Programa de Gestión Integral del Agua en Áreas Urbanas (BO-L1192)

Anexo

Diagnóstico de herramientas y capacidades institucionales para la seguridad hídrica y prevención de sequias en áreas urbanas.

Definición del Componente III del Programa

Preparado por:

Jorge Choquehuanca (consultor) y Raul Munoz (INE/WSA)

La Paz, Julio de 2018

Índice de contenido

[1. Introducción 1](#_Toc521672923)

[1.1. Objetivos 1](#_Toc521672924)

[1.2. Metodología aplicada 2](#_Toc521672925)

[1.3. Conceptos de referencia 2](#_Toc521672926)

[2. Resultados del mapeo de instituciones, herramientas y medios para la seguridad hídrica y prevención de sequias. 3](#_Toc521672927)

[2.1. A NIVEL CENTRAL 3](#_Toc521672928)

[2.1.1. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA 3](#_Toc521672929)

[A. Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) 3](#_Toc521672930)

[B. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) 4](#_Toc521672931)

[C. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) 5](#_Toc521672932)

[D. Autoridad de Control Social del Agua y Saneamiento (AAPS) 6](#_Toc521672933)

[2.1.2. MINISTERIO DE DEFENSA 6](#_Toc521672934)

[2.1.3. MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (MDRyT) 7](#_Toc521672935)

[2.2. A NIVEL LOCAL 7](#_Toc521672936)

[2.2.1. Ciudad de Sucre - Chuquisaca 7](#_Toc521672937)

[2.2.2. Ciudad de Cochabamba (Cercado) 11](#_Toc521672938)

[2.2.3. Ciudades de La Paz – El Alto 15](#_Toc521672939)

[2.2.4. Ciudad de Oruro 19](#_Toc521672940)

[2.2.5. Potosí 22](#_Toc521672941)

[2.2.6. Santa Cruz 26](#_Toc521672942)

[2.2.7. Tarija 29](#_Toc521672943)

[3. Síntesis de estado actual de las capacidades para la gestión de situaciones de sequia 32](#_Toc521672944)

[4. Conclusiones del diagnóstico 36](#_Toc521672945)

[5. Priorización y definición de acciones para el Componente III del Programa 36](#_Toc521672946)

# 1. Introducción

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) apoya al gobierno de Bolivia en el mejoramiento de la gestión integral del recurso hídrico en áreas urbanas de Bolivia, entre otros aspectos, para apoyar a reducir la vulnerabilidad de las ciudades a los efectos de sequias y periodos con exceso lluvias, principalmente en lo relacionado al abastecimiento de agua para el consumo humano.

En este marco se desarrolla el Programa de Gestión Integral del Agua en Áreas Urbanas (BO-L1192), con 3 componentes. El Componente III del mencionado programa tiene el propósito del fortalecimiento institucional y técnico para gestión del recurso hídrico y manejo de sequías (US$6.5 millones). A través del mismo se apoyará la revisión y actualización de balances hídricos a nivel local y el desarrollo e implementación de planes de seguridad hídrica de largo plazo (como planes de gestión y control de sequias); así como el apoyo para la mejora de los sistemas y redes de monitoreo de información hidro-climática para un manejo más eficiente de los recursos hídricos, tendientes a asegurar la oferta hídrica en las ciudades objeto del Programa. Esto incluirá entrenamiento y capacitación a los operadores beneficiarios en el desarrollo y uso de los medios y herramientas técnicas necesarias (por ejemplo; modelaje hidrológico, sistemas de monitoreo y control, mecanismos de alerta temprana).

Para la operación del componente III, el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) impulsaron el desarrollo del presente diagnóstico de los instrumentos, herramientas y capacidades actuales para la gestión hídrica en los niveles nacional, departamental y municipal como base para establecer las necesidades y prioridades para el fortalecimiento de los actores.

## 1.1. Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron:

**Objetivo General**

Hacer un levantamiento de información para facilitar la implementación del Componente IV de Fortalecimiento Institucional del Programa de Gestión Integral del Agua en Áreas Urbanas (BO-L1192).

**Objetivos específicos**

1. Mapear las herramientas y medios técnicos disponibles por las diferentes entidades públicas y privadas involucradas en la gestión del recurso hídrico y el servicio de agua potable, a nivel nacional, como departamental y municipal (ministerios, agencia nacional de recursos hídricos, gobernaciones, municipios, operadores,…) de las ciudades bajo los Programas de Préstamo (Cochabamba, La Paz-El Alto, Sucre, Oruro y Potosí). Esto incluye información y data, herramientas de modelado, balances hídricos, planes existentes de gestión, planes maestros o de inversión, entre otros.

2. En base al inventario anterior, elaborar un diagnóstico sobre los principales vacíos de medios técnicos y herramientas para la gestión del recurso hídrico para el suministro de agua potable, y otros usos productivos, incluyendo planes especiales para la gestión de crisis hídricas y sequias.

## 1.2. Metodología aplicada

El trabajo se ha desarrollado en 3 etapas:

ETAPA 1. Planificación: En esta etapa se preparó y ajustó un plan de trabajo con actividades principales, además se elaboró un cuestionario de base y una propuesta preliminar de contenido. Para el levantamiento de información primaria, el MMAyA apoyó con el envío de notas oficiales a las EPSA, firmados por la Viceministra de Agua Potable y Saneamiento. Asimismo se tuvo buena coordinación y apoyo de parte de los técnicos de contraparte del MMAyA/VASP.

ETAPA 2. Levantamiento de información: Se realizó principalmente a través de entrevistas (ver anexo 1) y revisión de documentos. Para el diagnostico a nivel local, se priorizó la visita de los operadores de agua, la gobernación, las oficinas regionales de SENAMHI e institutos y facultades de las universidades. Cuando fue necesario y relevante se visitaron otras instituciones por ejemplo la Empresa MISICUNI, en Cochabamba o el Programa SEARPI en Santa Cruz.

ETAPA 3. Elaboración de informe: Realizada la recolección de información, se ha elaborado el presente informe que debe ser validado y ajustado.

## 1.3. Conceptos de referencia

Para los propósitos de este diagnóstico se acude al concepto de seguridad hídrica de la Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership-GWP), que establece que la “seguridad hídrica puede definirse como la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua”.

Además se hace necesario delimitar el concepto de sequía, ya que el mismo es empleado y entendido de diferentes maneras. Así para este diagnóstico empleamos los conceptos del Ministerio de Agricultura y Pesca de España[[1]](#footnote-1) que establecen una diferenciación entre sequía y escasez, que es apropiada para las condiciones de Bolivia.

* Sequía, es entendida como un fenómeno natural producido por la reducción de las precipitaciones y escorrentías naturales, que se produce con independencia de la acción antrópica; y
* Escasez, entendida como la problemática temporal de una determinada zona para la atención de las demandas establecidas para los diferentes usos socioeconómicos, y por tanto dependiente de la intervención humana con su utilización del recurso.

En el mapeo y análisis siguiente se hacen los análisis con referencia a estos conceptos.

# 2. Resultados del mapeo de instituciones, herramientas y medios para la seguridad hídrica y prevención de sequias.

La seguridad hídrica y la atención de la sequía en Bolivia, considerando las áreas urbanas, están a cargo de entidades del nivel central, nivel departamental y municipal. Por convenir para los fines de este diagnóstico a continuación se citan las instituciones del central por una parte, y por otra se agrupan y describen en conjunto a las entidades del nivel departamental y municipal. Según la normativa boliviana los municipios tienen la competencia sobre el tema agua para las poblaciones urbanas y estas delegan a las operadoras (EPSAS) la producción y distribución. Por lo tanto para el nivel municipal, se pone énfasis en describir a las operadoras de agua.

## 2.1. A NIVEL CENTRAL

En el nivel central de Gobierno, las instituciones que están directamente relacionadas a lograr la seguridad hídrica y la prevención y atención de los efectos negativos de las sequias son: el Ministerio de Medio Ambiente y agua y sus unidades operativas, el Ministerio de Defensa y sus unidades y el Ministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario.

### 2.1.1. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

Este ministerio es la cabeza del sector agua, las unidades que tiene relación a la temática de este diagnóstico son el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico y el Viceministerios de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), asimismo el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y la Autoridad de Fiscalización y Control Social del Agua Potable (AAPS).

### A. Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB)

El VAPSB tiene la misión de facilitar la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento a la población boliviana, sus principales funciones son: Gestionar financiamiento para proyectos a diseño final evaluados como factibles, implementar programas de agua potable y saneamiento, efectuar el monitoreo y seguimiento de proyectos en ejecución, desarrollar y difundir la normativa sectorial e impulsar la gestión integral de residuos sólidos. Entonces tiene un rol central en la atención de situaciones de sequía y escasez de agua al ser la cabeza de sector de Agua Potable y Saneamiento.

En general el VAPSB apunta cumplir con las metas y resultados previstos en el Plan Nacional de Desarrollo (PDES), que en su pilar 2 de universalización de los servicios básicos, establece como meta que al 2020, el 95% de la población urbana cuente con servicios de agua potable (significa incrementar 0,8 millones de hab. con relación a 2016). Asimismo el pilar 9: Soberanía Ambiental con Desarrollo Integral, respetando los Derechos de la Madre Tierra con la meta de que las ciudades desarrollen condiciones para el tratamiento de sus residuos líquidos y sólidos.

Actualmente se tiene vigente el Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico 2016–2020, muestra las acciones e inversiones para alcanzar las metas previstas en el PDES, entre cuyas acciones está el desarrollo de Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para las ciudades y áreas metropolitanas. El VASPB ha apoyado el desarrollo de estos planes para las áreas metropolitanas de La Paz – El Alto, Cochabamba, Tarija y Santa Cruz. Por otra parte está en proceso de elaboración de los planes para Oruro, Potosí y Sucre.

El VAPSB junto a las entidades ejecutoras descentralizadas y desconcentradas impulsa actualmente un gran número de proyectos e inversiones. A través de este primer diagnóstico quiere abordar la temática de la sequía, escasez de agua, las cuales están ligadas también a los efectos del cambio climático, en la perspectiva de hacer más efectivas las intervenciones.

### B. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)

Aunque el VRHR, tiene su ámbito de acción en áreas rurales, sus acciones en gestión y conservación de cuencas tienen directa relación con las fuentes que proveen agua a las ciudades.

El VRHR ha desarrollado una herramienta importante para el manejo hídrico que es el Balance Hídrico Nacional y, en el marco de la Convención contra la Desertificación está impulsando la formulación de un Plan Nacional de Sequias.

#### i) Balance Hídrico Nacional

El año 2012, el VRHR desarrollo el Estudio “Balance Hídrico Superficial de Bolivia”, el mismo se ha realizado con cobertura total y homogénea en todo el país, con datos climáticos que corresponden al período septiembre 1998 - agosto 2011. Las Unidades Hidrográficas (UH) analizadas, corresponden al nivel 3 en las cuencas del Altiplano y del río de la Plata, y son de nivel 4 en la cuenca del Amazonas, según la clasificación de Pfafstetter.

El Balance Hídrico Superficial, presenta información para cada Unidad Hidrográfica de: escorrentía, aportaciones, y evapotranspiración real, junto con las entradas al modelo de balance hídrico.

La información del balance hídrico está abierta a la consulta y uso público a través de un Geovisor, alojado en la página web: http://vibh.mmaya.gob.bo/vibh/database/dashboard

#### ii) Proceso de formulación de un Plan Nacional de Sequias

La Convención Marco de Lucha Contra la Desertificación y el MMAyA-VRHR impulsan la elaboración de un Plan ó Estrategia Nacional de Sequias.

En esta gestión 2018, la Convención apoya al país con un estudio de consultoría exploratorio que planteará las bases para que Bolivia pueda plantear el plan ó estrategia nacional contra la sequía. El documento base a elaborarse mostrará las iniciativas nacionales de trabajo frente a la sequía y propondrá una ruta crítica.

La Convención propone que las estrategias nacionales estén basadas fundamentalmente en tres pilares, 1. Alerta temprana, 2) conocimiento de la vulnerabilidad, y 3) mitigación del impacto.

### C. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

El SENAMHI es un organismo técnico descentralizado del Estado, bajo tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Es el rector de la actividad de monitoreo, registro y procesamiento de información meteorológica, hidrológica, presta servicios especializados en estos campos. Dentro de sus competencias está además la de ejercer autoridad de toda la actividad meteorológica e hidrológica en el territorio del Estado Plurinacional. En el país se tienen alrededor de 350 estaciones meteorológicas, pero actualmente un buen número no están en funcionamiento, debido a falta de recursos. La información climática se almacena y procesa en el Sistema Nacional de Información Meteorológica (SISMET).

SENAMHI realiza predicción climática de corto, mediano y largo plazo sobre déficit de lluvias, los cuales se ponen a disposición a través de boletines informativos en su página web. Para la predicción se emplea el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice Modificado de Precipitación (SPEI).

En la oficina nacional (central) de SENAMHI se tiene un especialista encargado de los pronósticos relacionados a la sequía, que trabaja integrado al equipo técnico. A nivel nacional se tienen oficinas regionales en las capitales departamentales, con personal reducido, que aporta información climática al sistema nacional.

SENAMHI es parte de redes internacionales de monitoreo como CRC, centro de monitoreo del ENSO y otras varias instituciones OMM, IRD, PNUD, AECID, FAO, ACH, IHH, UGRM, PNCC, FAB, COOPI, AASANA, SHN, ENDE, CIIFEN, OXFAN, SAVE CHILDREN, que les permite acceder a pronósticos e información de dentro y fuera del país.

Como producto de la crisis de falta de agua del año 2016, en la ciudad de La Paz, actualmente realiza monitoreo de los principales embalses de agua, en coordinación EPSAS, realizando informes semanales al respecto, que se ponen a disposición de las autoridades nacionales. Un trabajo que debería ser replicado en las otras ciudades de Bolivia.

Por su rol central en la atención de sequias, presentamos a continuación algunos aspectos más importantes de su análisis institucional FODA, que muestran que en general es una institución con muchos desafíos para cumplir con los mandatos que tiene con el país.

Cuadro 1: Elementos del análisis FODA de SENAMHI

|  |  |
| --- | --- |
| Fortalezas   * Institución con autonomía de gestión * Una red de 353 estaciones y oficinas regionales * Información hidrometeorológica de 50 años * Capacidades técnicas y de recursos humanos para pronósticos y predicción climática. | Debilidades   * Gestión limitada por recursos económicos * Carencia de infraestructura * Estructura institucional reducida en recursos humanos * Niveles salariales bajos * Baja cobertura de la red de estaciones |
| Oportunidades   * Creciente demanda de información hidrometeorológica * Existencia de redes de información global * Planes de desarrollo nacional que reconocen la importancia de la información climática | Amenazas   * Débil articulación con instancias publicas * Migración de técnicos especializados * Acciones de vandalismo y robo en las estaciones meteorológicas. |

Fuente: PEI SENAMHI 2016 – 2020.

### D. Autoridad de Control Social del Agua y Saneamiento (AAPS)

La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico –AAPS, en el marco de lo establecido en la Ley No. 2066, de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario; la Ley 2878, de Promoción y Apoyo al Sector Riego y sus reglamentos; desarrolla sus tareas de control, supervisión, fiscalización y regulación a las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario – EPSA; regula también las acciones en fuentes de agua, nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasiona daños a los ecosistemas y disminución de caudales por explotación o sobreexplotación; además realiza el control y fiscalización del tratamiento y vertido de aguas residuales industriales, mineras y otras que afecten fuentes de agua para consumo humano.

Las tareas de control, supervisión y fiscalización de las EPSA se basan modelo de seguimiento con “Indicadores de Desempeño”. Para lo cual se está estableciendo con apoyo del BID, el Sistema de Información del Sector de Agua Potable y Saneamiento (SIIRAYS), el cual en la gestión 2018 entrará en prueba con un caso piloto, para posteriormente ser puesto gradualmente en funcionamiento con la información de las operadoras reguladas.

Con relación a la atención de sequias, desde 2016, la AAPS solicita anualmente a las operadoras (EPSA) un plan de contingencia, cuyo fin es prevenir contingencias en la dotación de agua potable. Estos planes, una vez aprobados, tienen seguimiento a través del equipo de la Dirección de Estrategias Regulatorias (equipo de 8 personas).

Actualmente se están desarrollando los instrumentos para la fiscalización de los planes de contingencia, se elabora el manual de fiscalización con apoyo de la Cooperación Española AECID y la guía para la elaboración de planes de contingencia con apoyo de la Cooperación Alemana GIZ.

Para el seguimiento de las acciones de los planes de contingencia y para prevenir las sequias, la AAPS debería ser fortalecida con una herramienta que permita almacenar y consultar la información en tiempo real y que además permita compartir información entre MMAyA, VAPSB, VRHR, SENAMHI y otras instancias. Esta herramienta debería ser integrada al SIIRAYS ya existente integrándose el enfoque de cambio climático y la atención de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODS).

### 2.1.2. MINISTERIO DE DEFENSA

El Ministerio de Defensa, a través del Viceministerio de Defensa Civil - VIDECI, desarrolla acciones de institucionalización de la Gestión de Riesgos en Bolivia, en su rol de responsable de definir políticas, estrategias y de coordinar e implementar tareas de gestión de riesgos, desarrollando los cuatro procesos que establece la Ley de Gestión de Riesgos No. 602: identificación y conocimiento del riesgo, reducción de riesgos, atención de desastres y/o emergencias y protección financiera.

Se considera que el riesgo de desastres es causado por la interacción entre eventos adversos extremos de origen natural o antrópico y la vulnerabilidad de las poblaciones. Los riesgos no manejados causan desastres o emergencias. En Bolivia entre las principales emergencias o desastres se menciona el exceso de precipitaciones pluviales (que ocasionan inundaciones, riadas, desbordes y deslizamientos) y la falta o disminución de precipitaciones pluviales (sequías).

El VIDECI ha desarrollado un Programa Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres que tiene como estrategias centrales, (a) el fortalecimiento institucional del mismo VIDECI, (b) el fortalecimiento de municipios de alto riesgo para reducir su vulnerabilidad mediante la institucionalización de Unidades de Gestión de Riesgos y (c) , implementar sistemas de alerta temprana.

La principal herramienta que ha desarrollado es el Sistema Nacional de Alerta temprana (SINAGER – SAT). El cual emite boletines de alerta de riesgo de desastres a través de la página web.

En situaciones de emergencia, actúa coordinando a las entidades públicas gobernaciones, municipios, ejército nacional, policía, etc.

### 2.1.3. MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (MDRyT)

Aunque no está directamente relacionado, se cita brevemente al MDRyT, que impulsa programas de riego, que en varios sistemas de cuenca comparten el recurso agua con los sistemas de provisión de agua potable a las ciudades.

A través de la Unidad de Contingencia Rural (UCR) del Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (VDRA) ha establecido un Sistema de Alerta Temprana para fines agropecuarios (SAT-AGRO) y actualmente se tiene en funcionamiento una herramienta en línea para prever eventos meteorológicos adversos ([www.sat-agro.bo](http://www.sat-agro.bo)), entre los cuales está la sequía agrícola, a través del modelo déficit hídrico ASIS.

## 2.2. A NIVEL LOCAL

En este acápite se presenta el mapeo de herramientas y medios técnicos para la seguridad hídrica y atención de sequias, en 7 ciudades, con énfasis en la producción y distribución. Se citan las capacidades mapeadas de (a) las operadoras de agua, (b) el trabajo de las gobernaciones en relación agua potable para las mencionadas ciudades, (c) el trabajo de las oficinas regionales del Servicio SENAMHI, (d) los institutos universitarios de cada ciudad y finalmente, cuando es pertinente, de (e) otras entidades que tiene acción relevante en la gestión de agua potable.

### 2.2.1. Ciudad de Sucre - Chuquisaca

#### A. Fuentes de agua

El sistema de agua potable para la ciudad de Sucre comprende dos fuentes superficiales y naturales de abastecimiento que son: Ravelo y Cajamarca, que aportan 90 y 10 % respectivamente. La provisión de agua es por horarios. La oferta de las fuentes naturales no cubre la demanda hacia el final de la época seca cuando el caudal de las fuentes disminuye y por las temperaturas ambientales crecientes la demanda doméstica sube.

Cuadro 2: Caracterización de las fuentes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación |
| Superficiales | Aducción Ravelo | 434 | GAM Sucre |
| Sub-superficial | Aducción Cajamarca | 50 | GAM Sucre |

Para 2018 se estimaba tener un caudal de 530 l/s para 280.000 habitantes en 54.000 conexiones. Datos de proyección futura se procesarán en el marco de la elaboración del plan maestro de agua potable.

El uso de agua de estas cuencas se comparte con otros usuarios (principalmente riego, uso de agregados).

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Empresa Local de Agua Potable y Alcantarillado Sucre (ELAPAS)

**Planes**

Actualmente ELAPAS con apoyo de MMAyA está elaborando un Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento Básico. Hasta 2018, se tenía un Plan de Desarrollo Quinquenal en base al cual se han desarrollado las acciones e inversiones. Asimismo, para cumplir con requerimientos de la AAPS, presenta anualmente su plan de contingencia, donde la escasez de agua y las sequias son eventos recurrentes. Para la gestión 2017, el mencionado plan de contingencia tenía las siguientes características:

Cuadro 3: Acciones principales del plan de contingencia de ELAPAS

|  |  |
| --- | --- |
| Contingencia / Riesgo | Principales medidas |
| Cambio climático, con disminución de las precipitaciones pluviales en la cuenca Ravelo y Cajamarca (sequía).  • Temperaturas elevadas (cambio climático) que origina el incremento en el consumo de agua potable de la población.  • Derrumbes del canal de aducción debido a sifonamientos ocasionados por las características geológicas del sector de emplazamiento del canal de aducción Ravelo.  • Limitación del caudal aprovechable de agua en la cuenca originada por la construcción de nuevos sistemas de riego. | ACCIONES DE PREVENCIÓN  a) Captación de nuevas fuentes o fuentes auxiliares.  b) Mantenimiento de las estructuras de captación.  c) Mantenimiento y habilitación de los sistemas de bombeo de aguas subterráneas y fuentes alternativas  d) Mantenimiento de Aducciones (tuberías de aducción, canales y líneas de trasvase).  e) Mantenimiento de estructuras de control y regulación en canales y aducciones.  f) Mantenimiento y habilitación de Tanques de Almacenamiento.  g) Mantenimiento y operación adecuada de las redes de agua potable y alcantarillado sanitario. |
| ACCIONES DE MITIGACIÓN  Ejecución de programas de racionamiento cuando así se requiera.  Interconexiones de redes para facilitar el suministro de agua en periodo de emergencia.  Habilitación de tanques nuevos o de emergencia como apoyo a la red de distribución.  Controles de calidad de agua en periodo de emergencia.  Distribución de agua potable mediante carros cisterna a zonas afectadas por racionamiento.  Plan de comunicación de emergencia a la población |

**Herramientas para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- Actualmente ELAPAS no cuenta con balances hídricos, modelos hidrológicos e información histórica meteorológica (ver cuadro). Se menciona que existirían estudios elaborados para justificar las últimas inversiones y mejoras del sistema, pero las mismas no están a disposición del personal técnico.

Cuadro 4: Disponibilidad de balances, modelos hídricos y estaciones meteorológicas en las fuentes de agua de la ciudad de Sucre

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Superficiales | Aducción Ravelo | No | No | No |
| Sub-superficial | Aducción Cajamarca | No | No | No |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.- A la fecha ELAPAS ha usado herramientas manuales para el monitoreo del agua producida y distribuida. Sin embargo se está en proceso de implementar flujometros automatizados para la cuantificación del agua producida en el sistema Ravelo, que están en proceso de ajuste y prueba.

Cuadro 5: Herramientas para el monitoreo de oferta y demanda de agua en la ciudad de sucre

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Cuantificación manual de caudales en aducción Ravelo | Se hacen mediciones *in situ* de caudales a la entrada y salida de los sistemas, a cargo de capataces, se miden 4 veces al día. Se hace registro en hojas de trabajo.  Uso de datos es interno para ELAPAS. Se reportan datos a AAPS. |
| Cuantificación manual de caudales en aducción Cajamarca | Se hacen mediciones *in situ* de caudales, a cargo de capataces, se miden 4 veces al día. Se hace registro en hojas de trabajo.  Uso de datos es interno para ELAPAS. Se reportan datos a AAPS. |
| Cuantificación a través de medidores automatizados en el sistema Ravelo | Implementados recientemente, se encuentran en proceso de ajuste y calibración. |
| Distribución | SIG ELAPAS de catastro de las redes de agua potable | Muestra las líneas de distribución  Tiene un geovisor-tecnico (SQL)  Geovisor comercial (software libre)  El acceso es para los técnicos de ELAPAS |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades.- Los proyectos en curso se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 6: Proyectos relacionados a información y capacidades en la ciudad de Sucre

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo | Financiador | Situación |
| Proyecto Horizonte 2020 | Generar un modelo para ver comportamiento de las perdidas comerciales y perdidas físicas en la distribución a través de inteligencia artificial en zona piloto (POCONA) | Proyecto comunidad Europea | En proceso de implementación |
| Programa de agua no facturada a largo plazo | Reducción de agua no facturada | BID | En proceso de implementación |
| Sistema Nacional de Información de Clima y Agua (SNICA) | Implementación de 2 estaciones meteorológicas, 2 estaciones hidrométricas. | MMAyA, en coordinación con SENAMHI.  BID | En proceso de diseño |

**Recursos humanos**

ELAPAS tiene gerencias de producción y distribución a cargo de la provisión del agua. La recolección de datos y seguimiento de la información de producción está a cargo de la División de Captación y Aducción.

#### ii) Gobernación

El Gobierno Autónomo Departamental (GAD) de Chuquisaca ha elaborado un Programa Departamental de Agua y saneamiento (recientemente publicado), con enfoque de apoyo en las áreas rurales. Participa del Proyecto FISCULCO (sistema de bombeo a la aducción Ravelo), con una contraparte de 8 MM de Bs, que ejecuta ELAPAS. Asimismo está recogiendo información climática, a través de 12 estaciones meteorológicas establecidas por la Unidad de Gestión de Riesgos, los cuales no están en el área de las cuencas que proveen agua a la ciudad de Sucre. Los datos todavía no están a disposición de SENAMHI.

#### iii) SENAMHI – Sucre

Las estaciones que funcionan en el área son Estación convencional Ravelo (Chayanta Potosí), estación pluviometrica en Potolo, Punilla, Talula Taco Taco, Sucre Ciudad y Cachimayu.

No existen estaciones en funcionamiento en las áreas de los sistemas de agua potable de Sucre. Pero se tiene un acta de compromiso entre ELAPAS, SENAMHI y MMAyA para instalar 2 estaciones hidrológicas y 2 meteorológicas (Ravelo y Potolo).

La oficina de SENAMHI-Chuquisaca tiene un equipo mínimo, con necesidades de equipamiento. La oficina está albergada en ambientes de la Universidad San Francisco Xavier. Se debe destacar la estabilidad laboral del personal, que cuenta con la experiencia de varios años de servicio, esto es una fortaleza en el país, que se caracteriza por falta de continuidad de los recursos humanos.

#### iv) Universidad San Francisco Xavier

Se tiene el Instituto de Aguas, en la facultad de tecnología. Tiene en curso proyectos de investigación sobre aguas subterráneas en municipios rurales de Chuquisaca. La Facultad de Agronomía a través del Instituto de Agroecología está desarrollando investigaciones integrales y manejo integrado de cuencas.

#### C. Identificación de vacíos en medios y herramientas para la gestión del agua en Sucre

Con referencia a los vacíos para fortalecer la gestión del agua se puede mencionar:

* Dado que las fuentes superficiales son muy importantes para la ciudad de Sucre, se debería fortalecer la recolección de información meteorológica en las cuencas que proveen agua a la ciudad. Se tiene información que se establecerán estaciones meteorológicas/hidrológicas, pero hace falta establecer una red de trabajo entre ELAPAS-SENAMHI-Universidad, que permita dar sostenibilidad a la recolección, análisis y aplicación de la información. En este marco el fortalecimiento del SENAMHI regional con equipamiento es muy importante.
* Se han realizado Estudios sobre modelos hidrológicos parciales en el marco de los proyectos Sucre 1 y 2, pero no están a disposición de las áreas técnicas. Por tanto es recomendable la elaboración de estudios de modelamiento hidrológicos de todas las cuencas. En este marco, es importante articular las acciones con la universidad y fortalecer la consolidación de los centros de investigación del agua.
* Asimismo ELAPAS requiere mejorar las herramientas para la medición de la producción y en la distribución. Actualmente ya se están atendiendo estos aspectos a través de proyectos con la Comunidad Europea y el BID (Programa de reducción de agua no facturada).
* Actualmente se está desarrollando el Plan Maestro de Agua, se tienen los planes de contingencia, por lo que existen suficientes instrumentos de planificación.
* Sin embargo para la atención de las crisis de agua por sequias, es recomendable el desarrollo de un sistema de alerta temprana, basados en el monitoreo de clima y el modelamiento hidrológico, pero con protocolos que permitan la acción inmediata.

### 2.2.2. Ciudad de Cochabamba (Cercado)

#### A. Fuentes de agua en la ciudad de Cochabamba

La ciudad de Cochabamba aprovecha fuentes superficiales (embalses) y subterráneas (pozos), los cuales están todos fuera del territorio del municipio (Cercado). Actualmente se estima que hay una demanda de 1900 l/s en la ciudad de Cochabamba, pero la oferta actual es de aproximadamente 1000 l/s. El operador SEMAPA todavía no puede aprovechar el agua producida del proyecto de Misicuni, con potencial hasta de 2.000 l/s por falta de infraestructura.

Según datos de 2016, se tienen cerca de 65.000 conexiones de agua potable en todo el municipio, con cerca de 90.000 usuarios. A la fecha la dotación de agua es por horas a través de un plan de distribución. Se presenta la característica que se tiene conexiones de agua medidas y no medidas, estas últimas rondan el 10% del total.

Cuadro 7: Caracterización de las fuentes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación |
| Superficial | Sistema Escalerani (Embalses) | 217 | GAM Tiquipaya |
| Sistema Wara Wara (Embalses) | 43 | GAM Sacaba |
| Sistema Chungara (Embalses) | 10 |  |
| Proyecto Multiple Misicuni (Represa) | 2000 (\*) | GAM Quillacollo |
| Subterráneo | Pozos (Campos en El Paso, Vinto y otros) | 599 | GAM Quillacollo y Vinto |

(\*) Misicuni tiene un potencial de 2000 l/s, pero el operador no puede aprovechar toda esta oferta porque no tiene la infraestructura para la distribución, así se estaría aprovechando aproximadamente 700 l/s.

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba (SEMAPA)

**Planes**

El MMAyA apoyó la elaboración del Plan Director de Agua Potable para el área metropolitana de Cochabamba que abarca los municipios de Cochabamba ciudad (Cercado), Sacaba, Quillacollo y Vinto, Tiquipaya, Colcapirhua, Quillacollo y Sipe Sipe. Para este diagnóstico se hace referencia solo a datos de la ciudad de Cochabamba donde SEMAPA tiene su área de concesión para la dotación de agua potable.

SEMAPA cada año presenta el plan de contingencia. Para la gestión 2017, las principales contingencias previstas son la baja producción de agua, por la escasez de lluvias, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 8: Síntesis del plan de contingencia para Cochabamba – ciudad.

|  |  |
| --- | --- |
| Contingencia/ Riesgo | Principales medidas |
| Déficits de lluvias | Bombeo de aguas confinadas de los sistemas y entre sistemas.  Adquisiciones de equipos (válvulas, bombas, otros) y vehículos.  Reducción de agua no contabilizada  Campaña de información (gota a Gota)  Distribución de agua mediante cisternas a Escuelas, hospitales, asilos y barrios que no reciben agua mediante la red. |

**Herramientas de información para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- SEMAPA reporta que no existe información climática, modelos hidrológicos y balance hídrico de los sistemas (ver cuadro), con excepción de los datos que se ha generado para la represa de Misicuni.

Cuadro 9: disponibilidad de balances, modelos hídricos y estaciones meteorológicas en las fuentes de agua de Cochabamba

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Superficial | Sistema Escalerani | No | No | No |
| Sistema Wara Wara | No | No | No |
| Sistema Chungara | No | No | No |
| Proyecto múltiple Misicuni | Si | Si | Si |
| Subterráneo | Pozos (Campos en El Paso, Vinto y otros) | No | No | No |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.- La recolección de información de producción y distribución de agua se realiza a través de mediciones manuales como se muestran en la tabla siguiente:

Cuadro 10: Herramientas para el monitoreo de oferta y demanda de agua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Fuentes superficiales  Medición manual de niveles de los sistemas Escalerani y Wara Wara. | Recolección de información diaria de los niveles a cargo de personal en los campamentos (vía celular), que se recolectan en hojas de trabajo y curvas de control. |
| Pozos  Cuantificación manual de la producción. | Control de las horas de operación de los pozos, en hojas de trabajo. |
| Distribución | Sistema empírico de distribución de agua en base a la cuantificación del agua disponible. | La sección de operaciones distribuye el agua en base a la expertise del personal. Distribuyendo de acuerdo a la sectorización. |
| Sistema unificado de catastro de redes. | Sistema de información geográfico para uso interno de SEMAPA.  No está completo, se trabaja para complementar la información. |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades.- SEMAPA está desarrollando proyectos para hacer más eficiente la distribución de agua y reducir el agua no contabilizada y facturada. Asimismo se tiene en curso un posible apoyo para la medición de parámetros climáticos a través del proyecto PPCR.

Cuadro 11: Proyectos relacionados a información y capacidades en la ciudad de Cochabamba

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo / descripción | Financiador | Situación |
| Proyecto de Sistema Nacional de Información del Clima y Agua | Establecimiento de una estación hidro-meteorológica en los sistemas Escalerani y Wara Wara. | MMAyA  Banco Mundial (PPCR) | En proceso de preparación |
| Programa de Reducción de Agua No Facturada (PRANF) | En una zona piloto (La Chimba) se realizó un relevamiento técnico y comercial de las perdidas en la gestiones 2016 y 2017. Se identificó como falencia la falta de información en tiempo real del ingreso de caudal y consumo.  En base a estos resultados se implementa un proyecto propio de SEMAPA que consiste en la implementación de flujometros electromagnéticos en las fuentes y tanques de distribución que será monitoreado a través de un sistema SCADA, para cuantificar del agua producida, agua tratada y agua distribuida.  Además se replica lo realizado en la Chimba en la zona de Barrilete e incluye una modelación para regular presiones, burbujas de aire y necesidades de renovación de infraestructura. | SEMAPA  (La primera fase se financió con BID y en el año 2018 todavía se tiene apoyo del especialista Jan Charles) | En proceso de contratación del proveedor de flujometros.  Una segunda etapa prevé poner flujometros en la macrozonas de distribución. |

**Recursos humanos**

La medición de producción y distribución de agua está a cargo del departamento de producción y distribución, pero se usan los datos para acción inmediata y no hay una mirada de largo plazo. SEMAPA no cuenta con una unidad que realice seguimiento y planificación estratégica de las fuentes de agua. Su unidad de planificación y proyectos está abocada a la planificación administrativa financiera.

Se tiene un encargado del programa de agua no facturada (PRANF) que está realizando acciones desde el área de planificación.

#### ii) Gobernación de Cochabamba

La Gobernación para temas de agua tiene la Secretaria de Dirección de Gestión del Agua y Servicios Básicos, que trabaja principalmente en incidir en la planificación de la gestión del agua potable, actualmente no tiene proyectos en la ciudad de Cochabamba.

También se tiene a la Dirección de Cuencas y la Unidad de la Cuenca Río Rocha, que implementa proyectos de manejo integral de cuencas. En la actualidad no tiene ningún proyecto en las cuencas de las fuentes de agua de Cochabamba.

#### iii) SENAMHI – Cochabamba

La oficina regional reporta que en el área de influencia de la ciudad de Cochabamba se tienen:

* 2 estaciones meteorológicas, en Misicuni, una convencional con datos de 30 años y una automática que opera desde 2012.
* En el área del río Rocha, municipio de Sacaba, se tienen 7 estaciones (4 hidrológicas y 3 meteorológicas)

Esta oficina regional tiene también personal mínimo y limitaciones de equipamiento. Sin embargo se debe destacar la estabilidad laboral del personal.

#### iv) Universidad Mayor de San Simón (UMSS)

La Universidad Mayor de San Simón cuenta con el Centro Aguas que desarrolla líneas de investigación referidas a desarrollo de recursos hídricos, gestión y gobernanza del agua, cambio climático. Son particularmente relevantes las investigaciones en aguas subterráneas y pozos, así como relacionados al Empoderamiento de Actores locales para la Gestión Sostenible de Aguas Subterráneas en Cliza (GSAA) en los Valles Alto y Central de Cochabamba, para paliar el déficit de agua.

Además se tiene el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Tecnología, que tiene bases de datos de caudales aforados en ríos del valle central y bajo de Cochabamba, y una base de datos llamada HidroBase, donde se sistematiza toda la información hidrometeorológica de la cuenca Taquiña. Anualmente también se publica el "Boletín Hidrometeorológico de Estaciones Automáticas", datos disponibles a consulta y en su página web.

#### v) Proyecto Misicuni

El proyecto, en la presente etapa, pretende el aprovechamiento de 3.1 m3/s de agua mediante la construcción de una presa de cara de concreto de 120 m de altura. El embalse tendrá una capacidad útil de 150 millones de metros cúbicos y será alimentado con agua proveniente en una primera etapa de la cuenca del río Misicuni, posteriormente se sumarán los aportes de los ríos Vizcachas y Putucuni.

Para el manejo de la presa se han desarrollado los estudios hidrológicos, balance hídrico y se tiene 6 estaciones meteorológicas, para la gestión del agua de la presa. Se elaboró un modelo WEAP con juntamente con el Instituto de Estocolmo. Posee un sistema scada para el control y monitoreo del agua.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua en Sucre

La ciudad de Cochabamba se ha desarrollado en una situación de escasez de agua que no ha limitado su expansión y crecimiento. Esta situación cambiará, para benefició de sus habitantes con el aprovechamiento del agua del proyecto Misicuni, que doblara la capacidad actual y permitirá una provisión de agua próxima a las 24 horas. Esta nueva bonanza hídrica no debe limitar la atención de a acciones y proyectos que permitirán una mejor eficiencia del uso del agua, el agua no facturada debe tener unos de los porcentajes más altos del país.

Aspectos en los que se debería trabajar son:

* La gran inversión que significa el proyecto MISICUNI está acompañada de medios y herramientas de información y gestión para esta fuente de agua. Sin embargo no habría información y medios de medición para las fuentes superficiales que actualmente aprovecha la ciudad de Cochabamba, por lo cual se justificaría impulsar el desarrollo de modelos hidrológicos para estas fuentes y la medición de parámetros climáticos. Se conoce que PPCR establecerá estaciones meteorológicas en las mencionadas cuencas. Entonces se debe promover la articulación de todas las instituciones (SEMAPA, Centros Universitarios, SENAMHI regional, Empresa MISICUNI ) para que comparta la información meteorológica e hidrológica y la misma pueda aplicarse para sistemas de alerta temprana.
* SEMAPA ya está realizando acciones para mejorar la cuantificación de la producción y eficiencia en la distribución, con el programa PRANF.
* El desafío más importante para SEMAPA en el corto plazo es desarrollar la infraestructura para aprovechar el agua de MISICUNI y hacer un uso óptimo del recurso.

### 2.2.3. Ciudades de La Paz – El Alto

#### A. Fuentes de agua

Para el área metropolitana de las ciudades de La Paz, El Alto y áreas contiguas (en total 7 municipios) se aprovechan fuentes superficiales y subterráneas de agua. Todas las fuentes permiten un caudal total de 2400 l/s (202.000 m3/día) que abastecen cerca de 406.000 conexiones (julio 2018), las 24 horas del día.

Cuadro 12: Caracterización de las fuentes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación de la fuente |
| Subterráneas | Sistema Tilata | 350 | Alto, Pucarani, Viacha |
| Superficial (Embalses) | Sistema Alto | 1100 | Pucarani |
| Sistema Achachicala | 1000 | Alto y La Paz |
| Sistema Pampahasi | 705 | La Paz y Palca |

El año 2016, la ciudad de La Paz sufrió un de las mayores crisis de agua, por efecto de un periodo de sequía, donde los embalses se redujeron a niveles mínimos. Esto ocasionó el racionamiento de agua a barrios enteros.

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSA)

**Planes**

Para el área metropolitana conformada por los municipios de La Paz, El Alto, Achocalla, Mecapaca, Laja, Palca, Viacha y Pucarani se tiene el Plan Maestro proyectado hasta el año 2036. Este plan proporciona una visión global para conseguir el objetivo de cobertura 100%, para lo cual se han dimensionado y presupuestado infraestructuras en Estudios de Identificación como las plantas de tratamiento de Mallasa, El Alto, Viacha y Pucarani; ampliación, renovación y reducción de pérdidas en redes de agua potable de Pampahasi, Achachicala, El Alto y Tilata; ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de Viacha, Pucarani, Laja, Achocalla y Mecapaca, entre otros.

Como parte de las obligaciones, EPSAS presenta el plan de contingencia anualmente, una breve síntesis de este plan se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 13: Síntesis del plan de contingencia de EPSAS (2017)

|  |  |
| --- | --- |
| Riesgo | Principales medidas / respuestas |
| Déficits de precipitaciones | Captación de nuevas fuentes de agua  Proyectos de implementación rápida  Mantenimiento preventivo  Renovación de estaciones de reducción de presión  Reducción de agua no facturada |

**Herramientas de información para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- En el cuadro siguiente se muestra que para el área metropolitana de La Paz-El Alto ya se tiene la información para la gestión del agua.

Cuadro 14: Disponibilidad de balances hídricos, modelos hidrológicos y estaciones meteorológicas

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Balance hídrico | Modelos hidrológicos/ de escurrimiento | Estaciones meteorológicas |
| Subterráneas | Sistema Tilata | Si | Si | Si |
| Superficial (Embalses) | Sistema Alto | Si | Si | Si |
| Sistema Achachicala | Si | Si | Si |
| Sistema Pampahasi | Si | Si | Si |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.- Se cuenta con medios de cuantificación manual y automatizada de la producción. Se cuenta y emplea curvas de seguimiento del volumen de agua de los embalses, que no se han visto en las ciudades que son parte del presente diagnóstico. Además como se ve más adelante se están realizando proyectos e inversiones para tener mejores sistemas de control y medición para la distribución del agua.

Cuadro 15: Herramientas para el monitoreo de oferta y demanda de agua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Herramienta SCADA para monitoreo de líneas principales | Sistema informático de monitoreó de las líneas principales de distribución de agua potable en tiempo real a través del Sistema SCADA |
| Monitoreo de alturas (volumen) de embalses | Información de seguimiento del volumen de los embalses y comparación con rangos históricos.  Se elabora en base a mediciones in situ a cargo de personal. |
| Distribución | Monitoreo de distritos hidráulicos | Realizado por la Unidad de Agua no Facturada. Gerencia de operación. |
| Planos de distribución de redes (CAD) | Brinda información sobre la distribución geográfica de las redes. Actualmente se desarrolla la conversión de estos planos a un sistema de información geográfica. |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades.- Se tienen en curso los siguientes proyectos:

Cuadro 16: Proyectos relacionados a información y capacidades

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo | Financiador | Situación |
| Alerta temprana de eficiencia hídrica | a) Monitoreo en línea de los seis embalses que abastecen de agua a La Paz y El Alto (Tuni Condoriri, Milluni, lncachaca, Ajuan Khota, Hampaturi Alto, Hampaturi Bajo); y el monitoreo de las cuatro plantas de tratamiento de agua que abastecen de agua potable al área metropolitana.  b) Operación controlada de las cuatro plantas de tratamiento (El Alto, Achachicala, Pampahasi y Tilata).  c) Incremento y mejora de la capacidad de tratamiento de la Planta de Pampahasi.  d) Reducción de las pérdidas de Agua No Facturada en los sistemas de Pampahasi y Achachicala. | Agencia de Empresas de los Países Bajos (RVO) Holanda. Programa de Infraestructura Relevante para el Desarrollo (DRIVE) | En implementación |
| Plan espacial de sequia | Elaborar un protocolo de operación para eventos de sequía. | BID | En implementación |
| Proyecto de asistencia técnica a EPSAS | 1) Modelación hidráulica de todos los sistemas de abastecimiento.  2) Estudio para la Implementación de un Sistema de información Geográfica  3) Investigación para determinar el error del parque de micro medidores de la empresa. | BID | En implementación |

**Recursos humanos**

EPSAS tiene una gerencia de técnica la cual realiza el control y monitoreo de la información de producción (agua de los embalses). Su Gerencia de Operaciones administra la distribución donde se tiene la Unidad de Reducción de Agua no Contabilizada (RANC).

#### ii) Gobernación de La Paz

Sus acciones relacionadas a agua potable están concentradas en las áreas rurales del departamento de La Paz.

#### iv) Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

En la ciudad de La Paz, se cuenta con el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA, que es un instituto universitario de investigación en el campo de las ciencias e ingeniería de los recursos hídricos y la formación de recursos humanos con base en la investigación. Ha desarrollado importantes investigaciones en La Paz relacionadas a la dinámica de glaciares y sus aportes a las fuentes de agua, investigaciones sobre cambio climático.

Es uno de los centros de investigación con más prestigio y tiempo de trabajo. El cual ha realizado investigaciones también para las ciudades de Oruro, Potosí y Sucre.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua

Para el área metropolitana de la ciudad de La Paz, se han realizado estudios y se están realizando varias inversiones en nuevas fuentes y acciones para mejorar la capacidad de gestión del agua potable. Sin embargo se puede sugerir:

* El fortalecimiento de una red de trabajo interinstitucional entre EPSAS, SENAMHI, el IHH-UMSA, con el objetivo de lograr sinergias en beneficio de la población local.
* Para la atención de etapas de crisis, EPSAS con apoyo del MMAyA-VAPSB está desarrollando un estudio para un protocolo de gestión y alerta temprana, cuyos resultados pueden ser un modelo a replicar en las otras ciudades que aprovechan agua de origen superficial.

### 2.2.4. Ciudad de Oruro

#### A. Fuentes de agua de la ciudad de Oruro

La ciudad de Oruro posee 2 fuentes principales de agua: pozos que extraen agua subterránea y aprovechamiento de una vertiente sub-superficial en Cala Cala. Estas fuentes están fuera de los límites del municipio de Oruro.

Debido al crecimiento urbano de la ciudad, la demanda de agua potable es creciente, se perfora aproximadamente un nuevo pozo cada año. El agua de los pozos tiene un contenido variable de sales que afecta su calidad y es uno de los principales problemas. La entidad operadora SELA realiza monitoreo permanente y emplea estrategias para garantizar la calidad como la posibilidad de combinar el agua de los pozos con el agua proveniente de Cala Cala.

Cuadro 17: Caracterización de las fuentes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Fuente | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación |
| Subterráneas | Pozos en 2 campos (Challapampa Grande, Challapampita, Sector del Aeropuerto.) | 370 | GAM Soracachi |
| Sub superficial  (Vertiente) | Cala Cala | 10 (\*) | GAM Soracachi |

(\*) El caudal total es aproximadamente 25 l/s, se destina para Oruro 10 l/s en base a un acuerdo con los pobladores de Cala Cala.

Sólo el 24% de los usuarios tiene agua las 24 horas del día, el resto tiene agua según horarios (en un rango de 3 a 18 horas). Para 2016 se estableció que el caudal producido fue de 390 l/s para una población de 280.000 usuarios y se estima que para 2036 se requiere un caudal de 625 l/s para 390.000 usuarios.

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado Oruro (SELA)

**Planes**

Oruro todavía no tiene un plan director de agua potable, se ha informado que se está en proceso de elaboración impulsado conjuntamente entre el MMAyA-VAPSB.

SELA elabora anualmente su plan de contingencia, solicitado por la AAPS, donde se identifican los riesgos y las medidas, la tabla siguiente muestra una síntesis de los riesgos y las medidas planificadas.

Cuadro 18: Síntesis del plan de contingencia para la ciudad de Oruro

|  |  |
| --- | --- |
| Riesgo | Principales medidas |
| Incremento de consumo por elevación de temperaturas | Perforación de pozos  Dotación de agua con cisternas (prestadas ó alquiladas) |
| Cortes de electricidad | Monitoreo permanente y acciones de mantenimiento |
| Nuevos asentamientos urbanos | Perforación de pozos (en promedio 1 por año)  Inspección y verificaciones para acciones técnicas y administrativas en áreas sin autorización. |

**Herramientas para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- Actualmente no se cuenta con balances hídricos, modelos hidrológicos y estaciones de meteorológicas para las fuentes de agua de Oruro.

Cuadro 19: Disponibilidad de balances, modelos hídricos y estaciones meteorológicas en las fuentes de agua

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Fuente | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Subterraneas | Pozos en 2 campos (Challapampa Grande, Challapampita, Sector del Aeropuerto.) | No | No | No |
| Sub superficial  (Vertiente) | Cala Cala | No | No | No |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.- Las herramientas disponibles para la producción y distribución son las siguientes.

Cuadro 20: Herramientas para el monitoreo de oferta y demanda de agua en la ciudad de Oruro

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Sistema SCADA | Monitorea la producción de los pozos y el nivel (cantidad) de los tanques de almacenamiento.  Información es vista en tiempo real.  Se inició en 2017 |
| Distribución | Información de catastro (AUTOCAD) | Información de la distribución de redes y medidores. No está actualizada. |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades.- Los proyectos en curso se citan en la siguiente tabla.

Cuadro 21: Proyectos relacionados a información y capacidades

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo | Financiador | Situación |
| Agua Potable para Recientes Asentamientos Urbanos de la Ciudad de Oruro - APRAUR | Incrementar el caudal por:  Optimización de la distribución de agua  Perforación de nuevos pozos | MMAyA | En implementación |
| Programa de Reducción de Agua no Facturada (PRANF) | Reducción del agua no facturada | MMAyA - BID | En implementación.  Existieron problemas para la entrega de datos a especialistas de parte de SELA. |

**Recursos humanos**

Se cuenta con una unidad de planificación con personal reducido (3 personas) que atienden toda la gestión. Se menciona que se requiere personal para atender la planificación hídrica específica. La Gerencia Técnica está a cargo tanto de la producción y distribución, en ese marco se hace el monitoreo de datos.

#### ii) Gobernación

La gobernación tiene a la Unidad de Saneamiento Básico y Viviendas (UNASBVI) que realiza la perforación pozos tanto en área urbana como rural y al Servicio de Agua Cuenca y Riego del Gobierno Departamental. A través de esta última encabeza el estudio de los reservorios subterráneos de la ciudad de Oruro (ver tabla), impulsando un acuerdo por el agua y una mancomunidad de municipios.

Cuadro 22: Proyectos de la gobernación relacionados a información y capacidades en la ciudad de Oruro

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo/ componentes | Financiador | Situación y Plazo de entrega |
| Formulación de Plan de Manejo Integral de los Acuíferos de Challapampa | Estudio de los reservorios de agua que se tiene en la ciudad de Oruro para gestión sustentable del acuífero.  Componentes:  1. Bases para la delimitación  2. Modelación hidrogeológica  3. Red de monitoreo  4. Planificación a corto, mediano y largo plazo  5. Normas para protección | VHRH  GAD Oruro  GAM Oruro  Previsto aprox. 6,7 MM de Bs. | En fase de diseño.  3 años |

#### iii) SENAMHI – Oruro

En el marco del proyecto del Plan de Manejo del acuífero Challapapa, se establecerán 2 estaciones meteorológicas en las cuencas (zona de recarga y zona de descarga)

#### iv) Universidades

No hay un instituto o instancia de la Universidad Técnica de Oruro (UTO) que desarrolle investigaciones o programas.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua

En el corto plazo el aprovechamiento de la fuente subterránea de agua (Acuifero Challapampa) es fundamental para Oruro y ligada a esto también las formas manejar la salinidad. Actualmente está en curso un proyecto muy importante de estudio del acuífero, a cargo de la gobernación. En este marco los vacíos a considerar son los siguientes:

* Es importante generar información sobre fuentes superficiales de agua, para lo cual se deben realizar estudios hidrológicos sobre las cuencas, en particular, Cala Cala que permitan recomendar acciones de protección.
* El aprovechamiento de las fuentes subterráneas, ya sea por problemas en los sistemas de bombeo o por los frentes salinos, pueden generar también periodos de crisis o falta de agua. En este sentido se deberán desarrollar sistemas de monitoreo, alerta temprana y protocolos de manejo de crisis.
* La articulación inter-institucional es también una necesidad evidente para compartir la información, generar sinergias e impulsar estudios sobre la dinámica de los acuíferos. En esta situación, es necesario promover la creación de centros de investigación del agua en esta ciudad, así como fortalecer la oficina regional de SENAMHI en Oruro.

### 2.2.5. Potosí

#### A. Fuentes de agua potable en la ciudad de Potosí

La ciudad de Potosí se abastece principalmente de 2 sistemas que dependen del suministro de agua de la fuente del Río San Juan y de las lagunas del sistema Kari Kari. En situaciones de escasez se han empleado pozos subterráneos pero que tienen un caudal reducido.

Para la distribución se cuenta con dos sistemas de red de distribución de agua potable divididas en dos zonas (baja y alta) cada una con una planta de potabilización denominados Planta Río San Juan y Planta Kari Kari, ambas tienen una producción neta de 150 (l/s) cada una respectivamente. La entrega de agua se realiza por los sistemas de distribución (redes de tuberías) regulados por tanques estacionarios principalmente.

Cuadro 23: Fuentes de agua de Potosí

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Tipo | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación |
| Superficial | Sistema Aducción río San Juan | 150 | GAM Potosi |
|  | Sistema Kari Kari (varios embalses) | 150 | GAM Potosi |
| Subterranea | Fuentes auxiliares, pozos Puitucani | 10 | GAM Potosi |

Según el informe de gestión 2016 se tiene 36.641 instalaciones a los cuales presta el servicio AAPOS POTOSÍ.

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Administración Autónoma para Obras Sanitarias (AAPOS)

**Planes**

AAPOS no tiene plan maestro vigente, pero en el momento se encuentra en proceso de elaboración de dicho plan, el cual se financia conjuntamente con el MMAyA.

Cada año AAPOS presenta el plan de contingencia, para la gestión 2018, las principales contingencias previstas son la baja producción de agua, por la escasez de lluvias (efecto acrecentado por el cambio climático), por fallas y mal funcionamiento del sistema, cortes de energía y otros como se muestra en el cuadro siguiente. El periodo más crítico se presenta hacia el mes de octubre con la necesidad de un moderado a fuerte racionamiento.

Cuadro 24: Síntesis del plan de contingencia 2018 de AAPOS

|  |  |
| --- | --- |
| Riesgos | Principales medidas |
| •Desabastecimiento de agua por cambio climático.  •Desabastecimiento de agua por acciones humanas en diferentes sistemas de abastecimiento.  •Desabastecimiento de agua por deslizamientos (eventos inesperados).  •Desabastecimiento por pérdidas de agua por filtración del tanque Millner.  •Desabastecimiento de agua por colapso de presas.  •Desabastecimiento de agua por cortes de energía eléctrica.  •Desabastecimiento por contaminación minera. | Acciones preventivas  Habilitación de fuentes auxiliares disponibles: Pozos y aprovechamiento de la fuente La Palca (40l/s)  Establecimiento de infraestructura nueva y optimización de antigua operable  Preparación de maquinaria y material de comunicación  Adquisición de equipos de detección de fugas no visibles, para la reducción de agua no contabilizada.  Acciones de mitigación  Implementación de plan de racionamiento a través del control de los tanques de distribución.  Conformación del Comité de emergencia, habilitación del centro de monitoreo y centro de llamadas.  Difusión de jingles y publicidad, para la concientización en el uso racional del agua.  Distribución por cisternas e instalación de tanques estacionarios de emergencia |

**Herramientas para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- Actualmente no cuentan con balances hídricos, modelos hidrológicos y estaciones de meteorológicas.

Cuadro 25: Disponibilidad de balances, modelos hídricos y estaciones meteorológicas en las fuentes de agua

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Nombre | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Superficial | Sistema Aducción río San Juan | No | No | No |
| Sistema Kari Kari (varios embalses) | No | No | No |
| Subterránea | Fuentes auxiliares, pozos Puitucani | No | No | No |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.- Las herramientas disponibles se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 26: Herramientas para el monitoreo de producción y distribución de agua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Sistema de control de 3 tanques (MILDER, Canturias y Bolivar) | Sistema que permite medir en tiempo real el nivel y control de 3 tanques (MILDER, Canturias y Bolivar).  Reportes son en tiempo real  El acceso a la información es sólo de AAPOS. |
| Mediciones de alturas de embalses | Se hace la medición del volumen de lagunas, a cargo de personal operativo. Información se registra en planillas. |
| Distribución | Información de catastro (AUTOCAD) | Se tiene la información de la distribución de redes en formato Autocad. Requiere de actualización. Solo tiene acceso el personal de AAPOS. |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades.- Son los siguientes

Cuadro 27: Proyectos relacionados a información y capacidades

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo | Financiador | Situación |
| Sistema Nacional de Información del Clima y Agua | Establecer 4 estaciones en las cuencas, 2 meteorológicas y 2 hidrológicas. | PPCR | En proceso de implementación por PPCR. |

**Recursos humanos**

No cuenta con recursos dedicados al manejo de cuencas y monitoreo de información climática. La gerencia técnica cuenta únicamente con personal operativo dedicado al mantenimiento de los sistemas de producción y distribución.

#### ii) Gobernación

El gobierno departamental tiene a las Unidad de Agua y Saneamiento Básico (UNASBA), que atiendo los temas de provisión de agua y alcantarillado, con enfoque en las áreas rurales. Se tiene un Plan Departamental de Agua y saneamiento Básico, que contempla el fortalecimiento de las EPSAS. En periodos de sequía, la gobernación apoyó con cisternas para proveer a barrios con falta de agua. Se han perforado pozos de agua.

También se tiene a la Unidad de Cuencas, que implementa proyectos de manejo integral de cuencas. Actualmente no tiene ningún proyecto relacionado a las fuentes de agua de la ciudad de Potosí.

#### iii) SENAMHI – Potosí

Existe información climática de años anteriores (específicamente durante el periodo de vigencia de la Corporación de Desarrollo de Potosí - CORDEPO); por falta de recursos varias estaciones climáticas están paralizadas. En las cuencas de los sistemas de San Juan y Kari Kari, actualmente no habría ninguna estación meteorológica en funcionamiento.

La oficina regional de SENAMHI en Potosí cuenta con 4 funcionarios con varios años de antigüedad (2 están asignados a la región del Silala). Atiende las estaciones de Potosí e incorpora los datos s la red nacional. Ha realizado reuniones de alerta, ante eventos climáticos adversos con las principales instituciones AAPOS, GAM, GAD y otras entidades. Los principales son las sequias y también las riadas.

SENAMHI, el cual cuenta con estaciones meteorológicas tanto en el aeropuerto Capitán Rojas como así también en el parque recreación Los Pinos, de acuerdo a su ubicación geográfica los datos son más representativos para el sistema de Kari Kari son las que cuenta la estación meteorológica del aeropuerto Capitán Rojas.

#### iv) Universidad Tomas Frias – Facultad de Ingeniería Civil

A través del proyecto de investigación “Gestión sostenible y multi-uso de los recursos hídricos en la cuenca de Palta – Cantón Santa Lucia – en los Andes de Bolivia, ante la creciente demanda de agua y cambio climático” con universidad KU LEUVEN de Bélgica, se realiza un trabajo de investigación en la cuenca La Palca (curso permanente con potencial de 860 l/s), cuyas aguas han sido empleadas en situaciones de emergencia para la ciudad de Potosí.

El objetivo general del proyecto es potenciar y generar capacidades de investigación en docentes y estudiantes. A través del proyecto se establecerá una estación meteorológica automática para fines de investigación y 3 pluviómetros. Se realizará un modelo hidrológico.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua

La ciudad de Potosí, por los datos e información revisada, es la que tiene los mayores desafíos para la provisión de agua en el corto y largo plazo. Para esta ciudad se identifican los siguientes vacíos:

* Con relación a información climática e hidrológica, es necesario fortalecer la generación de información meteorológica y estudios de modelamiento hidrológico de las cuencas. Para este propósito, además de desarrollar estudios y proyectos, se tiene que fortalecer el SENAMHI regional y la Universidad Tomas Frías para aprovechar sus aportes institucionales.
* Asimismo se requiere de medidas para mejorar la cuantificación de la producción y distribución, como base para una adecuada gestión del recurso hídrico y el manejo de la situación de escasez de agua.
* Para Potosí son muy importantes el desarrollo de una herramienta de alerta temprana y protocolos de manejo de crisis para periodos de sequía.
* Finalmente, se sugiere que los procesos de elaboración del Plan Maestro puedan establecer medidas estructurales para proveer de nuevas fuentes de aprovechamiento de agua.

### 2.2.6. Santa Cruz

#### A. Fuentes de agua potable

La ciudad de Santa Cruz utiliza como fuentes de abastecimiento los recursos de agua subterránea de la región, que por su calidad cumple con las normas desde boca de pozo.

La provisión de agua es de 24 horas al día. La cobertura del servicio de agua potable es alta (98%). En general las aguas explotadas por los pozos son incorporadas directamente a la red, siendo presurizadas por los equipos de bombeo.

Para el año 2017, SAGUAPAC contaba con 230.000 conexiones de agua para una población aproximada de 1,9 MM de habitantes, con un caudal de 2,8 l/s. La población estimada para 2036 de Santa Cruz es de 3.1 MM, que representará una demanda de 5.500 l/s.

Cuadro 28: Características de las fuentes de agua de Santa Cruz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo de fuente | Descripción | Caudal aproximado (l/s) | Ubicación |
| Subterránea | 76 Pozos profundos, agrupados en 5 campos | 3000 | GAM Santa Cruz |

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Cooperativa de Servicios Públicos Santa Cruz LTDA (SAGUAPAC)

**Planes**

Para el área metropolitana de Santa Cruz, se cuenta con el PLAN MAESTRO METROPOLITANO DE AGUA Y SANEAMIENTO DE SANTA CRUZ-BOLIVIA, que incluye 6 municipios: ciudad de Santa Cruz de la Sierra y la conurbación, que de Norte a Sud comprende a los municipios de Warnes, Porongo, Cotoca, La Guardia y El Torno.

SAGUAPAC remite anualmente su plan de contingencia a la AAPS. En 2017 las principales contingencias identificadas y las medidas previstas se sintetizan en la siguiente tabla.

Cuadro 29: Síntesis del plan de contingencia de SAGUAPAC, año 2017.

|  |  |
| --- | --- |
| Contingencia / Riesgo | Principales medidas |
| Aumento de la temperatura  Incremento de periodo de sequía  Precipitaciones intensas  Vientos Huracanados  Tormentas eléctricas | Mantenimiento y habilitación de pozos de reserva  Mantenimiento de equipos electromecánicos  Control de presiones  Verificación de la alimentación eléctrica  Revisión de hidrantes  Disposición de carros cisterna y agua embotellada (en caso de emergencia)  Campañas educativas e informativas  Planificación financiera |

**Herramientas para la gestión del agua**

Información hidrológica y climática.- Se reporta que existen varios estudios de las aguas subterráneas individuales y existe información de una única estación meteorológica ubicada en el tanque principal de SAGUAPAC.

Balances hídricos y estudios hidrológicos no se han realizado porque se aprovechan las fuentes subterráneas, pero en la proyección futura de la cooperativa se prevé el aprovechamiento de otras fuentes superficiales potenciales, en cuyo caso se deberán realizar estudios mencionados.

Cuadro 30: Disponibilidad de información hídrica y meteorológica de las fuentes de agua de Santa Cruz.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Fuente | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Subterraneo | 76 Pozos profundos, agrupados en 5 campos | Si | Si | Si |

Sistemas de monitoreo y seguimiento.-

Cuadro 31: Herramientas disponibles para la cuantificación de producción y distribución

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Sistema SCADA | Permite cuantificar el agua producida (oferta de los Pozos). Es un sistema que brinda información en tiempo real. |
| Distribución | Catastro de redes | Información sobre las redes de distribución en un sistema de información geográfico. |

**Recursos humanos**

SAGUAPAC tiene una unidad de planificación estratégica y unidades de operativas para la producción y planificación.

#### ii) Gobernación de Santa Cruz

La gobernación de Santa Cruz desde 1980 tiene al Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Piraí (SEARPI) – Servicio de Cuencas, como brazo técnico-operativo para planificar y gestionar obras estructurales y no estructurales en el manejo integral de cuencas y gestión integral de recursos hídricos.

Este Servicio monitorea la cuenca del río Pirai, lo cual tiene mucha relevancia para la ciudad de santa Cruz por 2 razones fundamentales, (a) para prevenir aluviones y riadas, que en la década de los 80, generaron pérdidas humanas y destrucción de infraestructura y por otro lado, y (b) porque la cuenca del Pirai es la principal área de recarga de los acuíferos que son aprovechados para agua potable.

SEARPI cuenta con un sistema de monitoreo y alerta temprana con 33 estaciones meteorológicas e hidrológicas (sub cuencas Ichilo, Yapacani, Pirai, Río Grande y Parapeti). En la cuenca del río Pirai, relacionada con el área urbana, tiene 24 estaciones (11 estaciones automáticas, y 13 convencionales). Las estaciones hidrogeológicas se usan para prevenir las riadas a través de la modelación hidrogeológica se emplea Plataforma CEPETEC y NOA.

#### iii) SENAMHI – Santa Cruz

El SENAMHI en el área de influencia de la ciudad de Santa Cruz, tiene 3 estaciones meteorológicas (ubicadas en la Universidad Gabriel Rene Moreno, Aeropuerto el Trompillo y Aeropuerto Viru Viru). Cuenta con personal mínimo a cargo de la coordinación interinstitucional, mantenimiento de las estaciones en el Departamento de Santa Cuz, entre sus principales tareas.

#### iv) Universidades

No se ha podido identificar instancias académicas que realizan estudios sobre las fuentes de agua.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua

Para la ciudad de Santa Cruz se ha establecido la existencia de información, herramientas y capacidades adecuadas generadas por el operador SAGUAPAC y la Gobernación a través de SEARPI. Para este ámbito territorial es importante generar y fortalecer las redes de trabajo, donde se incluya a SENAMHI y además se promueva centros de investigación del recurso agua.

Aunque no es parte de este trabajo se ha establecido que una de las amenazas para los acuíferos es la posible contaminación de las mismas con las aguas residuales de la propia actividad humana y económica de esta ciudad.

### 2.2.7. Tarija

#### A. Fuentes de agua potable

Tarija se abastece de agua potable de fuentes superficiales, sub-superficiales y subterráneas que se encuentran dentro el territorio del GAM de Tarija. La producción total de agua es en promedio de 532 l/s. Durante el año no todas las fuentes están activas porque existe el caudal requerido, pero en época seca se activa el uso de pozos y el sistema Guadalquivir –Tipas para completar la reducción de las fuentes de la Vitoria. El agua se distribuye a través de 31 tanques de almacenamiento, que abastecen a cerca de 38.500 conexiones.

Cuadro 32: Caracterización de las fuentes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Fuente | Caudal (l/s) | Ubicación |
| Superficial | Sistema por gravedad la Tabladita, con toma en río Vitoria | 380 | GAM Tarija |
| El sistema Guadalquivir-Tipas, | 110 |
| Sub superficial  (Galería Filtrante) | Sistema río Erquis | 31 |
| Subterráneas | 32 Pozos (1/3 de los pozos entra en funcionamiento solo en época seca) | 295 |

Último estudio hidrogeológico se habría hecho en 1981, con apoyo de ONU. De ahí a la fecha no habría estos estudios.

#### B. Herramientas y capacidades de los principales actores de la gestión de agua potable

#### i) Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija (COSAALT Ltda.)

Planes: La ciudad de Tarija es parte del Plan Maestro Integral de agua potable y saneamiento del Valle Central de Tarija, junto a las poblaciones vecinas de San Lorenzo, Uriondo y Padcaya. Para el caso de Tarija, este plan estima que para el año 2036 se habrá duplicado la población (hasta 450.000 habitantes) y por tanto la necesidad de agua subirá a 73.500 conexiones. Asimismo recomienda la optimización del aprovechamiento de las fuentes existentes e incorporar fuentes de rápida ejecución, como son los pozos de agua en el corto plazo. En el mediano plazo y largo plazo se propone también la perforación de pozos profundos (potencial de 225 l/s), por lo cual el estudio de los acuíferos es sumamente importante.

Anualmente COSAALT elabora el plan de contingencia, para la gestión 2016 identifica los siguientes riesgos y medidas, la escasez de lluvias no se presenta como posible contingencia.

Cuadro 33: Acciones principales del plan de contingencia

|  |  |
| --- | --- |
| Contingencia / Riesgo | Principales medidas |
| Incendios (Los meses de agosto, septiembre y octubre suelen ser los más críticos) | Conformación y Capacitación de cuadrillas  Adquisición de insumos, herramientas y equipos contra incendios forestales, para dotar a las cuadrillas de apoyo.  Acuerdos Interinstitucionales con el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP)  Abastecimiento con cisternas en caso de cortes de agua  Tareas de recuperación de áreas incendiadas (reforestación) |
| Crecidas extraordinaria del Río La Vitoria, en época húmeda, que afecta las obras de toma. | Construcción de obras de protección canal de aducción y camino de acceso rincón de la victoria  Cuadrillas de emergencia, para realizar los trabajos para restablecer el funcionamiento del sistema.  Abastecimiento con cisternas en caso de cortes de agua |
| Cortes de Energía que afectan a los sistemas de bombeo. | Coordinación con el operador de energía eléctrica (SETAR) para el restablecimiento del suministro de energía eléctrica.  Mantenimiento de redes.  Suministro de agua potable a la población con el camión cisterna |

Herramientas de información para la gestión del agua: En general no existe información para la gestión de agua, en particular los estudios de los acuíferos son importantes por ser las fuentes de aprovechamiento más próximas a ser empleadas.

Cuadro 34: disponibilidad de balances, modelos hídricos y estaciones meteorológicas

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo | Fuente | Balance hídrico | Modelo hidrológico | Estaciones meteorológicas |
| Superficial | Sistema por gravedad la Tabladita, con toma en río Vitoria | No | No | Si |
| El sistema Guadalquivir-Tipas, | No | No | No |
| Sub superficial  (Galería Filtrante) | Sistema río Erquis | No | No | No |
| Subterraneas | 46 Pozos | No | No | No |

Los especialistas entrevistados expresaron que posiblemente existen estudios, pero que no están a disposición.

Sistemas de seguimiento de la oferta y demanda de agua: Se realiza la cuantificación parcial de producción y distribución a través de mediciones manuales. Para las fuentes subterráneas no hay monitoreo. Si bien se tiene un catastro, los datos requieren ser completados.

Cuadro 35: Herramientas para el monitoreo de oferta y demanda de agua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Área | Herramienta | Características |
| Producción | Registro de producción en estación la Vitoria | Se toman datos diarios de producción de la Vitoria, todo el registro se hace de manera manual. |
| Registro de producción en Sistema río Erquis | Se toman datos de producción de forma mensual. |
| Distribución | Catastro de redes | Sistema de información geográfica en QGIS, muestra la distribución de las redes, su distritación. No se tiene la información de todas las zonas.  El acceso es solo para uso de COSALT |

Proyectos en curso relacionados a herramientas y capacidades: Se tiene el proyecto de reducción del agua no factura en curso con apoyo de BID. Se mencionó que a través del Proyecto Perigua de la Cooperación Alemana se generó experiencia para la evaluación de pérdidas y fugas con instrumentos electro-acústicos. Esta experiencia concluyó y se han transferido los equipos de manera definitiva.

Cuadro 36: Proyectos relacionados a información y capacidades

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Proyecto | Objetivo | Financiador | Situación |
| Reducción de Agua no Facturada (RANF) | Proyecto para la reducción de agua no facturada | BID | En implementación |

Recursos humanos: COSAALT es una cooperativa relativamente pequeña. Tienen una unidad de producción y otra de distribución. No se tiene una unidad específica que hace seguimiento y uso de la información del clima.

#### ii) Gobernación de Tarija

La gobernación recientemente ha creado un Servicio Departamental de Gestión Integral del Agua (SEDEGIA), que actualmente atiende todos los temas relacionados a riego. Tiene unidades de Gestión de saneamiento y vivienda, que desarrolla proyectos de saneamiento y un programa de perforación de pozos profundos que fue establecida con apoyo de JICA. Además participa de la Gestión de la represa Huacaya, que aportaría agua también para la ciudad de Tarija.

#### iii) SENAMHI – Tarija

Tiene una sola estación meteorológica en la zona, en la cuenca del río Vitoria. Existen otras estaciones que son manejadas por la OTN (oficina técnica de los ríos Pilcomayo y Bermejo), pero esta información no es parte del sistema de información meteorológica del SENAMHI (SISMET).

#### iv) Universidad Autónoma Juan Misael Saracho - Tarija

Esta universidad tiene un Centro de Investigación del Agua CIAGUA, en la carrera de Ing. Civil. Facultad de Tecnología.

A través de convenio con COSAALT, en marzo de 2018 instaló en el Rincón de la Victoria, (el mayor aprovisionador de agua a la ciudad), una estación Meteorológica cuya principal función será la de proveer información técnica y de gran precisión sobre el comportamiento climatológico de la zona.

#### v) Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN)

La Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo OTN –PB, es un órgano operativo boliviano, bajo la tuición de los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Medio Ambiente y Agua, que actúa ante la Comisión Trinacional (CTN) para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo.

Entre sus acciones para contribuir a la gestión integral de las cuencas, tiene una red de 12 estaciones meteorológicas e hidrológicas, así como un sistema de monitoreo en proceso de consolidación. La información de las estaciones establecidas sobre el río Guadalquivir será muy importantes para los estudios y gestión del agua de la ciudad de Tarija.

#### C. Vacíos en medios, herramientas y capacidades para la gestión del agua

Con referencia a los vacíos para fortalecer la gestión del agua para la ciudad de Tarija se puede mencionar:

* Se debe fortalecer la recolección de información meteorológica en las cuencas que proveen agua a la ciudad, fortaleciendo la red de trabajo entre COSAALT-SENAMHI-Universidad y la Oficina Técnica de los ríos Pilcomayo y Bermejo.
* Impulsar el desarrollo de modelos hidrológicos de todas las cuencas que proveen agua a la ciudad de Tarija. Es importante articular las acciones con la universidad y fortalecer la consolidación el Centro de Investigación del Agua (CIAGUA).
* Para la atención de las crisis de agua por sequias, es recomendable el desarrollo de un sistema de alerta temprana, basados en el monitoreo de clima y el modelamiento hidrológico, pero con protocolos que permitan la acción inmediata.

# 3. Síntesis de estado actual de las capacidades para la gestión de situaciones de sequia

**A nivel nacional**

El levantamiento de información realizado muestra que las competencias y responsabilidades parala seguridad hídrica y la atención de sequias están fragmentadas entre sectores e instituciones. Hay indicios que cada sector realizó o está realizando esfuerzos para elaborar una planificación para enfrentar las sequias, pero generalmente sin mecanismos de articulación y por lo tanto con menos posibilidad para afrontar integralmente las consecuencias negativas. Ante esta situación, una acción de planificación efectiva debería ser liderizada por el Ministerio de Planificación del Desarrollo, al cual los sectores deberían articularse con planes o estrategias más específicas, pero sin perder el enfoque de integralidad.

Las herramientas desarrolladas y tangibles que se han identificado a nivel de las instituciones nacionales son: el Balance Hídrico Superficial, impulsado por el VRHR y el sistema de alerta de sequias del SENAMHI.

La AAPS se ha paliado la falta de planificación y prevención de periodos de sequía de las operadoras de agua, en las ciudades, a través de la obligación de presentación anual de los planes de contingencia, así se ha mejorado las capacidades locales para hacer frente a las sequias y otras contingencias.

Si se considera como indicadores la existencia de planes, la aplicación de herramientas y existencia de recursos humanos para prevenir periodos de sequía y escasez de agua (ver tabla siguiente), encontramos que hace falta fortalecer la planificación y la generación de capacidades al interior de las instituciones del nivel central. Con vistas al componente IV del Programa de Gestión Hídrica Integral en Áreas Urbanas, se tienen elementos para justificar el establecimiento de una herramienta para el seguimiento de las acciones para prevenir las sequias, la cual permita compartir información entre MMAyA – SENAMHI y AAPS y otras instancias. Este sistema debería estar alojado en la instancia de seguimiento y control, es decir en la AAPS.

Cuadro 37: Instrumentos de planificación y herramientas para la seguridad hídrica de las instituciones del nivel central.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Planificación relacionada a Sequia | Implementación de proyectos | Herramientas seguimiento | RRHH asignados al tema |
| VAPS | Si | Si |  |  |
| VRHR | Si | Si | Si |  |
| SENAMHI |  |  | Si | Si |
| AAPS |  |  | Si | Si |

Se debe destacar el rol estratégico y las dificultades del SENAMHI en la generación de información meteorológica, por lo cual se deberá considerar un proceso de fortalecimiento institucional integral.

**A nivel local**

Aspectos de planificación

4 de las 7 ciudades estudiadas tienen planes maestros de agua potable y saneamiento básico, en 3 ciudades recién se realiza la elaboración de dichos planes (Oruro, Potosí y Sucre), asimismo la totalidad de las ciudades elaboran anualmente los planes de contingencia de agua y saneamiento. Entonces se deberá enfocar en fortalecer el seguimiento para que aplique la planificación establecida.

El tiempo que el operador puede suministrar agua a la población, para el caso de las 7 ciudades, es un indicador de la disponibilidad de fuentes de agua. Sólo las ciudades de La Paz y Santa Cruz tienen actualmente las fuentes para la provisión las 24 horas del día. Santa cruz tendría fuentes subterráneas para proveer agua para los próximos 20 años.

A pesar que La Paz enfrentó graves restricciones, se están haciendo inversiones en infraestructura y herramientas que la preparan mejor para periodos de sequias. La ciudad de Cochabamba, aunque provee agua por horas, tendrá el caudal como para proveer agua suficiente a la población con el aprovechamiento de la represa de Misicuni.

Las ciudades de Oruro, Potosí, Sucre y Tarija que no tienen suficientes fuentes de agua y por lo cual son ciudades con alta vulnerabilidad a periodos de sequía. En estas ciudades se hace necesario, además de la búsqueda de más fuentes de agua (que son soluciones de largo plazo), trabajar en el uso eficiente del agua disponible, para lo cual se debería fortalecer con herramientas para hacer eficiente la distribución.

Es necesario mencionar que no se están haciendo los esfuerzos suficientes para que las operadoras implementen los planes maestros y se tiene la impresión que más bien las operadoras priorizan acciones de corto plazo. Por lo cual se debe reforzar el seguimiento de la implementación de los planes rectores de Agua Potable.

Cuadro 38: Instrumentos de planificación para la gestión del agua a nivel local

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciudad | Empresa operadora | Plan Rector | Planes de contingencia | Tiempo de provisión de agua |
| Cochabamba | SEMAPA | Si | Si | Por horas |
| La Paz | EPSAS | Si | Si | Día completo |
| Oruro | SELA |  | Si | Por horas |
| Potosí | AAPOS |  |  | Por horas |
| Santa Cruz | SAGUAPAC | Si | Si | Día completo |
| Sucre | ELAPAS |  | Si | Por horas |
| Tarija | COSALT | Si | Si | Por horas |

Herramientas de información para la gestión del agua

A nivel local, La Paz y Santa Cruz presentan mejor situación en disponibilidad de información para la planificación y gestión del agua. Ambas han establecido sistemas para medir la producción de agua y realizan esfuerzos para cuantificar y optimizar la distribución de agua (a través de programas de reducción de agua no facturada o contabilizada). La crisis de déficit de agua en La Paz, ha impulsado varias iniciativas y proyectos para mejorar la obtención de la información meteorológica e hidrológica.

EPSAS es la única operadora que actualmente desarrolla una acción específica para desarrollar una herramienta frente a las sequias, con apoyo del BID. No obstante, para el caso de las aguas subterráneas, tanto La Paz como Santa Cruz, no tienen información integral sobre los acuíferos aprovechados, lo cual es una tarea pendiente.

En el resto de las ciudades hay una deficiencia de herramientas e información para la gestión del agua, lo que implica que se trabaja sin tener claro hasta cuándo se pueden aprovechar las fuentes disponibles. Este es un factor crítico que podría ser abordado entre las prioridades de acción a ser implementadas.

Es necesario mencionar que hay sistemas SCADA principalmente para cuantificar la producción de agua en La Paz, Santa Cruz, Potosí, Oruro y Cochabamba, con diferentes grados de uso. Estos sistemas requieren de capacitación del personal y tareas de mantenimiento. En la mayor parte de las operadoras que usan agua superficial se continúa realizando la recolección manual de datos de producción.

Respecto a la información hidro-meteorológica, en Oruro, Potosí, Sucre, Tarija y Cochabamba se hace necesario establecer estaciones en las cuencas que proveen agua. Actualmente se están realizando esfuerzos a través del Proyecto Piloto de Resiliencia Climática (PPCR) de establecer estaciones en los embalses de Sucre, Potosí y Cochabamba.

Cuadro 39: Herramientas de información para la gestión hídrica de 7 ciudades.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciudad | Empresa operadora |  |  |  | HERRAMIENTAS |  |  |
|  |  | Balances hídricos | Modelación hidrológica superficial | Modelación acuíferos | Estaciones meteorológicas | Monitoreo de la producción | Monitoreo de la distribución |
| Cochabamba | SEMAPA |  |  |  |  |  | Si |
| La Paz | EPSAS |  | Si | Si | Si | Si |  |
| Oruro | SELA |  |  |  |  |  |  |
| Potosí | AAPOS |  |  |  | SI |  |  |
| Santa Cruz | SAGUAPAC |  |  |  |  | Si | Si |
| Sucre | ELAPAS |  |  |  | SI |  |  |
| Tarija | COSALT |  |  |  |  |  | SI |

Estructuras institucionales y recursos humanos capacitados

Las operadoras carecen de instancias o unidades técnicas que planifiquen y gestionen la oferta y la demanda de agua disponible. Esta tarea debería ser asumida por las instancias ó unidades de planificación, pero las existentes tienen concentrado su trabajo en las tareas propias de administración (POAs, Presupuestos, proyectos). Esta es una necesidad que debería ser incluida en las prioridades de acciones de fortalecimiento.

Respecto a las Gobernaciones

El rol de las gobernaciones se concentra principalmente en los municipios rurales, dejando a los municipios y operadoras la responsabilidad de las ciudades. La mayoría de las gobernaciones han desarrollado mecanismos de alerta temprana para fines productivos. Su rol debería ser más activo, especialmente en fortalecer una buena gobernanza del agua en las áreas metropolitanas que abarcan varios municipios.

Respecto al rol de las universidades

La investigación de los recursos hídricos es fundamental para generar planes, herramientas para la seguridad hídrica y la prevención de las sequias. En el presente sondeo rápido se ha establecido que hay institutos académicos de investigación sólo en La Paz (IHH) y Cochabamba (Centro Agua y Laboratorio de Hidráulica), en el resto de las ciudades se hace necesario fortalecer centros de investigación para atender las necesidades específicas de cada región.

# 4. Conclusiones del diagnóstico

* Se han mapeado las principales herramientas, medios técnicos y capacidades de las instituciones del nivel central y el nivel local para la seguridad hídrica y la prevención de los efectos de las sequias. En general se muestra la necesidad de mayores mecanismos de coordinación, articulación, porque las competencias están fragmentadas a nivel sectorial e intrasectorial.
* Las operadoras de las ciudades de La Paz y Santa Cruz tienen las mayores capacidades y herramientas para trabajar hacia la seguridad hídrica, pero en La Paz es donde se están desarrollando una herramienta específica para crisis de sequía, que debería ser replicado en otras ciudades que aprovechan fuentes superficiales.
* En las ciudades de Oruro, Potosí, Sucre y Tarija hay vacíos de información y necesidad de desarrollar herramientas para la seguridad hídrica y la prevención de las sequias, articulando los esfuerzos en modelos de redes de colaboración que integren a las operadoras, gobiernos departamentales y municipales, a las universidades y los SENAMHI regional.

# 5. Priorización y definición de acciones para el Componente III del Programa

Las recomendaciones y conclusiones de este diagnóstico técnico fueron presentadas a la contraparte durante la misión de análisis del Programa , con quienes se discutió sobre la priorización de los productos y actividades que conforman el Componente III (Herramientas y Capacidades de Seguridad Hídrica). Por medio de dicho componente se pretende dar continuidad al apoyo que se brinda a las ciudades beneficiarias del Proyecto, por medio del Componente IV del Programa BO-L1191 aprobado en 2017.

De esta sesión de trabajo, resultaron priorizadas las siguientes intervenciones:

* Planes de Sequia: (3), Cochabamba, Sucre y Potosí
* Redes de Monitoreo de Información hidro-climática (3): Potosí, Tarija, Ouro
* Modelos hidrogeológicos: (2) : Oruro y Tarija
* Modelos Hidrológicos Superficiales (3) Cochabamba, Potosí, Sucre
* Balances Hídricos (3) : Cochabamba, Potosí, Sucre.

Además, se incorporarán bajo dicho componente actividades de capacitación a personal técnico de los operadores beneficiarios para el manejo de las herramientas y modelos a proveer, así como de fortalecimiento en arreglos institucionales que permitan una apropiada gestión del recurso hídrico y la implementación de los planes de emergencia y manejo de sequias correspondientes.

El presupuesto total de este componente es de 6.5 MM US$ que queda distribuido de la siguiente manera:

|  |  |
| --- | --- |
| **Producto** | **Coste Estimado (US$)** |
| Planes de sequías y/o inundaciones elaborados. | 0.5 M |
| Planes de sequías y/o inundaciones implementados. | 0.5M |
| Redes de monitoreo de información hidro-climática diseñadas. | 500K |
| Redes de monitoreo de información hidro-climática instaladas y funcionando. | 1 M |
| Modelos hidrológicos y/o hidráulicos, balances hídricos[[2]](#footnote-2), herramientas de modelaje y gestión del recurso hídrico elaborados o actualizados. | 3 .5 M |
| Talleres de capacitación técnica en sistemas de información hidro-climática, manejo de sequias y modelado y gestión del recurso hídrico realizados. | 0.5 M |
| Coste total | **6.5M** |

**ANEXO 1: Personas entrevistadas**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Institución | Cargo | Tel/Cel. | email |
| Michel Christian | MMAyA-VAPS | Técnico | 71236990 |  |
| Araujo Alejandro | AAPS | Jefe de Unidad | 75837721 / 71837721 | [alejandroaraujorosso@gmail.com](mailto:alejandroaraujorosso@gmail.com) |
| Javier Cruz Maggy | MMAyA-VRHR | Técnico | 71852705 | [maggy.javier@riegobolivia.org](mailto:maggy.javier@riegobolivia.org) |
| Ayala Ticona Gustavo | MMAyA-DGP-UPE | Técnico | 60629899 | [gustavo\_ayala\_t@hotmail.com](mailto:gustavo_ayala_t@hotmail.com) |
| Chapi Neftali | MMAyA-VRHR | Técnico | 79123512 | [nefchapi@email.com](mailto:nefchapi@email.com) |
| Meave Oscar | MMAyA | Jefe de Unidad |  | [oscar.meave@riegobolivia.com](mailto:oscar.meave@riegobolivia.com) |
| Gonzalo Carrasco | SENAMHI | Director Ejecutivo |  |  |
| Chura Orlando | SENAMHI | Técnico | 67149104 | [chura@senamhi.gob.bo](mailto:chura@senamhi.gob.bo) |
|  |  |  |  |  |
| SUCRE |  |  |  |  |
| Valda Vargas Vladimir | ELAPAS | Jefe de captación y aducción | 74446574 | [vladyvalda@hotmail.com](mailto:vladyvalda@hotmail.com) |
| De Hurtado Tomas | ELAPAS | Jefe de catastro y redes | 75446391 | [tommyhurtado@outlook.com](mailto:tommyhurtado@outlook.com) |
| Miranda Juan Carlos | GAD Chuquisaca | Técnico de Recursos Hídricos | 74457038 | [juanasvi@gmail.com](mailto:juanasvi@gmail.com) |
| Serrano Martha | UMSFX | Investigadora Ins. Agroeocología |  |  |
| Delgadillo Franz | SENAMHI Chuquisaca | Responsable regional | 67197072 | [fradelti@senamhi.gob.bo](mailto:fradelti@senamhi.gob.bo) |
|  |  |  |  |  |
| COCHABAMBA |  |  |  |  |
| Garcia Juan Pablo | SEMAPA | Gerente de proyectos | 79959353 | [ing.jpgarcia@gmail.com](mailto:ing.jpgarcia@gmail.com) |
| Jacobs Christian | SEMAPA | Jefe Depto Producción y distribución |  | [chris\_ejr@hotmail.com](mailto:chris_ejr@hotmail.com) |
| Zeballos Rojas Yerco | SEMAPA | Jefe Div. Agua no Facturada (PRANF) | 68530706 | [yerco\_zero@hotmail.com](mailto:yerco_zero@hotmail.com) |
| Ferrufino |  | Depto. Producción y distribución |  |  |
| Sosa Sanchez Erick | SENAMHI | Responsable regional | 72741430 / 67199687 | [esossa@senamhi.gob.bo](mailto:esossa@senamhi.gob.bo) |
| Salazar Vega Luis | GAD Cochabamba | Director Gestión del Agua y Servicios Básicos | 71726729 | [cc.tunturi.ls@gmail.com](mailto:cc.tunturi.ls@gmail.com) |
| Rios Ramiro | MMAyA-UDV | Técnico de Agua Potable y Saneamiento | 72205062 |  |
|  |  |  |  |  |
| LA PAZ |  |  |  |  |
| Quisbert Guarachi Tomas | EPSAS | Gerente técnico | 71541035 | [quisbertt@epsas.com.bo](mailto:quisbertt@epsas.com.bo) |
| Ramirez Edson | UMSA-IHH | Investigador |  |  |
|  |  |  |  |  |
| ORURO |  |  |  |  |
| Pinaya Céspedes Raquel | SELA | Jefa de Planificación |  | [rapicesp@gmail.com](mailto:rapicesp@gmail.com) |
| España Lourdes | SELA | Jefa de Producción y distribución | 72450874 | [lspana\_r@hotmail.com](mailto:lspana_r@hotmail.com) |
| Miranda Aranibar Julio Cesar | GAD Oruro | Técnico SEDACyR | 71436066 | [jcesar1188@gmail.com](mailto:jcesar1188@gmail.com) |
| Suarez Antonio | GAD Oruro | Coordinador SEDACyR | 71182585 | [antoniosuarezc@gmail.com](mailto:antoniosuarezc@gmail.com) |
|  |  |  |  |  |
| POTOSI |  |  |  |  |
| Lima Alberto | AAPOS | Jefe Técnico | 69630101 | [calslima@hotmail.com](mailto:calslima@hotmail.com) |
| Callapino Jhonny | GAD-Potosí | UNASBA | 72413547 | [jhocaquis@yahoo.com](mailto:jhocaquis@yahoo.com) |
| Janco Gary | GAD-Potosí | Unidad de Cuencas | 73877491 | [riga.metrix@gmail.com](mailto:riga.metrix@gmail.com) |
| Mariscal Cortez Omar | SENAMHI Potosí | Responsable regional | 26246960 |  |
| Gomez Condori Hugo | Universidad Tomas Frias | Docente Investigador | 79560023 | [hugogc34@hotmail.com](mailto:hugogc34@hotmail.com) |
|  |  |  |  |  |
| SANTA CRUZ |  |  |  |  |
| Calvimontes Ordoñez Tito | SAGUAPAC | Jefe Departamento Control de calidad | 78164050 | [calvimontes.tito@saguapac.com.bo](mailto:calvimontes.tito@saguapac.com.bo) |
| Chririnos Cristina | SENAMHI-Santa Cruz | Responsable Regional | 60614122 |  |
| Ernesto Arnez | SEARPI - GAD Santa Cruz | Responsable de hidrología | 3462145 | [flavioar2000@gmail.com](mailto:flavioar2000@gmail.com) |
|  |  |  |  |  |
| TARIJA |  |  |  |  |
| Almazan Pedro | COSALT - Departamento de Producción | Jefe de Departamento | 65800779 | [almazan-pedro@hotmail.com](mailto:almazan-pedro@hotmail.com) |
| Higueras Noira | COSALT - Departamento de Distribución | Tecnico encargado de distribución y RANF | 70214837 | [noiritabhf@gmail.com](mailto:noiritabhf@gmail.com) |
| Carrillo Victor | SENAMHI-Tarija | Director regional | 72998508 | [vcarrillo@senamhi.gob.bo](mailto:vcarrillo@senamhi.gob.bo) |
| Arcienega Paniagua Marco | GAD Tarija Dirección de Cuencas | Director Unidad Cuencas |  |  |
| Añazgo Victor | GAD Tarija Dirección de Servicios Basicos y vivienda | Técnico-Fiscal de Agua | 79250427 | [paul-tar@hotmail.com](mailto:paul-tar@hotmail.com) |

1. Planes Especiales de Sequía, Ministerio de Agricultura y Pesca de España. http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia [↑](#footnote-ref-1)
2. Detallar: [↑](#footnote-ref-2)