1979. Question of western Sahara Resolución (34/37) adoptada en la 75ª sesión plenaria del Cuarto Comité, el 21 de noviembre de 1979.
- ONU. 2002a. Consejo de Seguridad (S/2002/161). Carta de fecha 29 de enero de 2002 dirigida al Presidente del Consejo de Seguridad por el Secretario General Adjunto de Asuntos Jurídicos.

ONU, 2002 b. Vigésimo noveno período de sesiones. Observación general N° 15. El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales).

ONU. 2006. *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Mundi-Prensa Libros, Madrid.

ONU. 2010. Sexuagésimo cuarto período de sesiones. Tema 48 del programa: El derecho humano al agua y el saneamiento. Resolución 64/292 aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010.

ONU, 2017. Metas de los Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [Última consulta: enero de 2018].

Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S. 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Ed. APHA, AWWA, WEF, Washington DC, USA.

SIA. 2001. *Proyecto global de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable en los Campamentos de Refugiados Saharauis en Tindouf, Argelia*.

SIA. 2010. *Manuales Tecnicos de Actuacion*. Proyecto global de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable en los Campamentos de Refugiados Saharauis en Tindouf, Argelia.

SIA. 2016. *Project Final Report 2016*. Campamentos de Refugiados Saharauis en Tindouf, Argelia.

String, G., Lantagne, D. 2016. A systematic review of outcomes and lessons learned from general, rural, and country-specific Water Safety Plan implementations. *Water Science and Technology: Water Supply*. 16. <https://doi.org/10.2166/ws.2016.073>

UNRWA. 2016. *Health Department. Annual report 2016*. Amman. Jordan.

Vivar, M., Pichel, N., Fuentes, M., Martinez, F. 2016. An insight into the drinking-water access in the health institutions at the Saharawi refugee camps in Tindouf (Algeria) after 40 years of conflict. *Science of the Total Environment*, 550 (2016), 534–546. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.113>

WHO.2004. *Guidelines for drinking-water quality, 3rd ed*. WHO Press, Geneve.

WHO. 2011. *Guidelines for Drinking Water Quality, fourth ed*. WHO Press, Geneve.

WHO. 2012. *Rapid assessment of drinking-water Quality. A Hand Book for implementation*. WHO, UNICEF. WHO Press. Geneve.

WHO. 2015. *Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment..* WHO, UNICEF. WHO Press. Geneve.