

## GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE SEQUIA PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Extraído de la Sección 7 Plan de Gestión Ambiental y Social (PGAS) del Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS) elaborado por CPM

### 1.1.1 Introducción

Las sequias son parte normal de virtualmente cualquier clima. En particular zonas áridas o semiáridas como es el caso del altiplano boliviano deben contar con una metodología clara de acción ante la presencia de sequias frecuentes y de gran magnitud. Es por esta razón que se hace imprescindible elaborar la presente guía metodológica mediante la cual se esbozan una serie de elementos claves para un plan de sequía que pueda ser desarrollado en la eventual materialización de un evento de sequía extremo.

Se espera que Bolivia sea uno de los países de Sur América más afectados por la reducción del suministro de aguas continentales generada por el cambio climático (Winters, 2012) afectando tanto los sistemas productivos agrícolas en las zonas rurales como también los de abastecimiento de agua a las zonas urbanas. Esto se hace aún más crítico en la zona del altiplano, debido a su clima ya de por sí seco, bajos índices de precipitación anual y al hecho que cerca de un 50% de su población está dedicada a actividades agropecuarias.

De acuerdo a un estudio de variabilidad espacio-temporal de sequias en Bolivia, para los periodos comprendidos entre 1955 y 2012 (Vicente-Serrano, 2014), los eventos más severos de sequias ocurrieron entre 1960 y el 2000 con un aumento en la severidad de las sequias en los últimos años. El estudio indica que el patrón encontrado podría estar relacionado con el aumento de temperatura en los Andes y que se ha estimado en 0.1 grados centígrados por década desde 1940 (Vuille et al, 2008). El estudio se basó en datos disponibles para Bolivia para unos 60 años en base a dos índices: (i) El índice de precipitación estandarizado (SPI) y (ii) el índice de precipitación- evaporación estandarizado (SPEI).

De igual forma el estudio indica que los eventos de sequía ocurren con mayor frecuencia en el altiplano que en la región amazónica y las tendencias analizadas indican un incremento en su severidad. Según indica el autor, su aparición al parecer está regida por la aparición del evento del Niño como lo mencionan algunos autores (Thompson et al, 1984, Garreaud y Aceituno 2001).

Uno de los puntos más sobresalientes en las conclusiones de la investigación es la necesidad de desarrollar planes de sequía que incluyan la provisión de datos confiables, continuos y de fácil acceso para alimentar los procesos de toma decisión, es decir pasar de un enfoque reactivo a uno preventivo. El grupo de indicadores que presenta el estudio pueden ser considerados como una alternativa para informar más claramente a los diferentes usuarios del agua sobre los niveles de riesgo asociados a un evento de sequía, categorizando su severidad y extensión geográfica. Por tal motivo y en respuesta a la necesidad de vigilar la evolución de estas variables, el estudio recomienda la implementación de un sistema de monitoreo de sequias, el cual podría estar basado en el SPI ([www.dmcsee.org](http://www.dmcsee.org)) o en el SPEI (<http://sac.csic.es/spei/map/maps.html>). La presente guía recomienda la consideración de ambos índices en el eventual desarrollo de un sistema de monitoreo de sequias en el altiplano.

### **1.1.2 Contexto histórico de sequías en Bolivia**

Las sequías en el Altiplano boliviano están normalmente asociados con el evento del Niño. El 2008 y 2009 el fenómeno del niño causó importantes pérdidas por sequías en diferentes regiones de Bolivia, principalmente en el Chaco Boliviano y en el Altiplano. El evento de sequía fue mucho más marcado en 2009, con pérdidas valoradas hasta en un 30% más que las registradas en 2008. En el altiplano sur, la falta de lluvias provocó pérdidas en 32 municipios del altiplano (Oruro y La Paz), donde al menos 23 mil familias perdieron sus cultivos de papa, haba y quinua a consecuencia de la intensa sequía en el altiplano sur del departamento de La Paz, viéndose afectadas unas 20 mil hectáreas de tierra. (nota de prensa Los Tiempos, 16/11/2009)

Con la finalidad de reducir la vulnerabilidad del altiplano de La Paz al efecto cada vez más intenso de las sequías, entre 2009 y 2010, la Gobernación del Departamento ha llevado adelante un Programa de Perforación de Pozos con el apoyo de la cooperación Japonesa JICA.

### **1.1.3 Cambio climático y las sequías en Bolivia**

Las consecuencias del cambio climático podrían exacerbar las sequías en Bolivia (Vicente-Serrano et al, 2014). Se han llevado a cabo varios estudios para esta región en base a modelos de circulación global los que muestran una evolución hacia un clima más seco y caliente durante la estación seca. Algunos estudios en particular para Bolivia predicen reducciones en la humedad de los suelos durante el verano desde el 2020 en adelante lo que resultaría en una reducción de las precipitaciones y aumento en las tasas de evapotranspiración durante el verano (Thibault et al, 2012). Un estudio de cambio climático reciente para Bolivia (Seiler et al, 2013b) en el cual se emplearon 35 modelos de circulación global bajo cinco diferentes escenarios de emisiones para el periodo 2070-2099, indica que podría haber un aumento de temperatura entre 2.5 a 5.9 grados centígrados con una reducción en la precipitación del 9% acentuada durante los meses secos. El estudio indica sin embargo que al nivel anual los modelos presentan diferentes resultados aumentando así la incertidumbre en estas proyecciones.

Otro estudio (Thibault, 2010) indica un incremento substancial en la ocurrencia de olas de calor extremo en el altiplano boliviano lo que afectaría seriamente los sistemas productivos durante el periodo seco. Todas estas investigaciones apuntan hacia la necesidad de iniciar cuanto antes un proceso adaptativo que debería incluir además de inversiones específicas para mejorar los sistemas de captación y regulación de agua, un sistema de monitoreo que permita identificar con suficiente tiempo de antelación determinadas condiciones de riesgo y así poder actuar preventivamente. Es por esto la importancia de poder contar con un plan para el manejo de un evento de sequía en la zona del altiplano y un sistema de monitoreo y vigilancia.

### **1.1.4 Mecanismos de respuesta actuales**

En la actualidad los mecanismos operativos de respuesta a sequías en Bolivia son principalmente reactivos, activándose solamente cuando aparece el evento de sequía. Existen también algunos sistemas de alerta temprana que permiten activar medidas para mitigar los efectos de las sequías.

La Ley Marco de Autonomías y Descentralización establece en su artículo 100 que la primera instancia de respuesta inmediata a las emergencias son los gobiernos municipales, los cuales

deberían contar con un presupuesto destinado para este cometido. En los municipios donde el problema de la sequía es crítico, por ejemplo en la región del Chaco, los municipios si cuentan con recursos en su planificación, los cuales les permiten brindar atención a las familias y ganado afectados. La segunda instancia corresponde a los Gobiernos Departamentales.

A nivel nacional se destaca el trabajo del Ministerio de Defensa, a través del Viceministerio de Defensa Civil. Éste identifica las regiones que se encuentran en condición crítica respecto a familias, cultivos y ganado afectado por la sequía, para priorizar su atención con alimentos, herramientas, tanques de agua, forraje y semillas en coordinación con las Unidades de Gestión de Riesgo de los municipios, con la Unidad de Gestión de Riesgo Agropecuario y Cambio Climático del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) y con la unidad de Gestión de Riesgos del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego del Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Dirección General de Prevención y Reconstrucción del Viceministerio de Defensa Civil, prepara y actualiza periódicamente el Plan Nacional de Rehabilitación para las regiones más afectadas tanto por eventos de sequía como otros eventos climáticos y desastres naturales.

El Viceministerio de Defensa Civil cuenta con una Unidad de Alerta Temprana y el Sistema Integrado de Información para la Gestión de Riesgo (Sinager). La unidad de alerta temprana monitorea principalmente la precipitación acumulada durante la época seca, desde abril y la compara con los valores normales o promedio; en función de la evolución de este indicador, promueve acciones para mitigar los efectos de la sequía. El Sinager, recopila y administra la información relacionada con los impactos de las sequías y otros riesgos, las misma que es utilizada para la planificación de acciones correspondientes..

El Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) cuenta con la Unidad de Gestión de Riesgo Agropecuario y Cambio Climático la cual tiene como misión “planificar acciones preventivas para posibles eventos climáticos adversos y del Cambio Climático que puedan incidir negativamente en la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria en coordinación con otras instancias del poder ejecutivo, gobiernos autónomos departamentales, municipales, organizaciones sociales, campesinas, de productores y desarrollar respuestas a emergencias provocadas por desastres naturales” (<http://vdra.agroboivia.gob.bo/index.php?variable=323&indice=0>). Por lo que se advierte en las notas de prensa consultadas, esta Unidad todavía no tiene el liderazgo esperado, y es todavía el Viceministerio de Defensa Civil el principal actor en la atención de emergencias de origen climático incluidas las sequías.

Si bien el Ministerio de Medio Ambiente y Agua debería tener un rol principal en la gestión de riesgos relacionados con el agua y el clima, actualmente su participación se limita a proporcionar información hidro-climática a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y a apoyar logísticamente al Viceministerio de Defensa Civil.

En conclusión, Bolivia cuenta con mecanismos para la atención de daños provocados por eventos de sequía, e incluso cuenta con un sistema de alerta temprana que permite iniciar acciones de mitigación. Sin embargo, se ha podido constatar que no se cuenta con estrategias de gestión de embalses en casos de sequía. Es necesario que se puedan mejorar los mecanismos existentes aumentando la capacidad de prevención de los riesgos de sequía, mejorando los sistemas de monitoreo y alerta, y definiendo estrategias de control y/o mitigación de los riesgos.

### 1.1.5 Elementos básicos de un Plan de sequías para la zona del proyecto

Los elementos mínimos que debe incluir un plan de sequías para el altiplano son los siguientes:

(i) **Estructuración de un esquema organizacional de reacción junto a pasos y procesos detallados para la designación de una Fuerza de Trabajo ante la Sequía (FTS)**, la cual debería estar conformada por una amplia gama de actores representando los diferentes usos y tipos de usuarios e incluyendo a los gobiernos municipales y nacionales. Idealmente y en paralelo con la designación de la FTS, es recomendable el desarrollo de una página web que contenga información sobre el proceso de planeación, una copia del plan para el manejo de la sequía e información actualizada sobre el recurso hídrico y el clima. La misma podría ser administrada por la FTS. El Plan de Sequías debe tener tres componentes principales: 1) monitoreo, 2) evaluación de riesgos, y 3) mitigación y respuesta. Los expertos recomiendan la creación de comités para el manejo de los dos primeros componentes, ya que las acciones de mitigación y respuesta pueden ser adelantadas por la FTS (figura siguiente).

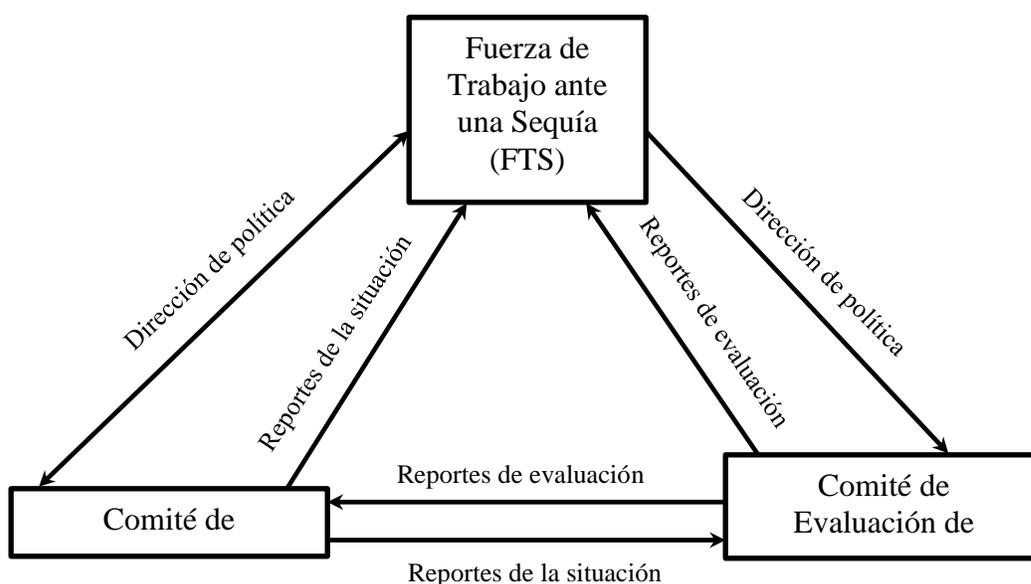


Figura 7.17-1. Estructura organizacional para abordar un evento de sequía que muestra las diferentes conexiones los comités y la FTS. (Fuente: *The Basics of drought planning*, Wilhite et al.)

#### **Fuerza de Trabajo ante la Sequía (FTS)**

Esta última debe trabajar en coordinación con los comités e idealmente estar conformada por los responsables de política pública. Algunas de las responsabilidades de la FTS podrían incluir:

- Determinar acciones de respuesta y mitigación para cada uno de los sectores impactados en cooperación con un comité de evaluación de riesgos y a diferentes escalas de tiempo. Por ejemplo, acciones de respuesta de corto plazo para ser implementadas durante el evento de sequías, tales como guías para la

conservación voluntaria de agua, una línea directa de contacto y de información sobre mejores prácticas para productores agropecuarios y ciudadanos. Por el otro lado, algunas acciones de mitigación de largo plazo pueden incluir programas educativos que puedan darle a las diferentes audiencias suficiente conocimiento para poder interpretar los reportes de seguimiento de un evento de sequía como los índices de sequía que se desarrollen.

- Inventariar todo tipo de asistencia disponible desde el nivel municipal (local) hasta el nivel nacional en el caso de un evento extremo de sequía. La FTS debería evaluar estos programas en cuanto a su disponibilidad de responder a emergencias de corto plazo y disminuir la vulnerabilidad a un evento de sequía a largo plazo.
- Trabajar con los comités de evaluación de riesgo y monitoreo para determinar elementos disparadores/umbrales de riesgo. El comité de monitoreo debe estar en la capacidad de indicar que índices de suministro de agua y sequía son más relevantes para la región. En algunos casos es muy útil establecer una secuencia de términos descriptivos para los niveles de alerta del suministro de agua tales como: “vigilante”, “alerta”, “emergencia”, “racionalizar”. Las autoridades regionales deberían ayudar a las organizaciones locales que administran el recurso en el establecimiento de umbrales para diferentes niveles de racionalización del agua antes que se presente una sequía.
- Establecer áreas muy bien definidas y más pequeñas para el manejo efectivo de eventos de sequía (por ejemplo a nivel de distritos). Estas sub-divisiones serían creadas en base a factores relacionados con factores topográficos, uso del suelo o caracterización del uso del recurso hídrico. La FTS deberá trabajar con el comité de monitoreo para poder entender mejor las fronteras naturales como también limitaciones impuestas por los sistemas actuales de recolección de datos. De igual forma la FTS deberá trabajar con el comité de evaluación de riesgos para entender mejor los impactos de un evento de sequía por unidad de tiempo sobre los diferentes sectores económicos y grupos sociales.

A nivel nacional ya se cuenta con una FTS la cual está conformada por el Viceministerio de Defensa Civil, de la Unidad de Gestión de Riesgo Agropecuario y Cambio Climático del MDRyT y de la Unidad de Gestión de Riesgos del VRHyR, los cuales ya coordinan acciones de respuesta a eventos de sequía. Esta FTS requiere de un proceso de fortalecimiento institucional en el cual se puedan desarrollar capacidad técnica para el monitoreo, evaluación de riesgos que permitan elaborar planes o estrategias efectivas de prevención y/o mitigación de los riesgos de sequía. En este fortalecimiento institucional se debe rescatar toda la experiencia que tiene el grupo, especialmente el Defensa Civil, y se debe lograr la incorporación efectiva de las unidades de gestión de riesgo del MDRyT y del MMAyA para que puedan aportar desde sus áreas de experticia.

Es necesario que la FTS se desarrolle o fortalezca también en los niveles departamentales y municipales a través de la capacitación de personal técnico, y de la conformación de unidades de gestión de riesgos donde ésta no existe. En los municipios pequeños, se debe promover el fortalecimiento en gestión de riesgos de sequía a las direcciones técnicas con las que se cuenta.

Para el Proyecto Multipropósito en particular, es importante la conformación de una FTS conformada por los municipios de Batallas, Pucarani y El Alto, y por el comité de gestión de las presa Khotia Khota y Taypichaca, la cual a su vez está conformada por representantes de las asociaciones de regantes y de la operadora de agua EPSAS. En el

fortalecimiento de esta FTS, es muy importante rescatar los saberes y experiencia de cada una de estas instituciones.

### ***Comité para el Monitoreo (CM)***

El comité para el monitoreo de un evento de sequía debe incluir representantes de agencias cuyo mandato es monitorear el clima y el suministro de agua. Se recomienda que datos e información de cada uno de los indicadores que sean seleccionados (e.g. índice de precipitación, índice de evaporación-precipitación, temperatura, niveles en los reservorios, volumen estimado de hielo en los nevados, entre otros) sean considerados en las reuniones de evaluación del comité. Este deberá mantener reuniones frecuentes y en especial antes de la estación con pico de demanda y emitir reportes del avance y situación actual de un evento de sequía, para lo que trabajara muy de cerca con diferentes medios de comunicación. Los objetivos principales del CM incluyen:

- Ayudar a los desarrolladores de política en la adopción de definiciones operacionales del concepto de sequía, de manera que éstos puedan ser usados para activar y desactivar niveles de acción nacional y sub-nacional en respuesta a un evento de sequía. La tendencia en muchos lugares es utilizar varios índices de sequía como indicadores de impacto en varios sectores.
- Ayudar a la FTS a establecer áreas geográficas que puedan ser manejadas efectivamente bajo un evento de sequía. De hecho, el comité puede ser particularmente útil en comunicar claramente las fronteras naturales de las cuencas como también límites y barreras impuestas por los datos disponibles.
- Desarrollar un sistema de monitoreo de sequías. El gran reto del comité será el de coordinar e integrar el análisis de manera que los desarrolladores de política y el público en general reciban alertas tempranas de las condiciones emergentes de un evento de sequía.
- Realizar un inventario de la calidad y cantidad de datos provenientes de las redes actuales de observación. Los datos meteorológicos son importantes pero representan en realidad una porción muy pequeña de un sistema completo de monitoreo. De ahí la importante de contar con un sistema integrado de información al cual el comité pueda tener acceso y pueda utilizar para generar sus reportes.
- Trabajar con la FTS y el comité de evaluación de riesgos para determinar las necesidades de tipo de datos de los usuarios primarios de la información.
- Desarrollar y/o modificar sistemas actuales de suministro de información y datos.
- Fortalecimiento del sistema de alerta temprana con el que se cuenta actualmente.

A nivel nacional, el Comité para el Monitoreo podría estar conformada por el SENAMHI y técnicos representantes de las instituciones que conforman la FTS. En esta agrupación, el SENAMHI es responsable de la generación de información y de mejorar el sistema de monitoreo hidrometeorológico existente, y todos son responsables de realizar el cálculo de indicadores o índices de sequía, de su organización, y divulgación. Es importante el fortalecimiento institucional de este comité en lo técnico, en lo organizativo y es importante que se asignen recursos suficientes para su equipamiento continuo y para su buen funcionamiento.

Los niveles departamentales y municipales deben contar con acceso a la información generada por el comité de monitoreo nacional y también a la información básica para que puedan realizar sus propios análisis. En caso de que éstos contaran con sistemas de monitoreo propios, la información debe ser compartida con el nivel nacional en tiempo real.

Para el Proyecto Multipropósito es necesario implementar un sistema de monitoreo local el cual sea administrado por la FTS local a través de su propio CM. La operadora de agua EPSAS es la institución local que cuenta con más experiencia en monitoreo y no así los regantes. Por esta razón, se debe trabajar para que éstos adquieran los conocimientos y capacidades necesarios para que puedan participar proactivamente en la tarea de monitoreo. La información del sistema de monitoreo local debe ser compartida con los niveles departamental y nacional en tiempo real, y el comité de monitoreo interactuará con los niveles municipales, departamentales y nacionales compartiendo resultados, criterios y experiencias.

### ***Comité de Evaluación de Riesgos (CER)***

Según los expertos, el enfoque más acertado en la determinación de la vulnerabilidad e impactos de un evento de sequía es a través de grupos de trabajo bajo el apoyo del comité de evaluación de riesgos. Este último tendrá la responsabilidad de dirigir las actividades de cada uno de estos grupos y hacer recomendaciones de acción a la FTS. Existen hoy en día diferentes metodologías para evaluar y reducir los riesgos asociados con un evento de sequía pero en general éstas están divididas en seis tareas: (i) creación de un equipo multidisciplinario, (ii) evaluar los efectos de sequías pasadas, (iii) estratificar los impactos, (iv) identificar las causas subyacentes, (v) identificar maneras de reducir los riesgos, (vi) escribir una lista de prioridades.

Los CER deben ser implementados en todos los niveles. En el caso del Proyecto Multipropósito, la FTS local debe contar con su propio CER.

**(ii) Definición del propósito y objetivos del Plan de Sequías.** Algunas preguntas que pueden ayudar a definir el propósito de dicho plan son:

- Propósito y rol del municipio y gobernación en los esfuerzos de mitigación y respuesta a la sequía
- Alcance del plan y definición de las zonas que serían afectadas, para lo que sería muy útil contar con un mapa de vulnerabilidad y riesgo
- Información histórica sobre los impactos de las sequías y los mecanismos de respuesta
- Rol específico del plan en la resolución de conflictos entre usuarios y otros grupos vulnerables en periodos de escases del recurso
- Tendencias actuales que disminuirían/aumentarían conflictos en el futuro y tendencias a futuro; revisión de modelos climáticos para evaluar escenarios a mediano y largo plazo para alimentar los procesos de toma de decisión
- Recursos humanos y económicos que el municipio/región estaría dispuesto a colocar durante el proceso de planeación
- Implicaciones legales y sociales del plan como también principales asuntos ambientales causados por el evento de sequía

En términos generales, el plan de manejo de sequías debería proveer al gobierno de los medios sistemáticos y efectivos para evaluar las condiciones de la sequía, desarrollar acciones y programas de mitigación para reducir riesgos antes que esta se presente e identificar opciones de respuesta que minimicen el estrés económico, pérdidas ambientales y dificultades sociales. Con relación a los objetivos del Plan de Sequía, algunos de los que se deberían considerar incluyen:

- Recolectar y analizar información relacionada a sequias a tiempo y de manera sistemática
- Establecer criterios para declarar emergencias por sequias y engatillar varias acciones de respuesta y mitigación
- Proveer una estructura organizacional y entregar un sistema que asegure flujos de información entre y dentro de diferentes niveles del gobierno
- Definir obligaciones y responsabilidades de todas las agencias con respecto a la sequia
- Mantener un inventario actualizado de programas municipales y nacionales usados en la evaluación y respuesta de emergencias por sequia
- Identificar: (1) zonas propensas a sequias dentro del municipio/territorio, (2) sectores económicos vulnerables
- Proveer un mecanismo para asegurar una evaluación a tiempo y precisa de sobre los impactos del evento de sequía sobre las principales actividades económicas, comunidades y servicios ecosistemicos
- Mantener al público informado sobre las condiciones actuales y acciones de respuesta, poniendo a disposición de los medios de comunicación información precisa y a tiempo
- Buscar y establecer una estrategia para eliminar obstáculos que impidan una distribución equitativa de agua durante periodos de escasez y establecer requerimientos o proveer incentivos para estimular la conservación del agua
- Establecer un grupo de procedimientos para evaluar continuamente y poner en práctica el plan; de igual forma su revisión periódica para asegurar cumplimiento con las necesidades del municipio/territorio.

En el nivel nacional se cuenta con planes de gestión de riesgos en los cuales se incluye el tema de sequías. Es importante que en este plan se puedan incluir nuevas regiones en función de los requerimientos de los niveles subnacionales.

A niveles departamental y municipal es importante que se puedan elaborar planes locales, articulados con el plan nacional y que recojan las necesidades locales. En el caso del proyecto multipropósito y de su área de influencia, es importante contar con un plan específico de sequías el cual se debe ir construyendo primero, a partir de estudios y modelizaciones y del recojo de experiencias y saberes locales, y luego en base a las experiencias en la etapa de operación del proyecto

**(iii) Participación de todas las partes interesadas y resolución de potenciales conflictos.** Es esencial que la FTS identifique todos los grupos de la sociedad que deben estar presentes en los ejercicios de planificación ante una sequía, promoviendo sobretodo la participación pública. Una forma de hacerlo es estableciendo un *consejo asesor ciudadano* como un elemento permanente del plan de sequias para ayudar a la FTS a mantener la información fluyendo y resolver conflictos entre actores.

Para el Proyecto Multipropósito, el consejo asesor ciudadano estaría conformado por representantes de las organizaciones sociales: de las centrales y subcentrales agrarias y de la federación de juntas de vecinos de la ciudad de El Alto.

**(iv) Elaboración de un inventario de fuentes e identificación de grupos bajo riesgo.** La FTS debe iniciar un inventario de recursos naturales, biológicos y humanos, incluyendo la identificación de restricciones que pudiesen impedir el inicio del proceso de planeación.

Se hace imprescindible determinar la vulnerabilidad de estas fuentes a periodos de escasez del recurso que resultan de un evento de sequía e identificar áreas de alto riesgo. De acuerdo a (Blaikie et al, 1994) el riesgo puede ser definido por la exposición de una localidad específica ante un evento de sequía y su vulnerabilidad ante periodos de escasez de agua inducidos por eventos de sequía.

**(v) Integración de la ciencia y las políticas públicas.** Una parte esencial del proceso de planeación es integrar las políticas para la gestión de un evento de sequía y la ciencia. La FTS debería compilar una lista de deficiencias en cuanto a necesidades de investigación y vacíos institucionales que vayan apareciendo durante los procesos de planeación para responder a eventos de sequía. Por ejemplo el comité de monitoreo podría recomendar el establecimiento o el mejoramiento un programa actual de monitoreo de agua subterránea. En paralelo se considera como una buena práctica el uso de procesos de apoyo a la toma de decisiones para facilitar la evaluación de posibles alternativas de respuesta, sus costos asociados y efectividad. En particular, el uso de herramientas computacionales pueden facilitar el análisis de alternativas mediante la simulación de los diferentes sistemas de abastecimiento y consumo del recurso hídrico.

**(vi) Publicación y socialización del Plan de Sequias.** Debe existir un canal de comunicación con el público en general muy abierto. Algunos temas para enfatizar en el proceso de emisión de noticias o comunicados de prensa o en el marco de reuniones de información durante o después de una sequía, incluyen: (i) Como se está ejecutando el plan de sequias para aliviar los impactos de una sequía? (ii) Cuanto costara la implementación de cada opción y como será financiada? (iii) Que tipo de cambios en comportamiento se esperaría de las personas como resultado de los diferentes niveles de sequía que se pudiesen presentar? Algunos expertos recomiendan que durante el evento de sequía, la FTS debería trabajar directamente con profesionales en el campo de manejo de información pública, para mantener al público bien informado acerca del estado actual del suministro de agua y los umbrales de riesgo. De igual forma es importante que el público puedan saber dónde acudir para solicitar asistencia específica.

**(vii) Implementación del Plan incluyendo aspectos de largo plazo.** La FTS será la responsable por la supervisión de la implementación tanto de aspectos operacionales de corto plazo como de las medidas de respuesta de largo plazo. Es necesario mantener el plan actualizado para que responda a las necesidades del municipio/región por lo que se recomienda que el mismo sea evaluado y probado con cierta frecuencia. Incluso los expertos recomiendan llevar a cabo una evaluación bajo condiciones simuladas de sequía antes de que el Plan de Sequia sea implementado.

**(viii) Desarrollo de programas educativos.** Se hace absolutamente necesario ajustar la información a las necesidades de grupos específicos. La FTS deberá considerar la preparación de presentaciones y materiales educativos para eventos que busquen conciencia entre la población. En líneas generales será clave el desarrollo de un programa educativo de amplia base para crear conciencia de los problemas que puedan generarse en el corto o largo plazo en el suministro de agua de manera que la población sepa cómo reaccionar en caso de un evento de sequía.

**(ix) Evaluación post-sequia.** Se hace necesario documentar y analizar las acciones de respuesta tomadas durante un evento de sequía. Este proceso permitirá la generación de recomendaciones para el mejoramiento del sistema de respuesta. Una evaluación post-sequia debería incluir como mínimo los siguientes elementos: (i) un análisis de los aspectos climáticos y ambientales de la sequía, (ii) sus consecuencias sociales y económicas, (iii) un análisis que muestre claramente hasta qué punto las actividades de planificación pre-sequia fueron útiles en: a) mitigar los impactos, b) facilitar la asistencia a las áreas afectadas y c) en la post-recuperación. De igual forma se debe centrar atención hacia el análisis de aquellas situaciones en las que los mecanismos de respuesta funcionaron bien y las comunidades mostraron resiliencia a los impactos.

## **1.1.6 Consideraciones hidrológicas y de regulación de base para la elaboración de un Plan de Sequía para las sub-cuencas que abastecen el proyecto.**

### **1.1.6.1 Consideraciones generales**

Para elaborar un primer Plan de Sequía para el área del Proyecto Multipropósito es necesario realizar el análisis de la siguiente información:

- caudales registrados por SENAMHI en el periodo 1974 – 1980, para las sub-cuencas de aportación del proyecto
- caudales simulados para el periodo 1945 al 2011, para las sub-cuencas de aportación del proyecto.
- estudio de regulación elaborado en el marco del estudio TESA.

Es importante considerar, además, que los caudales están regulados anual, e inclusive multianualmente por las presas del proyecto, por lo cual, un análisis que no tome en cuenta esta capacidad de regulación del sistema no es adecuado.

Para la elaboración de un primer plan, se debe aprovechar herramientas con las que ya dispone, por ejemplo la herramienta de gestión elaborada por el SEI (2013), es decir, el modelo en WEAP del sistema de abastecimiento del área metropolitana de las ciudades de La Paz y El Alto. Para su empleo en la elaboración del plan de sequías, esta herramienta debe ser actualizada y mejorada. Su empleo permitirá explorar el desempeño de las diferentes medidas de prevención y mitigación, y la elección de las medidas más prometedoras.

Por otra parte, una vez que el proyecto haya sido implementado, es necesario que se realice el monitoreo de los volúmenes aportados, embalsados y despachados en las presas para generar información que permita ir actualizando y mejorando el Plan de Sequía. Este trabajo deberá formar parte de las responsabilidades del Comité de Monitoreo.

En el presente trabajo se exploran los resultados del estudio de regulación elaborado en el marco del estudio TESA con la finalidad de dar unas primeras ideas de líneas de acción que podrían ser consideradas en casos de sequía y se proponen estudios que deben ser realizados en el marco de la elaboración del plan.

En términos generales, las medidas conducentes a mitigar o prevenir los efectos adversos de una sequía están orientadas a reducir el consumo de agua y a guardar la mayor cantidad de agua posible para utilizar en los tiempos secos, es decir, un racionamiento controlado del agua el cual que puede ser aceptado por los usuarios. Una pregunta difícil de resolver cuando se

tienen varios usuarios es cuanto se raciona a cada uno. Un planteamiento razonable es, en una primera instancia, racionar el agua proporcionalmente a las necesidades de cada usuario hasta alcanzar un límite a partir del cual se debe empezar a priorizar el uso para consumo humano.

### 1.1.6.2 Sistema Taypichaca

Para el análisis de sequías se trabaja con años contrarios a los hidrológicos, es decir, dispuestos de modo que la época seca quede en el centro del año y la época de lluvia quede en los extremos. Esto permite no considerar dos años como fallos por sequía cuando en realidad se trata de un solo evento de sequía. El año corriente se ajusta perfectamente a esta situación en la región del Proyecto Multipropósito.

Organizados de esta manera los años, podemos identificar 66 periodos completos en el estudio de regulación, desde enero de 1946 hasta diciembre de 2011. A continuación se determinan los números de años con evento de sequía, la magnitud del déficit y otros estadísticos que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 7.17-1. Estadísticas de fallos en el abastecimiento de agua para riego y consumo humano para el sistema Taypichaca.**

Número total de años simulados:	66
Número de años con fallo:	11
Años con fallo después de otro año con fallo:	3
Número de veces con tres fallos consecutivos:	1
Garantía de suministro:	83.3%
Probabilidad de fallo:	16.7%
Probabilidad de 2 años consec.o más de fallo:	27.3%
Probabilidad de 3 años consec. de fallo:	9.1%
Volumen promedio de déficit (hm <sup>3</sup> ):	0.67
Volumen máximo de déficit (hm <sup>3</sup> ):	8.06

*Fuente: Elaboración propia en base a Estudio de Regulación (PROINTEC, 2014)*

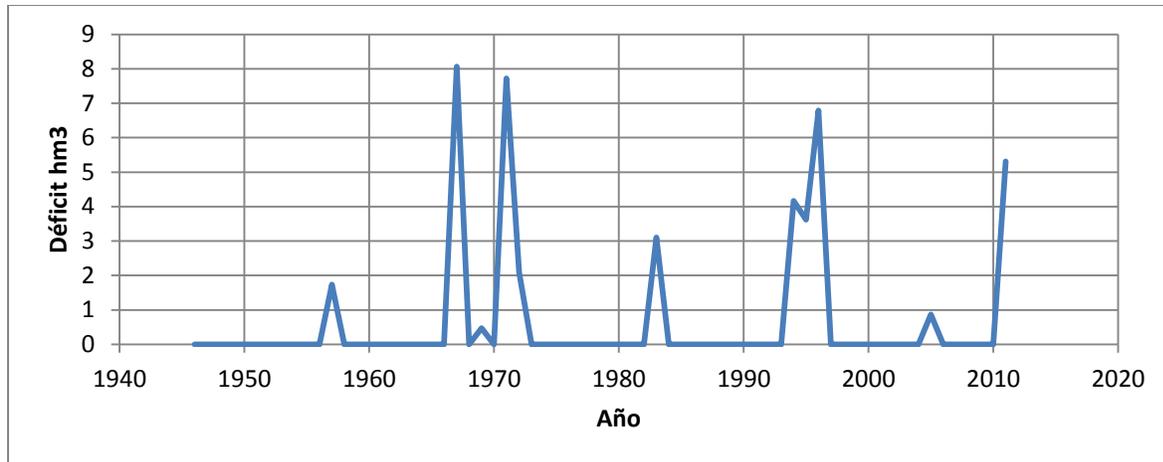


Figura 7.17-2. Déficit en la provisión de para el sistema Taypichaca.

Como se puede observar, el sistema tiene una garantía anual de suministro de 83.3%, el cual responde a la garantía de diseño de 80%. Se ve que existe una probabilidad importante (27.3%) de que se presente un nuevo año con sequía después de un año con sequía. Por lo tanto, una medida de prevención o mitigación será racionar el agua que pueda ser recolectada en la época de lluvia que sigue a la primera sequía. La probabilidad de que se presente un tercer año de sequía es menor y probablemente no amerite tomar medidas. Se observa además que el déficit máximo observado, digamos con un periodo de retorno de 60 a 70 años es de 8.06 hm<sup>3</sup>. Este volumen podría utilizarse para planificar el racionamiento en consulta con los usuarios.

Se advierte que el análisis realizado no permite planificar medidas para prevenir o mitigar los impactos de una sequía que se presenta después de uno más años sin fallo. Esto podría ser resuelto estudiando la probabilidad de que se presente un evento de sequía después de n años sin fallo. Es evidente que mientras más años pasen sin fallo, mayor ha de ser la probabilidad de que el siguiente año se presente una sequía, y dependiendo del nivel de riesgo que los usuarios estén dispuestos a asumir, se puede decidir después de cuantos años sin fallo es necesario realizar un racionamiento preventivo.

El monitoreo de variables como el SPI y el SPEI, mencionados al principio del documento podría permitir avizorar el advenimiento de un evento de sequía de manera más objetiva. Para esto es necesario evaluar el valor de estos índices para todo el periodo de dimensionamiento y relacionarlos con los fallos que se presentan en la simulación y su magnitud. A partir del análisis se podrá definir límites de estas variables para los cuales se activan diferentes acciones.

Otra variable importante a ser considerada en la prevención o mitigación de impactos de sequía es el nivel de agua en el embalse y la época del año. Cuando se observan descensos más allá de lo normal, donde lo normal depende de la época del año) será importante empezar los racionamientos.

### 1.1.6.3 Sistema Khotia Khota – Khara Khota

Realizando el mismo análisis que para el sistema Taypichaca se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 7.17-2. Estadísticas de fallos en el abastecimiento de agua para riego y consumo humano para el sistema Khotia Khota – Khara Khota.**

Número total de años simulados:	66
Número de años con fallo:	18
Años con fallo después de otro año con fallo:	10
Número de veces con tres fallos consecutivos:	6
Garantía de suministro:	72.7%
Probabilidad de fallo:	27.3%
Probabilidad de 2 años consec.o más de fallo:	55.6%
Probabilidad de 3 años consec. de fallo:	33.3%
Volumen promedio de déficit (hm3):	4.17
Volumen máximo de déficit (hm3):	13.42

Fuente: Elaboración propia en base a Estudio de Regulación (PROINTEC, 2014)

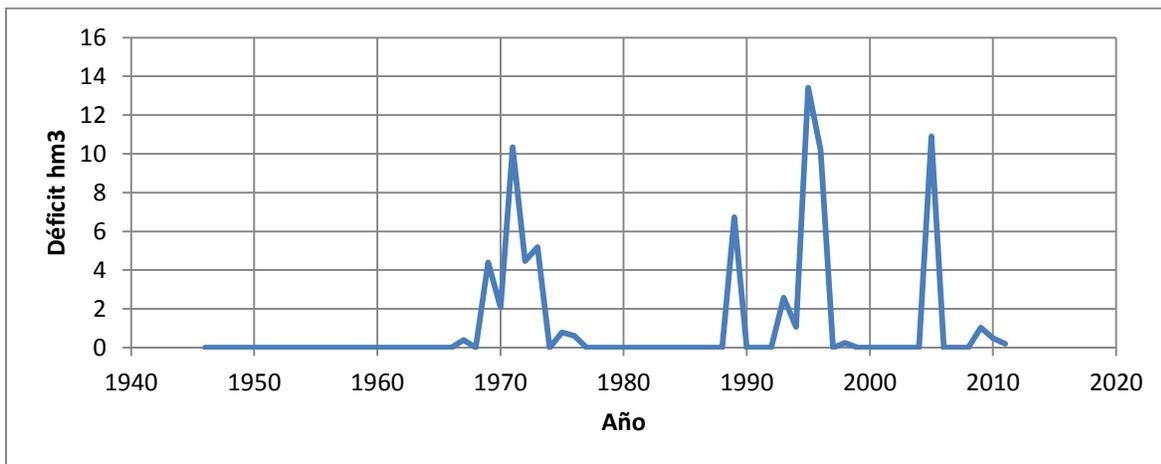


Figura 7.17-3. Déficit en la provisión de para el sistema Khotia Khota – Khara Khota

En este caso, por tratarse de dos represas en cascada el sistema es más complejo. Podemos observar que la garantía de abastecimiento es de 72.7%, menor a la garantía de diseño, sin embargo, esto no quiere decir que esté mal. Simplemente, no todas las veces fallan el abastecimiento de agua potable y el abastecimiento de agua para riego al mismo tiempo, de modo que la garantía para cada uno de ellos sí es mayor a 80%

En el análisis realizado se observa también que las fallas son de mayor magnitud para el sector regantes, es decir que se podría optimizar el volumen constante que se deja pasar de una presa a otra para hacer más justa la distribución de impactos si así se quisiera.

Así como se tienen menor garantía, la probabilidad de que se presente un fallo por sequía en un año cualquiera es mayor. En este caso, la probabilidad de que se presente un nuevo fallo por sequía después de un año con fallo es muy alto: 55.6%, es decir que es más probable que se vuelva a presentar una sequía a que no. Acá será necesario tomar medidas de racionamiento con bastante frecuencia, sin embargo, una mejor solución podría ser la de equilibrar la distribución del agua y su almacenamiento en las presas, así, se podría lograr reducir las probabilidades de ocurrencia de estos eventos. La probabilidad de tener 3 años seguidos de sequía es todavía elevada y amerita tomar medidas.

El volumen máximo observado de déficit es de 13.42 hm<sup>3</sup>. Aunque en la tabla no se muestra, en la elaboración del análisis se ha podido ver que 93% de este déficit es recibido por a los regantes y tan solo 7% por el sistema de abastecimiento de agua potable.

#### **1.1.6.4 Conclusiones y recomendaciones**

En general, la probabilidad de se presente un nuevo evento de sequía al año siguiente de que se ha presentado un evento de sequía es elevado y se recomienda que se pueda realizar un racionamiento cuya magnitud debe ser estudiada mediante simulaciones del funcionamiento de los sistemas.

En el caso del sistema Khotia Khota – Khara Khota, se ha visto que las probabilidades de presentarse eventos de sequía son más elevados y que los sistemas de riego son los que cargan con la mayor parte de los impactos. Se recomienda analizar la cantidad de agua que es enviada de la presa Khotia Khota a Khara Khota de manera que se tenga una mejor redistribución de los impactos.

El análisis realizado es una primera pauta de lo que se podría plantear dentro de un plan de sequías para el Proyecto Multipropósito. En el desarrollo de este plan será muy importante estudiar otros indicadores con el SPI, SPEI y nivel de agua en los embalses para definir otras medidas de prevención y mitigación que pudieran ser más efectivas. La simulación del funcionamiento de los sistemas mediante modelos permitirá medir el desempeño de diferentes medidas que se pueden plantear y elegir las que mejor responden a los intereses de los usuarios.