



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia

# SEGURIDAD HÍDRICA EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA

PROPUESTA DE INDICADORES DE  
SEGURIDAD HÍDRICA Y METODOLOGÍA  
PARA SU DETERMINACIÓN,  
IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO







# **SEGURIDAD HÍDRICA EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA**

PROPUESTA DE INDICADORES DE  
SEGURIDAD HÍDRICA Y METODOLOGÍA  
PARA SU DETERMINACIÓN,  
IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO

## **CRÉDITOS**

Seguridad Hídrica en cuencas hidrográficas de Bolivia  
Propuesta de indicadores de seguridad hídrica y metodología para su determinación,  
implementación y monitoreo.

### **Autores**

Jimmy Navarro Scott  
Carlos Ortuño Yáñez  
Mauricio Villegas Otondo

### **Revisión y aprobación - HELVETAS Bolivia**

Cecilia Saldías Zambrana  
Javier Gonzáles Iwanciw

### **Equipo Gestión Integral del Agua**

Luis Javier Zubieta Herrera  
Dennis Alborta Rojas  
Roy Córdova Salcedo  
Javier Gonzáles Iwanciw  
Marco Loma Zurita  
Emilio Madrid Lara  
Rigliana Portugal Escóbar  
Claudia Rivadeneira Canedo  
Humberto Sainz Mendoza  
Cecilia Saldías Zambrana  
Elizabeth Torrico Prada

### **Edición**

Nexus Comunicación Total S.A.

### **Fotografías**

Proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación Suiza en Bolivia/  
Mauricio Panozo Montero

### **Impresión**

Sukini Desing

Esta publicación ha sido elaborada con la asistencia técnica y financiera del proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation. El material recupera el conocimiento generado en el marco de la consultoría "Indicadores para el monitoreo de la Seguridad Hídrica en Cuencas Hidrográficas de Bolivia".

Nº de Depósito Legal: 4 -1- 4139 - 2022  
La Paz, noviembre de 2022

### **Disponible en**

Embajada de Suiza en Bolivia  
Cooperación Suiza en Bolivia  
La Paz, Bolivia  
Teléfono: +591 2 2751001  
[www.edaadmin.ch/lapaz](http://www.edaadmin.ch/lapaz)  
 Embajada de Suiza en Bolivia  
 Cooperación Suiza en Bolivi



# CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| PRESENTACIÓN  | 9  |
| I. INTRODUCCIÓN   | 10 |
| II. CARACTERIZACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE LA SEGURIDAD HÍDRICA                                     | 11 |
| 2.1. Revisión conceptual  | 11 |
| 2.2. La seguridad hídrica el marco de las políticas y estrategias nacionales de desarrollo          | 14 |
| 2.2.1. Marco Normativo de la gestión hídrica  | 14 |
| 2.2.2. Agenda Patriótica 2025   | 14 |
| 2.2.3. Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 - 2025  | 15 |
| 2.2.4. Plan Plurinacional para la Gestión Integral de Recursos Hídricos 2021-2025                   | 17 |
| 2.3. La seguridad hídrica en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible                     | 19 |
| 2.4. La seguridad hídrica en el marco de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas              | 24 |
| 2.5. Dimensiones y condicionantes de la seguridad hídrica   | 25 |
| 2.5.1. Dimensiones de la seguridad hídrica  | 26 |
| 2.5.2. Factores condicionantes de la seguridad hídrica  | 28 |
| 2.6. Seguridad hídrica vinculada a la gestión de sistemas de vida                                   | 30 |
| 2.6.1. Gestión de sistemas de vida  | 30 |
| III. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA   | 33 |
| 3.1. Conceptos básicos del indicador  | 33 |
| 3.2. Criterios de selección de indicadores  | 34 |
| 3.3. Criterios de clasificación de indicadores  | 34 |
| 3.4. Revisión de metodologías para definir indicadores de seguridad hídrica                         | 34 |
| 3.4.1. Metodología aplicada en la región Asia y Pacífico  | 35 |
| 3.4.2. Metodología propuesta por Mason N. & Roger C. (2012)   | 35 |
| 3.4.3. Metodología propuesta por Ait-Kadi M. & Lincklaen A. W. (2016)                               | 35 |
| 3.4.4. Metodología propuesta por Animesh, K. G. et al. (2016)                                       | 36 |
| 3.4.5. Metodología del Índice de Desarrollo Ambiental (Environmental Performance Index - EPI)       | 37 |
| 3.4.6. Metodología propuesta por Van Beek E. & Arriens W. L. (2014)                                 | 37 |
| 3.5. Características que cumplir un indicador de seguridad hídrica                                  | 37 |
| 3.6. Propuesta de indicadores de seguridad hídrica para el contexto boliviano                       | 38 |
| 3.6.1. Enfoque metodológico   | 38 |
| 3.6.2. Dimensiones y subdimensiones de la seguridad hídrica   | 40 |
| 3.6.3. Factores condicionantes de la seguridad hídrica  | 41 |
| 3.7. Interpretación de los indicadores de seguridad hídrica y metodología para su determinación     | 48 |
| 3.8. Plan de monitoreo y evaluación de la seguridad hídrica en el marco del Plan Director de Cuenca | 69 |
| 3.8.1. Monitoreo  | 69 |
| 3.8.2. Monitoreo y evaluación orientados al impacto   | 69 |
| 3.8.3. Plan de monitoreo y evaluación   | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| IV. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO SUCHES                               | 73  |
| 4.1. Características de la cuenca  | 73  |
| 4.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca   | 74  |
| 4.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)  | 74  |
| 4.2.2. Usos del agua   | 76  |
| 4.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica                           | 80  |
| 4.3.1. Factores demográficos   | 80  |
| 4.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica | 80  |
| 4.3.3. Cambio climático  | 81  |
| 4.3. Indicadores de monitoreo del PDC Suches   | 82  |
| 4.4. Indicadores de seguridad hídrica - cuenca Suches  | 83  |
| V. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO COTAGAITA                             | 88  |
| 5.1. Características de la cuenca  | 88  |
| 5.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca   | 89  |
| 5.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)  | 89  |
| 5.2.2. Usos del agua   | 89  |
| 5.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica                           | 93  |
| 5.3.1. Factores demográficos   | 94  |
| 5.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica | 95  |
| 5.3.3. Cambio climático  | 95  |
| 5.4. Indicadores de monitoreo del PDC Cotagaita  | 95  |
| 5.5. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cotagaita   | 99  |
| VI. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO CACHIMAYU                            | 102 |
| 6.1. Características de la cuenca  | 102 |
| 6.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca   | 103 |
| 6.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)  | 103 |
| 6.2.2. Usos del agua   | 104 |
| 6.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica                           | 109 |
| 6.3.1. Factores demográficos   | 109 |
| 6.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica | 109 |
| 6.3.3. Cambio climático  | 110 |
| 6.4. Indicadores de monitoreo del PDC Cachimayu  | 111 |
| 6.5. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cachimayu   | 112 |
| VII. REFLEXIONES FINALES   | 116 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA   | 117 |
| ANEXO I  | 119 |
| ANEXO II   | 123 |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Metas, Resultados y Acciones de los Ejes Estratégicos del Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 - 2025                                    | 15  |
| Tabla 2. Políticas Sectoriales, Lineamientos, Objetivos Estratégicos e Indicadores del Plan Plurinacional para la Gestión integral de Recursos Hídricos | 18  |
| Tabla 3. Vinculación de las interacciones de los sistemas de vida con las dimensiones de la Seguridad Hídrica   | 31  |
| Tabla 4. Vinculación entre las dimensiones de los sistemas de vida y de la seguridad hídrica  | 32  |
| Tabla 5. Peso de los indicadores según metodología del Índice de Desarrollo Ambiental (EPI)   | 37  |
| Tabla 6. Batería de indicadores e índices para evaluar la seguridad hídrica   | 43  |
| Tabla 7. Factores condicionantes  | 47  |
| Tabla 8. Desglose de Indicadores de Seguridad Hídrica   | 49  |
| Tabla 9. Desglose de Indicadores - Factores condicionantes  | 63  |
| Tabla 10. Indicadores propuestos en el PDC de Suches  | 83  |
| Tabla 11. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Suches  | 85  |
| Tabla 12. Líneas estratégicas, estrategias e indicadores del PDC Cotagaita  | 96  |
| Tabla 13. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cotagaita   | 99  |
| Tabla 14. Indicadores para el monitoreo del PDC Cuenca Cachimayu  | 112 |
| Tabla 15. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cachimayu   | 113 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Dimensiones y Factores Condicionantes de la Seguridad Hídrica  | 25  |
| Figura 2. Patrones de interacción entre unidades socioculturales y zonas de vida   | 30  |
| Figura 3. Relación entre cuatro grupos de derechos de los pueblos y de la Madre Tierra y dimensiones de los sistemas de vida | 31  |
| Figura 4. Triangulo de equilibrio de los sistemas de vida  | 32  |
| Figura 5. Nivel creciente de agregado de información   | 33  |
| Figura 6. Esquema de agregación de información   | 34  |
| Figura 7. Metodología de Cálculo índice Global de Seguridad Hídrica  | 36  |
| Figura 8. Aplicación mundial cálculo índice Global de Seguridad Hídrica  | 36  |
| Figura 9. Enfoque metodológico para valorar el estado de la seguridad hídrica en Bolivia                                     | 39  |
| Figura 10. Batería de indicadores e índices para evaluar la seguridad hídrica en cuencas de Bolivia                          | 42  |
| Figura 11. Ámbitos de desempeño de los indicadores   | 69  |
| Figura 12. Ámbitos de medición del MEI   | 70  |
| Figura 13. Pasos para el Diseño del SM&E de las condiciones de la seguridad hídrica en el marco del PDC                      | 71  |
| Figura 14. Cuenca del río Suches   | 73  |
| Figura 15. Cuenca del río Cotagaita  | 88  |
| Figura 16. Cuenca del río Cachimayu  | 102 |



# PRESENTACIÓN

Sin duda, la seguridad hídrica es fundamental para lograr el desarrollo sostenible y garantizar el acceso al agua para todos, tanto para consumo como para los procesos productivos, sin dejar atrás a los ecosistemas y el medio ambiente.

El proyecto Gestión Integral del Agua ha realizado esfuerzos considerables para apoyar la consolidación de la política pública para la gestión de los recursos hídricos en Bolivia, desde diferentes ámbitos, incluyendo la generación de herramientas para la planificación del agua en las cuencas hidrográficas en el marco del Plan Plurinacional para la Gestión Integral de Recursos Hídricos 2021-2025, que da continuidad al Plan Nacional de Cuencas. El trabajo destaca por la coordinación constante con actores clave en los diferentes niveles de gobierno, como también con los actores locales en las cuencas de intervención del proyecto.

Como resultado de este trabajo se tiene este documento, producido por HELVETAS Swiss Intercooperation, en el marco del proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia que propone una batería de indicadores cuyo fin es evaluar la seguridad hídrica a nivel de la cuenca y a nivel del país. Al plantear indicadores contextualizados, se reconoce las particularidades de cada cuenca hidrográfica, fortaleciendo así las capacidades locales que podrán aprovechar esta herramienta para la planificación de los recursos hídricos en sus territorios.

El documento Seguridad Hídrica en Cuencas Hidrográficas de Bolivia capitaliza las experiencias del proyecto Gestión Integral del Agua en las cuencas de intervención y recoge experiencias de otras; se incorpora una revisión del estado del arte con relación a la seguridad hídrica, y se plantean indicadores para su evaluación, incluyendo la metodología, y el plan de implementación y monitoreo.

Creemos que este trabajo es una contribución importante para la gestión integral del agua en el país, y aporta a garantizar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como también las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, principalmente con relación a la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos, reconociendo así el rol central del agua para el desarrollo de los pueblos.

La Cooperación Suiza en Bolivia comprometida con el apoyo al desarrollo de Bolivia y desde la gestión del conocimiento recupera conocimientos, trasciende los aprendizajes y comparte contenidos como los presentados ahora, para fortalecer acciones sostenibles que permitan avanzar en la gestión integral de cuencas y agua, sin dejar a nadie atrás.

Luis Javier Zubieta Herrera  
Director del proyecto Gestión Integral del Agua  
HELVETAS Swiss Intercooperation - Bolivia

# I. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation, en su fase 2019-2022 establece el apoyo al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) para la implementación de la política pública de los recursos hídricos, incorporando temáticas de alto nivel de importancia como el cambio climático, la gestión de riesgos y resiliencia de la población vulnerable de manera concurrente. Uno de los resultados esperados del Proyecto Gestión Integral del Agua es contribuir a mejorar la seguridad hídrica en las cuencas hidrográficas del país, como resultado de la política pública fortalecida. El Plan Nacional de Cuencas (PNC) se constituye en la política nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Actualmente este plan ha sido actualizado en lo que se denomina Plan Plurinacional de los Recursos Hídricos (PPRH) para el periodo 2021 - 2025, donde uno de los componentes centrales es la seguridad hídrica.

Por su parte, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) asumidos por el país, impulsan la implementación de la GIRH en todos los niveles, incluyendo la cooperación transfronteriza (meta 6.5). Sin embargo, el agua está vinculada prácticamente a todos los ODS, lo que demuestra su papel central en todos los aspectos del desarrollo y su importancia para alcanzar los ODS (GWP, 2016). En este marco, la seguridad hídrica, entendida como la disponibilidad de agua adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción (Peña, 2014), es considerada el sine qua non para alcanzar el desarrollo sostenible en los países. A su vez, la seguridad hídrica responde a las condiciones propias de la cuenca y debe adaptarse continuamente a partir de las condiciones biofísicas, económicas e institucionales, así como de los procesos demográficos y de producción, entre otros.

La seguridad hídrica, al ser un resultado por alcanzar mediante la GIRH y dar cumplimiento a los ODS, requiere ser evaluada y monitoreada para la toma de decisiones informada, en el marco del manejo sostenible de los recursos hídricos a nivel de la cuenca. Evaluar y monitorear la seguridad hídrica permitirá conocer los problemas en la cuenca, las dimensiones para su análisis y el planteamiento de soluciones desde un enfoque que articule los diferentes sectores y actores en la lógica de los Planes Directores de Cuenca (PDC).

Este documento plantea una propuesta de indicadores, cuya característica principal es su consistencia con la realidad local, y que al mismo tiempo informen sobre la situación de las cuencas hidrográficas con relación a la seguridad hídrica vinculada, entre otros factores, con el cambio climático. El documento incorpora la revisión del estado del arte y la propuesta de indicadores para seguridad hídrica, incluyendo la metodología para su determinación y el plan para su implementación y monitoreo.

El capítulo II presenta la caracterización y conceptualización de la seguridad hídrica. En el capítulo III se plantean los indicadores para evaluar la seguridad hídrica, a partir de una revisión previa de los conceptos clave, los criterios de selección de indicadores y las metodologías identificadas para obtener los indicadores de seguridad hídrica. En los capítulos IV, V y VI se presentan los indicadores sugeridos y aplicados a las cuencas Suches, Cotagaita y Cachimayu, respectivamente. Cada cuenca presenta características y problemáticas diferentes, y en este sentido para cada cuenca se plantea de manera específica el set de indicadores que mejor se ajusta a sus condiciones. Finalmente, en el capítulo VII se presentan las reflexiones finales como resultado del análisis.

## II. CARACTERIZACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE LA SEGURIDAD HÍDRICA

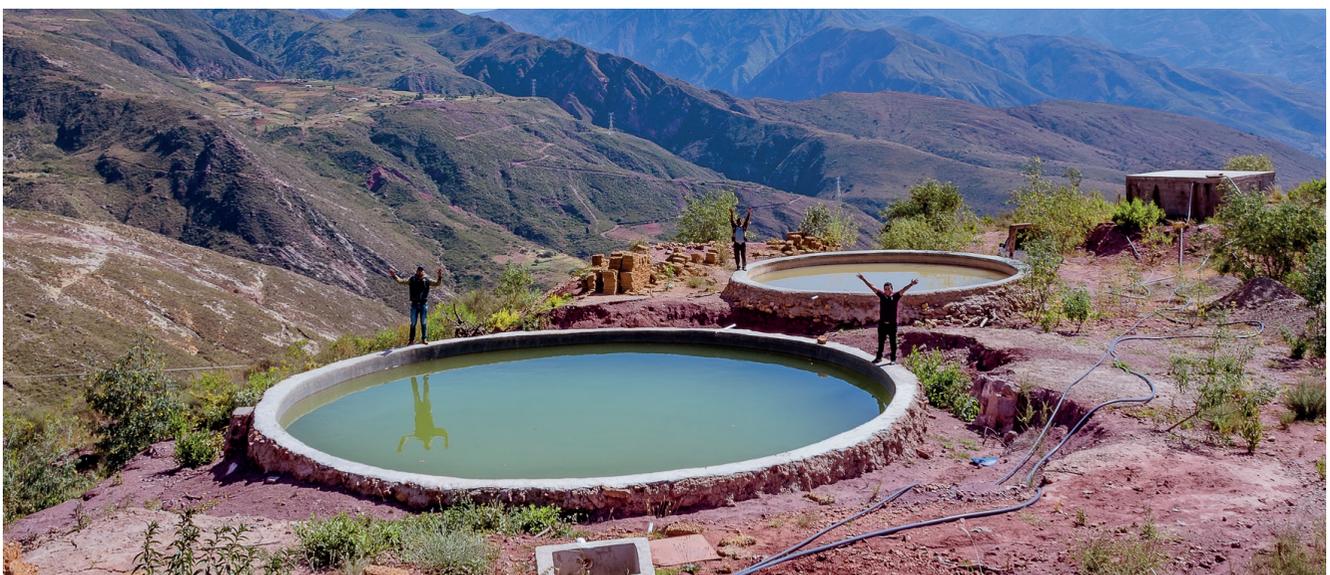
### 2.1. Revisión conceptual

A fin de establecer los elementos clave e identificar y caracterizar las diferentes dimensiones que determinan la seguridad hídrica, se ha revisado diferentes definiciones que se plasman, tanto en publicaciones de organismos internacionales y nacionales, cuyo ámbito de acción incluye la gestión y conservación de los recursos hídricos, como en la literatura técnica y científica que aborda esta temática.

A continuación, se presentan definiciones relevantes de seguridad hídrica:

- “La Seguridad Hídrica corresponde a una condición en la cual existe una cantidad suficiente de agua con una calidad determinada y a un precio asequible, para proteger, tanto a corto plazo como a largo plazo, la salud, la seguridad, el bienestar y la capacidad productiva de un hogar, comunidad o nación” (Witter & Whiteford, 1999).
- La seguridad hídrica consiste en “asegurar que el agua dulce, las zonas costeras y los ecosistemas relacionados se encuentren protegidos y mejorados, que se promueva el desarrollo sostenible y la estabilidad política, que cada persona tenga acceso a suficiente agua potable y a un costo asequible para permitir una vida saludable y productiva, y que la población vulnerable esté protegida de los riesgos asociados al agua” (II Foro Mundial del Agua, 2000).
- “A cualquier nivel desde el hogar hasta lo global, cada persona tiene acceso a suficiente agua saludable a un costo asequible, para la higiene y una vida saludable y productiva, asegurando simultáneamente que el ambiente natural está protegido y mejorado”. (Global Water Partnership - GWP, 2000).
- “Seguridad Hídrica significa tener la capacidad de proporcionar agua, con calidades específicas, desde los hogares a la industria bajo condiciones satisfactorias para el medioambiente y en un precio aceptable” (Xia et al., 2007).
- “Disponibilidad de un nivel aceptable de cantidad y calidad de agua para la salud, la subsistencia, los ecosistemas y la producción, junto a un nivel aceptable de riesgos para las personas, el medio ambiente y la economía, asociados al agua” (Grey & Sadoff, 2007).
- La Seguridad Hídrica es definida como “Todos los aspectos de la seguridad humana relacionada con el uso y el manejo del agua” (Janksy et al., 2008).
- La Seguridad Hídrica se define como “la capacidad para proporcionar un suministro adecuado y confiable de agua a las poblaciones que viven en las zonas más secas del mundo con el objeto de satisfacer las necesidades de la producción agrícola” (The Food and Agriculture Organization - FAO).
- Seguridad Hídrica “implica la protección de los sistemas hídricos vulnerables, la protección de la población contra los riesgos relacionados con el agua, como inundaciones y sequías, el desarrollo sostenible de los recursos hídricos resguardando el acceso a los servicios y funciones relacionados con el agua” (UNESCO-Institute for Water Education, 2009).
- “Acceso durable al agua a la escala de una cuenca en cantidad suficiente y calidad aceptable para asegurar la protección de la salud humana y de los ecosistemas” (Norman et al, 2010).
- “Acceso sustentable, a escala de cuenca, a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, para asegurar la salud humana y de los ecosistemas” (Zubrycki et al., 2011).
- Seguridad Hídrica es tener “acceso seguro al agua en una cantidad y calidad suficiente para satisfacer las necesidades humanas básicas, medios de subsistencia a pequeña escala y servicios ecosistémicos locales, acompañado de una buena gestión de los riesgos de desastres relacionados con el agua” (WaterAid, 2012).
- “Consiste en tener suficiente agua, en cantidad y calidad, para las necesidades humanas (salud, sustento y actividades productivas) y los ecosistemas, acompañada de la capacidad de acceso y aprovechamiento, de resolver las compensaciones entre los distintos sectores, y de manejar los riesgos asociados al agua, incluyendo crecidas, sequías y contaminación” (Mason & Calow, 2012).
- “La disponibilidad de una adecuada cantidad y calidad del agua para la salud, asegurar las necesidades diarias, los ecosistemas y la producción, y la capacidad de acceder a ella, junto con un nivel aceptable de riesgos para las personas y el ambiente, relacionados con el agua, y la capacidad para gestionar los mismos” (Calow & Tucker, 2013).

- “Aquella condición que asegura el abastecimiento sustentable de agua para todos los usos, en condiciones de equidad y a precios asequibles, para promover la salud, el desarrollo económico, la producción de alimentos y energía y la conservación del medio ambiente. Protege, con un riesgo aceptable, a la población y a los sistemas productivos contra los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos; mitiga sus efectos e incluye medidas de adaptación frente a los efectos del cambio climático”. (Martínez & Austria, 2013).
- La Seguridad Hídrica significa “poseer una disponibilidad sostenible de agua en cantidad y calidad adecuada para mantener ecosistemas y sociedades resilientes frente a un incierto cambio global” (Scott et al, 2013).
- Seguridad Hídrica es “mantener los riesgos relacionados con el agua en niveles tolerables para la sociedad” (Grey et al, 2013).
- “Mantener en niveles aceptables cuatro riesgos asociados al agua: el riesgo de escasez, como falta de agua suficiente (en el corto y largo plazo) para los usos beneficiosos de todos los usuarios; el riesgo de inadecuada calidad para un propósito o uso determinado; el riesgo de los excesos (incluidas las crecidas), entendidas como el rebase de los límites normales de un sistema hidráulico (natural o construido) o la acumulación destructiva de agua en áreas que no están normalmente sumergidas; y el riesgo de deteriorar la resiliencia de los sistemas de agua dulce, por exceder la capacidad de asimilación de las fuentes de agua superficiales o subterráneas y sus interacciones, con la eventual superación de los umbrales aceptables, causando daños irreversibles en las funciones hidráulicas y biológicas del sistema” (OCDE, 2013).
- “Capacidad de una población para resguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sustento, bienestar y desarrollo socioeconómico sostenibles; para asegurar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con ella, y para preservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política” (ONU-Agua, 2013).
- “Seguridad Hídrica consiste en tener: (1) Una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción. (2) La capacidad – institucional, financiera y de infraestructura– para acceder y aprovechar dicha agua de forma sustentable y manejar las interrelaciones entre los diferentes usos y sectores, de manera coherente. (3) Un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos”. (Peña, 2016).
- “Aquella en la que cada persona tiene agua segura y a un costo accesible para llevar adelante una vida sana y productiva y en el que las comunidades son protegidas de inundaciones, sequías y enfermedades de origen hídrico. La seguridad hídrica promueve la protección ambiental y la justicia social abordando los conflictos y disputas que puedan surgir a partir de recursos hídricos compartidos” (Global Water Partnership - GWP, 2016).
- “Acceso al agua en un nivel de cantidad y calidad adecuada, definida por cada cuenca, para su sustento y aprovechamiento en el tiempo, tanto para la salud, subsistencia, desarrollo socioeconómico y la conservación de los ecosistemas, manteniendo una alta resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y contaminación” (Fuster et al, 2017).



En las definiciones anteriormente expuestas, se evidencian los diferentes enfoques que se han ido adoptando al momento de conceptualizar a la seguridad hídrica. Algunas de estas definiciones tienden a relacionar a la seguridad hídrica con alguna disciplina o ámbito específico relacionado con la gestión de los recursos hídricos (gestión de riesgos, necesidades agroproductivas), mientras que otras tienen un enfoque más amplio e integral. También se distinguen definiciones que se focalizan en las necesidades humanas relacionadas con el agua, de aquellas que adoptan un enfoque sistémico en el que se incluyen aspectos tales como las necesidades de los ecosistemas y la gestión de riesgos, conceptualizaciones que con el tiempo han ido consolidándose y logrando una mayor aceptación y adopción por parte de diferentes organismos.

Bajo estas consideraciones, los elementos clave que abordan las definiciones anteriormente expuestas, se mencionan a continuación:

- La disponibilidad y acceso a los recursos hídricos, en cantidad y calidad.
- La satisfacción de las necesidades humanas (de consumo, para la salud, etc.).
- La satisfacción de las necesidades productivas (con énfasis en aquellas relacionadas con la seguridad alimentaria).
- Los requerimientos hídricos de los ecosistemas.
- El balance equilibrado entre la oferta/disponibilidad de los recursos hídricos y las demandas relacionadas con las necesidades humanas, productivas y de los ecosistemas.
- Los riesgos y la vulnerabilidad ante eventos climáticos.
- El carácter integrador, sistémico y multisectorial de la seguridad hídrica respecto a todos los aspectos anteriormente mencionados, enfoque que la aproxima y relaciona con la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

Cabe mencionar que algunas de las definiciones expuestas contextualizan a la seguridad hídrica a una escala territorial de cuenca, lo que permite:

- Abordar y concretizar la problemática de la seguridad hídrica bajo un contexto biofísico y socioeconómico específico: la cuenca.
- Visibilizar mejor las necesidades de gestión institucional, articulación interinstitucional y gobernanza para la seguridad hídrica, que se concretizan en un contexto local y particular.

- Consolidar el vínculo y entendimiento de la seguridad hídrica como el resultado de los procesos GIRH, que consideran a la cuenca como unidad básica de planificación y gestión.



## 2.2. La seguridad hídrica el marco de las políticas y estrategias nacionales de desarrollo

### 2.2.1. Marco Normativo de la gestión hídrica

El Estado Plurinacional de Bolivia cuenta con normativa que establece el marco orientador que permite avanzar hacia la gestión sostenible de los recursos hídricos en el país y el desarrollo integral para Vivir Bien:

#### a) *Constitución Política del Estado*

El eje central del alcance normativo lo establece la Constitución Política del Estado (CPE) que establece la importancia del medio ambiente, los recursos naturales, los recursos hídricos y el agua.

#### b) *Ley 071 de Derechos de la Madre Tierra*

La ley 071 establece los derechos de la Madre Tierra, así como las obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de esos derechos.

Esta disposición legal define a la "Madre Tierra" como sistema viviente dinámico, conformado por comunidades, indivisible de todos los sistemas de vida y seres vivos, interrelacionados, interdependientes y complementarios que comparten un destino común.

La citada ley, con relación al agua, establece como uno de los derechos de la "Madre Tierra", la preservación de la funcionalidad de los ciclos del agua, de su existencia en la cantidad y calidad necesarias para el sostenimiento de los sistemas de vida, y su protección frente a la contaminación para la reproducción de la vida, de la Madre Tierra y todos sus componentes.

La Ley 071, al reconocer los derechos de la Madre Tierra, las obligaciones, deberes del Estado y de la sociedad civil, también establece como elemento central que, para toda acción o intervención realizada sobre los "sistemas de vida", se debe garantizar el respeto de esos derechos.

#### c) *La Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien*

Esta ley establece que la visión y fundamentos del desarrollo integral deben estar en armonía con la Madre Tierra, garantizando la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida, recuperando los saberes locales, en el marco de complementariedad de derechos, obligaciones y deberes.

Como objetivo, plantea la visión y fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida a la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes.

La prelación con relación al agua plantea, que el Estado boliviano y la sociedad asumen que el uso y acceso indispensable y prioritario al agua, debe satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los componentes, zonas y sistemas de vida de la Madre Tierra, la satisfacción de las necesidades de agua para el consumo humano, y los procesos productivos que garanticen la soberanía con seguridad alimentaria.

Con relación a la conservación de la diversidad biológica y cultural, el Art.23 inciso 4° establece la promoción de la conservación y protección de las zonas de recarga hídrica, cabeceras de cuenca, franjas de seguridad de riesgo nacional y áreas con alto valor de conservación, en el marco del manejo integral de cuencas.

En este entendido la seguridad hídrica, como objetivo a alcanzar mediante la gestión integrada de los recursos hídricos, tiene relación directa con la gestión de los componentes, zonas y sistemas de vida de la Madre Tierra y con el concepto de desarrollo integral.

### 2.2.2. Agenda Patriótica 2025

En el año 2013, se planteó la Agenda Patriótica que, enmarcada en la nueva Constitución Política del Estado, define a nivel nacional los principios y directrices para constituir al 2025 una Bolivia Digna y Soberana, y para la construcción de una sociedad más incluyente, participativa, democrática, sin discriminación ni división.

La Agenda Patriótica 2025 establece 13 pilares fundamentales y 68 dimensiones, cuyo cumplimiento posibilitará alcanzar los objetivos de desarrollo planteados a nivel nacional. La Agenda Patriótica constituye así el Plan de Desarrollo General Económico y Social (PDGES), a partir del cual se articulan los Planes Nacionales y Planes Sectoriales de Desarrollo Integral de mediano plazo.

Varios de los pilares de la Agenda Patriótica 2025 contemplan el logro de la seguridad hídrica de manera implícita; sin embargo, esta guarda una relación directa con los siguientes pilares y sus dimensiones:

- **Pilar 2:** Socialización y universalización de los servicios básicos con soberanía para Vivir Bien
- **Pilar 6:** Soberanía productiva con diversificación y desarrollo integral sin la dictadura del mercado capitalista.
- **Pilar 9:** Soberanía ambiental con desarrollo integral, respetando los derechos de la Madre Tierra.

Estos pilares abordan tres de los elementos centrales que, según la revisión conceptual presentada en el acápite 2.1, hacen a la seguridad hídrica: la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades humanas, las necesidades productivas y de los ecosistemas.

### 2.2.3. Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 - 2025

El Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 - 2025 "Hacia la Industrialización con Sustitución de Importaciones",

cuya ley de aprobación fue recientemente sancionada, constituye el Marco Estratégico para el desarrollo del país durante el siguiente quinquenio, canalizando la visión a mediano plazo del Plan General de Desarrollo Económico y Social (PGDES).

Este plan está estructurado en diez ejes estratégicos, de los cuales tres tienen una relación directa con la seguridad hídrica:

- **Eje 1:** Reconstruyendo la economía, retomando la estabilidad macroeconómica y social
- **Eje 3:** Seguridad con soberanía alimentaria, promoción de exportaciones con valor agregado y desarrollo turístico
- **Eje 8:** Medio ambiente sustentable y equilibrado con protección de la Madre Tierra

Las metas, resultados, acciones e indicadores de cada uno de estos pilares que se vinculan con la seguridad hídrica, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Metas, Resultados y Acciones de los Ejes Estratégicos del Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 - 2025

| Eje 1: Reconstruyendo la Economía, Retomando la Estabilidad Macroeconómica y Social  |  |   |
|--|--|---|
| Meta 1.3: Devolver a la política social el carácter prioritario para el estado, reduciendo la desigualdad económica, social y de género en el marco de la pluralidad   |  |   |
| Resultados   | Acciones   | Indicadores   |
| 1.3.3 se avanzó hacia la universalización de los servicios básicos.  | 1.3.3.2 Gestionar y ejecutar programas en áreas urbanas y en áreas rurales, en coordinación con todos los niveles del Estado.                | Porcentaje de población que cuenta con acceso a agua segura.          |
|  | 1.3.3.3 Gestionar y ejecutar programas de saneamiento en áreas urbanas y en áreas rurales, en coordinación con todos los niveles del Estado. | Porcentaje de población que cuenta con acceso a saneamiento mejorado. |
| Eje 3: Seguridad con Soberanía Alimentaria, Promoción de Exportaciones con Valor Agregado y Desarrollo Turístico   |  |   |
| Meta 3.2: fomentar polos de desarrollo productivo de acuerdo a las capacidades y potencialidades de cada región, con miras a la industrialización con sustitución de importaciones en base al ordenamiento territorial y uso de suelos |  |   |
| Resultados   | Acciones   | Indicadores   |
| 3.2.9 Mayor productividad agrícola a partir de la implementación de riego con innovación tecnológica.  | Dotar de sistemas de riego con asistencia técnica.   | Superficie bajo riego (Miles de Ha).                                  |

## Eje 8: Medio Ambiente Sustentable y Equilibrado con Protección de la Madre Tierra

Meta 8.1: Fortalecer el manejo integral y sustentable de los bosques como un recurso de carácter estratégico, promoviendo la protección de las áreas con vocación forestal.

| Resultados  | Acciones   | Indicadores   |
|---|--|---|
| 8.1.1 Se incrementó la superficie de bosques bajo manejo integral y sustentable.  | 8.1.1.1 Atender e identificar las superficies que requieran manejo integral y sustentable de bosques, preservando la economía social comunitaria y sistemas productivos, y considerando que los bosques son productores de alimentos y protectores de las funciones ambientales. | Superficie bajo manejo integral y sustentable de bosques (millones de Ha).    |
| 8.1.2 Se incrementaron las áreas forestadas y reforestadas mejorando las condiciones socioeconómicas, de recuperación de suelos y funciones de control ambiental y riesgos. | 8.1.2.1 Fortalecer y controlar las áreas forestadas de manera periódica y sustentable.   | Superficie forestada (miles de Ha).   |
|   | 8.1.2.2 Fortalecer y controlar las áreas reforestadas de manera periódica y sustentable.   | Superficie reforestada (miles de Ha).   |
|   | 8.1.2.3 Establecer mecanismos e instrumentos de monitoreo y control para la reducción de la superficie deforestada.  | Superficie forestada y reforestada sobre superficie deforestada (porcentaje). |

Meta 8.2: Impulsar acciones de mitigación, adaptación y monitoreo para el cambio climático, con medidas de respuesta efectiva a sus impactos en armonía y equilibrio con la madre tierra

| Resultados  | Acciones  | Indicadores  |
|---|---|--|
| 8.2.3 Se promovió una mayor capacidad en gestión de riesgos de la población vulnerable. | 8.2.3.1 Implementar mecanismos que permitan desarrollar capacidades en la gestión de riesgo de desastres en regiones vulnerables. | Número de municipios vulnerables con capacidades técnicas suficientes en gestión de riesgo de desastres. |

Meta 8.3: Promover sistemas de vida con un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado en armonía con la madre tierra.

| Resultados  | Acciones  | Indicadores   |
|---|---|---|
| 8.3.1 Se promovió una mayor capacidad de gestión ambiental para un medio ambiente saludable, con calidad y menor contaminación. | 8.3.1.1 Consolidar la gestión ambiental para proteger y conservar el medio ambiente; así como prevenir y controlar los impactos ambientales negativos.  | Porcentaje de municipios que no superan el Índice de Contaminación Atmosférica.   |
|   |   | Índice de Calidad Hídrica.  |
|   |   | Consumo de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (toneladas).   |
|   |   | Número de plantas de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico nuevas, ampliadas, mejoradas y/o rehabilitadas.       |
|   | 8.3.1.2 Consolidar la gestión y promoción para la implementación de infraestructuras para aprovechamiento, disposición final e industrialización de los residuos sólidos y establecer el régimen de responsabilidad de los residuos post consumo, en armonía con la Madre Tierra. | Número de municipios con infraestructura en aprovechamiento o disposición final de residuos sólidos o cierre de botaderos.  |
| 8.3.2 Se fortaleció la conservación, protección y uso sustentable de la biodiversidad.  | 8.3.2.1 Establecer planes de acción para la protección, conservación y uso sustentable de la biodiversidad para el mantenimiento de las funciones ambientales y sistemas de vida, enfocadas en especies clave y especies paraguas priorizadas.                                    | Número de especies con medidas de protección, conservación, uso y gestión, en el marco de los planes de acción priorizados. |

| Meta 8.4: Promover el sistema de áreas protegidas, humedales, bofedales, como parte del patrimonio natural del país   |  |   |
|---|--|---|
| Resultados  | Acciones   | Indicadores   |
| 8.4.1 Se impulsó una mejor y más sustentable conservación de las áreas protegidas como parte del bien común y patrimonio natural del país de forma simultánea al logro de una mayor calidad de vida de la población que habita en dichas áreas. | 8.4.1.1 Consolidar y fortalecer los comités de gestión de áreas protegidas de manera efectiva.   | Porcentaje de comités de gestión en áreas protegidas con funcionamiento efectivo.   |
|   | 8.4.1.2 vigilar y controlar efectivamente las áreas protegidas nacionales y subnacionales.   | Porcentaje de áreas protegidas con medidas efectivas de vigilancia y control.   |
|   | 8.4.1.3 Establecer medidas para la gestión integral, manejo efectivo y sustentable de áreas protegidas incluyendo generación de ingresos para las poblaciones locales. | Número de proyectos ejecutados.   |
|   | 8.4.1.4 Establecer mecanismos financieros que permitan la sustentabilidad de las áreas protegidas de interés nacional.   | Porcentaje de áreas protegidas de interés nacional con sostenibilidad financiera apoyadas con mecanismos de ingresos propios. |
| 8.4.2 Se ha promovido la protección, el uso y aprovechamiento de las áreas de bofedales y humedales.  | 8.4.2.1 Implementar medidas para la gestión integral de áreas de bofedales.  | Superficie (hectáreas) de bofedales bajo manejo integrado.  |
|   | 8.4.2.2 Implementar el programa de Manejo Integrado de Humedales.  | Porcentaje de humedales bajo manejo integrado.  |
| Meta 8.5: Fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para alcanzar la seguridad hídrica  |  |   |
| Resultados  | Acciones   | Indicadores   |
| 8.5.1 Se generaron capacidades y conocimientos científicos para la gestión integrada de recursos hídricos y cuencas.  | 8.5.1.1 Generar capacidades y conocimiento científico para la gestión integrada de recursos hídricos y manejo integral de cuencas.                                     | Número de cuencas pedagógicas priorizadas con desarrollo de investigaciones e innovación tecnológica.                         |
| 8.5.2 Se fortaleció la capacidad de planificación territorial hídrica ambiental con la participación de las instancias competentes y actores sociales.  | 8.5.2.1 Desarrollar instrumentos de articulación a la planificación territorial y regulación para la gestión hídrico ambiental.  | Número de cuencas priorizadas con instrumentos de planificación elaborados y en implementación.                               |
| 8.5.3 Se fortaleció la gestión integrada de recursos hídricos y manejo integral de cuencas (GIRH/MIC).  | 8.5.3.1 Intervenir con medidas estructurales y no estructurales para el manejo integral de cuencas para mejorar la resiliencia ante efectos del CC.                    | Superficie intervenida con medidas de manejo integral de cuencas (Km <sup>2</sup> ).  |

Fuente: PDES 2021-2025

#### 2.2.4. Plan Plurinacional para la Gestión Integral de Recursos Hídricos 2021-2025

El Plan para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos constituye la continuidad del Plan Nacional de Cuencas (PNC) e incorpora al subsector riego. Actualmente, el nuevo plan ha sido aprobado y está a la espera de su publicación oficial, al igual que su Programación Plurianual para el Periodo 2021 - 2025.

Este Plan se constituye en “la principal política del sector de recursos hídricos, que impulsa y orienta el desarrollo de una nueva cultura de gestión, manejo, conservación y protección del agua y los recursos hídricos en Bolivia, con un enfoque de sistemas de vida”, y se orienta a: “el desarrollo y la implementación de políticas globales AGUA PARA TODOS, AGUA PARA LA VIDA, que aseguren la cantidad y calidad hídrica, además del acceso justo y óptimo al mismo”.

Este Plan establece que entre las políticas que coadyuvan de manera directa la consecución de la visión estratégica y guían la gestión de recursos hídricos en Bolivia, se encuentra:

- **La buena gobernanza del agua**, a través de la implementación, desarrollo y aplicación de acciones que coadyuven a la toma de decisiones, al acceso y al uso racional y sostenible de los recursos hídricos, mediante los siguientes lineamientos:
  - La gestión del conocimiento, manejo y digitalización de la información para el monitoreo del agua en tiempo real, a través de procesos de innovación tecnológica.

- La generación y formación de capacidades, además de la sensibilización y concientización de la población sobre el manejo del agua, su protección, conservación y acceso adecuado.
- Desarrollo de espacios, mecanismos, normas, roles y responsabilidades de los sectores y actores directa e indirectamente involucrados en la gestión de recursos hídricos.

De este Plan se desprenden políticas sectoriales:

- **Agua para los sistemas de vida y desarrollo integral y sustentable**, a través de la implementación de intervenciones que apunten a la siembra y cosecha de agua, la recuperación de áreas degradadas y la recuperación de áreas boscosas de cabecera de cuenca, la protección de áreas de recarga hídrica y las fuentes de agua y la gestión de riesgos hidrológicos y de cambio climático.

- **Aguas transfronterizas para el desarrollo nacional**, a través de la implementación de acciones de gestión de las cuencas fronterizas y trasfronterizas, así como la protección y gestión de las aguas y recursos hídricos internacionales en beneficio del desarrollo nacional.
- **Agua para riego con soberanía productiva y alimentaria**, a través de la implementación de infraestructura, equipo y asistencia técnica para el acceso al agua para riego de forma eficiente a través de la tecnificación de los sistemas de riego, que coadyuven principalmente en el incremento de la productividad y producción agrícola y contribuyan a la reactivación económica, la seguridad y soberanía alimentaria.

En este marco, las políticas sectoriales, lineamientos, los objetivos estratégicos e indicadores del Plan Plurinacional para la Gestión integral de Recursos Hídricos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Políticas Sectoriales, Lineamientos, Objetivos Estratégicos e Indicadores del Plan Plurinacional para la Gestión integral de Recursos Hídricos

| Políticas Sectoriales  | Lineamientos Estratégicos   | Objetivos Estratégicos   | Indicadores  |
|--|---|--|--|
| Buena gobernanza del agua .  | Gestión del conocimiento para la GIRH y la productividad.               | Generar capacidades y conocimiento científico para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas.                                 | Número de cuencas priorizadas con desarrollo de investigaciones e innovación tecnológica.                  |
|  | Planificación y Gobernanza Hídrica Plurinacional.                       | Desarrollar instrumentos de articulación a la planificación territorial y regulación para la gestión hídrico ambiental .                                   | Número de cuencas priorizadas con instrumentos de planificación elaborados y en proceso de implementación. |
| Políticas Sectoriales  | Lineamientos Estratégicos   | Objetivos Estratégicos   | Indicadores  |
| Agua para los sistemas de vida y el desarrollo integral sustentable. | Manejo integral de cuencas y gestión sostenible del agua para la vida . | Intervenir con medidas estructurales y no estructurales para el manejo integral de cuencas para mejorar la resiliencia ante efectos del CC.                | Superficie intervenida con medidas de manejo integral de cuencas .   |
| Aguas transfronterizas para el desarrollo nacional.                  | Protección y Gestión de Recursos Hídricos y Cuencas Transfronterizas.   | Fortalecer las capacidades técnicas e institucionales en la instancia sectorial de recursos hídricos para la gestión integral en cuencas transfronterizas. | Número de documentos de planificación regional aprobados y en procesos de implementación.                  |
| Agua para riego con soberanía productiva y alimentaria.              | Riego con innovación tecnológica.                                       | Dotar de sistemas de riego con asistencia técnica.   | Superficie bajo riego (Miles de hectáreas).  |

Fuente: Plan Plurinacional para la Gestión Integral de Recursos Hídricos 2021-2025 (versión de trabajo)

### 2.3. La seguridad hídrica en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

En septiembre de 2015, 193 Estados miembros de la Asamblea General de las Naciones Unidas firmaron una nueva agenda para impulsar acciones de desarrollo sostenible hasta el año 2030. Basándose en los éxitos, brechas y lecciones aprendidas de las acciones que se emprendieron para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), esta nueva agenda establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 Metas, que van desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de género y la defensa del medio ambiente entre otros temas prioritarios.

La temática del agua está presente y es importante respecto a casi todos los objetivos contenidos en la agenda de desarrollo de las Naciones Unidas hasta 2030. La inclusión del agua demuestra su papel central en todos los aspectos del desarrollo y su importancia para la consecución de los ODS. Sin embargo, esta generalización de la importancia del agua para diferentes sectores conlleva al riesgo de que exista ambigüedad respecto a las responsabilidades que, respecto a este recurso implica el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta situación llevó a la inclusión de un objetivo de desarrollo específicamente orientado al agua (ODS 6: agua limpia y saneamiento), que coloca la responsabilidad de la gestión del agua y de incrementar la seguridad hídrica en las manos del sector hídrico y de los sectores que utilizan el agua, impulsando, además, a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como el principal proceso para lograr la seguridad hídrica.

Para el cumplimiento del ODS 6: “Agua limpia y Saneamiento”, se han planteado las siguientes metas:

- **Meta 6.1:** “De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos”.

A nivel mundial, uno de los usos más importantes del agua es para cubrir las necesidades de consumo e higiene de las personas.

La meta 6.1 de los ODS tiene como propósito lograr que todos los seres humanos (superando de manera progresiva diferencias étnicas, culturales, de género o generacionales) y bajo diferentes contextos y situaciones (el hogar, las escuelas, los lugares de trabajo, de atención médica, etc.) accedan de manera fiable y segura a volúmenes suficientes de agua, con la calidad necesaria (libre de patógenos y elementos tóxicos) para satisfacer sus necesidades domésticas (bebida, preparación de alimentos, higiene personal).

El concepto de “precio asequible” implica que el pago por los servicios de agua potable no debe constituir un obstáculo para el acceso al recurso ni para cubrir las necesidades humanas básicas.

Esta meta tiene por indicador a la “proporción de la población que dispone de servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura” (Indicador mundial 6.1.1.), que se define como “la población que utiliza una fuente de agua potable mejorada (agua corriente en las viviendas, patios o parcelas; fuentes o grifos públicos; pozos de sondeo o entubados; pozos excavados protegidos; manantiales protegidos; agua de lluvia; agua envasada o suministrada) ubicada in situ, disponible en todo momento y exenta de contaminación fecal y sustancias químicas prioritarias”.

La Meta ODS 6.1 contribuye a reducir la pobreza bajo diferentes dimensiones y a lograr el acceso universal a los servicios básicos (ODS 1 y 11). Es esencial para la mejora en materia de nutrición (ODS 2), salud (ODS 3), educación (ODS 4), igualdad de género (ODS 5) y productividad (ODS 8).



- **Meta 6.2:** “De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad”.

Plantea la necesidad de que todas las personas (sin distinción étnica, cultural, de género o generacional), accedan fácilmente (cerca de los hogares, escuelas, centros de salud, trabajo, etc.) y cuando sea preciso, a servicios e instalaciones que posibiliten la gestión y eliminación de orina y heces fecales sin riesgos (separando de modo higiénico los excrementos a fin de evitar que entren en contacto con las personas, tratándolos de manera segura in situ o transportándolos a otro lugar para su tratamiento e incluso reúso).

Esta meta también considera las condiciones y prácticas de higiene que contribuyen a conservar la salud y evitar la transmisión de enfermedades mediante el lavado de manos, la higiene alimentaria, la gestión de la higiene menstrual, entre otros.

La meta 6.2. presta especial atención a las necesidades de saneamiento e higiene de mujeres, niñas y grupos en situación de vulnerabilidad (campos de detención, centros de refugiados, lugares de concentración, etc.) con dignidad y bajo condiciones de seguridad.

El indicador de esta meta está referido a la “proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura, incluida una instalación para lavarse las manos con agua y jabón” (Indicador mundial 6.2.1). Este indicador contempla dos subindicadores:

- La “proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura”, que se define como la población que tiene acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas en sus hogares, que no se comparten con otras familias y en las que los excrementos se tratan y eliminan de forma segura in situ o se transportan para ello a otro lugar.
- La “proporción de la población que dispone de instalaciones básicas para lavarse las manos en su domicilio”, que se utiliza como un indicador indirecto de la adopción de prácticas de higiene adecuadas. Los hogares que disponen de instalaciones para lavarse las manos con agua y jabón cumplen los criterios relativos a instalaciones de higiene básicas.

Al igual que la Meta ODS 6.1, la Meta ODS 6.2. contribuye a la reducción de la pobreza y al logro del acceso universal a los servicios básicos (ODS 1 y 11), así como a mejorar las condiciones en materia de

nutrición (ODS 2), salud (ODS 3), educación (ODS 4), igualdad de género (ODS 5) y productividad (ODS 8). Sin duda, una contribución fundamental de esta meta está referida a la reducción de la contaminación de las aguas subterráneas y de escorrentía (metas 6.3 y 6.6) que podrían utilizarse como fuentes de agua potable (meta 6.1) y para otros usos.

- **Meta 6.3:** “De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”.

Esta meta está orientada a impulsar acciones que posibiliten el mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua, mediante la eliminación, minimización o reducción considerable de las distintas fuentes de contaminación que afectan a este recurso, y entre las cuales destacan: las aguas residuales de los hogares, de los establecimientos comerciales y de las industrias (fuentes localizadas), así como las escorrentías de tierras urbanas y agrícolas (fuentes no localizadas).

La meta 6.3. contempla dos indicadores: el “porcentaje de aguas residuales tratadas de manera segura” (Indicador mundial 6.3.1) y el “porcentaje de masas de agua de buena calidad” (Indicador mundial 6.3.2).

El indicador “porcentaje de aguas residuales tratadas de manera segura” se define como el porcentaje de aguas residuales generadas por los hogares y por las actividades económicas, que se tratan de forma segura.

El componente de este indicador referente a los hogares guarda relación directa con el indicador 6.2.1. En este punto, la consideración e inclusión de las instalaciones in situ es fundamental desde el punto de vista de la salud pública, el medio ambiente y la igualdad, ya que aproximadamente dos tercios de la población mundial utilizan ese tipo de instalaciones.

Respecto al monitoreo de las aguas residuales generadas por las distintas actividades económicas, contribuye a identificar los ámbitos en los que las intervenciones son prioritarias y puede impulsar una aplicación más estricta de las leyes sobre contaminación y los permisos de vertimiento.

La atención que se presta al “reciclado y la reutilización sin riesgos”, es complementaria a la importancia que se concede a la reducción de las extracciones de agua dulce y a la mejora del uso eficiente de este recurso (meta 6.4).

En cuanto al indicador “porcentaje de masas de agua de buena calidad”, hace referencia al porcentaje de masas de agua que son priorizadas y monitoreadas en un país, cuya calidad es buena. Este estado de la calidad general del agua se determina en función a determinados parámetros, cuyos valores de referencia se establecen en la clasificación específica de cada masa (o cuerpo) de agua. En el indicador 6.3.2 de los ODS, se indican cinco parámetros principales para el caso de las masas de agua superficiales (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo y pH) y tres parámetros para las masas subterráneas (conductividad eléctrica, nitratos y pH).

La meta 6.3 de los ODS, contribuye a la protección tanto de la salud de los ecosistemas (meta 6.6 y ODS 14 y 15) como de la salud humana (meta 6.1).

- 
- **Meta 6.4:** “De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”.
- 

La meta 6.4. aborda la escasez de agua con el objetivo de garantizar que los recursos hídricos sean suficientes para cubrir los requerimientos de la población, de las actividades económico - productivas y del medio ambiente, mediante la mejora del uso eficiente del agua en todos los sectores de la sociedad.

En este marco, el cumplimiento de la Meta 6.4. implica minimizar el consumo de agua en los procesos de producción de los distintos sectores económicos, disminuyendo la dependencia del crecimiento económico con respecto al aumento de las extracciones de agua, mediante, por ejemplo, la reducción de las pérdidas de agua.

Las extracciones hídricas para usos productivos y de consumo, no deben significar el agotamiento de las masas de agua, debiéndose considerar también las necesidades del medio ambiente.

En la Meta 6.4 de los ODS, se considera que la escasez física de agua se produce cuando se ha extraído más del 75% de los recursos hídricos disponibles; y que la escasez económica de agua se produce cuando hay malnutrición, aunque se haya extraído menos del 25% de los recursos hídricos disponibles. En este marco, los esfuerzos deben concentrarse en disminuir la escasez física y económica del agua, a fin de reducir sus efectos sobre las personas, lo que puede manifestarse en situaciones tales como un saneamiento deficiente o condiciones de malnutrición.

Esta meta contempla dos indicadores: el “cambio en la eficiencia del uso del agua con el tiempo” (indicador mundial 6.4.1) y el “nivel de estrés por escasez de agua: extracción de agua dulce como proporción de los recursos de agua dulce disponibles” (indicador mundial 6.4.2).

El indicador 6.4.1 se define como “el valor añadido en dólares de los Estados Unidos por volumen de agua extraído en metros cúbicos, que genera una actividad económica determinada con el tiempo (para mostrar la evolución en el uso eficiente del agua)”. Este indicador incluye el consumo de agua en todas las actividades económicas, principalmente en la agricultura, la industria y el sector de los servicios.

Por su parte, el indicador 6.4.2 hace referencia a la proporción entre el agua dulce total extraída por todas las actividades económicas y los recursos renovables totales de agua dulce, tras haber tomado en cuenta las necesidades hídricas ambientales. Las actividades económicas en que se centra este indicador son: agricultura, industria manufacturera, electricidad, y captación, tratamiento y suministro de agua.

El indicador 6.4.2 posibilita calcular la presión ejercida por el conjunto de las actividades económicas sobre los recursos de agua dulce renovables de un país, permitiendo tomar decisiones que conduzcan a “asegurar la sostenibilidad de las extracciones y el abastecimiento de agua dulce” según lo que postula la meta 6.4.

Por su contribución a la preservación de la salud y a la resiliencia de los ecosistemas, la Meta 6.4 guarda un estrecho vínculo con la meta 6.6 y el ODS 15, y está muy relacionada con la producción sostenible de alimentos (ODS 2), el crecimiento económico (ODS 8), las infraestructuras y la industrialización (ODS 9), las ciudades y los asentamientos humanos (ODS 11), y el consumo y la producción (ODS 12).

- 
- **Meta 6.5:** “De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda”.
- 

La meta 6.5. del ODS 6, impulsa a los países a implementar la GIRH, principal vehículo para llegar a la seguridad hídrica, considerando los diferentes niveles de gobernanza, desde el gobierno nacional hasta las administraciones locales, las autoridades o instancias de gestión de las cuencas y la participación de las distintas partes que tienen intereses en torno a los recursos hídricos.

Al respecto, se han establecido dos indicadores: el “grado de aplicación de la gestión integrada de los recursos hídricos” (Indicador mundial 6.5.1) y la “proporción de la superficie de cuencas transfronterizas con un arreglo operacional para la cooperación en la esfera del agua” (Indicador mundial 6.5.2).

El Indicador 6.5.1. “grado de aplicación de la GIRH”, aborda cuatro aspectos centrales que constituyen factores condicionantes de la seguridad hídrica:

- **Entorno propicio:** valora la creación de las condiciones que contribuyen a apoyar la implementación de la GIRH, que incluye las herramientas legales, de políticas y de planeamiento estratégico más representativas para la GIRH.
- **Instituciones y participación:** valora el rango y las funciones de las instituciones políticas, sociales, económicas y administrativas y otros grupos de interés que apoyan la implementación de la GIRH.
- **Instrumentos de Gestión:** valora las herramientas y actividades que permiten a los responsables y a los usuarios tomar decisiones y elegir racionalmente y con fundamentos entre acciones alternativas.
- **Financiamiento:** valora los presupuestos y financiamientos disponibles de diversas fuentes utilizados para el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos.

En el marco del Indicador 6.5.1 del ODS 6, todos estos aspectos son calificados considerando dos ámbitos: un nivel nacional y un ámbito que cubre todos los niveles inferiores al nacional, incluyendo el nivel subnacional, de cuencas / acuíferos, así como el nivel transfronterizo.

Respecto al Indicador 6.5.2, este hace referencia al porcentaje de la superficie de cuencas transfronterizas de cada país, para el que existe un arreglo operacional de cooperación en materia de recursos hídricos.

Un “arreglo para la cooperación en la esfera del agua” es un tratado bilateral o multilateral, un convenio, un acuerdo u otro instrumento oficial entre países vecinos que proporciona un marco para la cooperación en materia de gestión de aguas transfronterizas. Se considera que es “operacional” cuando: existe un órgano conjunto; la comunicación entre países es frecuente y oficial; existen planes u objetivos de ordenación conjuntos o coordinados, y existe un intercambio periódico de datos e información.

La implementación de la GIRH posibilita un equilibrio entre la atención de las necesidades de servicios de suministro de agua potable y saneamiento para todos (metas 6.1 y 6.2) y la demanda de agua por parte de todos los sectores económicos, mediante la gestión sostenible de los recursos hídricos, las aguas residuales y los recursos de los ecosistemas en general (metas 6.3, 6.4 y 6.6). La GIRH también contribuye a mejorar la resiliencia frente a los desastres relacionados con el agua (meta 11.5) y al cambio climático (ODS 13). La GIRH comprende ámbitos como la cooperación internacional, la creación de capacidad y la participación de las partes interesadas (metas 6.a y 6.b)

- **Meta 6.6:** “De aquí a 2030, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos”.

Con la meta 6.6 se pretende detener la degradación y contribuir a la recuperación de los ecosistemas que cumplen funciones hídrico-ambientales relacionadas tanto con la cantidad de agua (captación, almacenamiento) como con su calidad, (descomposición y absorción de sustancias que contaminan el agua), además de servir para otros fines.

En esta meta se incluyen ecosistemas relacionados con el agua como los humedales, los ríos, los lagos, los embalses y el agua subterránea, pero también las montañas y los bosques, que desempeñan un papel particular en la regulación hidrológica, el almacenamiento de agua dulce y el mantenimiento de la calidad del agua.

La meta 6.6 tiene por indicador al “cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua a lo largo del tiempo” (Indicador mundial 6.6.1), que considera como parámetros a los cambios que se verifican en estos ecosistemas desde su condición natural, respecto a:

- Su extensión espacial
- La cantidad de agua de los ecosistemas
- La calidad del agua de los ecosistemas (en relación con el indicador 6.3.2)

El monitoreo del indicador 6.6.1 permite evaluar las repercusiones pasadas y presentes del desarrollo humano en los ecosistemas, así como la posibilidad de obtener futuros beneficios a partir de sus funciones ecosistémicas.

En el ODS 6, se recomienda a los países, la incorporación de un componente sobre la salud de los ecosistemas en su programa de monitoreo, aunque no se ha incluido en el cómputo del indicador 6.6.1. La salud de los ecosistemas se suele medir mediante indicadores biológicos, pero no se ha

recomendado un único método, ya que depende de las condiciones ecológicas locales.

La meta 6.6 contribuye directamente a mejoras más amplias en la salud de los ecosistemas, tanto marinos (ODS 14) como terrestres (ODS 15).

- **Meta 6.a:** “De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización”.

Alcanzar las metas del ODS 6, implica una movilización significativa de recursos nacionales, pero además requiere de un mayor apoyo externo sobre todo a los países en desarrollo, para cerrar las brechas de forma temporal mientras se desarrollan las capacidades y recursos nacionales. En este sentido, la meta 6.a está orientada a intensificar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo, con miras a la creación de capacidades.

Esta meta hace referencia a la ayuda en forma de subvenciones o préstamos provenientes de organismos de asistencia externos, para fortalecer las capacidades, competencias y habilidades de las personas y las comunidades, en torno a las prácticas, procesos y tecnologías necesarias para alcanzar las metas relacionadas con el agua y el saneamiento.

Esta meta tiene por indicador al “volumen de la asistencia oficial para el desarrollo (AOD) destinada al agua y al saneamiento, que forma parte de un plan de gastos coordinados del gobierno” (Indicador mundial 6.a.1).

La medición de este indicador contempla la cuantía y porcentaje de la AOD incluida en el plan de gastos coordinados del Gobierno, ya sea:

- 1) Con cargo al tesoro público
- 2) Con cargo al presupuesto.

Un valor bajo en este indicador (próximo a 0%) señala que los donantes internacionales invierten en actividades y programas relacionados con los recursos hídricos y el saneamiento en el país sin que el propio Gobierno tenga conocimiento de ello. Un valor alto (próximo a 100%) indica que los donantes se ajustan a las políticas y los planes nacionales y subnacionales del Gobierno en materia de recursos hídricos y saneamiento.

- **Meta 6.b:** “Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento”.

La meta 6.b se orienta a impulsar la participación de los actores y comunidades locales en la planificación y la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento, que es esencial para lograr la satisfacción de las necesidades y demanda legítimas de los usuarios locales y que estos actores comprendan plenamente la importancia de las metas planteadas en torno al ODS 6 y se involucren de manera activa en las acciones encaminadas para su cumplimiento.

La participación supone la existencia de un mecanismo mediante el cual las personas y las comunidades puedan contribuir de modo significativo a la adopción de decisiones y orientaciones respecto a la planificación e intervenciones en torno al agua y saneamiento. En este sentido, la meta 6.b. tiene por indicador a la “proporción de dependencias administrativas locales con políticas y procedimientos operacionales establecidos para la participación de las comunidades locales en la ordenación del agua y el saneamiento” (Indicador Mundial 6.b.1).

Como conclusión, se puede mencionar que en las metas del ODS 6 se evidencian claramente los elementos centrales que hacen a la seguridad hídrica: la satisfacción de las necesidades humanas; la sostenibilidad del recurso en términos de cantidad y calidad; la importancia de los ecosistemas y sus funciones ambientales respecto al agua.

Bolivia ha asumido el reto de contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y ha procedido al alineamiento de los ODS con la Agenda Patriótica 2025. Particularmente en el caso del indicador 6.5.1., ha cumplido con la emisión de reportes de los avances del país en dos oportunidades: el año 2017 y el 2020.

## 2.4. La seguridad hídrica en el marco de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas

El año 2015, en el marco del Acuerdo de París, 196 Partes se reunieron con el fin de encaminar al mundo hacia el desarrollo sostenible y limitar el calentamiento de 1,5 a 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales. A partir del Acuerdo de París, las Partes también acordaron el objetivo a largo plazo de aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos provocados por el cambio climático, fomentar la resiliencia al clima y el desarrollo de bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de manera que la producción de alimentos no se viera amenazada. Además, acordaron trabajar para que las corrientes de financiación fueran coherentes con una vía hacia un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero y resiliente al clima.

Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) son el núcleo del Acuerdo de París y de la consecución de esos objetivos a largo plazo. Las contribuciones determinadas a nivel nacional representan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático. El Acuerdo de París requiere que cada Parte prepare, comunique y mantenga las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que se proponga lograr (Artículo 4, párrafo 2).

Bolivia recientemente ha actualizado sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) en la lucha contra el cambio climático hacia el 2030. En esta versión actualizada se reconoce la urgencia para el país de lograr la seguridad hídrica multinivel y multisectorial. Para el sector agua, estas contribuciones responden a 4 subsectores de impacto:

- Promover el incremento de la cobertura de agua potable, agua segura y saneamiento básico
- Incremento de las funciones ambientales a través de la conservación de bofedales y humedales
- Promover la Gestión integral de Recursos Hídricos en cuencas a través de la gestión social del agua, la restauración de ecosistemas, la planificación y el mejoramiento de la seguridad hídrica
- Mejorar la adaptación a través del incremento del área bajo riego y uso más eficiente del agua para producción agrícola.

En este marco, se han identificado 6 metas a desarrollarse a nivel nacional, claramente orientadas al logro de la seguridad hídrica:

- **Meta 1:** Hasta 2030, se alcanzó el 100% de la cobertura de agua potable con sistemas de prestación de servicios resilientes.

- **Meta 2:** Hasta 2030, se alcanzó el 100% de saneamiento básico.
- **Meta 3:** Hasta 2030, se alcanzó 1,1 millón de hectáreas bajo riego eficiente.
- **Meta 4:** Hasta 2030, se alcanzaron 1.000 millones m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento de agua.
- **Meta 5:** Hasta el 2030, se alcanzó 12 millones de hectáreas con el Manejo Integral de Cuencas (MIC).
- **Meta 6:** Hasta el 2030, se aprobaron 51 instrumentos de planificación de los cuales 60% se encuentran en implementación.
- **Meta 7:** Hasta el 2030, se alcanzaron 900 km con infraestructura para control hidráulico.
- **Meta 8:** Hasta 2030, se ha mantenido y conservado 16 millones hectáreas de superficie de humedales designadas como sitio RAMSAR.

A partir de estas metas y para medir los avances respecto a las mismas, se desarrolló un "Índice de Gestión Integral y Sustentable del Agua -IGlySA" que tiene por objetivo "medir el desarrollo de acciones de resiliencia para garantizar el uso y acceso al agua, a partir del desarrollo de prácticas de conservación de los componentes, zonas y sistemas de vida de la Madre Tierra, con la finalidad de satisfacer las necesidades de agua para consumo humano y promover procesos productivos sustentables que contribuyen a la soberanía con seguridad alimentaria y la calidad de vida de la población boliviana".

Para el cálculo de este índice, a partir de indicadores normalizados municipales, se obtiene el promedio simple de cada indicador y de su agregado.

$$IGlySA = Prom (IGlySA_1 \times Norm, \dots, IGlySA_8 \times Norm)$$

Donde:

IGlySA\_1 xNorm: Agua potable

IGlySA\_2 xNorm: Saneamiento básico

IGlySA\_3 xNorm: Riego

IGlySA\_4 xNorm: Almacenamiento agua

IGlySA\_5 xNorm: Proyectos MIC

IGlySA\_6 xNorm: Plan. hídrica

IGlySA\_7 xNorm: Protección hidráulica

IGlySA\_8 xNorm: RAMSAR

## 2.5. Dimensiones y condicionantes de la seguridad hídrica

A partir de la revisión del estado del arte efectuada respecto a la seguridad hídrica, que ha incluido la revisión de enfoques, definiciones, metodologías adoptadas por diferentes autores, países, y organismos, además del desarrollo de entrevistas a expertos en la temática y la revisión de la implicancia de los compromisos internacionales y de las políticas nacionales en torno a los recursos hídricos sobre la seguridad hídrica, se plantean como elementos de análisis, tres dimensiones de la seguridad hídrica:

- Disponibilidad de agua en cantidad y calidad, para usos humanos
- Disponibilidad de agua en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables

- Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas

Además de las dimensiones anteriormente citadas, se consideran como factores condicionantes de la seguridad hídrica, a:

- La gestión de los recursos hídricos, caracterizada por aspectos tales como la gobernanza, las capacidades institucionales y la gestión de información y conocimientos
- Riesgos asociados a los recursos hídricos

En el siguiente gráfico, se esquematiza esta propuesta de Dimensiones y Factores Condicionantes de la Seguridad Hídrica.



Figura 1. Dimensiones y Factores Condicionantes de la Seguridad Hídrica

## 2.5.1. Dimensiones de la seguridad hídrica

El análisis de la seguridad hídrica, a partir de la selección de determinadas dimensiones o áreas clave, que reflejen los temas de importancia para la sociedad en cada realidad, constituye un paso necesario para focalizar los temas relevantes sobre los cuales intervenir para avanzar hacia la seguridad hídrica. Sin embargo, la gestión de los recursos hídricos, como medio para alcanzar la seguridad hídrica, no constituye un esfuerzo sectorial, más bien debe responder a un enfoque integrador, el reto es lograr un equilibrio entre las demandas prioritarias que se visibilizan a través de cada dimensión de la seguridad hídrica, con un enfoque de sustentabilidad.

Como se menciona anteriormente y se visibiliza en el gráfico 1, para el contexto nacional el ámbito específico de las cuencas como zonas de vida y unidades de gestión, plantean las siguientes dimensiones de seguridad hídrica:

### 2.5.1.1 Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos

La disponibilidad de agua para usos humanos sin duda constituye uno de los retos de la seguridad hídrica. La Constitución Política del Estado reconoce al acceso al agua como un derecho humano fundamentalísimo para la vida (Art. 16, 20 y 373) y en ese sentido está clara la inserción de esta temática en la política y estrategias de desarrollo del país (Pilar 2 de la Agenda Patriótica; Eje 1 del PDES). También está clara la priorización de esta dimensión en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6.1), considerando no solo las necesidades de consumo humano, sino también las condiciones de higiene necesarias para prevenir y contener las enfermedades, reduciendo la propagación de patógenos, incluido el virus del COVID19.

En este marco, la disponibilidad de agua para usos humanos implica que la población pueda disponer de las cantidades necesarias de este recurso para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene, de manera permanente, oportuna y fiable, bajo condiciones de acceso apropiadas, con conexiones domiciliarias o próximas al hogar.

Un elemento central de esta dimensión es el carácter equitativo de la dotación de agua para la satisfacción de las necesidades humanas, con la tendencia a reducir las desigualdades entre grupos demográficos de género y generacionales, en cuanto al acceso al agua.

Otro aspecto esencial está referido a la calidad del agua. Este recurso, destinado al consumo humano, debe estar libre de patógenos y elementos contaminantes que pongan en riesgo la salud humana.

## 2.5.1.2 Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos

El sector productivo, y particularmente la agricultura, se constituye en el principal demandante de agua en el país. El generar condiciones para el desarrollo productivo sustentable constituye un eje estratégico de las políticas nacionales, y en este esfuerzo, la seguridad hídrica juega un rol central.

Es común que, en este ámbito, las necesidades de seguridad hídrica se asocien principalmente con la satisfacción de los requerimientos hídricos de actividades productivas familiares de pequeña escala o de subsistencia. Sin embargo, se considera que es importante considerar otras escalas, por ejemplo la industrial, por las implicancias que tienen en términos de demanda de agua, como también de su conservación en términos de calidad. Este aspecto toma especial relevancia bajo los enfoques del nuevo Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PDES), cuya visión está orientada “hacia la industrialización con sustitución de importaciones”.

En este sentido, para esta dimensión se plantea abordar el tema de la disponibilidad de agua para usos productivos, desde tres perspectivas o subdimensiones:

- i) El de actividades productivas vinculadas a la subsistencia familiar / seguridad alimentaria, principalmente la agricultura de pequeña escala;
- ii) El de las actividades productivas “extractivas” del agua, como la industria, la minería, o la agricultura de mayor escala;
- iii) El de actividades productivas “no extractivas” de agua, como hidroeléctricas, piscicultura, etc.

Las demandas hídricas del sector productivo son las más significativas. La agricultura continuará siendo la principal demandante de agua a futuro, y las demandas de los sectores extractivos tienden a incrementarse, principalmente del sector industrial con el crecimiento de las ciudades. Las demandas del sector minero no dejan de ser relevantes, principalmente en algunas regiones del país donde esta actividad reviste particular importancia.

La prioridad que pueden dar los tomadores de decisión a la asignación de agua para los sectores productivos, por su vínculo con el desarrollo económico del país y de las regiones, puede ser la principal causa del “desequilibrio” que llega a afectar sobre todo a la disponibilidad de agua para los ecosistemas. Sin embargo, las soluciones a esta situación no pasan por la simple “limitación” del recurso hídrico para las actividades productivas, sino más bien los esfuerzos deben concentrarse en incrementar “la eficiencia” en el uso del agua para fines productivos, a fin de disminuir las demandas existentes.

Por lo mencionado, además de disponer de indicadores que reflejen los resultados y avances respecto a la disponibilidad de agua para actividades productivas priorizadas en el marco de las políticas y estrategias nacionales, se considera importante contar con información del estado de equilibrio entre el agua disponible y los diferentes usos o demandas potenciales que se verifican, además de ser información valiosa como soporte a la toma de decisiones respecto a la asignación de este recurso. Un aspecto que contribuye a la disposición de esta información es que en las cuencas priorizadas, donde se promueve el desarrollo e implementación de planes directores de cuenca, se establece la realización de estudios de balance hídrico, bajo condiciones normales y de años secos, considerando escenarios de cambio climático.

Otro aspecto a considerar es la necesidad de evaluar la "disponibilidad en cantidad" del agua para usos productivos y otros usos, de manera conjunta con la calidad del recurso. En este sentido, también vale destacar el impulso que el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego ha dado a los procesos de clasificación y monitoreo de la calidad de cuerpos de agua priorizados, lo cual también constituye un componente común considerado en los planes directores de cuenca.

### 2.5.1.3 La conservación y/o restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas

Los ecosistemas son combinaciones complejas de organismos vivientes y no vivientes que interactúan y participan en procesos intrincados, afectando unos a otros. Ellos cumplen funciones esenciales para aumentar la seguridad hídrica. Estas funciones incluyen el almacenamiento de agua dulce, la regulación de los caudales, la purificación del agua, la recarga del agua subterránea, la regulación de la calidad del aire y el clima, la protección del suelo, y la reducción de riesgos asociados a desastres relacionados con el agua.

La degradación de los ecosistemas resulta en la pérdida de sus funciones ambientales, entre ellas, la capacidad de regulación hidrológica de las cuencas. El monitoreo de estos procesos de degradación ambiental y la toma de decisiones respecto a acciones necesarias para contrarrestarlos, son esenciales para garantizar la seguridad hídrica.

En este marco, dentro de la dimensión orientada a la conservación y/o restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas, se consideran como prioritarias para la seguridad hídrica, los siguientes subdimensiones:

- **El control de la contaminación hídrica:** Una de las fuentes más comunes de contaminación hídrica y ambiental en el área rural y periurbana del país, está

referida a la contaminación por ausencia o deficiencias en los servicios de saneamiento. La gestión segura de los servicios de saneamiento es fundamental para proteger, además de la salud de las personas, al medio ambiente. Las fugas de letrinas y redes de alcantarillado, ocasiona la contaminación de las aguas subterráneas y escurrimientos superficiales, que en muchos casos pueden ser aprovechados para el consumo humano. La gestión segura de los servicios de saneamiento contempla: el "acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas que no se comparten con otras familias y en las que los excrementos se tratan y eliminan de forma segura in situ o se transportan para ello a otro lugar".

Otro aspecto importante para el monitoreo de la seguridad hídrica está relacionado con el tratamiento de las aguas residuales. Estas aguas, si son de origen doméstico y se vierten sin tratamiento en los cursos naturales, pueden ocasionar la propagación de agentes patógenos y cargas de nutrientes nocivos. Si su origen es industrial o minero, puede contener sustancias contaminantes tóxicas y peligrosas. En todo caso, el monitoreo de ésta subdimensión contribuirá a generar criterios y orientaciones para una efectiva aplicación de las normativas y leyes existentes en torno a esta temática, y a la toma de decisiones respecto a permisos / licencias de vertido y sus condiciones.

Para ello se considera importante la clasificación de los cuerpos de agua y la definición de parámetros de calidad, el establecimiento de redes de monitoreo de la calidad hídrica y el desarrollo de campañas periódicas de monitoreo. A partir de los resultados de estas campañas, se podrán evaluar los avances en cuanto al mejoramiento de la calidad del agua respecto a los parámetros definidos.

- **La conservación y protección de los ecosistemas:** La conservación y protección de los ecosistemas es fundamental para mantener funciones ambientales, muchas de ellas esenciales para garantizar la disponibilidad del agua para los otros usos. El monitoreo de ésta subdimensión se plantea en términos de establecer los cambios respecto a la extensión espacial de los ecosistemas relacionados con el agua como consecuencia de las intervenciones antrópicas (bofedales, humedales) así como en evaluar periódicamente el estado de la disponibilidad del agua para los ecosistemas. Contar con datos de calidad hídrica de los cuerpos de agua, será esencial para evaluar este estado.

- **El manejo integral de cuencas:** Los procesos de degradación de suelos y pérdida de la cobertura vegetal se cuentan entre los principales factores que causan la pérdida progresiva de las funciones hídrico-ambientales de las cuencas del país, principalmente la disminución de su capacidad de regulación hidrológica. Por esta situación, se presentan altos índices de escurrimiento, que junto al compor-

tamiento de las precipitaciones como consecuencia de la variabilidad y del cambio climático determinan que cada vez se agudice la problemática de déficit hídrico.

La degradación de suelos y la pérdida de la cobertura vegetal han ido tornándose cada vez más críticos: un factor es el crecimiento de la frontera agrícola y la aplicación de prácticas agro-productivas que ocasionan procesos de erosión, compactación y contaminación de los suelos agrícolas. En suelos no agrícolas, las prácticas de tala y habilitación de nuevos terrenos, así como el pastoreo extensivo no controlado, son los que más inciden en estos procesos de degradación.

Las áreas de recarga hídrica ubicadas en las cabeceras de la cuenca también están siendo afectadas por la pérdida de la cobertura vegetal y la erosión. La capacidad de infiltración de los suelos y la recarga de acuíferos se ve mermada, consiguientemente disminuye también la disponibilidad de agua en vertientes, ríos y quebradas. La degradación de estas zonas afecta las funciones naturales de captación, almacenamiento y descarga regulada, disminuyendo la disponibilidad de agua para los diferentes usos en la cuenca.

En este sentido, el monitoreo de las prácticas orientadas a limitar o revertir los procesos de degradación de las cuencas (a partir de forestación y reforestación; establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles; normas de protección; medidas de conservación de suelos y agua; terrazas de formación lenta, zanjias de infiltración, clausuras, u otros sistemas de manejo que permitan la revegetación), permitirá visibilizar los esfuerzos en torno al manejo integral de cuencas para alcanzar la seguridad hídrica.

## 2.5.2 Factores condicionantes de la seguridad hídrica

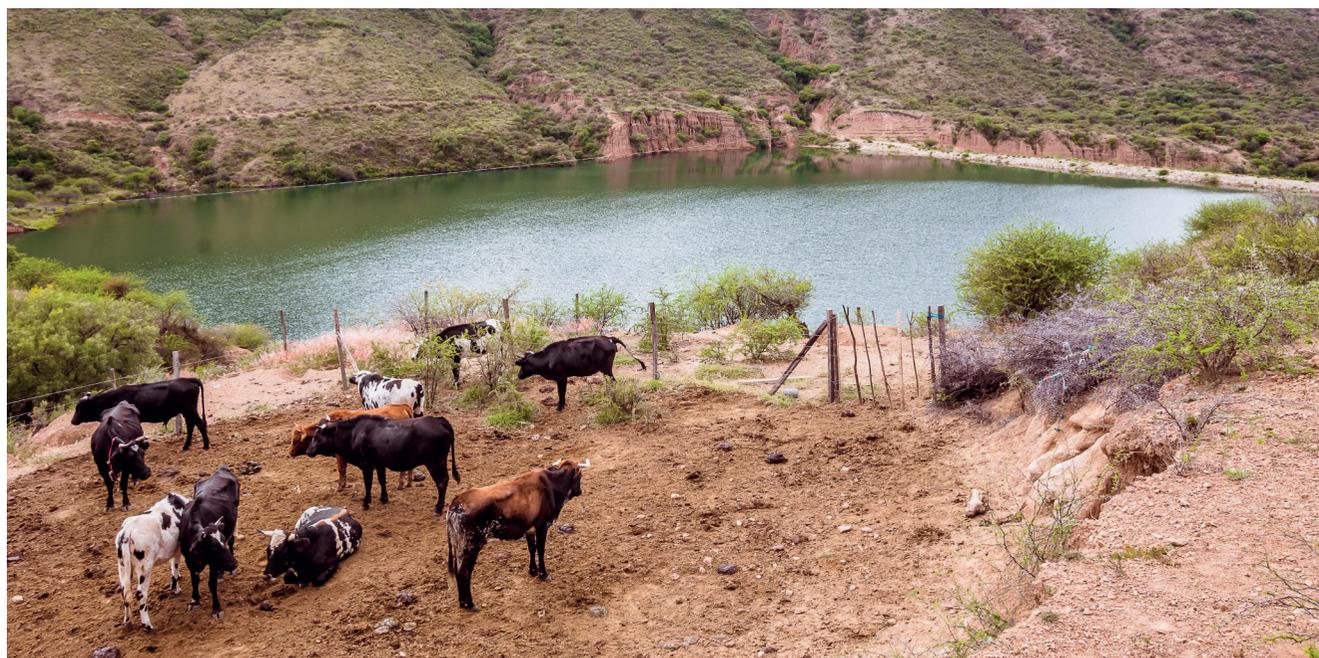
Además de las dimensiones identificadas como prioritarias para la seguridad hídrica, que están directamente relacionadas a las demandas en un sistema hidrológico, cuya satisfacción equilibrada determina el grado de seguridad hídrica en ese contexto en particular, existen factores que tienen una incidencia determinante sobre esas relaciones de equilibrio y balance entre las necesidades de agua para los usos humanos, productivos y de los ecosistemas, frente a la disponibilidad del recurso para estos fines. A estos factores se ha denominado "factores condicionantes de la seguridad hídrica", los mismos que se presentan a continuación:

### 2.5.2.1 La gestión de los recursos hídricos

Los diversos intereses relacionados con el uso del agua plantean retos importantes y variados que inciden en la toma de decisiones relativas al manejo de los recursos hídricos, particularmente cuando se pretende satisfacer, aplicando principios de equidad y de conservación del recurso, las necesidades y expectativas de los diferentes usuarios y de las partes interesadas. El tomar buenas decisiones respecto a la gestión de los recursos hídricos constituye uno de los principales factores condicionantes de la seguridad hídrica.

Para el análisis y monitoreo de este factor condicionante, se han identificado tres aspectos clave:

- **La gobernanza del agua:** este factor se refiere a los mecanismos, procesos, arreglos y acuerdos a través de los cuales se establecen y operativizan espacios de coordinación interinstitucional e intersectorial, con participación de todos los actores públicos, privados



y sociales relevantes para gestión del agua. A través de la gobernanza se establece una visión compartida de desarrollo, se visibilizan y articulan los diferentes intereses por el agua, se prioriza de manera concertada la asignación del agua para los diferentes usos y sectores, se formalizan compromisos para la implementación de acciones priorizadas para el logro de la seguridad hídrica, y se gestionan y resuelven los conflictos en torno al agua.

La gobernanza hídrica involucra el desarrollo, formalización y aplicación de normas, roles, responsabilidades, derechos, obligaciones y estructuras a través de las cuales se adoptan decisiones y acciones participativas orientadas a la conservación, acceso y uso racional y sostenible de los recursos hídricos. Al respecto, en Bolivia se destacan las iniciativas de constitución y operativización de "Plataformas de Gestión", en cuencas estratégicas mayores, y de "Organismos de Gestión de Cuencas" a nivel de microcuencas.

Para el monitoreo de la gobernanza hídrica, se plantean criterios tales como: la existencia de un espacio de coordinación, concertación y decisión horizontal y participativa entre todos los actores clave vinculados a la gestión de los recursos hídricos (plataformas de gestión); el establecimiento, formalización y legitimización de procesos de planificación participativa e integral de los recursos hídricos (planes directores de cuenca), el grado de implementación y cumplimiento de estos planes; la existencia de instancias, mecanismos e instrumentos técnicos y operativos que constituyan un soporte para la toma de decisiones participativas y para la dinamización de la gestión de los recursos hídricos (Unidades de Gestión de Cuencas). Estos elementos forman parte de las políticas y estrategias nacionales para impulsar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a nivel de cuencas.

**- Capacidades para la gestión hídrico-ambiental de los actores clave vinculados al agua:** Otro aspecto esencial para la gestión de los recursos hídricos está referido a la capacidad de cada uno de los diferentes actores públicos, privados y sociales involucrados en la gestión del agua (GADs, GAMs, EPSAs, CAPyS, OGCs, organizaciones productivas y de regantes, entre otras) para gestionar sus intereses y asumir sus propios roles, funciones y mandatos respecto a los recursos hídricos. Aspectos tales como la orientación estratégica y política de estos actores, sus capacidades técnicas, normativas y de gestión financiera son esenciales para una adecuada gestión de los recursos hídricos. Los parámetros planteados para el monitoreo de este factor tienen que ver con: las capacidades de gestión estratégica, de gestión operativa y de coordinación con otros actores clave para la gestión de la cuenca.

**- Gestión de información y conocimiento:** El conocimiento del sistema cuenca, de los diferentes procesos que en él se desarrollan, y de la influencia y resultados de las diferentes decisiones y acciones que en este espacio territorial se priorizan e implementan, también es un factor clave para la gestión del agua y la seguridad hídrica. Para su evaluación, se plantean criterios tales como: el establecimiento e implementación de sistemas y procesos de gestión de información a nivel de cuenca; el desarrollo de estudios e investigaciones prioritarios para el mejor conocimiento del sistema cuenca; y la recuperación de conocimientos y saberes locales en torno al agua y los ecosistemas.

**- La gestión del agua:** A fin de tener una visión completa del grado de aplicación de la GIRH como factor condicionante de la seguridad hídrica, se plantea la adopción de la metodología establecida por la ONU para el monitoreo del ODS 6.5.1 en un ámbito subnacional (de cuenca). Como se describe en el acápite 2.3, esta metodología visibiliza el grado de avance en la GIRH mediante la evaluación de cuatro elementos clave: el entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.

#### 2.5.2.2 Riesgos asociados a los recursos hídricos

La variabilidad y el cambio climático son factores que afectan y condicionan todas las dimensiones de la seguridad hídrica. Estos factores tienen influencia sobre el ciclo hidrológico, ya sea por exceso o déficit, tienen un impacto sobre la disponibilidad del agua para los diferentes usos, sobre su calidad, exacerban aún más su escasez y constituyen una amenaza al desarrollo sostenible en el mundo. Estos impactos afectan de manera desproporcionada a las comunidades pobres y vulnerables (ONU-Agua, 2019).

En el ámbito de la cuenca, el cambio climático interferirá tanto en la cantidad como en la calidad del agua. Según el Quinto Informe del IPCC, se espera en Sudamérica, y por tanto en Bolivia:

- i) Un cambio en los patrones de lluvias, los cuales variarán geográficamente, pero es notable el incremento en el periodo de sequía y de días y noches más calurosos.
- ii) Cambios en la disponibilidad hídrica.
- iii) Un incremento en el estrés en los sistemas de abastecimiento, dado por la reducción en las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración de regiones semiáridas, pudiendo desencadenar el desabastecimiento en los centros poblados, la reducción de la generación de energía hidroeléctrica y menor cantidad de agua para las actividades agrícolas, pecuarias e industriales.

El déficit hídrico y el exceso asociados a la variabilidad y cambio climático son las variables que se deben considerar a nivel de cuenca por su vínculo con el ciclo hidrológico.

Desde la publicación del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014b), a nivel internacional, se viene utilizando el concepto de riesgo climático. Este riesgo surge de la interacción entre los fenómenos meteorológicos o climáticos, junto con la exposición y vulnerabilidad, que se constituyen en coadyuvantes del riesgo, y sin los cuales se descarta su existencia.

El conocimiento del riesgo climático requiere la identificación y selección de indicadores de los componentes del riesgo. Para el monitoreo de los riesgos climáticos asociados a los recursos hídricos, se considerará tanto la variabilidad climática actual como los escenarios de cambio climático. Se enfatizará el monitoreo de las variables asociadas al ciclo hidrológico - escasez de agua y exceso de agua - para el tiempo presente y futuro.

El monitoreo del riesgo climático requiere la identificación y selección de indicadores de los componentes del riesgo. El monitoreo se focalizará en la seguridad hídrica ante el déficit de agua y el exceso de agua.

Para el monitoreo de la escasez de agua se considerarán variables relacionadas con la población que no es abastecida de agua potable, sistemas de prevención de sequía, agua almacenada, proporción de agricultura de secano, clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada.

Para el monitoreo del exceso de agua, se considerarán variables relacionadas con la infraestructura para el control de excesos de agua, sistemas de prevención de excesos de agua, impacto económico debido a excesos de agua, clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.

El monitoreo del riesgo climático futuro requiere de la desagregación de los componentes del riesgo climático - amenaza, exposición y vulnerabilidad - para el tiempo futuro para cada una de las dimensiones de la seguridad hídrica. La vulnerabilidad, por su parte, tiene como componentes: exposición, fragilidad, resiliencia, los mismos que serán considerados en términos de monitoreo.

## 2.6. Seguridad hídrica vinculada a la gestión de sistemas de vida

### 2.6.1. Gestión de sistemas de vida

Los sistemas de vida describen un proceso metabólico, que articula aspectos cognitivos, sociales y ecológicos, que en conjunto permiten generar y perpetuar de forma estable y continua las formas de vida.

Un sistema de vida está conformado por una estructura básica que está constituida por las unidades vitales del sistema de vida y cuya interacción permite la reproducción del sistema. En esta estructura básica, se desarrollan diferentes patrones de interacción entre las unidades del sistema de vida que permiten el funcionamiento regular del sistema. A su vez, éstos generan procesos que permiten fortalecer el sistema de vida en su ciclo vital. En este sentido, resulta importante fortalecer los procesos de gestión o manejo de los sistemas de vida para fortalecer las capacidades de reproducción de los procesos vitales y significativos que reproducen y perpetúan la vida en dicho sistema. Así, un sistema fragmentado y desconectado es un sistema muerto.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>INTERACCIONES TERRITORIALES (IT)</b><br/>(Patrones de interacción físico-geográficos)</p> <p>Control del territorio para la provisión de funciones ambientales estratégicas</p> <p>Respeto a la diversidad de las formas de vida</p> | <p><b>INTERACCIONES PRODUCTIVAS (IP)</b><br/>(Patrones de interacción económico-productivos)</p> <p>Provisión localy diversificada de alimentos.</p> <p>Aprovechamiento de los recursos naturales (componentes de la naturaleza) para el desarrollo de actividades económico-productivas.</p> |
| <p><b>INTERACCIONES CULTURALES (IC)</b><br/>(Patrones de interacción cultural)</p> <p>Apropiación cultural del territorio (formas de gobierno, fiestas, rituales, saberes, conocimientos y tecnologías entre otros).</p>                   | <p><b>INTERACCIONES DE GOBERNANZA (IG)</b><br/>(patrones de interacción organizativos-institucionales)</p> <p>Gestión institucional para el manejo de los recursos naturales y gestión del territorio.</p>  |

**Figura 2.** Patrones de interacción entre unidades socioculturales y zonas de vida

Fuente: Pacheco, D. (2017)

Tomando en cuenta que la comprensión y caracterización de los sistemas de vida integra este concepto a la gestión de las políticas públicas, es así, que el metabolismo del sistema de vida está conformado por una estructura, patrones de interacción, procesos de gestión, y resultados que fortalecen las articulaciones más significativas que permiten reproducir el sistema de vida en los territorios del país.

La comprensión de los sistemas de vida se sustenta sobre el marco de los elementos claves de un sistema definidos en la teoría de sistemas y la definición de sistemas de vida de la Ley N° 300 Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, que establece lo siguiente: "En lo operacional los sistemas de vida se establecen a partir de la interacción entre las zonas de vida y las unidades socioculturales predominantes que habitan cada zona de vida e identifican los sistemas de manejo más óptimos que se han desarrollado o pueden desarrollarse como resultado de dicha interrelación" (Art. 5.10, Ley N° 300).

Entonces, un sistema de vida se puede dividir en tres aspectos:

- i) Una estructura básica que son las unidades socioculturales y las zonas de vida.
- ii) Interacciones entre unidades socioculturales y zonas de vida.
- iii) Procesos de gestión de los sistemas de vida.

Además, éstos se desarrollan en un contexto y tienen resultados específicos como resultado de dicha interacción.

La seguridad hídrica como resultado de la gestión integrada de recursos hídricos tiene una relación directa con los sistemas de vida, en cuanto que:

- i) La unidad de planificación hídrica representa la estructura básica de los sistemas de vida.
- ii) Las interacciones que suceden alrededor del manejo del agua.
- iii) La gestión hídrica como parte de la gestión de los sistemas de vida.

La seguridad hídrica a la vez contribuye al equilibrio de los sistemas de vida y su correspondiente capacidad de reproducción de los procesos vitales y significativos que reproducen y perpetúan la vida.

Tabla 3. Vinculación de las interacciones de los sistemas de vida con las dimensiones de la Seguridad Hídrica

| Interacciones entre unidades socioculturales y zonas de vida   | Dimensiones de la Seguridad Hídrica  |
|--|--|
| <b>Interacciones territoriales (IT)</b><br>Control del territorio para la provisión de funciones ambientales estratégicas.                   | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas.       |
| <b>Interacciones productivas (IP)</b><br>Aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo de actividades económicas-productivas. | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables. |
| <b>Interacciones de Gobernanza (IG)</b><br>Gestión institucional del manejo de los recursos naturales y gestión del territorio.              | Gestión de los recursos hídricos (factor condicionante).                           |
| <b>Identidad cultural (IC)</b><br>Saberes, conocimientos, tecnologías.   |  |

Fuente: elaboración propia



### Equilibrio de los sistemas de vida

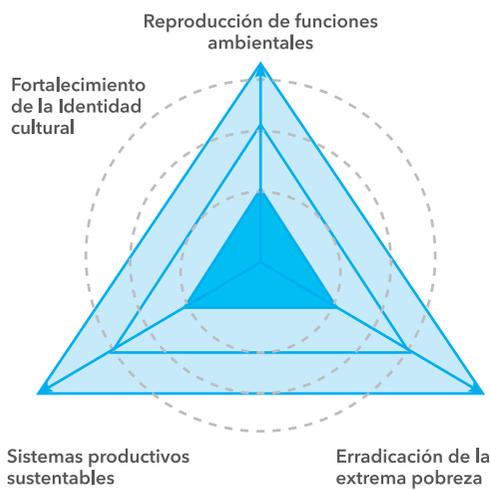
Se basa en el análisis y evaluación de los procesos que promueven y fortalecen los balances y equilibrios entre las diferentes dimensiones o aspectos de los sistemas de vida en una unidad básica de análisis. Este enfoque además permite avanzar con mayor claridad en el denominado proceso de armonización de los sistemas de vida, evaluando el grado en el que las diferentes relaciones entre la sociedad y la naturaleza conducen a construir una relación armónica y equilibrada entre los elementos sociales, productivos, ambientales y culturales en el sistema de vida.

El tipo y la significancia de las variables que se escojan para realizar el análisis de las dimensiones de los sistemas de vida deberá variar de acuerdo con la escala donde se realiza la evaluación; es decir, variables que tienen un significado importante en una escala pueden no tener la misma importancia y trascendencia en otra escala. Por lo tanto, el análisis de equilibrios promueve un análisis de las cuatro dimensiones de los sistemas de vida tomando en cuenta variables e indicadores que tienen relevancia en la escala seleccionada para el análisis.



Figura 3. Relación entre cuatro grupos de derechos de los pueblos y de la Madre Tierra y dimensiones de los sistemas de vida

Fuente: Pacheco, D. (2017)



**Figura 4.** Triángulo de equilibrio de los sistemas de vida

Fuente: Pacheco, D. (2017)

En esta reflexión, un sistema de vida es representado por una relación de equilibrios (triángulo equilátero), como se presenta en el gráfico 4, donde cada arista del triángulo hace referencia a una dimensión del sistema de vida, de acuerdo al siguiente detalle:

- i) Reproducción de las funciones ambientales.
- ii) Erradicación de la pobreza material, social y espiritual.
- iii) Desarrollo de sistemas productivos sustentables.

Asimismo, el fortalecimiento de la identidad cultural es representado en un círculo, donde el mayor tamaño representa un mayor fortalecimiento.

Las dimensiones de análisis y evaluación de la seguridad hídrica guardan una relación directa con las dimensiones de los sistemas de vida. Por lo tanto, permiten una aproximación a la evaluación del equilibrio de los sistemas de vida, desde la perspectiva de uno de los elementos prioritarios para la vida como es el agua.

**Tabla 4.** Vinculación entre las dimensiones de los sistemas de vida y de la seguridad hídrica

| Dimensiones de los Sistemas de Vida              | Dimensiones de la Seguridad Hídrica   |
|--|---|
| Funciones Ambientales                            | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas       |
| Sistemas productivos sustentables                | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables |
| Grado de pobreza (carencia de servicios básicos) | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos                   |
| Identidad cultural                               | Gestión de los recursos hídricos (factor condicionante)                           |

Fuente: elaboración propia

# III. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA

## 3.1. Conceptos básicos del indicador

Una de las herramientas ampliamente validadas y utilizadas para evaluar tanto metas como objetivos de seguridad hídrica ha sido el uso de indicadores e índices (ej., Mason & Calow, 2012; Norman et al. 2013; GWP, 2014; AWDO, 2013-2016; Rodríguez et al. 2014).

Un indicador se refiere al parámetro o valor calculado lleno de significado, fundamentado en el conocimiento del modelo conceptual de la dinámica y funciones de un fenómeno natural y/o de construcción y regulación antrópica de comportamiento aleatorio o inducido. Describe el estado del fenómeno y sus tendencias, referenciado en escenarios, considerando las dimensiones temporal y espacial y las acciones que regulan la dinámica y afectación del fenómeno estudiado. Un índice es un conjunto de parámetros o indicadores agregados o ponderados que describen una situación. Un parámetro es una propiedad mensurada u observada sobre un fenómeno o situación. (OECD, 2003).

Asimismo, un indicador es una función de una o más variables que mide una característica o atributo del objeto en estudio. Se trata de una característica o atributo - de un objeto o unidad de análisis - que cambia en el tiempo o espacio; por ejemplo, cantidad de lluvia caída, el número de casos de una enfermedad hídrica determinada, la Demanda Bioquímica de Oxígeno en un cauce, etc. El objeto o unidad de análisis (sitio, cauce, localidad, bosque) es susceptible de medición y el valor que se obtiene es el dato u observación. Éste es un número o una calificación o una expresión narrativa que toma el indicador en un determinado momento y territorio. Su función es, como su nombre lo indica: señalar, dar aviso (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE, 2003).

El valor o dato del indicador ayuda a comunicar información sobre una situación o proceso. Por lo tanto, los indicadores se construyen con el objetivo de medir el desempeño de una gestión en un área determinada y en un momento determinado.

Un indicador compuesto se construye como una función de varias variables y permite medir características multidimensionales. El indicador compuesto tiene la propiedad de resumir numerosos aspectos que están interrelacionados en un solo valor (Schuschny & Soto, 2009).

Las variables pueden ser cualitativas o cuantitativas. Las primeras, categóricas u ordinales. Las segundas provienen de conteos o mediciones propiamente dichas. La obtención del valor que toma la variable, en estadística, se define como medición. Muchos indicadores utilizan variables ordinales que contienen mayor grado de subjetividad. Por ejemplo, un indicador sobre equidad de género para evaluar el proceso que da igual oportunidad a las mujeres de participar en las decisiones de los organismos de cuencas utilizado por los organismos de cuencas transfronterizas en el continente africano utiliza una escala ordinal categorizando en: "no relevante", "muy bajo", "bajo", "regular", "alto", "muy alto" (International Network of Basin Organization, ANBO, 2009).

Los datos que originan las mediciones pueden ser brutos o procesados. Este procesamiento origina las medidas estadísticas que las representan. Los datos crudos o semiprocesados son utilizados por investigadores y expertos, mientras que los usuarios de los indicadores son los gestores, líderes políticos, líderes comunitarios y público en general quienes los utilizan para mostrar/interpretar situaciones y tendencias.

Los indicadores pueden ser una sola medida estadística o alguna relación algebraica entre dos o más. El indicador así formado suele tener la unidad de medida que le origina su composición algebraica.

Puede entenderse esta idea de agregado de información mediante el esquema de una pirámide tal como se muestra en el gráfico 5. La base son los datos crudos, le siguen los datos procesados (series y medidas estadísticas) y a continuación los indicadores. Cada nivel responde a diferentes usuarios.

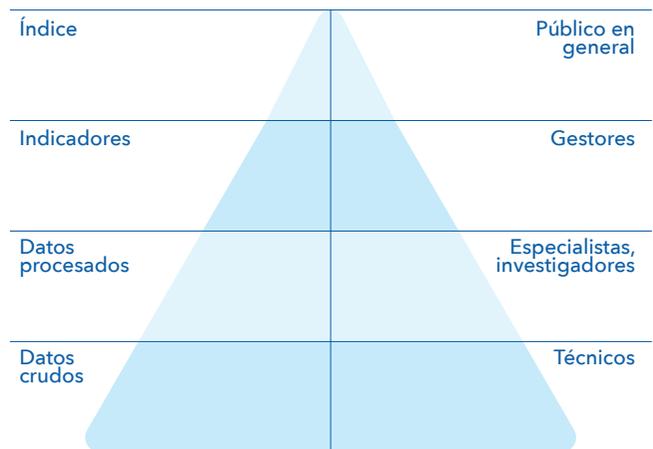


Figura 5. Nivel creciente de agregado de información

Fuente: Modificado de Quiroga Martínez (2009)

En el nivel más alto de agregación figuran los índices o indicadores complejos que están formados por 2 o más indicadores simples. El índice es una agregación de variables o indicadores, en general con diferentes unidades de medida, por lo que suele ser adimensional; se ha denominado también, indicador complejo. La agregación de variables requiere de procesos de ponderación en donde deben participar expertos estadísticos y referentes calificados. Del dato crudo al indicador hay un nivel creciente de agregación de la información. El criterio dominante detrás de una especificación de un indicador es el conocimiento científico y/o el juicio de un experto (Quiroga Martínez, 2009). El proceso puede verse reflejado en el gráfico 6.



**Figura 6.** Esquema de agregación de información

Fuente: Adaptado de United Nations Economic Commission for Europe (2009)

### 3.2. Criterios de selección de indicadores

Para avanzar en la definición de indicadores referidos a la gestión hídrica y una vez identificada la unidad de análisis será necesario:

- Seleccionar las acciones estratégicas de las que depende el funcionamiento eficaz del conjunto de planes
- Identificar los puntos estratégicos de control, donde vigilar y recopilar información (puntos de muestreo)
- Definir las variables susceptibles de medir y representativas de las acciones que se monitorean

Es importante constatar que los indicadores sean:

- Relevantes, vinculado con los objetivos estratégicos y útil para las decisiones
- Sencillos, para poder ser fácilmente interpretados y utilizados.
- Construidos pensando en la realidad concreta que se quiere medir.
- Equilibrados entre la agregación que permite comparar y la desagregación que permite comprender.

- Precisos, matemáticamente si son cuantitativos y conceptualmente si son cualitativos
- Eficientes de modo de no incurrir en costos excesivos para su obtención
- Accesibles y confiables, para no arribar a falsas conclusiones

### 3.3. Criterios de clasificación de indicadores

Hay muchas clasificaciones para los indicadores desde diferentes ópticas o intereses, como se muestra en los siguientes ejemplos:

- Descriptivos, tendenciales o de comunicación según la función que cumplen (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE, 2003).
- De Presión, Estado, Impacto-Efecto, Respuesta, P-E-I/E-R (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE, 2003), en el marco de EIA, sirven para medir impactos (estado), asociado a las causas (presión) y a las medidas o políticas adoptadas (respuesta).
- De insumo, proceso, producto o resultado y efecto o impacto. Se construyen sobre los recursos que insumen las actividades, la intensidad en el uso de los recursos y el resultado de las actividades (García de Panelli, A.M., 2000). Las relaciones entre ellos pueden originar indicadores de productividad, eficiencia y eficacia (Ginestar, 2000).
- Externos, internos o mixtos: no hace referencia a alguna función sino a la fuente u origen de la información que genera los datos y procesamientos, en el marco operativo de un sistema gestión específica

### 3.4. Revisión de metodologías para definir indicadores de seguridad hídrica

El concepto de seguridad hídrica ha tenido una amplia aceptación para identificar los objetivos de la gestión del agua. El desarrollo de una metodología para evaluar la seguridad hídrica permitiría definir áreas con problemas, evaluar el impacto de las medidas de mejoramiento y comparar la situación con los diversos subsectores relacionados con el tema. A lo largo del tiempo y de acuerdo a las necesidades del sector, se han desarrollado diversas metodologías con sus respectivos indicadores, para conocer o establecer la seguridad hídrica que guarda un continente, región, país o una zona en particular (Peña, 2016). Se identificaron varias metodologías internacionales y nacionales para medir la seguridad hídrica. A continuación, se describen brevemente.

### 3.4.1. Metodología aplicada en la región Asia y Pacífico

En la región Asia y Pacífico se propuso medir en forma integral la seguridad hídrica (AWDO, 2013), sobre la base de cinco dimensiones orientadas a medir:

- La satisfacción, a nivel de los hogares, de las necesidades de abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- La capacidad de abastecer y obtener beneficio productivo del agua utilizada en el desarrollo de la agricultura, minería, industria y energía.
- El apoyo de los servicios relacionados al agua, al mejoramiento de la calidad de vida en ciudades y pueblos.
- La capacidad de los cuerpos de agua de mantener servicios ambientales.
- La capacidad para hacer frente y recuperarse de los impactos de los desastres relacionados con el agua.

Cada dimensión fue cuantificada mediante dos a cuatro indicadores, los cuales generan un valor representativo de cada una de ellas y, en conjunto, de la seguridad hídrica. En algunos casos, se subdividieron los indicadores, debido a la complejidad y amplitud que presentaron éstos. A continuación, se listan ejemplos de los indicadores empleados:

- Calidad de los servicios de agua potable y saneamiento (% de población urbana con servicio de agua potable, % de aguas servidas con tratamiento, etc.).
- Condición ambiental de los ríos
- Incidencia de enfermedades relacionadas con el agua
- Pérdida de años de vida por discapacidad
- Generación de electricidad (expresada en %)
- Pérdidas económicas por habitante debido a inundaciones

### 3.4.2. Metodología propuesta por Mason N. & Roger C. (2012)

Mason & Roger (2012) plantearon un análisis sistemático de los temas que se relacionan con la seguridad hídrica, con el fin de establecer una metodología que refleje la situación y los avances de países en la materia. La propuesta sugiere agrupar los temas en torno a cinco ideas:

- Capacidad efectiva de acceder a los recursos hídricos
- Gestión de la variabilidad y el riesgo
- Satisfacción de las necesidades humanas, incluidas las relativas a la producción
- Atención de los requerimientos ambientales
- Gestión de la competencia y el conflicto en relación con el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Tomando como base las ideas anteriores, se proponen indicadores que utilizan bases de datos existentes a nivel internacional.

### 3.4.3. Metodología propuesta por Ait-Kadi M. & Lincklaen A. W. (2016)

Ait-Kadi & Lincklaen (2016) plantean que los indicadores para poder establecer la seguridad hídrica deben estar sustentados en tres dimensiones, que a su vez se subdividen en temas, los cuales pueden ser empleados para establecer indicadores, conforme a lo siguiente:

#### a) Dimensiones sociales

- Asegurar el acceso equitativo a los servicios y recursos hídricos mediante políticas y marcos legales robustos a todos los niveles.
- Construir resiliencia en las comunidades para enfrentar eventos hídricos extremos mediante medidas duras y blandas.

#### b) Dimensiones ambientales

- Gestionar el agua de modo sostenible como parte de economías verdes
- Restaurar los servicios ecosistémicos en cuencas para mejorar la salud de los ríos.

#### c) Dimensiones económicas

- Aumentar la productividad y conservación hídrica en todos los sectores usuarios del agua
- Compartir los beneficios económicos, sociales y ambientales de los ríos, lagos y acuíferos transfronterizos.

### 3.4.4. Metodología propuesta por Animesh, K. G. et al. (2016)

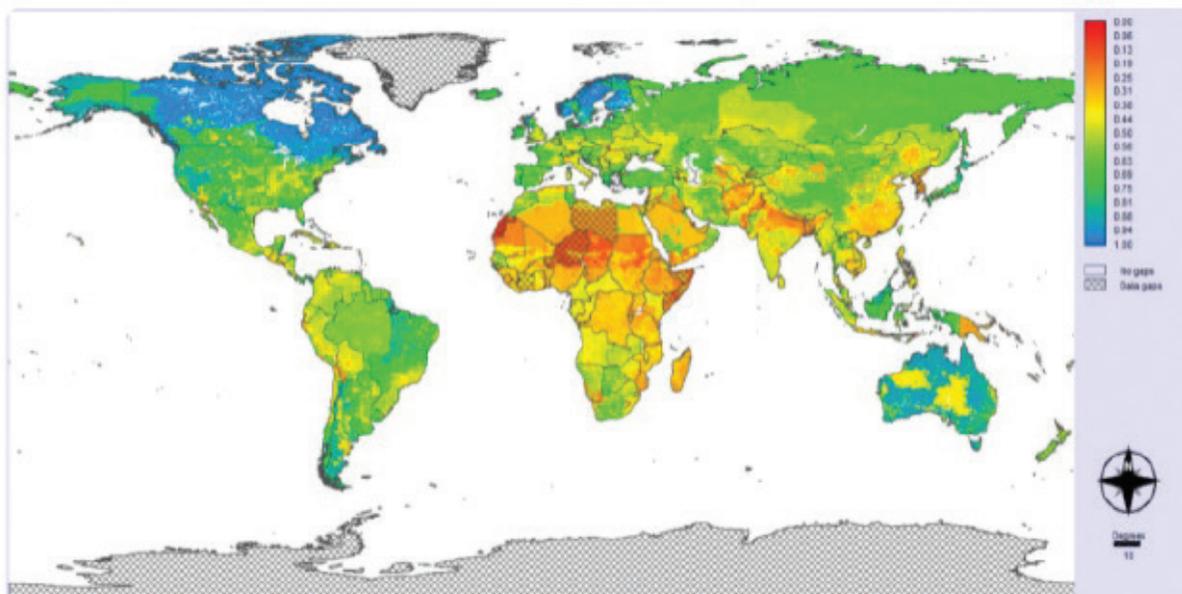
Animesh Gain et al. (2016) propusieron y aplicaron a nivel mundial el Índice Global de Seguridad Hídrica para medir la seguridad hídrica según el ODS6 (ONU, 2017). El IGSH está en función de los siguientes cuatro criterios: disponibilidad, accesibilidad a los servicios, seguridad y calidad, y administración. El índice propuesto se calcula agregando valores del indicador sobre la base de pixel por pixel, usando el método de ordenado pesado promedio, a nivel. La figura 7 presenta los criterios de cálculo del IGSH, y la figura 8 muestra el mapa con los resultados de la aplicación mundial del IGSH.



**Figura 7.** Metodología de Cálculo índice Global de Seguridad Hídrica

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA (2017) Índices de Seguridad Hídrica (ISH)

<http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1831>



**Figura 8.** Aplicación mundial cálculo índice Global de Seguridad Hídrica

IGSH calculado a partir de la agregación de agua, accesibilidad, seguridad y calidad e índices de gestión. El valor '0-1' (con el color continuo 'rojo a azul') representa la seguridad 'baja a alta'. Fuente: IMTA (2017)

<http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1831>

### 3.4.5. Metodología del Índice de Desarrollo Ambiental (Environmental Performance Index - EPI)

Esta es una metodología más amplia, propuesta por la Universidad de Yale, basada en dos grandes componentes: la salud ambiental y la vitalidad de los ecosistemas (Hsu, A. et al, 2014), ambos con un peso del 50%, que se integran a su vez por varios indicadores, como se indica a continuación:

Tabla 5. Peso de los indicadores según metodología del Índice de Desarrollo Ambiental (EPI)

| Salud ambiental (50%)      | Vitalidad de ecosistemas (50%) |
|----------------------------|--------------------------------|
| Impactos en la salud (33%) | Recursos hídricos (25%)        |
| Calidad del aire (33%)     | Agricultura (10%)              |
| Agua y saneamiento (33%)   | Bosques (10%)                  |
|                            | Pesca (5%)                     |
|                            | Biodiversidad y hábitat (25%)  |
|                            | Clima y energía (25%)          |

Fuente: adaptado de Hsu, A. et al. (2014)

### 3.4.6. Metodología propuesta por Van Beek E. & Arriens W. L. (2014)

Van Beek & Arriens (2014) proponen una metodología que depende de los temas y problemas relevantes de cada zona de estudio, y establecen un esquema de cuatro etapas:

- Identificación de la visión y de las metas que se pretenden alcanzar con el sistema de gestión de recursos hídricos.
- Determinación las dimensiones que resultan críticas para la seguridad hídrica, en la realidad particular que se evalúa.
- Identificación de los indicadores que informen acerca de las distintas dimensiones, considerando la información que está disponible o el posible uso de procedimientos de cuantificación alternativos, asignándoles un peso que refleje su importancia en la dimensión respectiva.
- Asegurar que los indicadores reflejen los elementos centrales de una gestión integrada de los recursos hídricos (equidad social, sustentabilidad ambiental y eficiencia económica).

### 3.5. Características que cumplir un indicador de seguridad hídrica

#### *Pertinencia política y utilidad para los usuarios:*

- El indicador debe representar de forma fiable las condiciones o el estado del medioambiente, las presiones, las afectaciones y las respuestas del fenómeno u objeto de análisis.

- Debe ser sencillo, fácil de interpretar y simular previsión de tendencias
- Reflejar afectaciones al medio ambiente correlacionadas con acciones antrópicas
- Servir de referencia para comparación y validación en escala de territorio nacional e internacional
- Estar referenciado a un rango de valores límites llenos de significado práctico, accesible a la comprensión de los tomadores de decisión, gestores y usuarios del agua

#### *Exactitud y análisis:*

- Debe estar referenciado en fundamentos teóricos consistentes en términos científicos, técnicos, socioeconómicos y culturales
- Ser aceptado por expertos en la materia en consenso en cuanto a su validez
- Poder reportarse a los modelos económicos y los sistemas de previsión de información estratégica usados en la toma de decisiones.

#### *Mensurabilidad:*

- Debe ser accesible, disponible y resultar de una relación costo / beneficio razonable
- Tener validez institucional protocolar
- Ser actualizado en intervalos regulares según procedimientos validados

En términos conceptuales, un indicador, en el ámbito de la seguridad hídrica, corresponderá a una variable cuantitativa o cualitativa de carácter univariado que provee información válida y confiable acerca del estado de la seguridad hídrica en un momento determinado. De esta manera, un indicador de seguridad hídrica permitirá valorar los cambios en la condición de cada una de las dimensiones y subdimensiones de la seguridad hídrica, producto de la aplicación de medidas, planes, y/o estrategias. Por otra parte, un índice será entendido como una variable cuantitativa o cualitativa de carácter multivariado que integra información de dos o más indicadores.

### 3.6. Propuesta de indicadores de seguridad hídrica para el contexto boliviano

#### 3.6.1. Enfoque metodológico

A continuación, se describe la propuesta metodológica para definir el conjunto de indicadores e índices que permitirán evaluar la seguridad hídrica en cuencas de Bolivia. Esta propuesta se enmarca en las metodologías revisadas y permite medir de forma integral la seguridad hídrica en el país a nivel de cuencas.

En términos generales, el método propuesto permite que cada subdimensión de la seguridad hídrica que ha sido considerada relevante, pueda ser cuantificada mediante el uso de uno o más indicadores, los cuales al integrarse en un índice generan un valor representativo de cada subdimensión a nivel de cuenca. De la misma manera, la integración de los índices por subdimensión permitirá valorar el estado de seguridad hídrica a nivel de dimensión cuenca. En el gráfico 9 se plantea de manera visual lo descrito.

A continuación, se describen los principales pasos del enfoque metodológico propuesto:

#### *Valoración del estado de seguridad hídrica a nivel de subdimensión*

Cada subdimensión de la seguridad hídrica es valorada mediante un índice, el cual se construye integrando información proveniente de un conjunto de indicadores.

Para definir la batería de indicadores que permita construir el índice de seguridad hídrica por subdimensión, se identificaron y analizaron un conjunto de indicadores potencialmente adecuados.

Tomando en cuenta las diferentes alternativas identificadas en la literatura, se propone para las subdimensiones de las dimensiones, la definición de indicadores basados en un enfoque que describe la relación existente entre la oferta y demanda de recursos hídricos, basado a su vez en los requerimientos de agua en relación a la disponibilidad del recurso hídrico a escala de cuenca.

#### *Incidencia de los factores condicionantes*

Posteriormente, se establece la incidencia de los factores condicionantes claves para cada subdimensión de seguridad hídrica. Estos factores determinan las relaciones de equilibrio y balance entre las necesidades de agua para los usos humanos, productivos y de los ecosistemas, la disponibilidad del recurso para estos fines, y aspectos como la gestión sostenible del recurso, la distribución de usos, y los potenciales conflictos.

La incidencia de los factores condicionantes se integra a la valoración del índice de cada subdimensión, previo a su integración para configurar el índice de cada dimensión de la seguridad hídrica de la cuenca.

#### *Valoración del estado de seguridad hídrica a nivel de dimensión*

La información asociada a cada índice por subdimensión es integrada para construir el índice que describirá el estado de una dimensión de seguridad hídrica en un momento de tiempo determinado.

Al igual que para el caso de cada subdimensión, el índice para cada dimensión es expresado mediante una escala ordinal usando un rango de calificación, por ejemplo, entre 1 y 3 (bajo, moderado, severo).

#### *Escala de aplicación*

Para definir los indicadores, es relevante señalar que éstos se caracterizan por:

- Constituir una herramienta genérica aplicable a las distintas cuencas del país para valorar el impacto de las medidas planes y/o estrategias implementadas con el objeto de alcanzar seguridad hídrica.
- Constituir una herramienta que permite comparar el estado de la seguridad hídrica de diferentes cuencas en un momento determinado.
- Reflejar los intereses establecidos en las metas y/o objetivos de seguridad hídrica en cada una de sus dimensiones y subdimensiones.
- Estar contruidos preferiblemente con información y/o datos de carácter público actualmente disponibles.
- Ser de fácil comprensión, actualizables en el tiempo, transparentes, confiables y precisos.
- Agregar o simplificar información relevante desde variables o parámetros lo suficientemente amplios para describir la complejidad de los procesos o aspectos de interés en cada dimensión y subdimensión de seguridad hídrica.

#### *Ventajas de uso*

Dentro de las ventajas que supone la utilización de este tipo de indicadores están las siguientes:

- Los indicadores contruidos que siguen este enfoque son simples de construir y de interpretar. Al respecto, y en función de la subdimensión, los indicadores requerirán información referida a

oferta y demanda de recursos hídricos a nivel de cuenca, información que puede ser proyectada en el tiempo en función de escenarios de cambio climático y/o indicadores sectoriales publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

- Los indicadores construidos bajo esta metodología pueden ser aplicables a variadas escalas temporales y espaciales. Su correcta aplicación dependerá del objetivo de trabajo planteado y de la disponibilidad de información existente. Es importante señalar que, aunque de forma práctica resulta atractivo el cálculo de los indicadores propuestos a una escala temporal anual, su interpretación puede inducir a valorar erróneamente la seguridad hídrica de una cuenca, al no tomar en consideración la variabilidad intra anual tanto de la oferta como de la demanda de recursos hídricos.
- Los indicadores diseñados bajo este enfoque son aplicables tanto para procesos de planifi-

cación futura, como para describir el estado de seguridad hídrica en un momento de tiempo determinado.

- En concordancia con la conceptualización de seguridad hídrica, los indicadores propuestos bajo este enfoque permiten establecer objetivos de seguridad hídrica.

### Consideraciones para el cálculo de los índices de seguridad hídrica

Para establecer los índices de seguridad hídrica para las subdimensiones, se consideran de forma general dos indicadores básicos, el primero referido a un indicador de escasez hídrica relacionado con los parámetros representativos de la subdimensión y un indicador de vulnerabilidad que incorpora el riesgo potencial (aceptable) que puede presentarse respecto a la seguridad hídrica.

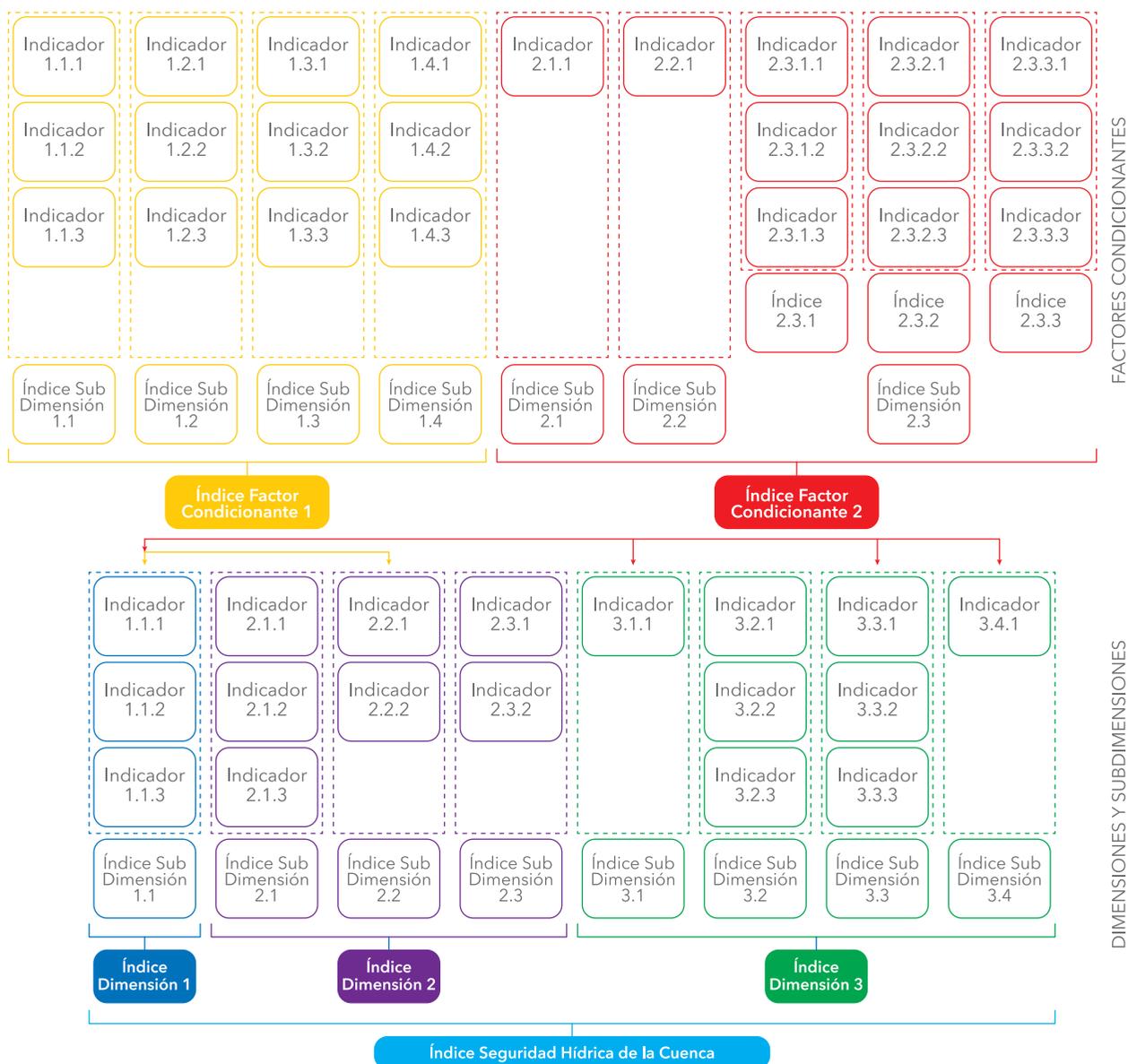


Figura 9. Enfoque metodológico para valorar el estado de la seguridad hídrica en Bolivia

### 3.6.2. Dimensiones y subdimensiones de la seguridad hídrica

#### Dimensión 1: Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos

##### Subdimensión 1.1: Necesidades humanas básicas (NHB)

Esta subdimensión incluye los aspectos de la seguridad hídrica ligados a la satisfacción de las necesidades del ser humano, considerando principalmente el acceso a agua potable y saneamiento, ambos críticos para la salud humana y condicionantes de los niveles de pobreza (Peña, 2016). La evaluación del estado de la seguridad hídrica asociado a esta subdimensión debe comprender indicadores que permitan conocer el nivel de satisfacción de las necesidades hídricas básicas de la población, siendo estas el agua potable para bebida, higiene y alimentación.

Para este fin, los indicadores del índice de seguridad hídrica para esta subdimensión (SHnhb) estará compuesto por el parámetro medido en porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene, un indicador de escasez hídrica (Snhb) y un indicador de vulnerabilidad (Vnhb).

#### Dimensión 2. Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables

##### Subdimensión 2.1: Actividades productivas de subsistencia familiar

Esta subdimensión hace referencia a los objetivos de seguridad hídrica que deben lograrse para mantener de manera sustentable las actividades de subsistencia que desarrollan las comunidades campesinas. Dentro de las actividades de subsistencia familiar que mayor dependencia tiene del agua está la agricultura familiar o de autoconsumo, (uso consuntivo) que se define como aquella actividad agrícola y ganadera orientada a satisfacer las necesidades básicas de las familias, principalmente producción de comida para el hogar, para lo cual necesitan acceder a agua suficiente, en calidad y cantidad, para producir alimentos.

El índice de seguridad hídrica para esta subdimensión estará compuesto por el parámetro expresado en porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a la superficie prevista para riego, un indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (Ssf) y un indicador de vulnerabilidad (Vsf). Al respecto, Ssf corresponde a la razón entre el consumo real de agua por parte de las actividades productivas de subsistencia y la disponibilidad de recursos hídricos para satisfacer dicho consumo.

##### Subdimensión 2.2: Satisfacción de necesidades de actividades productivas extractivas

Esta subdimensión aborda la seguridad hídrica de las actividades productivas que hacen un uso consuntivo<sup>1</sup> del recurso hídrico, exceptuando las referidas a la subsistencia familiar. Se incluyen dentro de esta subdimensión la actividad agrícola intensiva, industrial, minera, pecuaria y forestal. La evaluación del estado de la seguridad hídrica asociado a ésta subdimensión debe comprender indicadores que permitan conocer el nivel de satisfacción de las necesidades hídricas de cada sector productivo extractivo, en calidad y cantidad.

El índice de seguridad hídrica para esta subdimensión estará compuesto por un indicador de escasez hídrica (Spe) y un indicador de vulnerabilidad (Vpe).

##### Subdimensión 2.2: Satisfacción de necesidades de actividades productivas no extractivas de agua

Esta subdimensión aborda las actividades productivas que realizan un uso no consuntivo de las aguas, dentro de las cuales se cuenta el turismo, la generación de hidroelectricidad y la acuicultura. La evaluación del estado de la seguridad hídrica asociado a esta subdimensión debe comprender indicadores que permitan conocer el nivel de satisfacción de las necesidades hídricas de cada sector productivo no extractivo.

La valoración de la seguridad hídrica para esta subdimensión considera la utilización de un indicador de escasez hídrica (She) y un indicador de vulnerabilidad (Vhe) aplicadas a cada uso.

#### Dimensión 3. Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas

##### Subdimensión 3.1: Control contaminación por Saneamiento deficiente

Esta subdimensión describe la situación del tratamiento de aguas servidas domiciliarias tanto de origen urbano como rural, desde el punto de vista del riesgo de la contaminación como una amenaza para la seguridad hídrica.

Para estimar cuán susceptible es una cuenca a la contaminación por aguas servidas domiciliarias rurales o urbanas, se propone como indicador la proporción de la población rural/urbana que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.

<sup>1</sup> El uso consuntivo (con consumo): es cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído (p.ej. consumo abastecimiento agua potable, agua para riego). El uso no consuntivo (sin consumo): el agua utilizada es devuelta posteriormente al medio del cual ha sido extraída (p.ej. generación de energía hidroeléctrica).

### Subdimensión 3.2: Control de la contaminación

Esta subdimensión describe la situación de la gestión de la calidad hídrica, desde el punto de vista del riesgo de la contaminación como una amenaza para la seguridad hídrica. Para estimar esta subdimensión se consideran dos índices: el índice seguridad hídrica control de la contaminación hídrica (Icch) y el índice de gestión de calidad hídrica (Iqch).

### Subdimensión 3.3: Protección y conservación de los ecosistemas

Esta subdimensión describe la situación de la gestión de los ecosistemas hídricos, desde el punto de vista de la disponibilidad mínima para garantizar las funciones ambientales de la cuenca (caudal ecológico) y la adecuada calidad hídrica para el sostenimiento de estas funciones, además de las superficies de humedales bajo manejo integrado.

Para estimar esta subdimensión se consideran los siguientes parámetros: la superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas hídricos (humedales, bofedales), el indicador de escasez hídrica en ecosistemas (Seco) y el indicador de vulnerabilidad en ecosistemas (Veco).

### Subdimensión 3.4: Manejo integral de cuencas

Esta subdimensión describe la situación del manejo integral de cuencas como principal espacio de vida.

Para estimar esta subdimensión se considera el incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (número de hectáreas forestadas, reforestadas y agroforestales; número de hectáreas con medidas de conservación de suelos y agua, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, clausuras, sistema silvopastoril u otro sistema de manejo que permita la revegetación; número de hectáreas con resolución de protección).

#### 3.6.3. Factores condicionantes de la seguridad hídrica

##### Factor condicionante 1. Gestión de los recursos hídricos

##### Dimensión 1.1. Gobernanza / gobernabilidad hídrica

Para estimar la dimensión correspondiente a este factor condicionante se empleará el índice de gobernabilidad hídrica (IGH) basado en la determinación de los siguientes aspectos en la cuenca: establecimiento o designación de una instancia técnica responsable de la gestión de cuenca; gestión de información y conocimiento a nivel de cuenca; grado de funcionamiento de la plataforma de Plan Director de Cuenca (PDC); planificación de la inversión pública para la gestión sustentable de la cuenca estratégica; grado de inte-

gralidad del PDC; grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC.

##### Dimensión 1.2. Capacidades institucionales

Para estimar la dimensión correspondiente a este factor condicionante se empleará el índice de capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca (ICG), basado en la determinación de la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio-productivas (GADs, GAMs, EPSAs, CAPyS, OGCs, organizaciones de regantes) para la gestión estratégica, gestión operativa y coordinación con otras instancias en torno al aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos.

##### Dimensión 1.3. Gestión de la información / del conocimiento

Para estimar la dimensión correspondiente a este factor condicionante se empleará el índice de gestión de información/conocimientos (IGIC) basado en: el grado de establecimiento e implementación de un sistema y procesos de gestión de información a nivel de cuenca; el desarrollo de estudios e investigaciones prioritarios para el mejor conocimiento del sistema cuenca; y la recuperación de conocimientos y saberes locales en torno al agua y los ecosistemas.

##### Dimensión 1.4. Gestión del agua

Para estimar la dimensión correspondiente a este factor condicionante se empleará el grado de aplicación de la GIRH, mediante la evaluación de sus cuatro elementos clave: un entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.

##### Factor condicionante 2. Riesgos asociados a los recursos hídricos

##### Dimensión 2.1: Sequía

El indicador propuesto en esta dimensión debe permitir medir los objetivos de seguridad hídrica que se deben alcanzar para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos de sequías. Para estimar la vulnerabilidad de una cuenca a la sequía se propone seguir una aproximación que permita evaluar la vulnerabilidad de la población a la sequía en distintos ámbitos: fracción de la población que no es abastecida de agua potable, agua almacenada, proporción de agricultura de secano, incluyendo la clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada.

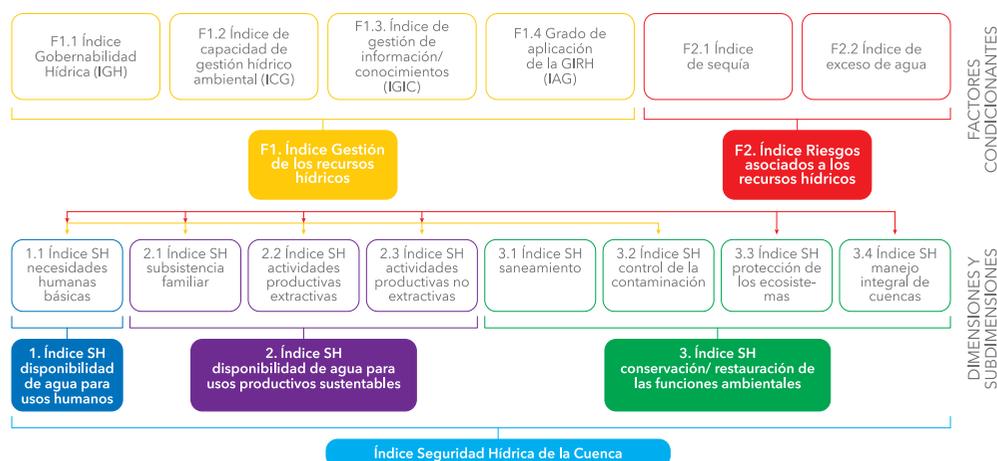
## Dimensión 2.2: Exceso de agua

Esta dimensión describe los objetivos de seguridad hídrica que deben lograrse para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos relacionados con el exceso de agua, tales como inundaciones, aludes y aluviones.

Para esta dimensión se consideró que evaluar las medidas estructurales (obras de control), no estructurales (medidas de prevención) y el impacto del desastre (pérdidas) pueden otorgar un buen acercamiento al

nivel de exposición y susceptibilidad frente a los excesos de agua y a las medidas para reducir el riesgo de inundación que posee un territorio, incluyendo la clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.

En el gráfico 10 se presenta la batería de indicadores e índices propuestos para evaluar la seguridad hídrica en una cuenca hidrográfica de Bolivia. En la tabla 6 se describe cada uno de estos indicadores e índices propuestos. La tabla 7 describe los factores condicionantes.



**Figura 10.** Batería de indicadores e índices para evaluar la seguridad hídrica en cuencas de Bolivia

**Tabla 6.** Batería de indicadores e índices para evaluar la seguridad hídrica

Tabla 6. Batería de indicadores e índices para evaluar la seguridad hídrica

| Dimensiones de la Seguridad Hídrica                                 | Subdimensiones                          | Índices de seguridad hídrica                                       | Indicadores  | Características   |
|---|---|--|--|---|
| 1. Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos. | 1.1. Necesidades humanas básicas (NBH). | 1.1. Índice seguridad hídrica necesidades humanas básicas (SHnbh). | 1.1.1. % de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.   | <p>Contribuye al reporte de: Indicadores 6.1.1. y 6.2.1. de los ODS; Meta 1 de los NDC -Bolivia; Acción 1.3.3.2 del PDES 2021 - 2025 .</p> <p>El concepto de "agua segura" hace referencia a que el recurso proviene de una fuente de agua mejorada, disponible en el hogar en todo momento y no contaminada (de buena calidad).</p> <p>Tipo indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de respuesta (PER: Presión, Estado, Respuesta).</li> <li>• de resultado (MEI: Monitoreo de Evaluación de Impactos).</li> </ul> |
|   |   |  | 1.1.2. Indicador de escasez hídrica (Snbh), en función a volumen de agua que es consumida por las actividades humanas respecto al recurso hídrico disponible para dicho fin calculado en función de la oferta (caudal medio anual + tasa de recarga media anual del acuífero; m3/s).   | <p>A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca (estos estudios constituyen parte del alcance establecido sectorialmente para el diagnóstico de los Planes Directores de Cuenca)</p> <p>Tipo de indicador: de estado (PER).</p>  |
|   |   |  | 1.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vnbh), calculado como la fracción entre volumen de agua que es consumida por las actividades humanas respecto al recurso hídrico disponible para dicho fin calculado en función de la oferta (caudal medio anual + tasa de recarga media anual del acuífero; m3/s) con probabilidad de excedencia 85%. | <p>A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca, que incluyen escenarios de cambio climático.</p> <p>Tipo de indicador: de estado (PER).</p>   |

| Dimensiones de la Seguridad Hídrica   | Subdimensiones   | Índices de seguridad hídrica   | Indicadores   | Características   |
|---|--|--|---|---|
| 2. Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables.   | 2.1. Actividades productivas de subsistencia familiar.           | 2.1. Índice de seguridad hídrica subsistencia familiar.<br>(SHsf)                  | 2.1.1. % de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (según instrumentos de planificación formalizados, ej.: PDC).  | Contribuye al reporte de: la Meta 3 de los NDC - Bolivia; Acción 3.2.9.1 del PDES 2021 - 2025.<br><br>Tipo indicador:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• de respuesta (PER)</li> <li>• de resultado (MEI)</li> </ul>   |
|   |  |  | 2.1.2. Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (Ssf) corresponde a la razón entre el consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias) y la disponibilidad de recursos hídricos para satisfacer dicho consumo.               | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: de estado (PER).   |
|   |  |  | 2.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vsf). agua consumida en un momento de tiempo en particular bajo condiciones de baja disponibilidad de agua (percentil 15).  | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: de estado (PER)  |
|   | 2.2. Necesidades de actividades productivas extractivas de agua. | 2.2. Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas.<br>(SHpe) | 2.2.1. Indicador de escasez hídrica (Spe) nivel de satisfacción de las necesidades hídricas de cada sector productivo extractivo respecto al recurso hídrico disponible para dicho fin calculado en función de la oferta (caudal medio anual + tasa de recarga media anual del acuífero; m3/s). | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: de estado (PER)  |
|   |  |  | 2.2.2. Indicador de vulnerabilidad (Vpe). agua necesaria para satisfacer la demanda de los usos productivos en un momento de tiempo en particular bajo condiciones de baja disponibilidad de agua (percentil 15).   | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: de estado (PER).   |
|   |  |  |   | 2.3.1. Indicador de escasez hídrica hidroeléctricas (She). corresponde al indicador de escasez hídrica el cual es calculado como la proporción entre la disponibilidad de agua asignada a la producción de hidroelectricidad a nivel de cuenca y la oferta total de recursos hídricos descrita como caudal medio anual de la cuenca (m3/s). |
| 2.3.2. Indicador de vulnerabilidad hidroeléctricas (Vhe): agua disponible asignada a la producción de hidroelectricidad a nivel de cuenca y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (disponibilidad que es excedida el 85% de las veces). |  |  |   | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: de estado (PER).   |
|   |  |  |   | Para el monitoreo de esta dimensión, también se utilizarán los reportes del indicador 3.2.1.2. (calidad hídrica).   |

| Dimensiones de la Seguridad Hídrica   | Subdimensiones   | Índices de seguridad hídrica                         | Indicadores   | Características   |
|---|--|--|---|---|
| 3. Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas. | 3.1. Control de la contaminación por Saneamiento deficiente. | 3.1. Índice de seguridad hídrica saneamiento. (SHsb) | 3.1.1. % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.   | Contribuye al reporte de: Indicador 6.2.1. de los ODS; Meta 2 de los NDC -Bolivia; Acción 1.3.3.3 del PDES 2021 - 2025.<br><br>El concepto de "servicios de saneamiento gestionados de manera segura" hace referencia al acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas que no se comparten con otras familias y en las que los excrementos se tratan y eliminan de forma segura in situ o se transportan para ello a otro lugar .<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER); de resultado (MEI). |
|   |  |  | 3.2. Control de la contaminación.   | 3.2.1. Índice de control de la contaminación hídrica (Icch)   |
|   |  |  | 3.2.1.2. Grado de avance en el alcance de los indicadores de la calidad hídrica definidos para cuerpos de agua priorizados, % Desviación de la calidad hídrica actual con respecto a la definida en la clasificación de un cuerpo de agua determinado. Para su cálculo se consideran 3 grupos de parámetros: Básicos, Orgánicos e Inorgánicos. La desviación se evalúa para cada uno de los cuerpos de agua priorizados para restauración.  | Contribuye al reporte de: Indicador 6.3.2. de los ODS; Acción 8.3.1.1 del PDES 2021 - 2025; Indicador 4 del MED-PNC 2017 - 2020 .<br><br>A ser obtenido a partir del monitoreo de la calidad hídrica de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: De estado (PER); de resultado (MEI).   |
|   |  | 3.2.2. Índice de Gestión de Calidad Hídrica (Igch)   | Evalúa el grado de avance en la gestión de la calidad hídrica sobre la base de los siguientes coindicadores: la identificación de micro/subcuencas con prioridad de gestión de la calidad hídrica; y a nivel de cada subcuenca priorizada; la decisión política de encaminar proceso de Clasificación de Cuerpos de Agua; la caracterización del estado de situación de la calidad hídrico; Acuerdo de clasificación, incluyendo la descripción de las medidas de restauración y protección; implementación del programa de acción. | Contribuye al reporte de: Indicador 4 del MED-PNC 2017 - 2020 .<br><br>Tipo de indicador: de respuesta (PER), de proceso (MEI).   |

| Dimensiones de la Seguridad Hídrica | Subdimensiones                                     | Índices de seguridad hídrica   | Indicadores   | Características   |
|-------------------------------------|--|--|---|---|
|                                     | 3.3. Protección y conservación de los ecosistemas. | 3.3. Índice de seguridad hídrica protección de los ecosistemas.<br>(SHeco) | 3.3.1. Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales).  | Contribuye al reporte de: Indicadores 6.6.1; 15.1.2.; 15.4.1 de los ODS; Meta 8 de los NDC -Bolivia; Acciones 8.4.2.1 y 8.4.2.2. del PDES 2021 - 2025 .<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER); de resultado (MEI).   |
|                                     |  |  | 3.3.2. Indicador escasez hídrica ecosistemas (Seco) que corresponde al caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s), respecto a la oferta total de recursos hídricos descrita por el caudal medio anual de la cuenca (m3/s) y a la disponibilidad de agua superficial para los usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s) .   | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca y Estudio hidrológico-ambiental de línea base para establecer el parámetro de caudal ecológico de la cuenca<br><br>Tipo de indicador: De estado (PER).  |
|                                     |  |  | 3.3.3. Indicador de vulnerabilidad (Veco): corresponde al volumen de agua dulce requerido para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua esté sobre los estándares aceptables respecto a la oferta total de recursos hídricos bajo condiciones de sequía o bajo caudal dado por percentil 15th (disponibilidad que es excedida el 85% de las veces)  | A ser obtenido a partir de los estudios de Balance Hídrico de la cuenca y Estudio hidrológico-ambiental de línea base para establecer el parámetro de caudal ecológico de la cuenca.<br><br>Tipo de indicador: De estado (PER).   |
|                                     | 3.4. Manejo Integral de Cuencas.                   | 3.4. Índice seguridad hídrica MIC.<br>(SHmic)                              | 3.4.1. Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (Número de hectáreas forestadas, reforestadas y agroforestales; N° de hectáreas con medidas de conservación de suelos y agua, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, clausuras, sistema silvopastoril u otro sistema de manejo que permita la revegetación; N° de hectáreas con resolución de protección). | Contribuye al reporte de: Indicadores 15.1.1; 15.2.1; 15.3.1; 15.4.1. de los ODS; Meta 5 de los NDC -Bolivia; Acciones 81.1.1., 8.1.2.1., 8.1.2.2., 8.1.2.3. y 8.5.3.1 del PDES 2021 - 2025; Indicador 2.2. del MED-PNC 2017 - 2020 .<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER); de resultado. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Factores condicionantes

| Dimensiones de la Seguridad Hídrica           | Subdimensiones                            | Índices de seguridad hídrica  | Indicadores  | Características  |
|---|---|---|--|--|
| 1. Gestión de los recursos hídricos.          | 1.1. Gobernanza / Gobernabilidad hídrica. | F1.1. Índice de gobernabilidad hídrica (IGH).   | Basado en la determinación de los siguientes aspectos en la cuenca: Establecimiento o designación de una Instancia técnica responsable de la Gestión de Cuenca Estratégica; Gestión de información y conocimiento a nivel de cuenca; Grado de funcionamiento de plataforma de Plan Director de Cuenca (PDC); Planificación de la inversión pública para la gestión sustentable de la cuenca estratégica; Grado de integralidad del PDC; Grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC. | Contribuye al reporte de: Meta 6 de los NDC -Bolivia; Acción 8.5.2.1 del PDES 2021 - 2025; Indicador 1 del MED-PNC 2017 - 2020.<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER), de proceso (MEI).  |
|   | 1.2. Capacidades institucionales.         | F1.2. Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca (ICG). | Basado en la determinación de la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio - productivas (GAD's, GAM's, EPSA's, CAPyS, OGC's, organizaciones de regantes) para la Gestión estratégica, Gestión operativa y Coordinación con otras instancias en torno al aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos.   | Contribuye al reporte de: Indicador 6.b.1. de los ODS; Indicador 7 del MED-PNC 2017 - 2020.<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER), de proceso (MEI).  |
|   | 1.3. Gestión del agua                     | F1.3. Grado de aplicación de la GIRH.   | Indica hasta qué punto se aplica la GIRH mediante la evaluación de sus cuatro elementos clave: un entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.   | Contribuye al reporte de: Indicador 6.5.1. de los ODS; Meta 6 de los NDC -Bolivia; Acción 8.5.2.1 del PDES 2021 - 2025; Indicadores 1 y 7 del MED-PNC 2017 - 2020.<br><br>Tipo de indicador: De respuesta (PER), de proceso (MEI).                   |
| 2. Riesgos asociados a los recursos hídricos. | 2.1. Sequía.                              | F2.1.1. Índice seguridad hídrica ante sequía.<br><br>(SHsq)                                 | Basado en la determinación de: porcentaje de la población que no es abastecida de agua potable, sistemas de prevención de sequía, Agua almacenada, Proporción de agricultura de secano, Clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada.  | Contribuye al reporte de: Meta 4 de los NDC -Bolivia; Indicador 3.1. del MED-PNC 2017 - 2020.<br><br>Tipo de indicador: Variables de estado y respuesta (PER); variables de proceso y resultado (MEI).   |
|   | 2.2. Excesos de agua.                     | F2.2.1 Índice seguridad hídrica ante excesos de agua.<br><br>(SHea)                         | Basado en la determinación de: Infraestructura para el control de excesos de agua, Sistemas de prevención de excesos de agua, Impacto económico debido a excesos de agua, Clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.   | Contribuye al reporte de: Meta 7 de los NDC -Bolivia; Acciones 8.2.3.1 del PDES 2021 - 2025; Indicadores 3.1 y 3.2 del MED-PNC 2017 - 2020.<br><br>Tipo de indicador: Variables de estado y respuesta (PER); variables de proceso y resultado (MEI). |

Fuente: elaboración propia.

### 3.7. Interpretación de los indicadores de seguridad hídrica y metodología para su determinación

Una vez se ha identificado los posibles indicadores de seguridad hídrica aplicables a cuencas hidrográficas de Bolivia, que se explican en las tablas 6 y 7, se procedió realizar su desglose, considerando aspectos tales como: interpretación, contribución para el reporte de otros indicadores, método de cálculo y las variables necesarias para su determinación. Este desglose se presenta con más detalle en las tablas 8 y 9.

Estos indicadores son aplicables en cuencas que presenten las siguientes condiciones:

- Se haya iniciado un proceso de planificación estratégica de los recursos hídricos y otros recursos naturales asociados, expresados en el Plan Director de Cuenca.
- Como parte de este proceso, se han desarrollado estudios de balance hídrico, que incluyen escenarios de cambio climático.
- Se han iniciado o existe la decisión de iniciar procesos de caracterización, clasificación y monitoreo de la calidad hídrica de los cuerpos de agua.

- Existe o se encuentra en proceso de conformación de un espacio de coordinación, concertación, planificación participativa y movilización conjunta de los diferentes actores clave vinculados a la gestión de los recursos hídricos (plataforma interinstitucional de gestión de la cuenca).
- Existe la decisión de constituir una instancia de carácter técnico y permanente, que impulse, acompañe, asesore y asuma tareas de coordinación y monitoreo de los diferentes procesos necesarios para la adecuada gestión de los recursos hídricos (unidad de gestión de cuenca).
- Existe una agenda de intervenciones consensuada por todos los actores clave, que tenga como visión compartida la seguridad hídrica en la cuenca.

Cabe mencionar que las condiciones mencionadas están consideradas y forman parte de la estrategia nacional, el Plan Nacional de Cuencas, que impulsa el desarrollo de procesos de Planes Directores en cuencas estratégicas u operativas del país. La perspectiva plasmada en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social es alcanzar 51 cuencas hasta el 2025, en las que se haya iniciado procesos de planificación estratégica.

Tabla 8. Desglose de Indicadores de Seguridad Hídrica

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Dimensión 1</b>   | <b>Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos</b>   |  |
| Subdimensión 1.1.  | Necesidades básicas humanas (NHB)  |  |
| Índice 1.1.  | Índice de seguridad hídrica - necesidades humanas básicas  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide el grado de satisfacción de las demandas humanas básicas de agua para consumo e higiene que se verifican en la cuenca, sin afectar los caudales ecológicos requeridos por los ecosistemas.</p> <p>Este índice agrega a los indicadores 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3.</p>               | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica para necesidades básicas humanas (SHnhb) se compone del porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura (PAS), el indicador de escasez hídrica (Snhb) y el indicador de vulnerabilidad hídrica (Vnhb). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHnhb=(\%PAS   Snhb   Vnhb)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%PAS:</b> Porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene (%).</p> <p><b>Snhb:</b> Índice de escasez hídrica de necesidades humanas básicas (%).</p> <p><b>Vnhb:</b> Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 1.1 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. En función a la línea base para cada cuenca debe establecerse estos rangos.</p> |  |
| Indicador 1.1.1.   | % de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide el grado de satisfacción de las demandas humanas básicas de agua para consumo e higiene que se verifican en la cuenca, sin afectar los caudales ecológicos requeridos por los ecosistemas.</p>   | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%PAS = \frac{(PRAS+PUAS)}{(PRT+PUT)} * 100$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%PAS:</b> Porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.</p> <p><b>PRAS:</b> Población rural de la cuenca con acceso a agua segura (N° de habitantes).</p> <p><b>PUAS:</b> Población urbana de la cuenca con acceso a agua segura (N° de habitantes).</p> <p><b>PRT:</b> Población rural total de la cuenca (N° de habitantes).</p> <p><b>PUT:</b> Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes).</p>   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC: Meta 1</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 1.3.3.2.</p>   |  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p> <p>Los criterios para establecer si la población tiene acceso a "agua segura", son los siguientes: (i) el recurso proviene de una fuente de agua mejorada (ii) está disponible en el hogar en todo momento y (iii) se trata de agua no contaminada (de buena calidad).</p> |  |  |

| Indicador 1.1.2.   |                  | Indicador de escasez hídrica para necesidades humanas básicas (Snhb)   |  |
|--|------------------|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la escasez hídrica para necesidades básicas humanas establecida como la proporción entre la demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano (Dnhb Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas.</p>  |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Snhb = \frac{Dnhb}{QT}$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>  |                  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Snhb:</b> Índice de escasez hídrica de necesidades humanas básicas (%).</p> <p><b>Dnhb:</b> Demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano, equivalente al volumen anual de agua destinada al abastecimiento (Hm3).</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3).</p>   |  |
| Frecuencia de medición   | Unidad de medida |  |  |
| Anual  | Porcentaje       |  |  |
| Información complementaria:  |                  |  |  |
| Indicador 1.1.3.   |                  | Indicador de escasez hídrica para necesidades humanas básicas (S-NHB)  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la vulnerabilidad hídrica para necesidades básicas humanas establecida como la proporción entre la demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano (Dnhb Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Vnhb = \frac{Dnhb}{QT85\%}$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>  |                  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Vnhb:</b> Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%).</p> <p><b>Dnhb:</b> Demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano, equivalente al volumen anual de agua destinada al abastecimiento (Hm3).</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3).</p> |  |
| Frecuencia de medición   | Unidad de medida |  |  |
| Anual  | Porcentaje       |  |  |
| Información complementaria:  |                  |  |  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Dimensión 2</b>   | <b>Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables</b>  |  |
| Subdimensión 2.1.  | Actividades productivas de subsistencia familiar  |  |
| Índice 2.1.  | Índice de seguridad hídrica - subsistencia familiar   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este índice agrega a los indicadores 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3.</p>  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (SHsf) se compone del porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (%PA), el indicador de escasez hídrica (Ssf) y el indicador de vulnerabilidad hídrica (Vsf). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHsf=(\%SR   Ssf   Vsf)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%SR:</b> Porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (%).</p> <p><b>Ssf:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%).</p> <p><b>Vsf:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 2.1 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca.</p> |  |
| Indicador 2.1.1.   | "° de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego"   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances en relación a la dotación de agua para riego en la cuenca, en términos de "superficie regada", respecto a las previsiones que al respecto se tienen en documentos formales de planificación estratégica (por ejemplo: en los Planes directores de cuenca), sin afectar los caudales ecológicos requeridos por los ecosistemas.</p> | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%SR = \frac{SR}{SPR} * 100$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%SR:</b> Porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego.</p> <p><b>SR:</b> Superficie a nivel de toda la cuenca (has) que cuenta con riego para fines agro-productivos de escala familiar.</p> <p><b>SPR:</b> Superficie a nivel de toda la cuenca, prevista bajo riego (has) para fines agro-productivos de escala familiar, en documentos formales de planificación estratégica (por ejemplo: en los Planes Directores de Cuenca).</p>  |  |
| <b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b>   |   |  |
| NDC: Meta 3  |   |  |
| PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 3.2.9.1   |   |  |
| <b>Frecuencia de medición</b>  | <b>Unidad de medida</b>   |  |
| Anual  | Porcentaje  |  |

| Indicador 2.1.2.  | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica actividades productivas de subsistencia familiar (Ssf)   |                  |       |            |  |
|---|---|------------------|-------|------------|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias) (Dsf Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca.</p> <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Ssf = \frac{Dsf}{QT}$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Ssf:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%).</p> <p><b>Dsf:</b> consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias), equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades de subsistencia familiar (Hm3).</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3).</p>         |                  |       |            |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="152 691 480 734">Frecuencia de medición</th> <th data-bbox="480 691 808 734">Unidad de medida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="152 734 480 787">Anual</td> <td data-bbox="480 734 808 787">Porcentaje</td> </tr> </tbody> </table>  | Frecuencia de medición  | Unidad de medida | Anual | Porcentaje |  |
| Frecuencia de medición  | Unidad de medida  |                  |       |            |  |
| Anual   | Porcentaje  |                  |       |            |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |   |                  |       |            |  |
| Indicador 2.1.3.  | Indicador de vulnerabilidad hídrica actividades productivas de subsistencia familiar (Vsf)  |                  |       |            |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias) (Dsf Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable. Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca.</p> <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Vsf = \frac{Dsf}{QT85\%}$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Vnhb:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%).</p> <p><b>Dnhb:</b> consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias), equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades de subsistencia familiar (Hm3).</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3).</p> |                  |       |            |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="152 1500 480 1542">Frecuencia de medición</th> <th data-bbox="480 1500 808 1542">Unidad de medida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="152 1542 480 1596">Anual</td> <td data-bbox="480 1542 808 1596">Porcentaje</td> </tr> </tbody> </table>  | Frecuencia de medición  | Unidad de medida | Anual | Porcentaje |  |
| Frecuencia de medición  | Unidad de medida  |                  |       |            |  |
| Anual   | Porcentaje  |                  |       |            |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |   |                  |       |            |  |

|   |                  |  |  |
|---|------------------|--|--|
| Subdimensión 2.2.   |                  | Necesidades de actividades productivas extractivas de agua   |  |
| Índice 2.2.   |                  | Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este índice agrega a los indicadores 2.2.1, 2.2.2.</p>   |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica para actividades productivas extractivas - excluyendo las actividades de subsistencia familiar- (SHpe) se compone por el indicador de escasez hídrica (Spe) y el indicador de vulnerabilidad hídrica (Vpe). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHpe=(Spe / Vpe)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SHpe:</b> Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas (%).</p> <p><b>Spe:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas extractivas (%).</p> <p><b>Vpe:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 2.2 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. En función a la línea base para cada cuenca debe establecerse estos rangos.</p> |  |
| Indicador 2.2.1.  |                  | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica actividades productivas extractivas de agua (Spe)   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la escasez hídrica para actividades productivas extractivas de agua establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades extractivas de agua (Dpe Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca.</p> |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Spe = \frac{Dpe}{QT}$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>   |                  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Spe:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas extractivas de agua (%).</p> <p><b>Dpe:</b> consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua, equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades extractivas de agua (Hm3).</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3).</p>  |  |
| Frecuencia de medición  | Unidad de medida |  |  |
| Anual   | Porcentaje       |  |  |
| Información complementaria:   |                  |  |  |

| Indicador 2.2.2.  | Indicador de vulnerabilidad hídrica actividades productivas extractivas de agua (Vpe)  |  |
|---|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas de agua establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua (Dpe Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $V_{pe} = \frac{D_{pe}}{QT85\%}$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Vpe:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas de agua (%).</p> <p><b>Dpe:</b> consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua, equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades extractivas de agua (Hm3).</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3).</p>  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>   |  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>   | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |  |  |
| Subdimensión 2.3.   | Satisfacción de necesidades de actividades productivas no extractivas de agua  |  |
| índice 2.3.   | Índice de seguridad hídrica de actividades productivas no extractivas  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este índice agrega a los indicadores 2.3.1, 2.3.2.</p>   | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica para actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (SHhe) se compone por el indicador de escasez hídrica (She) y el indicador de vulnerabilidad hídrica (Vhe). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHhe = (She / Vhe)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SHhe:</b> Índice de seguridad hídrica de actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%).</p> <p><b>She:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%).</p> <p><b>Vhe:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la Sub-dimensión 2.3 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. En función a la línea base para cada cuenca debe establecerse estos rangos.</p> |  |

| Indicador 2.3.1.   | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica actividades productivas no extractivas de agua - hidroeléctricas (She)   |  |
|--|---|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la escasez hídrica hidroeléctricas establecida como la proporción entre el volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Dhe Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas.</p>   | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $She = \frac{Dhe}{QT}$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>She:</b> Índice de escasez hídrica hidroeléctricas (%).</p> <p><b>Dhe:</b> volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Hm3).</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3).</p>                      |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p>  |   |  |
| <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p>   |   |  |
| <p>NDC:</p>  |   |  |
| <p>PDES 2021 - 2025:</p>   |   |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>  |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>  |   |  |
| Indicador 2.3.2.   | Indicador de vulnerabilidad hídrica actividades productivas no extractivas de agua - hidroeléctricas (Vhe)  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la vulnerabilidad hídrica para hidroeléctricas establecida como la proporción entre el volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Dhe Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $Vsf = \frac{Dsf}{QT85\%}$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Vhe:</b> Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%).</p> <p><b>Dhe:</b> volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Hm3).</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3).</p> |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p>  |   |  |
| <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p>   |   |  |
| <p>NDC:</p>  |   |  |
| <p>PDES 2021 - 2025:</p>   |   |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>  |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>  |   |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Dimensión 3</b>  | <b>Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas</b>  |  |
| <b>Subdimensión 3.1.</b>  | <b>Control de la contaminación por saneamiento deficiente</b>   |  |
| <b>Índice 3.1.</b>  | <b>Índice de seguridad hídrica saneamiento</b>  |  |
| <b>Interpretación:</b><br><br>Mide los avances respecto a la atención de las necesidades de servicios adecuados de saneamiento de la población urbana y rural de toda la cuenca.<br><br>Este índice considera el % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.   | <b>Método de cálculo:</b><br><br>Esta subdimensión es valorada mediante el indicador de Seguridad Hídrica para saneamiento (SHsb) que corresponde al porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.<br><br>$SHsb = \%PSS$<br><br><b>Donde:</b><br><br><b>SHsb:</b> Índice de seguridad hídrica para saneamiento (%).<br><br><b>%PSS:</b> Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.   |  |
| <b>Indicador 3.1.1.</b>   | <b>% de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura</b>  |  |
| <b>Interpretación:</b><br><br>Mide los avances respecto a la atención de las necesidades de servicios adecuados de saneamiento de la población urbana y rural de toda la cuenca.  | <b>Método de cálculo:</b><br><br>$\%PSS = \frac{PRSS + PUSS}{PRT + PUT} * 100$  |  |
| <b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b><br><br>ODS: Indicador 6.2.1.<br><br>NDC: Meta 2<br><br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 1.3.3.3  | <b>Donde:</b><br><br><b>%PSS:</b> Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.<br><br><b>PRSS:</b> Población rural de la cuenca que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura (N° de habitantes).<br><br><b>PUSS:</b> Población urbana de la cuenca que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura (N° de habitantes).<br><br><b>PRT:</b> Población rural total de la cuenca (N° de habitantes).<br><br><b>PUT:</b> Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes). |  |
| <b>Frecuencia de medición</b><br><br>Anual  | <b>Unidad de medida</b><br><br>Porcentaje   |  |
| <b>Información complementaria:</b><br><br>Los criterios para establecer si la población tiene acceso a "servicios de saneamiento gestionados de manera segura", son los siguientes: (i) la población utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas; (ii) estas instalaciones no se comparten con otras familias; (iii) los excrementos se tratan y eliminan de forma segura in situ o se transportan para ello a otro lugar. |   |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Subdimensión 3.2.   |  | Control de la contaminación  |  |
| Índice 3.2.   |  | Índice de seguridad hídrica de control de la contaminación   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide las acciones referidas al control de la contaminación como medidas que aseguren la conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica de control de la contaminación (SHch) se compone por el Índice de control de la contaminación hídrica (Icch) y el Índice de Gestión de Calidad Hídrica (Igch). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHch=(Icch / Igch)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SHch:</b> Índice de seguridad hídrica de control de la contaminación (%).</p> <p><b>Icch:</b> Índice de control de la contaminación hídrica (%).</p> <p><b>Igch:</b> Índice de gestión de calidad hídrica (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la Sub-dimensión 3.2 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. En función a la línea base para cada cuenca debe establecerse estos rangos.</p> |  |
| Índice 3.2.1  |  | Índice de control de la contaminación hídrica (Icch)   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este índice agrega a los indicadores 3.2.1.1 y 3.2.1.2.</p>  |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>El índice de control de la contaminación hídrica (Icch) se compone por el % de aguas residuales tratadas de manera segura (%ART) y el Índice de recuperación de la calidad hídrica (<math>\Delta</math>ch). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $Icch=(\%ART / \Delta ch)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Icch:</b> Índice de control de la contaminación hídrica (%).</p> <p><b>%ART:</b> Porcentaje de aguas residuales tratadas de manera segura.</p> <p><b><math>\Delta</math>ch:</b> Índice de recuperación de la calidad hídrica (%).</p>  |  |
| Indicador 3.2.1.1.  |  | % de aguas residuales tratadas de manera segura  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances en la cuenca, respecto al tratamiento de aguas residuales tanto de origen urbano como industrial.</p>   |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%ART = \frac{ART}{TPAR} * 100$  |  |
| <p>Contribución al reporte de otros indicadores:</p> <p>ODS: Indicador 6.3.1</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.3.1.1</p>  |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%ART:</b> % de aguas residuales tratadas de manera segura.</p>  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>   | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p> | <p><b>PART:</b> Número de puntos de vertido de aguas residuales de origen urbano o industrial, en los cuales se aplican medidas de tratamiento adecuadas.</p>  |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p> <p>Este indicador deberá ser evaluado e interpretado de manera conjunta con los indicadores 3.2.1.2 y 3.2.2.</p>  |  | <p><b>TPAR:</b> Número total de puntos de vertido de aguas residuales de origen urbano o industrial, en la cuenca.</p>   |  |

| Indicador 3.2.1.2.   |   | Índice de recuperación de la calidad hídrica   |  |
|--|---|--|--|
| <b>Interpretación:</b><br>Mide la desviación de la calidad hídrica establecida a partir de mediciones en campañas de monitoreo, respecto a la definida en la clasificación del cuerpo de agua. (Indicador adoptado del MED - PNC).   |   | <b>Método de cálculo:</b><br>$\Delta CH = \frac{(\Delta B + \Delta O + \Delta I)}{3}$  |  |
| <b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b><br>ODS: Indicador 6.3.2.<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.3.1.1.<br>MED-PNC: Indicador 4.  |   | <b>Donde:</b><br><b>ΔCH:</b> Índice de recuperación de la calidad hídrica.<br><b>ΔB:</b> Desviación de los parámetros básicos.<br><b>ΔO:</b> Desviación de los constituyentes orgánicos.<br><b>ΔI:</b> Desviación de los constituyentes inorgánicos. |  |
| <b>Frecuencia de medición</b><br>Anual, a partir de que se efectúe la clasificación de cuerpos de agua en la cuenca  | <b>Unidad de medida</b><br>Índice, Variable continua con rango de 1 a 0 |  |  |
| <b>Información complementaria:</b><br>Una condición para la aplicación de este indicador es contar con la clasificación de los cuerpos de agua de la cuenca.<br>Respecto a la interpretación del indicador, una mayor aproximación del índice a un valor cero, significará mayores avances en cuanto a la recuperación de la calidad hídrica de los cuerpos de agua evaluados. |   |  |  |

| Índice 3.2.2.   |   | Índice de Gestión de Calidad Hídrica (Igch)   |  |
|---|---|---|--|
| <b>Interpretación:</b><br>Mide los esfuerzos de los diferentes actores clave de la cuenca, orientados a impulsar un proceso coordinado de caracterización, clasificación y definición de acciones para la conservación y restauración de la calidad de los cuerpos de agua de la cuenca (Indicador adoptado del MED - PNC). |   | <b>Método de cálculo:</b><br>$I_{gch} = (i * 0,1) + \frac{(ii * 0,15)}{2} + \frac{(iii * 0,25)}{4} + \frac{(iv * 0,25)}{4} + \frac{(v * 0,25)}{4}$  |  |
| <b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b><br>MED-PNC: Indicador 4.   |   | <b>Donde:</b><br><b>Igch:</b> Índice de gestión de la calidad hídrica.<br><b>i:</b> Identificación de micro-/subcuencas con prioridad de gestión de la calidad hídrica.<br><b>ii:</b> Decisión política de encaminar el proceso de Clasificación de Cuerpos de Agua.<br><b>iii:</b> Caracterización del estado de situación de la calidad hídrica de los cuerpos de agua.<br><b>iv:</b> Clasificación de los cuerpos de agua y formulación de un plan de acción consensuado.<br><b>v:</b> Implementación del Plan de acción para la restauración y protección de los cuerpos de agua. |  |
| <b>Frecuencia de medición</b><br>Anual  | <b>Unidad de medida</b><br>Índice, Variable continua con rango de 0 a 1 |   |  |
| <b>Información complementaria:</b><br>Los criterios sectoriales para la calificación de las variables propuestas se detallan en el Anexo 2, pág. 188 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020".   |   |   |  |

|  |                         |   |  |
|--|-------------------------|---|--|
| Subdimensión 3.3.  |                         | Protección y conservación de los ecosistemas  |  |
| Índice 3.3.  |                         | Índice de seguridad hídrica - protección de los ecosistemas (SHeco)   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este índice agrega a los indicadores 3.3.1; 3.3.2 y 3.3.3.</p>  |                         | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante un índice el cual se construye integrando información proveniente del conjunto de indicadores propuestos.</p> <p>El índice de Seguridad Hídrica para protección de los ecosistemas (SHeco) se compone por la superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales), el indicador de escasez hídrica (Seco) y el indicador de vulnerabilidad hídrica (Veco). De manera genérica su notación es la siguiente:</p> $SHeco=(SCME / Seco / Veco)$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SCME:</b> Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has).</p> <p><b>Seco:</b> Índice de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%).</p> <p><b>Veco:</b> Índice de vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%).</p> <p>Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la Sub-dimensión 3.3 se detalla en Anexo 1, asumiendo rangos arbitrarios establecidos a modo de ejemplo. En función a la línea base para cada cuenca debe establecerse estos rangos.</p> |  |
| Indicador 3.3.1  |                         | Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales)  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances en cuanto a esfuerzos de conservación y recuperación de ecosistemas de la cuenca, relacionados con el agua (bofedales, humedales).</p>   |                         | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $SCME= SCE+SME$  |  |
| <p>Contribución al reporte de otros indicadores:</p> <p>ODS: Indicador 6.6.1; 15.1.2.; 15.4.1.</p> <p>NDC: Meta 8</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicadores de las Acciones 8.4.2.1 y 8.4.2.2</p>   |                         | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SCME:</b> Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has).</p> <p><b>SCE:</b> Superficie conservada de ecosistemas relacionados con el agua (has).</p> <p><b>SME:</b> Superficie bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has), que permite la conservación de sus características de extensión, cantidad y calidad del agua.</p>  |  |
| <b>Frecuencia de medición</b>  | <b>Unidad de medida</b> |   |  |
| Quinquenal   | has                     |   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p> <p>Los parámetros a ser considerados para la calificación de este indicador son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La extensión territorial de los ecosistemas.</li> <li>- La cantidad de agua de estos ecosistemas.</li> <li>- La calidad del agua (en relación al indicador 3.2.1.2).</li> </ul> |                         |   |  |

| Indicador 3.3.2.  |  | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (Seco)  |  |
|---|--|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos establecida como la proporción entre el caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s), respecto a la oferta total de recursos hídricos descrita por el caudal medio anual de la cuenca (m3/s) y a la disponibilidad de agua superficial para los usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\text{Seco} = \frac{\text{Deco}}{\text{QT-Quc}}$   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>   |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Seco:</b> Índice de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%).</p> <p><b>Deco:</b> caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s).</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (m3/s).</p> <p><b>Quc:</b> Disponibilidad de agua superficial para usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s).</p>  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>   | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p> | <p>Se han desarrollado muchos métodos y metodologías para determinar los requerimientos del caudal ecológico (de los ecosistemas). Los más simples son los métodos hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo ecológico a través del estudio de los datos de caudales. Un ejemplo de método estadístico simple es definir el caudal mínimo ecológico como un 10% del caudal medio histórico.</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |  | <p>El caudal ecológico es generalmente fijado en los "Planes de Manejo de Cuenca", con base en estudios específicos o análisis concretos para cada tramo del río o cauce aguas abajo del nacimiento. La caracterización de la demanda ambiental (es decir, la cantidad de agua que se considera caudal ecológico) es además consensuada con la intervención de los distintos sectores implicados, desde la planificación hasta el uso del agua. Para su determinación se propone la realización de un Estudio hidrológico - ambiental de línea base para establecer el parámetro de caudal ecológico de la cuenca. Alternativamente, hasta su elaboración se adopta el criterio estadístico simple (10% caudal medio).</p> |  |

| Indicador 3.3.3.   |  | Indicador de vulnerabilidad hídrica de ecosistemas naturales acuáticos (Veco)  |  |
|--|--|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos establecida como la proporción entre el caudal ecológico a nivel de cuenca (Deco m3/s), respecto a la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% m3/s) y a la disponibilidad de agua superficial para los usos consuntivos a nivel de cuenca (Quc m3/s).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\text{Veco} = \frac{\text{Deco}}{\text{QT85\%-Quc}}$   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p>  |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>Veco:</b> Índice de vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%).</p> <p><b>Deco:</b> caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s).</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3).</p> <p><b>Quc:</b> Disponibilidad de agua superficial para usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s).</p>   |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>Anual</p>  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p> | <p>Se han desarrollado muchos métodos y metodologías para determinar los requerimientos del caudal ecológico (de los ecosistemas). Los más simples son los métodos hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo ecológico a través del estudio de los datos de caudales. Un ejemplo de método estadístico simple es definir el caudal mínimo ecológico como un 10% del caudal medio histórico.</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>  |  | <p>El caudal ecológico es generalmente fijado en los "Planes de Manejo de Cuenca", con base en estudios específicos o análisis concretos para cada tramo del río o cauce aguas abajo del nacimiento. La caracterización de la demanda ambiental (es decir, la cantidad de agua que se considera caudal ecológico) es además consensuada con la intervención de los distintos sectores implicados, desde la planificación hasta el uso del agua. Para su determinación se propone la realización de un Estudio hidrológico-ambiental de línea base para establecer el parámetro de caudal ecológico de la cuenca. Alternativamente, hasta su elaboración se adopta el criterio estadístico simple (10% caudal medio).</p> |  |

|   |                         |   |  |
|---|-------------------------|---|--|
| <b>Subdimensión 3.4.</b>  |                         | <b>Manejo Integral de Cuencas</b>   |  |
| <b>Índice 3.4.</b>  |                         | <b>Índice de seguridad hídrica de manejo integral de cuencas</b>  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances respecto a la protección y conservación de las cuencas.</p> <p>Este índice considera el Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida.</p>  |                         | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Esta subdimensión es valorada mediante el indicador de Seguridad Hídrica de manejo integral de cuencas (SHmic) que corresponde al Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida.</p> $SHmic=ISA$ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SHmic</b> Índice de seguridad hídrica de manejo Integral de cuencas.</p> <p><b>ISA:</b> Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (has).</p>    |  |
| <b>Indicador 3.4.1</b>  |                         | <b>"Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida"</b>  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances respecto a los esfuerzos de protección y restauración de zonas de vida degradadas, en proceso o con amenaza de degradación a causa de usos no apropiados, a través de su manejo y aprovechamiento sustentable en concordancia con su aptitud.</p> |                         | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $ISA=AF+ACSA+ARP$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicadores 15.1.1; 15.2.1; 15.3.1; 15.4.1.</p> <p>NDC: Meta 5</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicadores de las Acciones 81.1.1., 8.1.2.1., 8.1.2.2., 8.1.2.3. y 8.5.3.1.</p> <p>MED-PNC: Indicador 2.2</p>                          |                         | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>ISA:</b> Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (has).</p> <p><b>AF:</b> Áreas forestadas, reforestadas y agroforestales (has).</p> <p><b>ACSA:</b> Áreas con medidas de conservación de suelos y agua (terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, clausuras, sistemas silvopastoriles u otros sistemas de manejo que permitan la revegetación) (has).</p> <p><b>ARP:</b> Áreas con resoluciones de protección (has).</p> |  |
| <b>Frecuencia de medición</b>   | <b>Unidad de medida</b> |   |  |
| Anual   | has                     |   |  |

Tabla 9. Desglose de Indicadores - Factores condicionantes

| Factor Condicionante 1   |  | Gestión de los recursos hídricos  |  |
|--|--|---|--|
| Dimensión F 1.1.   |  | Gobernanza / Gobernabilidad hídrica   |  |
| Factor F 1.1.  |  | Índice de gobernabilidad hídrica (IGH)  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide los avances respecto a procesos que vayan consolidando la gobernabilidad, buena gobernanza y la gestión sustentable de recursos hídricos en la cuenca (Adoptado del MED - PNC).</p>  |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $IGH = \frac{i*15\%}{3} + \frac{ii*20\%}{4} + \frac{iii*20\%}{4} + \frac{iv*20\%}{4} + \frac{v*12\%}{3} + \frac{vi*13\%}{3}$   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>NDC: Meta 6</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.5.2.1.</p> <p>MED-PNC: Indicador 1</p>  |  | <p><b>Donde:</b></p> <p>IGH: Índice de Gobernabilidad Hídrica.</p> <p>i: Establecimiento o designación de una Instancia técnica responsable de la Gestión de Cuenca .</p> <p>ii: Gestión de información y conocimiento a nivel de cuenca.</p> <p>iii: Grado de funcionamiento de la plataforma interinstitucional de gestión de la cuenca.</p> <p>iv: Planificación de la inversión pública para la gestión sustentable de la cuenca estratégica.</p> <p>v: Grado de integralidad del PDC: involucramiento de distintos sectores y subsectores.</p> <p>vi: Grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC.</p>   |  |
| Frecuencia de medición   | Unidad de medida                             |   |  |
| Anual  | Índice, variable continua con rango de 0 a 1 |   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p> <p>Los criterios sectoriales para la calificación de las variables propuestas se detallan en el Anexo 2, pág. 170 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020"</p>  |  |   |  |
| Dimensión F 1.2.   |  | Capacidades institucionales   |  |
| Factor F 1.2.  |  | Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Mide la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio - productivas (GADs, GAMs, EPSAs, CAPyS, OGCs, organizaciones de regantes) para la Gestión estratégica, Gestión operativa y Coordinación con otras instancias en torno al aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $ICGH = \frac{EPC+ECC+OGCC+OUAC}{TAC}$   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicador 6.b.1.</p> <p>MED-PNC: Indicador 7</p>   |  | <p><b>Donde:</b></p> <p>ICGH: Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca.</p> <p>EPC: N° de entidades públicas con capacidad institucional para impulsar en su jurisdicción la gestión hídrico - ambiental (GADs, GAMs). (Se adopta la metodología aplicada en el MED del PNC. Anexo 2, pág. 201 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020").</p> <p>ECC: N° de EPSA y CAPyS que reportan un buen desempeño como prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario (reporte de autoridad sectorial o de la Unidad de Gestión de Cuenca - UGC).</p> <p>OGCC: N° de Organismos de Gestión de Cuencas (OGC) que demuestran capacidad para la Gestión Hídrico Ambiental (Se adopta la metodología aplicada en el MED del PNC. Anexo 2, pág. 175 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020").</p> <p>OUAC: N° de organizaciones de usuarios del agua (por ejemplo, organizaciones de regantes), que demuestran capacidades para la conservación y uso sostenible de los recursos hídricos .</p> <p>TAC: N° total de actores identificados como clave para la gestión hídrico ambiental en la cuenca.</p> |  |
| Frecuencia de medición   | Unidad de medida                             |   |  |
| bianual  | Índice, variable continua con rango de 0 a 1 |   |  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Dimensión F 1.3.  | Gestión del agua   |  |
| Factor F 1.3.   | Grado de aplicación de la GIRH   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Evalúa hasta qué punto se aplica la GIRH a nivel de la cuenca, mediante la evaluación de cuatro elementos clave: entorno propicio; instituciones y participación; instrumentos de gestión y financiación. (Adoptado de la "Metodología de Monitoreo del indicador 6.5.1 de los ODS", para el nivel de cuenca/acuífero).</p>  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $GAG = \frac{EP+IP+IG+F}{4}$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS: Indicador 6.5.1.</p> <p>NDC: Meta 6</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicador de la acción 8.5.2.1</p> <p>MED-PNC: Indicadores 1 y 7</p>   | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>GAG:</b> Grado de aplicación de la GIRH (porcentaje).</p> <p><b>EP:</b> Entorno propicio: estado del Plan de gestión de la cuenca/ acuífero, basado en la GIRH (Porcentaje).</p> <p><b>IP:</b> Instituciones y participación: Estado de las Organizaciones a nivel de cuencas/ acuíferos para conducir la implementación de planes de GIRH, o similares (Porcentaje).</p> <p><b>IG:</b> Instrumentos de Gestión: Estado de los instrumentos de gestión de cuencas/ acuíferos que apoyan a la GIRH (Porcentaje).</p> <p><b>F:</b> Financiamiento: Presupuestos subnacionales o de cuencas para inversión incluyendo infraestructura de recursos hídricos (porcentaje).</p> |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>bianual</p>   | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p> <p>Los criterios para la calificación de las variables propuestas se detallan en el documento: "Cuestionario de Países para el Indicador 6.5.1: Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos".</p> <p>Para cuencas transfronterizas, pueden incorporarse para la evaluación criterios adicionales que, para este tipo de cuencas, se plantean en el "Cuestionario de Países para el Indicador 6.5.1: Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos".</p> |  |  |
| Factor Condicionante 2  | Riesgos asociados a los recursos hídricos  |  |
| Factor F 2.1.   | Sequía   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este factor propuesto en este componente debe permitir medir los objetivos de Seguridad Hídrica que se deben alcanzar para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos de sequías respondiendo a la siguiente pregunta ¿Qué tan vulnerable es la cuenca ante los eventos de sequía? Para estimar la vulnerabilidad de una comunidad a la sequía se propone seguir una aproximación que permita evaluar la vulnerabilidad de la población a la sequía en distintos ámbitos.</p>                     | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $SHsq =  Pnap  \%Salm  \%Sasec  IPE ICE $ <p><b>Donde:</b></p> <p><b>SHsq:</b> Factor de seguridad hídrica de sequía.</p> <p><b>%Pnap:</b> Fracción de la población que no es abastecida de agua potable.</p> <p><b>%Salm:</b> Proporción de agua almacenada en la cuenca (%).</p> <p><b>%Sasec:</b> Proporción de agricultura a secano en la cuenca (%).</p> <p><b>IPE y ICE:</b> Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).</p>   |  |

| Indicador F 2.1.1   |  | Fracción de la población que no es abastecida de agua potable (%Pnap)   |  |
|---|--|---|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Se propone estimar la cantidad de habitantes que no poseen sistemas de aprovisionamiento de agua para uso doméstico y que se abastecen de manera particular. Se asume que los habitantes que se autoabastecen de agua son más susceptibles a la sequía ya que son independientes, no pertenecen a alguna organización que facilite la obtención de recursos para poder mejorar su infraestructura (profundizar pozos, cambiar bombas, por ejemplo) y no poseen sistemas de acumulación que les de autonomía ante eventos de esta índole. Este subindicador permite tener una noción del nivel de inseguridad en el suministro de agua para consumo humano.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%Pnap = \frac{PRnap + PUnap}{RT + PUT} * 100$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>  |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%Pnap:</b> Porcentaje de la población que no es abastecida de agua potable para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.</p> <p><b>PRAS:</b> Población rural de la cuenca que no tiene acceso a agua segura (N° de habitantes).</p> <p><b>PUAS:</b> Población urbana de la cuenca que no tiene acceso a agua segura (N° de habitantes).</p> <p><b>PRT:</b> Población rural total de la cuenca (N° de habitantes).</p> <p><b>PUT:</b> Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes).</p> |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>bianual</p>   |  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>  |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |  |   |  |
| Indicador F 2.1.2   |  | Proporción Agua almacenada / regulada (%Salm).  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>La utilización de embalses hace posible manejar el agua y planificar la actividad para darle mayor seguridad a la agricultura. Si bien, los efectos de una sequía prolongada podrían sentirse incluso con la existencia de embalses, este subindicador daría una noción de cuán preparada podría estar una cuenca para enfrentar un evento como ese.</p>   |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%Salm = \frac{Calm}{CTalm} * 100$  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>  |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%Salm:</b> Proporción de agua almacenada en la cuenca (%).</p> <p><b>Calm:</b> Volumen anual de almacenamiento de agua en la cuenca (Hm3).</p> <p><b>CTalm:</b> Volumen capacidad instalada de almacenamiento de agua en la cuenca (Hm3).</p>  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>bianual</p>   |  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>  |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |  |   |  |

| Indicador F 2.1.3  |  | Proporción de agricultura de secano (%Sasec).  |  |
|--|--|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>En la agricultura de secano, que depende de las precipitaciones y no de embalses, “el impacto de la sequía es directo e inmediato” y es en donde se presentan los primeros cambios, provocando pérdidas o limitando su capacidad. Es por este motivo que es importante conocer qué proporción del área cultivada corresponde a agricultura de secano. El subindicador propuesto para esto estima la superficie de área agrícola de secano (Sasec) respecto de la superficie cultivada total (STa), como indicador de que tan susceptible es la actividad agrícola a los efectos de la sequía en una cuenca.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $\%Sasec = \frac{Sasec}{STa} * 100$   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>   |  | <p><b>Donde:</b></p> <p><b>%Sasec:</b> Proporción de agricultura a secano en la cuenca (%).</p> <p><b>Sasec:</b> Superficie de área agrícola de secano en la cuenca (ha).</p> <p><b>STa:</b> Superficie total cultivada en la cuenca (ha).</p> |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>bianual</p>  |  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>  |  |  |  |

| Indicador F 2.1.4   |  | Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).   |  |
|---|--|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que “refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos”.</p> |  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> <p>Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que “refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos”. Ambos se calculan de la misma forma y una de las maneras de hacerlo es utilizando un programa gratuito elaborado por The National Drought Mitigation Center del Departamento de Meteorología Agrícola de la Universidad de Nebraska-Lincoln (<a href="https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx">https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx</a>).</p> <p>El cálculo del IPE se basa en el registro de precipitación a largo plazo para el período deseado. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades, y a continuación esta se transforma en una distribución normal de modo que el IPE medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores positivos de IPE indican precipitaciones superiores al valor de la mediana, y los valores negativos indican precipitaciones inferiores al valor de la mediana.</li> <li>• La sequía, según el IPE, empieza cuando el valor del IPE es igual o inferior a -1,0 y concluye cuando el valor se convierte en positivo.</li> </ul> <p>La metodología de cálculo del IPE se detalla en la publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).</p> <p><a href="https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf">https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf</a></p> |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>  |  |  |  |
| <p><b>Frecuencia de medición</b></p> <p>bianual</p>   |  | <p><b>Unidad de medida</b></p> <p>Porcentaje</p>   |  |
| <p><b>Información complementaria:</b></p>   |  |  |  |

| Factor F 2.2.   |                  | Excesos de agua  |  |
|---|------------------|--|--|
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Este factor propuesto en este componente debe permitir medir los objetivos de Seguridad Hídrica que deben lograrse para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos relacionados con el exceso del agua tales como inundaciones, aludes y aluviones. El indicador deberá responder a la pregunta ¿Cuál es el nivel de exposición y susceptibilidad que presenta un territorio frente a eventos extremos, del tipo exceso de agua?</p> <p>Para medir esta subdimensión se consideró que evaluar las medidas estructurales (obras de control), no estructurales (medidas de prevención) y el impacto del desastre (pérdidas) pueden otorgar un buen acercamiento al nivel de exposición y susceptibilidad frente a los excesos de agua y a las medidas para reducir el riesgo de inundación que posee un territorio.</p> |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $SHea =  ICea   SPea   IPE ICE $ <p><b>SHea:</b> Factor de seguridad hídrica de exceso de agua.</p> <p><b>ICea:</b> Proporción de infraestructura para el control de exceso de agua en la cuenca (Unidades/Km2).</p> <p><b>SPea:</b> Proporción de sistemas de prevención de excesos de agua en la cuenca (Unidades/Km2).</p> <p><b>IPE y ICE:</b> Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).</p> |  |
| Indicador F 2.2.1   |                  | Infraestructura para el control de excesos de agua (ICea).   |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Si bien, el número de obras existente no implica directamente una reducción efectiva de riesgos, si puede ser indicativo del nivel de preparación para la mitigación (tanto en severidad como en frecuencia) de eventos de esta índole. El subindicador propuesto para esto corresponde al número de obras de contención, estabilización de cauces, control de la erosión, conducción de flujos, etc. (Noc) por superficie de la cuenca (Sc).</p>  |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $ICea = \frac{Noc}{Sc}$ <p><b>ICea:</b> Proporción de infraestructura para el control de exceso de agua en la cuenca (Unidades/Km2).</p> <p><b>Noc:</b> Número de obras de contención, estabilización de cauces, control de la erosión, conducción de flujos (unidades).</p> <p><b>Sc:</b> Superficie de la cuenca (Km2).</p>   |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>  |                  |  |  |
| Frecuencia de medición  | Unidad de medida |  |  |
| bianual   | Porcentaje       |  |  |
| Información complementaria:   |                  |  |  |
| Indicador F 2.2.2   |                  | Sistemas de prevención de excesos de agua (SPea).  |  |
| <p><b>Interpretación:</b></p> <p>Contar con sistemas de pronósticos y de alerta temprana para eventos extremos relacionados al agua permite a la población estar mejor preparada y tomar medidas anticipadas ante la ocurrencia de dichos eventos. Como subindicador para evaluar el nivel de prevención que posee un área se propone estimar el número de estaciones de monitoreo hidrometeorológicas y sedimentológicas (EMhs) por superficie de la cuenca (Sc).</p>  |                  | <p><b>Método de cálculo:</b></p> $ICea = \frac{Noc}{Sc}$ <p><b>SPea:</b> Proporción de sistemas de prevención de excesos de agua en la cuenca (Unidades/Km2).</p> <p><b>EMhs:</b> número de estaciones de monitoreo hidrometeorológicas y sedimentológicas en funcionamiento (unidades).</p> <p><b>Sc:</b> Superficie de la cuenca (Km2).</p>  |  |
| <p><b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b></p> <p>ODS:</p> <p>NDC:</p> <p>PDES 2021 - 2025:</p> <p>MED-PNC:</p>  |                  |  |  |
| Frecuencia de medición  | Unidad de medida |  |  |
| bianual   | Unidades/Km2     |  |  |
| Información complementaria:   |                  |  |  |

| Indicador F 2.2.3  |   | Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).   |  |
|--|---|--|--|
| <b>Interpretación:</b><br>Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que "refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos". |   | <b>Método de cálculo:</b><br>Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que "refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos". Ambos se calculan de la misma forma y una de las maneras de hacerlo es utilizando un programa gratuito elaborado por The National Drought Mitigation Center del Departamento de Meteorología Agrícola de la Universidad de Nebraska-Lincoln ( <a href="https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx">https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx</a> ). |  |
| <b>Contribución al reporte de otros indicadores:</b><br>ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:  |   | El cálculo del IPE se basa en el registro de precipitación a largo plazo para el período deseado. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades, y a continuación esta se transforma en una distribución normal de modo que el IPE medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997).  |  |
| <b>Frecuencia de medición</b><br>bianual   | <b>Unidad de medida</b><br>Unidades/Km2 |  |  |
| <b>Información complementaria:</b>   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores positivos de IPE indican precipitaciones superiores al valor de la mediana, y los valores negativos indican precipitaciones inferiores al valor de la mediana.</li> <li>• La sequía, según el IPE, empieza cuando el valor del IPE es igual o inferior a -1,0 y concluye cuando el valor se convierte en positivo.</li> </ul> <p>La metodología de cálculo del IPE se detalla en la publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).</p> <p><a href="https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf">https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf</a></p>  |  |

### 3.8. Plan de monitoreo y evaluación de la seguridad hídrica en el marco del Plan Director de Cuenca

#### 3.8.1. Monitoreo

El monitoreo implica la recolección sistemática y continua de información que permite a los actores involucrados revisar si una intervención va por el camino deseado y está alcanzando los objetivos establecidos. La información generada mediante el monitoreo es la base para la evaluación de los avances en la implementación de los Planes Directores de Cuenca (PDC), en el caso del contexto boliviano. En consecuencia, el monitoreo debe permitir a los actores de la cuenca estar siempre en condiciones de:

- Dar cuenta de los progresos en el PDC.
- Saber qué funciona bien y dónde es necesario realizar adaptaciones al PDC.
- Tomar decisiones estratégicas sobre la base de datos de monitoreo.
- Impulsar un diálogo sobre la estrategia aplicada y la planificación operativa con los actores involucrados en la gestión de la cuenca.
- Contar con una base para una rendición de cuentas confiable.

En el marco del PDC, un indicador es la expresión cualitativa o cuantitativa observable y verificable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o de una relación entre variables que, comparada con periodos anteriores, permite evaluar el desempeño y evolución de las acciones implementadas en el PDC, en el tiempo.

Un buen indicador (indicador SMART) debe tener las siguientes características:

- **Medible:** debe ser capaz de medir y verificar los cambios que se desea conseguir.
- **Simple:** claro y de fácil entendimiento e interpretación.
- **Práctico:** que requiere poco esfuerzo, su procesamiento sea de baja complejidad y muestre información clara, precisa, de fácil entendimiento.
- **Confiable:** con información fácilmente verificable.
- **Específico:** mide una variable o parámetro determinado y definido y la información que se obtiene se basa en datos disponibles.

- **Oportuno:** ofrece información en el momento adecuado para la toma de decisiones.
- **De bajo costo:** que no requiere altos costos para su aplicación y procesamiento.

En el modelo propuesto se distinguen cuatro tipos de indicadores: de efecto, de resultado, de producto y de actividades. El gráfico siguiente muestra la relación de indicadores según ámbito de desempeño. Según el manual CONEVAL, el ámbito de desempeño se define como los aspectos del proceso que deben ser medidos en cada nivel de objetivo. La formulación de indicadores parte por la identificación precisa del ámbito de desempeño que se desea medir.



Figura 11. Ámbitos de desempeño de los indicadores

Fuente: CONEVAL

#### 3.8.2. Monitoreo y evaluación orientados al impacto

Toda vez que la finalidad de los proyectos de desarrollo es la inducción de cambios significativos y sostenibles llamados impacto, sus responsables tienen por mandato aportar con información sobre lo que está efectivamente sucediendo en la realidad. Esta información debe responder a un criterio de objetividad y por lo tanto basarse en evidencias que sean apreciadas de la misma manera, independientemente de quien las observa.

El monitoreo y la evaluación (M&E) de acciones orientadas al impacto se realizan en torno a cuatro ámbitos: ámbito del contexto y tres ámbitos a nivel operativo: la gestión, los resultados logrados y el impacto generado.

M&E del contexto: cada acción de desarrollo está sometida a la influencia directa de factores que no controla y que deben ser monitoreados para poder relativizar lo que se está logrando.

Ámbitos operativos conforme a la jerarquía de planificación (gráfico 12):

- **M&E de gestión:** las actividades ejecutadas, con qué recursos y bajo qué modalidad de organización y movilización de talentos humanos.

- **M&E de resultados:** los resultados que se van logrando.
- **M&E de impacto:** los cambios que se alcanzan y que se van sosteniendo en el tiempo.

**M&E DEL CONTEXTO**  
en el cual está insertado el programa

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| <b>M&amp;E DE IMPACTO (*)</b> | Impacto en el tiempo<br>(Se aporta con datos p. ej. en cuanto reducción de pobreza, desarrollo equitativo, etc.)              | FINALIDAD<br>(objetivo superior)   |
|                               | Efectos directos de la acción del programa<br>(Se aporta con datos que evidencian cambios relacionados al objetivo principal) | OBJETIVO PRINCIPAL<br>(Propósito / Objetivo de fase + ev. Objetivos Específicos) |
| <b>M&amp;E DE RESULTADOS</b>  | Resultados logrados por el programa<br>(Se aporta con datos de resultados alcanzados)   | Resultados   |
| <b>M&amp;E DE GESTIÓN</b>     | Metas alcanzadas<br>(se verifica el cumplimiento de las metas declaradas por cada actividad)                                  | Actividades  |
|                               | Gestión de los recursos humanos, financieros y materiales<br>(se aprecia el buen manejo de los recursos de una operación)     |  |

**Figura 12.** Ámbitos de medición del MEI

A continuación, se describe los indicadores y se presentan ejemplos de cada uno de los tres niveles propuestos.

- Indicadores de Impacto:** miden las transformaciones estructurales en las condiciones de vida de las personas en la cuenca, en la actividad económica o en el medio ambiente, que generalmente se producen en el mediano y largo plazo, que repercuten en la sociedad en su conjunto; en este caso, como resultado de la implementación de acciones previstas en el PDC para el logro del objetivo.
- Indicadores de Resultado:** también se conocen como indicadores de impacto intermedio. Son aquellos que miden los efectos directos de cada intervención o servicio de un proyecto o plan en el mediano plazo. Para el caso, son los efectos o cambios graduales que se van percibiendo como producto de la implementación del PDC.
- Indicadores Operativos:** también se conocen como indicadores de proceso. Se refieren al seguimiento al cumplimiento de las actividades, respecto a su avance en su implementación, a los recursos materiales, al personal y/o al presupuesto disponible e invertido. Este indicador describe el esfuerzo de los actores en la cuenca aplicado a los insumos para obtener los bienes y servicios a partir de acciones programados en el PDC.

### 3.8.3. Plan de monitoreo y evaluación

El Plan de Monitoreo y Evaluación (PM&E) se define como el instrumento fundamental de apoyo al seguimiento y reporte periódicos y continuos del PDC, que brinda información acerca del progreso de los objetivos, resultados y actividades propuestos en el PDC y si fuera el caso, permite tomar las medidas oportunas con el fin de corregir las deficiencias identificadas, dificultades, cambios y otros aspectos detectados durante el proceso de implementación. El PM&E se articulará al sistema de información de la cuenca (SATD) y al Sistema de Planificación, Seguimiento y Monitoreo de Planes Directores (SISMO) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

#### 3.8.3.1 Evaluación

Es una actividad puntual que se realiza en un determinado momento con la finalidad de determinar los beneficios y cambios obtenidos en relación a los resultados y logros esperados de los objetivos propuestos; así como para la identificación de problemas y limitaciones que han impedido la implementación y consecución de los objetivos del PDC. Habitualmente la evaluación de un proyecto o plan suele hacerse a medio término y/o al final del periodo de vida; sin embargo, ello no quita que se pueda hacer en el momento que se considere pertinente.

En consecuencia, un proceso de evaluación deberá permitir ver y saber la efectividad de las medidas implementadas en un determinado tiempo para el logro de los objetivos y resultados esperados. En conclusión, los resultados de la evaluación permitirán rectificar o retroalimentar el proceso la implementación del PDC y su actualización.

#### 3.8.3.2 Objetivos del Plan de Monitoreo y Evaluación

El objetivo general del Plan de Monitoreo y Evaluación (PM&E) es evaluar los avances en la implementación de medidas orientadas a mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco de los Planes Directores de Cuenca (PDC) en el corto, mediano y largo plazo, mediante el monitoreo de desempeño de indicadores, que permita tomar medidas correctivas oportunas para el logro de los objetivos del plan, en torno a la seguridad hídrica.

Los objetivos específicos de este plan se listan a continuación:

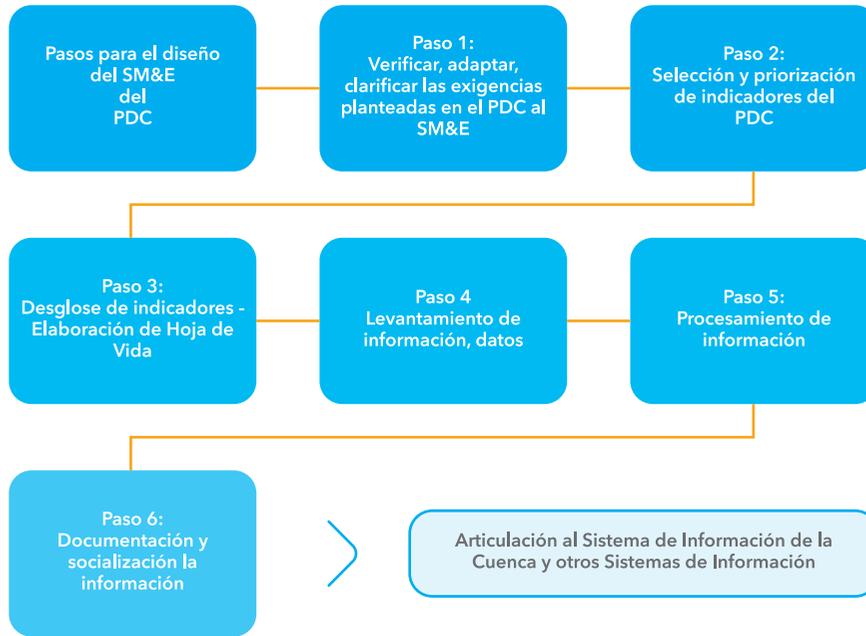
- Contar con información relevante y oportuna para la toma de decisiones orientadas a optimizar la implementación de medidas para mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco de los PDC.

- Identificar problemas mediante la aplicación de indicadores de desempeño que permitan adoptar ajustes oportunos en la implementación de medidas orientadas a mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco de los PDC.
- Medir el progreso en el tiempo de la implementación de las medidas orientadas a mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco de los PDC con respecto a los objetivos, resultados y acciones estratégicas.

- Generar información e insumos para la actualización y ajuste periódico de las medidas orientadas a mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco de los PDC.

### 3.8.3.3. Diseño del Plan de Monitoreo y Evaluación del Plan Director de la Cuenca en torno a la seguridad hídrica

Para el diseño del PM&E de las condiciones de seguridad hídrica en el marco de Planes Directores de Cuenca, se plantean los siguientes seis pasos (ver figura 13):



**Figura 13.** Pasos para el Diseño del SM&E de las condiciones de la seguridad hídrica en el marco del PDC

**Pasos 1 y 2:** Síntesis y análisis de las brechas existentes para el logro de la seguridad hídrica en el marco de los PDC; selección / priorización de indicadores de seguridad hídrica

En la Tabla 11, Tabla 13 y Tabla 15 se presenta un resumen de los indicadores de seguridad hídrica propuestos para las cuencas de los ríos Cotagaita, Suches y Cachimayu, considerando las brechas actuales que se verifican en estas cuencas, las medidas propuestas en su Plan Director, y los indicadores ya previstos para el monitoreo y evaluación de estos planes.

En estos pasos se ha revisado la estructura de planificación (marco estratégico) de los PDCs, en cuanto a sus líneas estratégicas, líneas de acción y acciones específicas, y se han contrastado con las brechas para la seguridad hídrica con el fin de seleccionar los indicadores relacionados con la seguridad hídrica que se proponen monitorear.

**Paso 3:** Desglose de indicadores

Identificados los indicadores de seguridad hídrica, se procedió a su desglose (Tabla 8 y Tabla 9) considerando aspectos tales como: interpretación, metodología de cálculo, variables consideradas y relación con otros indicadores de desarrollo. Adicionalmente, se han estructurado fichas técnicas para cada uno de estos indicadores (Anexo 2) como herramientas que a futuro pueden ser utilizadas para el monitoreo y evaluación de la seguridad hídrica en las tres cuencas seleccionadas como piloto (Suches, Cotagaita, Cachimayu), como también para cualquier otro PDC.

**Pasos 4 y 5:** Levantamiento y procesamiento de información

Una vez que los Planes Directores entren en fase de implementación, se iniciará la aplicación del PM&E, procediéndose al levantamiento de la información de campo requerida para el cálculo de cada indicador, de

acuerdo a las frecuencias y particularidades descritas en su respectiva ficha técnica. El levantamiento de información según corresponda, la realizarán principalmente los GAM, GAD y las Unidades de Gestión de Cuencas (UGC).

Posteriormente, para cada indicador y según el método de cálculo determinado, se procederá al procesamiento de la información recogida en campo. La información cuantitativa obtenida durante el monitoreo será organizada en una base de datos y será evaluada e interpretada de tal forma que los resultados expresen claramente los avances respecto a cada indicador, y, por tanto, el estado (y los retos) en cuanto a la implementación del PDC.

Los PM&E de los PDC, estarán articulados a los Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones (SATD) de las cuencas. De igual manera, estarán vinculados al Sistema de Planificación, Seguimiento y Monitoreo de Planes Directores (SISMO) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

#### **Paso 6: Informe de desempeño de indicadores. Difusión y socialización de resultados del monitoreo**

Como producto del monitoreo, anualmente se elaborará un "Informe de Desempeño de los Indicadores del PM&E" para cada cuenca, para el periodo correspondiente. Este informe deberá contener mínimamente lo siguiente:

- Breve análisis del contexto, en el que se ha realizado el monitoreo.
- Presentación del set de indicadores monitoreados, en tablas simples.
- Análisis e interpretación de resultados de cada indicador, basado en la información recopilada y procesada.
- Conclusiones, que resuman los avances más relevantes; así como las dificultades identificadas para el logro de lo planificado.
- Recomendaciones, que permitan identificar y proponer medidas, acciones, intervenciones concretas, adecuadas y oportunas para realizar los ajustes que requiera la implementación de los PDCs.

Una acción importante será la difusión y socialización de resultados a los actores clave, principalmente a los que toman decisiones en la implementación de los Planes Directores.

#### **3.8.3.4. Consideraciones para la implementación del PM&E de acciones que contribuyen a mejorar las condiciones de seguridad hídrica en el marco del Plan Director de la Cuenca**

Los indicadores deben medirse de manera que puedan compararse con los valores anteriores establecidos en la línea base o en los reportes de monitoreo; de tal forma, de establecer un seguimiento a su evolución. En concreto se sugiere tener en cuenta lo siguiente:

- Las mediciones deben realizarse en el mismo lugar o deben abarcar el mismo ámbito.
- Es necesario seguir los criterios estipulados en las fichas técnicas de los indicadores.
- Se debe contar con fuentes de verificación: fuentes de información, método de recopilación, método de análisis y frecuencia.
- La información debe ser facilitada a los actores que desarrollan acciones en torno a los recursos hídricos en la cuenca.
- Es necesario asegurarse que el PM&E forme parte del plan de trabajo anual del PDC.
- Se requerirá designar responsables para la implementación del PM&E del PDC.
- También es necesario definir el involucramiento de los distintos actores de la cuenca en el proceso de monitoreo.
- Se requerirá instrumentar el proceso de levantamiento y procesamiento de la información, así como la asignación de recursos financieros y logísticos para la implementación del PM&E.

# IV. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO SUCHES

## 4.1. Características de la cuenca

La cuenca del río Suches es de carácter transfronterizo entre Perú y Bolivia; la zona alta de la cuenca está conformada por los distritos de Ananea, Cojata en Perú y los municipios de Pelechuco y Curva en Bolivia; la zona media de la cuenca corresponde a los municipios de Charazani, Mocomoco y Humanata y la zona baja corresponde a los municipios de Puerto Acosta, Puerto Carabuco y Escoma, estos últimos en Bolivia.

La cuenca Suches abarca una superficie de 3035 km<sup>2</sup>, el 62% corresponde a territorio boliviano. La población proyectada en la cuenca al año 2020 asciende a 37.478 habitantes de los cuales un 72% son bolivianos (48% mujeres y 52% hombres), asimismo, el crecimiento poblacional en la parte boliviana, proyectado para 2030 y 2060 asciende a 34 mil y 39 mil habitantes, respectivamente.

Las familias bolivianas en la cuenca desarrollan diferentes actividades económicas: 73% de la población se dedica a las actividades agrícolas, ganaderas y pecuarias, la zona baja de la cuenca tiene potencial agrícola y la zona alta resalta por la intensa actividad en la crianza de camélidos; otra actividad relevante es la minería que es fuente de ingreso del 19% de la población, si bien la minería tiene potencial en la zona alta, esta actividad es desarrollada por familias de todos los municipios e incluso por familias que no son originarias de la cuenca. En la zona baja no deja de ser importante el comercio informal y el transporte, que son las principales fuentes de ingreso del 8% de la población.

La cuenca del río Suches, por su importancia en la producción minera, agrícola, camélida y su diversidad biológica con potencial paisajístico de conservación, se constituye en una cuenca estratégica de prioridad binacional, encontrándose en la zona alta el área de reserva protegida del ANMIN Apolobamba.

El periodo lluvioso se presenta en los meses de diciembre a marzo, donde se concentra el 67,75% de la precipitación total anual. La época seca se da en los meses de mayo a agosto. Los meses de abril, septiembre y octubre son considerados de transición del periodo húmedo al seco y del seco al húmedo, respectivamente. El promedio multianual de precipitación en la cuenca es de 661 mm/año para el periodo 1960-2016 (ABE, 2020).

La cuenca Suches presenta una temperatura media anual en torno a 9,4 °C, máximas medias de hasta 15,4°C durante los meses de primavera y verano (septiembre - enero), en oposición a este aspecto se tiene el invierno en los meses de junio y julio en los cuales la temperatura mínima desciende hasta valores bajo cero, consecuente con el periodo invernal.

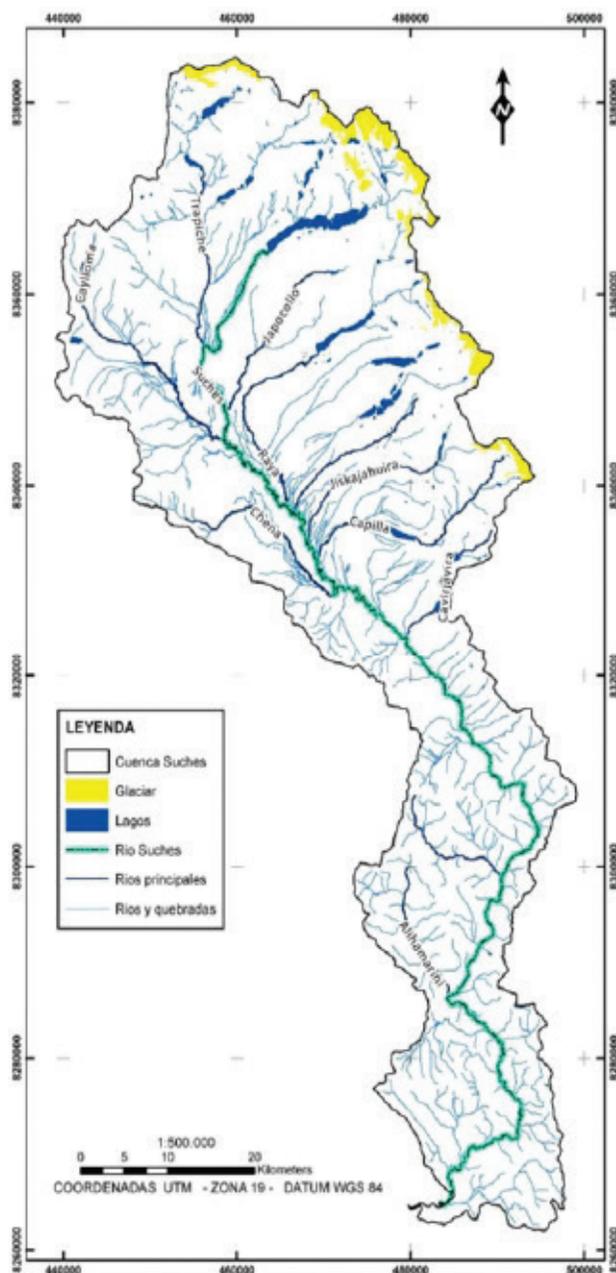


Figura 14. Cuenca del río Suches

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Código Pfafstetter           | 0172  |
| Países                       | Perú y Bolivia  |
| Departamento                 | Puno (Perú) y La Paz (Bolivia)  |
| Distritos / Municipios       | Distritos de Ananea, Quilcapuncu y Cojata (Perú).<br>Municipios de Pelechuco, Curva, Charazani, Mocomoco, Humanata, Puerto Acosta, Puerto Carabuco y Escoma (Bolivia).  |
| Subcuencas                   | 9 subcuencas: UH 01722 río Capilla, UH 01726 río Caylloma, UH 01724 río Raya, UH 01721 río Suches, UH 01723 río Suches, UH 01728 río Suches, UH 01725 río Suches, UH 01727 río Suches, UH 01729 río Trapiche. |
| Cursos Principales de río    | río Suches, río Capilla, río Caylloma, río Raya y río Trapiche.   |
| Área                         | 3035,31 Km <sup>2</sup>   |
| Elevación                    | 3813 msnm (mínima) 4856 msnm (máxima).  |
| Características de la cuenca | Pendiente media cauce principal 0,43%.  |
| Población total en la cuenca | población boliviana de la cuenca 26.057 habitantes (INE, 2011).   |
| Productos cultivados         | tubérculos, cereales o granos, leguminosas, hortalizas.   |
| Ganado predominante          | Camélido, ovino, vacuno.  |

## 4.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca

### 4.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)

La cuenca Suches tiene un enorme potencial hídrico por la presencia de diferentes cuerpos de agua. Al año 2020 se tiene 60 km<sup>2</sup> de superficie glaciar correspondiente a la cordillera del Apolobamba, 143 km<sup>2</sup> de áreas de bofedales que almacenan un volumen de agua aproximado de 60 millones de m<sup>3</sup>, 205 lagunas de presencia permanente que almacenan un volumen aproximado de 100 millones de m<sup>3</sup>, 1311 lagunas menores e intermitentes; una red hídrica de orden 6, formado por 683 cursos de agua, además de un gran potencial hídrico subterráneo que en la zona profunda almacena un volumen superior a 350 millones de m<sup>3</sup>.

La oferta de agua, generada en las subcuencas de la zona alta, es almacenada en parte por estos cuerpos de agua que actúan como reguladores naturales recargados en época húmeda (diciembre a marzo) y alimentando a los cursos de agua en los meses siguientes, incluso en época seca (junio a agosto). Las subcuencas de la zona media y baja no cuentan con esta ventaja natural por lo que la precipitación generada en época húmeda escurre rápidamente sin ser aprovechada de manera eficiente, este régimen genera escorrentías menores e incluso nulas durante la época seca.

La oferta de agua abastece a la demanda que existe en la cuenca para diferentes usos como ser: consumo humano, consumo en la actividad ganadero-pecuaria, uso de agua en la minería, y uso de agua para riego; la demanda total en la cuenca al año 2020 asciende a 2,59 millones por año, de los cuales, la

demanda para consumo humano representa el 29%, la demanda ganadero-pecuaria un 34%, la demanda de actividades mineras un 31% y la demanda de los proyectos de riego existentes solamente un 6%. Asimismo, la demanda crece conforme a la tasa de crecimiento poblacional y se proyecta un ascenso hasta 3,1 millones de m<sup>3</sup>/año para el 2050.

Con este régimen de oferta y demanda, actualmente el potencial hídrico de la cuenca Suches tiene la capacidad en volumen de dar cobertura total a los diferentes sectores de demanda durante todas las épocas del año, incluso en escenarios futuros desfavorables con disminución de precipitación y aumento de temperatura, en esos escenarios los centros poblados ubicados en sitios próximos a los cuerpos de agua tendrán disponibilidad hídrica aprovechable, esta disponibilidad no está garantizada para un reducido sector de la población que habita en zonas altas muy distantes de las fuentes de agua, que presentan déficit hídrico en época seca incluso en la actualidad

### 4.2.2. Usos del agua

La cuenca Suches tiene demanda de agua para diferentes usos: consumo humano, demanda pecuaria, demanda de la minería, demanda en proyectos de riego; se estima que la demanda total para el año 2020 es de 2,59 millones de m<sup>3</sup>/año en toda la cuenca incluyendo el territorio peruano.

#### 4.2.2.1. Agua para consumo humano

Considerando el censo poblacional de 2001 y 2012 (INE), además de la identificación de centros poblados mediante herramientas satelitales, al año 2020 se identifican 352 centros poblados dentro de

la cuenca Suches, 172 en territorio boliviano y 180 en territorio peruano. La proyección de población al año 2020, considerando la tasa de crecimiento de ambos países, suman 37.215 habitantes, la mayor densidad poblacional se encuentra en territorio boliviano con 31.734 habitantes y el resto en territorio peruano.

Considerando un consumo per cápita de 45 litros por habitante por día, con un consumo de caudal del 40%, una tasa de reúso del 0% y una tasa de pérdidas en la conducción del 10%, se estima una demanda por consumo humano de 0,75 millones de m<sup>3</sup> al año 2020. Este volumen de demanda tiene crecimiento anual proporcional al crecimiento poblacional. Para el año 2050 se estima una demanda de agua aproximada de 1,01 millones de m<sup>3</sup> por año, la distribución mensual es uniforme y proporcional al número de días de cada mes.

El volumen demandado es abastecido mediante proyectos de captación de agua de vertientes y extracción de agua de pozos, pese a la implementación de estos proyectos se tiene zonas alejadas no cubiertas con el servicio de agua potable el cual es considerado en los lineamientos estratégicos, asimismo, existe déficit hídrico en época seca en zonas alejadas de las fuentes de agua.

### **Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para consumo humano**

Si bien el potencial hídrico de las unidades hidrográficas tiene la capacidad en volumen de abastecer la demanda requerida por los sectores a lo largo de todo el año, la cuenca Suches presenta déficit hídrico en época seca, en especial en zonas alejadas de los cuerpos o cursos de agua permanentes.

La cobertura del alcantarillado sanitario cubre apenas el 9% de las viviendas familiares de la cuenca, por este déficit, en su mayoría las aguas residuales son descargadas directamente a los ríos secundarios y/o primarios que desembocan en el río Suches. Al no realizarse ningún tratamiento de aguas residuales llegan a contaminar las aguas superficiales y subterráneas, los suelos, y la vegetación.

A nivel de la cuenca, más del 50% de los residuos sólidos son eliminados a través de la quema y/o entierro. Casi una tercera parte de la población bota a la intemperie en quebradas, canchones y lechos de ríos, generando impactos ambientales a los factores ambientales agua, suelo y aire.

De manera preliminar el informe de monitoreo del MMAyA establece que la calidad más crítica se registró en el cuerpo de agua afluente a la laguna Suches, con valores de turbidez y sólidos suspendidos totales por encima de los límites máximos permisibles establecidas en las normas de Bolivia y Perú. Otros dos

puntos críticos identificados corresponden a los ríos Trapiche y Japocollo, con niveles de turbidez próximos a los límites máximos permitidos (MMAyA, ANA, 2017).

Para el caso de los constituyentes inorgánico metálicos y no metálicos, agregados y microbiológicos, según la norma boliviana, éstos presentan concentraciones dentro los límites máximos permisibles para cuerpos de agua de clases B y C, con aptitud de uso para abastecimiento humano después de tratamiento físico químico, para protección de los recursos hidrobiológicos, para abrevadero de animales y para riego de hortalizas; mientras que según la normativa peruana, estas aguas corresponden a las de categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales (MMAyA, ANA, 2017).

### **Acciones/medidas propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches**

#### **ACCESO Y USO DE AGUA POTABLE**

El objetivo de esta línea de acción es la implementación y fortalecimiento del acceso y uso al agua potable para las familias de la cuenca Suches. En este contexto, es necesario fortalecer y mejorar la gestión de aguas superficiales, lograr el manejo adecuado del agua, tanto para la vida, consumo humano y actividades productivas, como para otros usos, basados en los principios de equidad, solidaridad, complementariedad y reciprocidad.

#### **GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El objetivo de la línea de acción enfatiza el apoyo y fortalecimiento a los municipios para promover la gestión integral y manejo de residuos sólidos en los municipios, para disminuir la contaminación ambiental producida por los mismos. También contempla la ejecución de proyectos de aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos; plantas de reciclaje y compostaje.

##### **4.2.2.2. Agua para riego**

La extensión del área agrícola de la cuenca asciende a 14.400 hectáreas concentradas en la zona baja de la cuenca, que tiene como principal fuente de ingresos la agricultura. Al año 2018 se tienen en inventario 58 proyectos de riego, el área regada con estos proyectos asciende aproximadamente a 396 ha y las restantes 13.992 ha corresponden a riego a secano. Solamente un 2,7% del área agrícola es producida con proyectos de riego, ratificando la necesidad de ampliar esta cobertura en todos los municipios agrícolas.

Los proyectos de riego existentes demandan 157 mil m<sup>3</sup> de agua por año, en un escenario desfavorable, puesto que para esta estimación se considera un 20% de superficie en descanso cada año por las rotaciones de cultivo, asimismo, se considera un promedio de cuatro horas de riego por día durante cuatro meses de invierno (mayo-agosto), además el requerimiento sería nulo en caso de tener lluvias excepcionales en los meses de invierno o en caso de que la comunidad no produzca en cierto año por causas externas. Si bien la demanda por riego representa un bajo porcentaje de la demanda total en la cuenca, este volumen está concentrado en época de invierno, incrementando la demanda durante esos meses.

Por otro lado, el área agrícola total en la cuenca requiere riego dependiendo de las condiciones climáticas, por ejemplo, debido a las precipitaciones en meses húmedos no se presenta demanda, sin embargo, la demanda de invierno si requiere captación de otras fuentes de agua para regar las áreas agrícolas.

### **Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para riego**

Existe escasez de agua durante la época seca, descenso de los caudales en años con escasa precipitación pluvial, déficit de agua para riego, incipientes sistemas de información, control y monitoreo de los recursos hídricos, débil institucionalidad y falta de adecuada información hidrometeorológica e hidrológica.

Una de las características de la producción agrícola de la zona son los bajos rendimientos, mismos que se espera incrementar con mejores prácticas agrícolas y proyectos de riego, la demanda de agua para los mismos dependerá de los cultivos y el área de producción.

Asimismo, las áreas agrícolas adyacentes al río Suches presentan problemas de inundaciones o pérdidas de áreas cultivables por la erosión de los márgenes del río, a ello se suma la contaminación del río Suches, lo cual hace no utilizable esta fuente de agua para el riego en estas áreas.

La contaminación del agua por efecto de la actividad minera es la principal causa de la disminución de su calidad, condicionando su uso en riego. Los residuos sólidos y las aguas residuales son también fuentes de contaminación de los cauces naturales de la cuenca del río Suches.

### **Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches**

#### **COSECHA DE AGUA PARA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

El objetivo de esta línea de acción es la implementación de sistemas de cosecha de agua para la producción agropecuaria. La misma se puede comprender como la recolección del agua precipitada y de la escorrentía superficial, en un tanque de almacenamiento o embalse, para su posterior utilización en la producción agropecuaria o forestal.

La zona de la cuenca tiene algún nivel de inclinación donde puede aprovecharse la construcción de represas aprovechando la orografía, con el fin de almacenar agua que pueda abastecer a los terrenos de 30 a 50 familias. Normalmente, las represas se construyen en las zonas altas y abastecen a familias que viven aguas abajo.

### **SISTEMAS DE RIEGO CON ENFOQUE DE CUENCAS**

Es evidente que existen demanda importante de agua para riego en las comunidades. Los gobiernos municipales tienen limitaciones técnicas y financieras para la elaboración y ejecución de proyectos de riego. Por estas restricciones, no priorizan proyectos de riego, aún más porque no cuentan con una planificación hídrica municipal para el aprovechamiento del agua para riego, en otros casos no cuentan con fuentes de agua o se encuentran en otros municipios. También existen casos de formulación de proyectos de riego que no consideran la sostenibilidad a largo plazo de la disponibilidad de agua.

En este contexto, es necesario elaborar un plan de mejoramiento de la oferta hídrica y eficiencia de uso del agua en los sistemas de riego, considerando la gestión de cuencas y agua, gestión de riesgos y adaptación al cambio climático.

### **FORTALECIMIENTO DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA**

En la cuenca alta, las pequeñas parcelas de producción y las condiciones físico-naturales solo permiten una agricultura de subsistencia. En la cuenca media, los distritos municipales de Pacaures y Tajani pertenecientes a Mocomoco son potenciales en la producción agrícola, principalmente la papa es el cultivo más representativo para las comunidades. En la cuenca baja la dinámica agrícola es diferente por las condiciones del ecosistema, como estrategia de resiliencia de las familias se practica la diversificación productiva ya que los suelos son aptos para la producción agrícola.

El objetivo de la línea de acción es el desarrollo de prácticas de producción agroecológica, particularmente en las zonas media y baja de la cuenca, sustentado en la vocación productiva que presentan. Existe el conocimiento local sobre prácticas con enfoque agroecológico, sin embargo, la misma requiere ser fortalecido, muchas comunidades conocen y aplican criterios de manejo y conservación de suelos.

#### 4.2.2.3. Agua para otros usos productivos (minería)

La cuenca Suches además de su importancia como afluente del lago Titicaca, resalta por tener importantes depósitos de oro; según Peñarrieta & Villegas (2011) en 1992 en las zonas auríferas de Antaquilla y Suches se identificó un yacimiento de oro detrítico tipo fluvio-glacial cuyas reservas de grava aurífera constituyen un volumen de 13 millones de m<sup>3</sup> con una proporción de 300 mg Au/m<sup>3</sup>.

Se considera cuatro regiones con intensa actividad minera en el territorio boliviano: Laguna Suches, Antaquilla, Puyo Puyo y Centro; además del Sector de la Rinconada en territorio peruano.

Existe un total de 186 chutes activos (lavaderos) al año 2014, cuyo crecimiento se produjo de manera exponencial durante la década 2000 a 2010, por lo que la demanda de agua se estima considerando la misma tasa de crecimiento al año 2030. Al ser los minerales recursos no renovables, el crecimiento exponencial continuo no es probable por lo que se considera una actividad constante a partir del año 2030. El chute es un sistema de explotación que combina métodos artesanales e industriales; consta de una caseta de lavado de grandes cantidades de tierra, camiones, retro excavadoras o palas, bombas de agua y mangueras.

#### Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para la actividad minera

La minería, por su naturaleza, puede causar impactos al medio ambiente y a la comunidad. Al primero por medio de material particulado, ruido y vibraciones, calidad y cantidad del agua, hábitat de flora y fauna, desechos sólidos industriales y domésticos, cambios en el paisaje y usos del suelo, consumo de energía/recursos naturales. Al segundo por la generación de expectativas, cambios en la dinámica de la población, migración, alta accidentalidad, conflictos en la comunidad, deterioro de la infraestructura pública.

Según Coronel Patiño (2011) en el ANMIN Apolobamba existen alrededor de 100 cooperativas mineras que utilizan técnicas artesanales (económicas) como la amalgamación del oro con mercurio. Lamentablemente, esta técnica libera gran cantidad de mercurio a los cursos de agua y a la atmósfera, transportando así la contaminación a las zonas aguas abajo de los centros mineros y otras áreas incluso distantes del lugar de operación. Las viviendas de las familias mineras se localizan muy cerca de los centros mineros, y de las fuentes de agua contaminadas, por lo que los habitantes utilizan estas aguas afectando directamente a sus actividades ya sea en la crianza de peces, crianza de ganado camélido en áreas bofedales, para uso y riego.

La contaminación de las aguas superficiales de la cuenca del río Suches es originada principalmente por la actividad minera, debido a que el drenaje superficial, lixiviados de mercurio, desmontes y pilas de colas, por lo general desembocan en los cursos de los ríos sin control alguno. Este problema se acrecienta con los pasivos ambientales (colas) en la época de lluvia, debido al lavado y posterior escorrentía superficial.

#### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches

##### INNOVACIÓN CON TECNOLOGÍA LIMPIA

El objetivo de esta línea de acción es la contribución con alternativas de solución coherentes mediante la implementación de tecnologías limpias que incida en la prevención y mitigación eficaz de los impactos ambientales producidos por las actividades de la pequeña minería aurífera de la cuenca alta de Suches.

Las tecnologías limpias contribuyen de manera sustancial a la reducción de la contaminación con mercurio, sin embargo, se requiere una activa participación de los mineros en la optimización de sus procesos y en la reducción de las pérdidas para lograr un desempeño ambiental más responsable. Si es razonablemente posible la recuperación del oro sin mercurio no debe emplearse la amalgamación.

##### INTERCAMBIO DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

Las buenas prácticas posibilitarán el desarrollo de la minería responsable en la cuenca alta, y la sostenibilidad de las comunidades del área de influencia en donde estas desarrollan sus actividades. Las buenas prácticas son voluntarias, van más allá de una ley y se convierten en un código de conducta, las que consideran modelos de mejoramiento de la gestión, manejo y desempeño ambiental y social de los sectores productivos, a partir de la experiencia y de casos exitosos replicables, teniendo en cuenta la naturaleza y condiciones específicas de cada actividad y su entorno.

##### PROMOCIÓN DE MEDIDAS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL

El propósito de esta línea de acción es identificar y caracterizar zonas con actividad minera ilegal e informal, evaluar el impacto ambiental generado por las mismas, para contribuir a mejorar las condiciones de vida de las comunidades que se encuentran en la cuenca, particularmente la cuenca baja y media, a partir de la remediación ambiental del área afectado a lo largo del río Suches. La remediación ambiental de la zona afectada permitirá que las familias vuelvan a tener agua no contaminada, ello redundará en mejorar la calidad de los suelos, las siembras y la crianza de

ganado permitiendo mejorar su estándar de vida y sus ingresos, la calidad ambiental de la cuenca habrá mejorado significativamente.

#### 4.2.2.4. Agua para otros usos productivos (ganadería)

En la cuenca alta, la crianza de alpacas es la actividad de mayor relevancia, considerado parte del patrimonio familiar que tiene por objeto asegurar la reproducción e incremento del hato ganadero. La composición del hato ganadero familiar se basa en la crianza de alpacas (promedio de 91 cabezas/familia), la crianza de llamas (promedio de 26 cabezas/familia) y ovinos (promedio de 34 cabezas/familia).

Asimismo, el sistema de crianza es extensivo con animales en libre pastoreo. Las áreas de pastoreo naturales son comunales, mismas que son aprovechadas por familias según la cantidad de animales que poseen. La principal fuente de agua para los animales es el río Suches; las fuentes alternas como qutañas, lagunas y atajados son la fuente principal para alpacas; en el caso de las llamas, 50% se abastece de agua de río y el otro 50% de fuentes alternas (ABE, 2020).

En la cuenca media, el sistema de crianza pecuario es extensivo, una familia tiene en promedio 56 cabezas de alpacas, 15 cabezas de ovinos, 12 cabezas de llamas, 5 cabezas de bovinos y 8 cuyes. El río Suches es la principal fuente de agua para los ovinos, bovinos, porcinos y llamas; en el caso de las alpacas el 40% se abastece del río y vertientes; y finalmente los cuyes se abastecen de vertientes.

De acuerdo al estudio de balance hídrico realizado para la cuenca Suches, se estima una demanda de este sector de 0,88 millones de m<sup>3</sup> al año 2020, distribuidos por unidades hidrológicas y regiones, asimismo, considerando la tasa de crecimiento de la población pecuaria y las futuras inversiones para el desarrollo de la actividad ganadera en la zona baja de la cuenca se proyecta una demanda de agua superior a 1,15 millones de m<sup>3</sup> al año 2050, este volumen llega a ser superior a la demanda por consumo humano, asimismo, el porcentaje de retorno adoptado es solamente 5% por lo que el sector pecuario tiene una incidencia importante en el régimen hidrológico de la cuenca.

Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para la actividad pecuaria

La escasez de agua principalmente en la época seca afecta también a la actividad ganadera, en esta época los caudales se reducen considerablemente, generándose un déficit también para el ganado que se abastece de agua de las fuentes superficiales.

La contaminación del agua por efecto de la actividad minera es la principal causa de la disminución de su

calidad, condicionándola para su uso para el consumo del ganado. Los residuos sólidos y las aguas residuales son otras fuentes de contaminación de los cauces naturales de la cuenca del río Suches.

Según el diagnóstico desarrollado para la cuenca Suches, la ganadería es considerada como uno de los principales usuarios de agua, por tanto la disminución de la disponibilidad en cantidad y calidad tiene un efecto importante sobre la producción y la productividad de esta actividad económica.

Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches

#### COSECHA DE AGUA PARA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

El objetivo de esta línea de acción es la implementación de los sistemas de cosecha de agua para la producción agropecuaria. La misma se puede comprender como la recolección del agua precipitada y de la escorrentía superficial, en un tanque de almacenamiento o embalse, para su posterior utilización en la producción agropecuaria o forestal.

La zona de la cuenca tiene algún nivel de inclinación donde puede aprovecharse la construcción de represas aprovechando la orografía con el fin de almacenar agua que puedan abastecer entre 30 y 50 familias.

#### FORTALECIMIENTO GANADERO SOSTENIBLE

La vocación productiva de la cuenca alta es la crianza de alpacas, que es la de mayor preeminencia, considerado parte del patrimonio familiar que tiene por objeto asegurar la reproducción e incremento del hato; el sistema de crianza es extensivo con animales en libre pastoreo y las áreas de pastoreo natural son comunales, mismos que son aprovechados por familias según la cantidad de animales que poseen. En la cuenca media, el sistema de crianza pecuario es extensivo, representado por las alpacas y llamas principalmente. Finalmente, en la cuenca baja, la ganadería bovina es fundamental para los ingresos familiares, la pérdida de uno de ellos afecta a la economía de las familias; el sistema de crianza combina el semi extensivo con animales en libre pastoreo e intensivo.

En este sentido, el propósito de la línea de acción es el fortalecimiento del manejo ganadero camélido y bovino de manera sustentable para potenciar la capacidad productiva pecuaria, las mismas se constituyan en el mejoramiento de los ingresos económico para las comunidades de la cuenca.

#### 4.2.2.5. Agua para el ecosistema

En el diagnóstico de la cuenca se evidencia que

la cobertura vegetal con mayor predominancia corresponde a herbazales que agrupan a distintas especies propias de climas de puna. En la parte alta de la cuenca, el 65% del territorio está cubierto por herbazales, también existe una importante presencia de bofedales que representa el 10%. En la parte media de la cuenca también predominan los herbazales con un 86,19% y un 5,72% de tierras de cultivo. Ya en la parte baja de la cuenca, se presentan diferencias considerables en relación a las anteriores, con un 60,46% de herbazales y 32,87% de territorio destinado a la agricultura.

Es de destacar la escasa presencia de cobertura forestal, debido a la larga historia de explotación de estas especies, y la ocupación humana de los territorios, por lo cual la vegetación original de bosques de keñua y kiswara es casi inexistente (Ribera et al., 1996; ABE, 2020). En los suelos estacionalmente húmedos o inundados de las llanuras, existen pajonales y totorales (comunidades palustres acuáticas), que pueden cubrir zonas de importante extensión (Navarro, 2002) que también se encuentran en proceso de reducción por sobrepastoreo y desecación.

La cuenca presenta diferentes grados y tipos de erosión de suelos. La compactación de suelos y sedimentos en los frentes de trabajo de la maquinaria pesada, la misma que debido a la vibración, daña los suelos del sector. Entre otros, los incrementos en la deposición de material sedimentario contaminado en áreas dedicadas a la actividad pecuaria erosionan los suelos en la cuenca alta; también la pérdida constante de la cobertura vegetal por extracción para leña, por prácticas de ganadería intensiva sin planes de manejo, y por la agricultura intensiva sin prácticas de conservación con especies nativas, conducen a que los suelos sean cada vez más vulnerables a la erosión y degradación.

La erosión de suelos es otro factor que afecta tanto fuentes de agua como vegetación y aire. En cuanto al agua, el problema de contaminación no solo tiene que ver con metales disueltos en el agua que al beberla tanto animales como seres humanos dañan su salud; sino también con los metales en sedimentos de fuentes de agua que son trasladados por el río Suches ampliando el alcance geográfico de la contaminación.

Destaca finalmente la afectación de la minería y del mercurio a los bofedales donde los mismos actúan como esponjas que almacenan agua de lluvia o deshielos y sirven de principal fuente de agua para el ganado del lugar, así como de regulador del nivel freático de aguas subterráneas. En síntesis, son fuentes de agua vitales para el ecosistema de la región. Con el monitoreo implementado en el río Suches es posible estimar datos aproximados sobre los impactos de la minería en áreas bofedales, asimismo, se verifica que el

depósito de materiales de desecho y/o la excavación con movimiento de tierra en áreas bofedales son las principales causas de deterioro hídrico y paisajístico de estos humedales.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches

#### CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y DEL MATERIAL GENÉTICO DEL ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO NACIONAL DE APOLOBAMBA

El propósito de la línea de acción es contribuir a la conservación de la biodiversidad, el almacenamiento de material genético, el suministro de servicios esenciales de los ecosistemas a favor del bienestar humano y de medio ambiente. Sin embargo, muchas de ellas no son objeto de una gestión eficiente, ni representan adecuadamente todos los hábitats y especies de los ecosistemas que son importantes para la conservación. La viabilidad e integridad de las áreas protegidas se encuentran amenazadas por diversas intervenciones directas e indirectas.

#### APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES

El objetivo de esta línea de acción es el mejoramiento de la gestión del aprovechamiento de los recursos naturales, por operadores mineros y otros actores de la cuenca, para la regeneración de ecosistemas, biodiversidad y reducir los daños por el uso de recursos naturales no renovables. En consecuencia, se busca que las comunidades, organizaciones locales, gobiernos municipales e instituciones privadas, cooperativas mineras que tienen su radio de acción en la cuenca Suches, conserven, manejen y aprovechen de forma sustentable sus recursos naturales renovables y no renovables, con prácticas compatibles con el medio ambiente, mitigando riesgos naturales, aprovechando racional e integralmente los recursos naturales y siendo partícipes en su propio desarrollo; acciones orientadas a posibilitar la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes.

#### MONITOREO PARA EL MANEJO DE BOFEDALES

La contaminación por mercurio puede ser revertida mediante la aplicación estricta de las políticas y ordenanzas ambientales, una asesoría técnica adecuada y un sistema de monitoreo de bofedales en áreas con diferente grado de influencia minera, que permita hacer un seguimiento sistemático de macro y micro-organismos acuáticos como del sedimento, con el propósito de establecer comparaciones en cuanto al nivel de contaminación por mercurio.

#### MEJORAMIENTO DE LA SALUD DE LA MADRE TIERRA

La Madre Tierra es el sistema viviente dinámico conformado por la comunidad indivisible de todos los sistemas de vida y los seres vivos, interrelacionados, interdependientes y complementarios, que comparten un destino común. La Madre Tierra es considerada sagrada; alimenta y es el hogar que contiene, sostiene y reproduce a todos los seres vivos, los ecosistemas, la biodiversidad, las sociedades orgánicas y los individuos que la componen. En este sentido, el objetivo de la línea de acción es el mejoramiento de la salud de la Madre Tierra, su calidad ambiental, su capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua, regeneración de los ecosistemas, biodiversidad, resiliencia de los sistemas productivos y zonas de vida.

### 4.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica

#### 4.3.1. Factores demográficos

La población de la cuenca Suches está distribuida en los municipios: Charazani, Curva, Escoma, Humanata, Mocomoco, Pelechuco, Puerto Acosta y Puerto Mayor de Carabuco, donde la densidad promedio de la cuenca es de 19 habitantes/Km<sup>2</sup>; la más baja reportada es de 2 habitantes/km<sup>2</sup> en la cuenca alta, y la más concentrada de 29 habitantes/km<sup>2</sup> en la cuenca media.

La población de la cuenca Suches está distribuida de manera diferenciada, siendo Escoma el municipio que concentra más población, seguido por Humanata, Mocomoco, Pelechuco y Puerto Acosta, los restantes municipios albergan a poblaciones inferiores a 1200 habitantes, a nivel de zonificación de la cuenca, la mayor parte de la población se ubica en la parte baja.

De acuerdo con los censos poblacionales para los años 2001 y 2012 se registraron 24.990 y 26.236 habitantes, respectivamente, solo en territorio boliviano, considerando una tasa de crecimiento poblacional de 0,5%. El balance hídrico en su análisis de demandas proyecta una población superior a 27 mil habitantes para el año 2020 y 30 mil habitantes para el año 2040. La población en territorio peruano también es considerada en el balance.

Este crecimiento poblacional genera incertidumbre en cuanto a la demanda de servicios básicos: agua y alcantarillado. La tendencia es similar a contextos similares, existe una concentración de habitantes en los centros poblados más importantes de la cuenca, generándose mayores requerimientos de agua, pero también mayor contaminación por aguas residuales y residuos sólidos.

### 4.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica

En la cuenca del río Suches, la contaminación ambiental de los cuerpos de agua es uno de los principales problemas, proveniente de las descargas de aguas residuales mineras y domésticas no tratadas. El Gobierno Autónomo del Departamento de La Paz (GADLP) y los GAMs tienen una débil capacidad logística y técnica para ejecutar el cumplimiento de la normativa ambiental.

A nivel central, no se cuentan con los suficientes recursos logísticos y recursos financieros para llevar adelante una coordinación interinstitucional constante y detallada con cada uno de los gobiernos municipales y otros actores de la cuenca, como son las cooperativas y empresas mineras.

La Secretaría Departamental de la Madre Tierra del GADLP y los gobiernos municipales tienen debilidades en diferentes grados para tratar el tema ambiental, gestión integral del agua y resolución de conflictos por el uso y aprovechamiento del agua, así como los otros factores ambientales como el suelo, cobertura vegetal, entre otros. Estas limitaciones se traducen en el control del cumplimiento de la normativa ambiental.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches

#### GOBERNABILIDAD HÍDRICA-AMBIENTAL

El objetivo de esta línea de acción es implementar la gobernabilidad hídrica en la cuenca del río Suches para desarrollar la seguridad hídrica, a través de la conformación de una instancia de organización, articulación, concertación y concurrencia de actores gubernamentales, sociales e institucionales del entorno, en el marco de la participación plural y control social en la gestión de la cuenca y agua, considerando sus particularidades biofísicas, socioculturales, económico-productivas y político-institucionales. Las funciones de la plataforma de gestión de recursos hídrico-ambiental comprende los procesos de formulación de lineamientos estratégicos, programas, proyectos y acciones enmarcadas en el PDC Suches, ejercer la gestión de conflictos, aprobar planes de acción, formular los instrumentos de gestión de cuencas, aguas, ambiental y otros.

#### PARTICIPACIÓN Y CONTROL SOCIAL EN GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

La participación y control social se puede definir como un derecho constitucional, condición y fundamento de la democracia de carácter participativo y exigible, que se ejerce de forma individual o colectiva, directamente o por medio de sus representantes para el diseño, formulación y elaboración de políticas públicas, la construcción colectiva de leyes y/o la supervisión y

evaluación de la ejecución de los recursos fiscales en la gestión estatal, con el único fin de autorregular el orden social.

## **MECANISMOS DE CONTROL DE ACTIVIDADES MINERAS**

Esta línea de acción se refiere al ejercicio de autoridad y aplicación de leyes en el control de las actividades mineras ilegales e informales. La Ley N° 845 del 24 de octubre de 2016, establece los mecanismos de control y fiscalización para que las cooperativas mineras cumplan con su carácter y naturaleza en el marco del sistema cooperativo.

En acuerdo con los operadores mineros y titulares de las concesiones mineras, se debe establecer mecanismos de control en cuanto a la distribución y número de “shutes” para el desarrollo de una operación minera planificada y explotación ordenada y racional, evitando la interferencia entre los mismos.

## **MECANISMOS DE COORDINACIÓN PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS HÍDRICOS**

Esta línea de acción se dirige al fortalecimiento de los mecanismos de coordinación interinstitucional para la gestión sustentable de los recursos hídricos y su protección ambiental, a través de mecanismos de la cooperación interinstitucional y binacional por el carácter transfronterizo de la cuenca Suches. A su vez se requiere que permita la implementación conjunta de acciones y medidas de control, prevención y mitigación de impactos ambientales por actividades económicas y efectos de cambio climático.

## **EDUCACIÓN HÍDRICA-AMBIENTAL**

El objetivo de la línea de acción es promover la importancia del tema hídrico-ambiental, para generar conciencia y compromiso del cuidado de la Madre Tierra. Asimismo, está orientado a fortalecer las capacidades técnicas, competencias y habilidades en gestión ambiental, gestión de cuencas, gestión de riesgos y cambios climáticos en municipios, así como construir una cultura del agua y ambiental, sensibilizando a la población respecto al agua y los derechos de la Madre Tierra.

La línea de acción comprende la educación ambiental en los diferentes niveles de escolaridad y nivel superior en relación con temas ambientales; también el incentivo de ferias educativas para lograr conciencia ambiental en los estudiantes de colegio; educación ambiental no formal para promover la capacitación técnica en procesos productivos sustentables y temas ambientales; capacitación continua a las instituciones y organizaciones sociales locales, comunidades organizadas por cuencas; paralelamente busca el fortalecimiento de los gobiernos municipales para la realización de ferias ambientales; y la difusión de información por medios masivos.

## **GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO - ANCESTRAL**

La producción de conocimiento es la base fundamental para el planteamiento de proyectos de desarrollo e inversión. En este sentido, ésta la línea de acción busca el desarrollo de la investigación científica participativa, revalorizadora, sistémica y transdisciplinar, en diversos temas vinculados a la búsqueda de soluciones técnicas y científicas a los problemas que afectan al equilibrio de los componentes de la Madre Tierra (cuencas, aguas, cambio climático y gestión de riesgos).

## **FORTALECIMIENTO A LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN CON ENFOQUE DE CUENCA**

Se plantea como objetivo de la línea de acción el fortalecimiento a los gobiernos municipales en la elaboración e implementación de Planes Territoriales de Desarrollo Integral, de manera que los planes produzcan sinergias, interrelaciones y compatibilidad con los procesos de gestión de cuencas, gestión del agua, gestión de riesgos, resiliencia de los sistemas productivos y adaptación al cambio climático.

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El objetivo de la línea de acción es la implementación de una plataforma para la difusión de la información generada en la cuenca, y promover el intercambio de información.

### **4.3.3. Cambio climático**

La cuenca del río Suches está expuesta a los efectos negativos del cambio climático que se manifiestan en una distribución irregular de la precipitación durante el año, acentuándose mucho más las diferencias entre la época húmeda y seca. Estos efectos negativos se manifiestan principalmente en un déficit hídrico durante gran parte del año y un exceso de agua durante la época húmeda, con precipitaciones intensas y de corta duración.

Asimismo, estos efectos negativos de la variabilidad y el cambio climático se manifiestan en una mayor recurrencia e intensidad de otros eventos extremos como las heladas y granizadas.

Según el balance hídrico del PDC Suches, la recurrencia de eventos de sequías en la cuenca se encuentra entre un nivel medio y bajo. Se observa una clara diferencia de zona geográfica, es decir, los municipios Pelechuco y Charazani se encuentran tipificados con un nivel bajo y los municipios Mocomoco y Puerto Acosta con un nivel medio en la recurrencia de eventos de sequía.

Entre los meses de enero a marzo, se generan intensas precipitaciones, con grandes descargas de escorrentía, dando lugar a desbordes y daños materiales aguas abajo. En la cuenca discurren ríos de pendientes pronunciadas, que a su paso producen fuertes turbiones que arrastran materiales orgánicos, tierra, piedra, arena y sedimentos, que desembocan aguas abajo provocando riadas, especialmente en las terrazas aluviales presentes en la cuenca baja.

En el caso de heladas, se ha identificado a los municipios Pelechuco, Charazani y Puerto Acosta con un nivel bajo y al municipio de Mocomoco con un nivel medio.

### **Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Suches**

#### **PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS**

La línea de acción tiene el propósito de promover y coadyuvar políticas de uso de suelos y ocupación del territorio para mejorar los asentamientos humanos, optimizando la interrelación y funcionalidad de los centros poblados, redes y flujos de comunicación, actividades productivas, distribución de servicios, etc. La ausencia de este instrumento de planificación produce un desorden de la estructuración urbana y los cambios de uso del suelo y ocupación del territorio, afectando el ciclo hidrológico y los componentes de la Madre Tierra. En este contexto, se plantea la implementación del programa de fortalecimiento para el ordenamiento territorial municipal con enfoque de cuencas, gestión de riesgo y cambio climático.

#### **SISTEMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA HÍDRICA-AMBIENTAL**

El monitoreo de la cuenca del río Suches comprende la evaluación del comportamiento de la calidad de sus aguas y afluentes en toda su extensión, desde sus

nacientes hasta su desembocadura en el lago Titicaca en época húmeda. Comprende determinaciones fisicoquímicas en muestras de agua y sedimentos recolectados en puntos o sitios ubicados en territorios de Bolivia y Perú, incluye muestras de aguas y sedimentos. En este sentido, la línea de acción tiene como propósito fortalecer, implementar y operar el sistema de monitoreo de la calidad de agua y sedimentos.

#### **4.3. Indicadores de monitoreo del PDC Suches**

Para establecer el grado de cumplimiento de los alcances del PDC Suches, se han construido cinco indicadores que están correlacionados con cada lineamiento estratégico del PDC. A su vez, los indicadores guardan relación con los lineamientos del Plan nacional de Cuencas (PNC) y el Plan de Desarrollo Sectorial. Asimismo, la estructura del indicador guarda relación con los indicadores del PP del Plan Nacional de Cuencas 2017-2020. Los indicadores son los siguientes:

- 1) Índice de la gestión de la calidad del agua para la vida (IGCA)
- 2) Índice de desarrollo sostenible agro productivo con enfoque de cuencas (IDSA)
- 3) Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA)
- 4) Índice de Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático (IGRH-CC)
- 5) Índice de Fortalecimiento institucional y normativo (IFIN)

A continuación, se muestran los datos y consideraciones técnicas que tiene cada indicador del PDC Suches:

Tabla 10. Indicadores propuestos en el PDC de Suches

| Indicador   | Línea de acción   | Metodología de cálculo  | Evolución del Indicador |      |               |      |             |      |
|---|---|---|-------------------------|------|---------------|------|-------------|------|
|   |   |   | Corto Plazo             |      | Mediano Plazo |      | Largo Plazo |      |
| Índice de Fortalecimiento institucional y normativo (IFIN).             | 1.1 Gobernabilidad hídrica - ambiental.   | $IFIN = \sum(\text{Ponderación línea de acción} \times \text{Ponderación activada})$ .  |                         |      |               |      |             |      |
|   | 1.2 Participación y control social en gestión de recursos hídricos.             |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
|   | 1.3 Mecanismos de control de actividades mineras.                               |   | 0.02                    | 0.13 | 0.41          | 0.62 | 0.81        | 1.00 |
|   | 1.4 Mecanismo de coordinación para la gestión sustentable de recursos hídricos. |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 1.5 Educación hídrica - ambiental.  |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 1.6 Generación de conocimiento científico - ancestral.                          |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 1.7 Fortalecimiento a los procesos de planificación con enfoque de cuenca.      |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 1.8 Diseño e implementación de un sistema de gestión de la información.         |   |                         |      |               |      |             |      |
| Índice de Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático (IGRH-CC). | 2.1 Prevención y gestión de riesgo.   | $IGRH-CC = \frac{\sum(\text{valor parametrizado de las actividades cumplidas})}{\text{número total de estudios, campañas y proyectos}}$ . |                         |      |               |      |             |      |
|   | 2.2 Sistema de monitoreo y vigilancia hídrica - ambiental.                      |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
| Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).           | 3.1 Acceso y uso de agua potable.   | $IDGIA = \frac{\sum(\text{valor parametrizado de las actividades cumplidas})}{\text{número total de estudios, campañas y proyectos}}$ .   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 3.2 Cosecha de agua para producción agropecuaria.                               |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
|   | 3.3 Sistemas de riego con enfoque de cuencas.                                   |   | 0.00                    | 0.21 | 0.48          | 0.70 | 0.85        | 1.00 |

| Indicador   | Línea de acción   | Metodología de cálculo  | Evolución del Indicador |      |               |      |             |      |
|---|---|---|-------------------------|------|---------------|------|-------------|------|
|   |   |   | Corto Plazo             |      | Mediano Plazo |      | Largo Plazo |      |
| Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).                 | 3.1 Acceso y uso de agua potable.   | IDGIA= $\sum$ (valor parametrizado de las actividades cumplidas / número total de estudios, campañas y proyectos).    |                         |      |               |      |             |      |
|   | 3.2 Cosecha de agua para producción agropecuaria.   |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
|   | 3.3 Sistemas de riego con enfoque de cuencas.   |   | 0.00                    | 0.21 | 0.48          | 0.70 | 0.85        | 1.00 |
| Índice de desarrollo sostenible agroproductivo con enfoque de cuencas (IDSA). | 4.1 Aprovechamiento sustentable de recursos naturales.                                    | IDSA= $\sum$ (valor parametrizado de las actividades cumplidas / número total de estudios, campañas y proyectos).     |                         |      |               |      |             |      |
|   | 4.2 Monitoreo para el manejo de bofedales.  |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
|   | 4.3 Conservación de la diversidad biológica y del material genético del ANMIN Apolobamba. |   | 0.00                    | 0.16 | 0.37          | 0.67 | 0.84        | 1.00 |
|   | 4.4 Fortalecimiento de prácticas de producción agroecológica.                             |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 4.5 Fortalecimiento ganadero sostenible.  |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 4.6 Desarrollo del ecoturismo comunitario.  |   |                         |      |               |      |             |      |
| Índice de la gestión de la calidad del agua para la vida (IGCA).              | 5.1 Intercambio de buenas prácticas ambientales.  | IGCA= $\sum$ (valor parametrizado de las actividades cumplidas / número total de estudios, campañas y proyectos MIC). |                         |      |               |      |             |      |
|   | 5.2 Promoción de medidas de remediación ambiental.  |   | 2021                    | 2022 | 2023          | 2024 | 2025        | 2026 |
|   | 5.3 Innovación de tecnologías limpias en actividades mineras.                             |   | 0.00                    | 0.00 | 0.20          | 0.50 | 0.80        | 1.00 |
|   | 5.4 Gestión integral de residuos sólidos.   |   |                         |      |               |      |             |      |
|   | 5.5 Mejoramiento de la salud de la madre tierra.  |   |                         |      |               |      |             |      |

Fuente: PDC Suches

#### 4.4. Indicadores de seguridad hídrica – cuenca Suches

En la siguiente tabla se presenta la propuesta de indicadores de seguridad hídrica para la cuenca Suches, considerando las brechas actuales para la seguridad hídrica que se verifican en esta cuenca, las medidas propuestas en su Plan Director, y los indicadores previstos para el monitoreo y evaluación del Plan Director de la cuenca.

Tabla 11. Indicadores de Seguridad Hídrica – Cuenca Suches

| Dimensión / Condicionantes         | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E  | Índices/Indicadores propuestos   |
|------------------------------------|---|---|---|--|
| Agua para consumo humano.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit hídrico .</li> <li>• Contaminación por aguas residuales (cobertura de alcantarillado 9%).</li> <li>• Contaminación por residuos sólidos.</li> <li>• Contaminación del agua por actividades mineras.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso y uso de agua potable .</li> <li>• Gestión integral de residuos sólidos .</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).</li> </ul>   | 1.1. Índice seguridad hídrica necesidades humanas básicas (SHnhb).<br>1.1.1. % de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.<br>1.1.2. Indicador de escasez hídrica (Snhb).<br>1.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vnhb).  |
| Agua para uso productivo: Riego.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit hídrico .</li> <li>• Contaminación por aguas residuales (cobertura de alcantarillado 9%).</li> <li>• Contaminación por residuos sólidos.</li> <li>• Contaminación del agua por actividades mineras.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosecha de agua para producción agropecuaria .</li> <li>• Sistemas de riego con enfoque de cuencas .</li> <li>• Fortalecimiento de prácticas de producción agroecológica .</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).</li> <li>• Índice de desarrollo sostenible agro productivo con enfoque de cuencas (IDSA).</li> </ul> | 2.1. Índice de seguridad hídrica subsistencia familiar (SHsf).<br>2.1.1. % de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (según instrumentos de planificación formalizados, ejm: PDC).<br>2.1.2. Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (Ssf) .<br>2.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vsf). |
| Agua para uso productivo: Minería. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividad minera artesanal contamina el agua por lixiviados (desmontes, colas).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovación de tecnologías limpias en actividades mineras .</li> <li>• Intercambio de buenas prácticas ambientales.</li> <li>• Promoción de medidas de remediación ambiental .</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).</li> </ul>   | 2.2. Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas (SHpe).<br>2.2.1. Indicador de escasez hídrica (Spe)<br>2.2.2. Indicador de vulnerabilidad (Vpe).  |

| Dimensión / Condicionantes                                     | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC   | Indicadores previstos en el Sistema de M&E   | Índices/Indicadores propuestos   |
|--|---|--|--|--|
| Agua para uso productivo: Ganadería (alpaca, llamas, bovinos). | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit hídrico.</li> <li>• Contaminación del agua por actividades mineras.</li> <li>• Contaminación por aguas residuales</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosecha de agua para producción agropecuaria.</li> <li>• Fortalecimiento ganadero sostenible.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desarrollo sostenible agro productivo con enfoque de cuencas (IDSA).</li> </ul> | <p>2.1. Índice de seguridad hídrica subsistencia familiar (SHsf).</p> <p>2.1.2. Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (S-SF).</p> <p>2.1.3. Indicador de vulnerabilidad (V-SF).</p>   |
| Agua para el medio ambiente.                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit hídrico.</li> <li>• Contaminación del agua por actividades mineras.</li> <li>• Contaminación por aguas residuales .</li> <li>• Disminución de la cobertura vegetal.</li> <li>• Erosión de suelos.</li> <li>• Deterioro hídrico y paisajístico de humedales.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de la diversidad biológica ANMI Apolobamba.</li> <li>• Aprovechamiento sustentable de recursos naturales.</li> <li>• Monitoreo para el manejo de bofedales.</li> <li>• Mejoramiento de la salud de la madre tierra.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de la gestión de la calidad del agua para la vida (IGCA).</li> </ul>               | <p>3.1. Índice de seguridad hídrica saneamiento (SHsb)</p> <p>3.1.1. % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.</p> <p>3.2. Índice de seguridad hídrica calidad hídrica (SHch).</p> <p>3.2.1. Índice de seguridad hídrica control de la contaminación hídrica (Icch).</p> <p>3.2.1.1. % de aguas residuales tratadas de manera segura.</p> <p>3.2.1.2. Grado de avance en el alcance de los indicadores de la calidad hídrica definidos para cuerpos de agua priorizados.</p> <p>3.2.2. Índice de Gestión de Calidad Hídrica (IgcH).</p> <p>Evalúa el grado de avance en la gestión de la calidad hídrica.</p> <p>3.3. Índice de seguridad hídrica protección de los ecosistemas (SHeco).</p> <p>3.3.1. Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales).</p> <p>3.3.2. Indicador escasez hídrica ecosistemas (Seco).</p> <p>3.3.3. Indicador de vulnerabilidad (Veco).</p> <p>3.4. Índice seguridad hídrica MIC (SHmic).</p> <p>3.4.1. Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida.</p> |

| Dimensión / Condicionantes    | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E  | Índices/Indicadores propuestos  |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Riesgos asociados a los RRHH. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit hídrico en gran parte del año y un exceso de agua durante la época húmeda.</li> <li>Mayor recurrencia e intensidad de eventos extremos (heladas y granizadas).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Prevención y gestión de riesgos.</li> <li>Sistema de monitoreo y vigilancia hídrica-ambiental.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático (IGRH-CC).</li> </ul> | <p>F2.1.1. Índice seguridad hídrica ante sequía (SHsq).</p> <p>Basado en la determinación de: Fracción de la población que no es abastecida de agua potable, sistemas de prevención de sequía, agua almacenada, proporción de agricultura de secano, clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada.</p> <p>F2.2.1. Índice seguridad hídrica ante excesos de agua (SHea).</p> <p>Basado en la determinación de: Infraestructura para el control de excesos de agua, sistemas de prevención de excesos de agua, Impacto económico debido a excesos de agua, clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.</p>   |
| Gestión de los RRHH.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Limitados recursos técnicos y económicos.</li> <li>Limitadas capacidades y conocimientos para la GIRH.</li> <li>Limitada aplicación de normativa ambiental.</li> <li>Limitada coordinación y articulación interinstitucional.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gobernabilidad hídrica-ambiental.</li> <li>Participación y control social Mecanismos de control de actividades mineras.</li> <li>Mecanismos de coordinación Educación hídrica-ambiental.</li> <li>Sistema de gestión de la información.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de Fortalecimiento institucional y normativo (IFIN).</li> </ul>             | <p>F1.1. Índice de gobernabilidad hídrica (IGH).</p> <p>Basado en la determinación de los siguientes aspectos en la cuenca: establecimiento de una instancia técnica; Gestión de información y conocimiento; grado de funcionamiento de plataforma; planificación de la inversión pública; Grado de integralidad del PDC; grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC.</p> <p>F1.2. Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca (ICG).</p> <p>Basado en la determinación de la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio-productivas (GAD's, GAM's, EPSA's, CAPyS, OGC's, organizaciones de regantes).</p> <p>F1.3. Grado de aplicación de la GIRH.</p> <p>Indica hasta qué punto se aplica la GIRH mediante la evaluación de sus cuatro elementos clave: un entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.</p> |

Fuente: elaboración propia.

# V. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO COTAGAITA

## 5.1. Características de la cuenca

La cuenca del río Cotagaita se encuentra en el Departamento de Potosí, ocupando las provincias Antonio Quijarro, Nor Chichas y Sur Chichas, tiene una superficie de 6271,49 Km<sup>2</sup>.

En la cuenca del río Cotagaita la mayor proporción es el municipio de Cotagaita con 60,29%, seguido por el municipio de Atocha con 17,72%. Los municipios de Tomave, Tupiza y Uyuni tienen una proporción de 11,8%, 9,19% y 1,01%, respectivamente.

La cuenca presenta una topografía que varía entre los 2600 a 5400 m.s.n.m., las partes altas se encuentran dispersas en toda la cuenca, mientras que los lugares de pendiente ligera están concentrados al este y suroeste de la cuenca.

El periodo lluvioso corresponde a los meses de noviembre a marzo, tiempo en el cual las lluvias concentran el 94% de la precipitación total, y el mes más lluvioso es enero (87,24 mm). La época seca corresponde a los meses de mayo a septiembre y los meses de mayo, junio y julio carecen de precipitación. Los meses de abril y octubre son de transición del periodo húmedo al seco y del seco al húmedo, respectivamente. La precipitación promedio anual en la zona es de 290,271 mm/año para el periodo 1980-2016.

Las temperaturas máximas mensuales se registran en los meses de septiembre a marzo, los meses de máxima temperatura son enero con 13,59 °C y los valores más bajos en los meses de julio (6,54 °C), con un promedio anual de 10,97 °C. En concordancia con la distribución de las temperaturas máximas y mínimas, la temperatura media tiene valores altos entre los meses de noviembre a marzo. Las temperaturas medias más bajas se registran entre junio y julio.

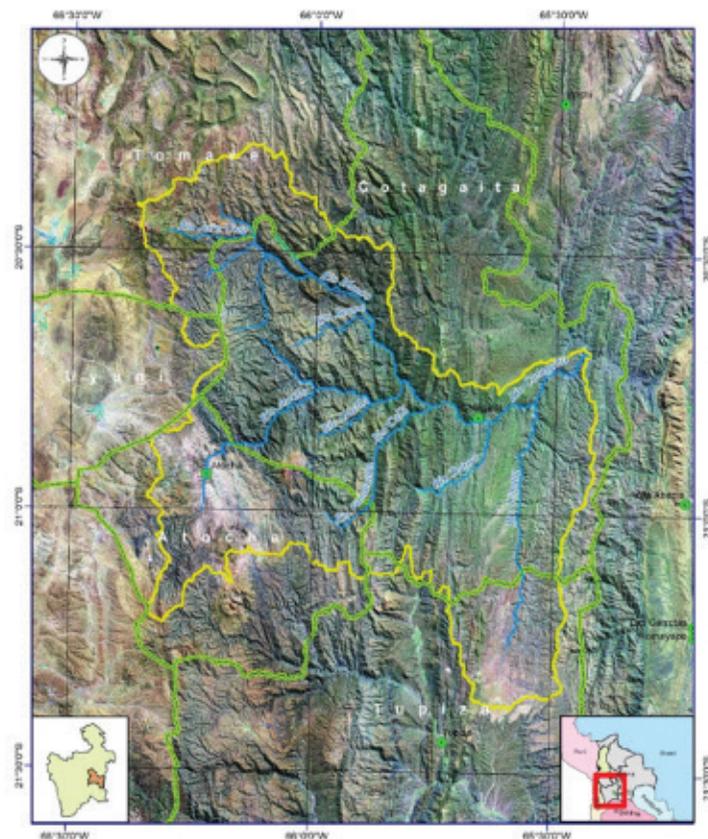


Figura 15. Cuenca del río Cotagaita

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Código Pfafstetter           | 86841, 86842, 86843, 86844, 86845, 86846, 86847, 86848, 86849.   |
| Departamento                 | Potosí .   |
| Municipios                   | Cotagaita, Tomave, Atocha, Uyuni y Tupiza.   |
| Subcuencas                   | 9 subcuencas: Desembocadura del río Cotagaita, Río Limeta, parte baja del río Cotagaita, río Totorá, parte media del río Cotagaita, río Caiti, parte alta del río Cotagaita, río Quechisla y río Blanco. |
| Cursos Principales de río    | Limeta, Totorá, Caiti, Blanco y Cotagaita.   |
| Área                         | 6271,49 Km <sup>2</sup> .  |
| Elevación                    | 2420 msnm (mínima) 5485 msnm (máxima).   |
| Población total en la cuenca | 33.088 habitantes (INE 2012).  |
| Productos cultivados         | Maíz, uva y durazno.   |
| Ganado predominante          | Ovino, caprino, camélido.  |

## 5.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca

### 5.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)

Los ríos de la cuenca Cotagaita son muy inestables por varias razones. Las estaciones son muy marcadas entre época de lluvias (diciembre a abril) y la época seca (mayo a noviembre) que tienen influencia sobre los caudales cambiantes. Muchos ríos no tienen agua en la época seca. El uso intensivo del agua agudiza el desequilibrio en el balance de aguas entre las diferentes épocas, especialmente debido al uso intensivo en el riego de los valles bajos, como también por las actividades mineras en las cabeceras de los valles y su uso para consumo humano y de animales domésticos.

En la cuenca Cotagaita los principales problemas se traducen en: escasez de agua durante la época seca, descenso de los caudales en años con escasa precipitación pluvial, déficit de agua para riego, incipientes sistemas de información, control y monitoreo de los recursos hídricos, débil institucionalidad y falta de información hidrometeorológica e hidrológica adecuada, que permita una planificación más efectiva para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Otro factor importante para considerar es el fuerte escurrimiento de las aguas en las laderas de las montañas, debido a sus pendientes pronunciadas y la poca cobertura vegetal existente. Por lo que, en época de lluvias, muy poca agua se infiltra al suelo, no pudiendo renovar las napas freáticas que son los únicos medios para la retención del agua. Por este motivo, además de las fuentes superficiales con caudales bajos, existen pocas fuentes adicionales de agua (aguas subterráneas).

La contaminación de las aguas de la cuenca de los ríos Cotagaita y Tupiza es originada principalmente por la actividad minera, debido a que el drenaje superficial y subterráneo de las minas, desmontes y pilas de colas por lo general desembocan en los cursos de estos ríos sin control alguno.

Asimismo, la inadecuada gestión de las aguas residuales y residuos sólidos repercuten también en la calidad de los cuerpos de agua de la cuenca, limitando su uso para las comunidades asentadas aguas abajo tanto para consumo humano como para riego.

### 5.2.2. Usos del agua

#### 5.2.2.1 Agua para consumo humano

La cobertura del servicio de agua para el consumo doméstico y alcantarillado sanitario es muy baja en las comunidades rurales. El área urbana tiene una mayor cobertura de estos servicios.

A continuación, se describe la situación de la cobertura de servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en los principales centros urbanos:

**Municipio de Cotagaita:** Con respecto al servicio de agua para el consumo doméstico a nivel del municipio, el Censo 2012 registró que 32,1% de los hogares se abastece de agua por cañería de red. Asimismo, el 29,3% de los hogares se proveen de una pileta pública, y el 25,1% lo hace de ríos, vertientes, y/o acequias.

Con relación al alcantarillado, según el Censo 2012, el 32,16% de los hogares cuentan con alcantarillado y el 67,84% de los hogares no cuentan con este servicio.

Las aguas residuales provenientes de los domicilios, hospitales, escuelas y otros son vertidas directamente al río sin ningún tratamiento, las comunidades que se encuentran aguas abajo utilizan el agua del río para riego de cultivos. Debido a la falta de alcantarillado, la población defeca a campo abierto, contaminando el ambiente.

**Municipio Tupiza:** En el área rural la cobertura de agua potable alcanza a 68,2%, mientras que en el

área urbana alcanza a 97,7%, lo que significa que existen aún comunidades y familias del área rural que no pueden acceder al servicio de agua segura por cañería.

El saneamiento básico del 2001 al 2012 se ha visto incrementado en mayor proporción en el área urbana con relación al área rural. En el área urbana, la cobertura subió de 68,2% a 88,3%, mientras que en el área rural subió de 27,9% a 31,3%.

Las familias que viven en la ciudad de Tupiza acceden al servicio de alcantarillado, y se registra un incremento de familias que cuentan con este servicio del 2001 al 2012. El municipio de Tupiza cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, que presenta problemas de capacidad de tratamiento y genera olores principalmente en época seca.

Las familias del área rural tienen acceso a cámaras sépticas y pozos ciegos, que en ambos casos se ha visto disminuido al año 2012. La cantidad de familias que no tienen baño también se ha visto disminuida con relación al año 2001. Las comunidades del área rural no tienen acceso al servicio de alcantarillado porque las viviendas están dispersas, pero además no han sido atendidas con la construcción de letrinas.

**Municipio de Atocha:** Del total de comunidades del municipio de Atocha (24), el 54% de las mismas dispone de agua potable mediante piletas domiciliarias o piletas públicas, el restante 46% se provee mediante el uso de pozos, vertiente, ríos u otros. En las comunidades del área rural debido a la dispersión de las viviendas la cobertura del agua potable es más baja.

De acuerdo con datos del INE (2012), la disponibilidad de alcantarillado sanitario en el municipio alcanzaba al 12,7% de los hogares, adicionalmente un 11,2% de los hogares tenían servicios sanitarios con desagüe hacia el alcantarillado o cámara séptica. Estos servicios concentrados son principalmente en la capital del municipio y centros mineros.

El municipio de Atocha no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, y en este sentido las aguas residuales provenientes de los domicilios, centros médicos y escuelas son vertidas a los cursos de agua, esto implica un alto riesgo de contaminación y compromete la salud de la población, debido a la exposición a la basura y aguas residuales contaminadas. Se tiene un proyecto de saneamiento en etapa de diseño que se espera va a permitir reducir los niveles de contaminación.

Según el diagnóstico realizado para la cuenca, la problemática se concentra en la inadecuada gestión del agua para los diferentes usos (consumo humano, riego y minería) que, sumado a los efectos negativos del cambio climático, provocan escasez de agua durante la época seca y déficit de agua para consumo humano.

Otro de los problemas vinculados al agua para el consumo humano tiene relación con el inadecuado tratamiento de las aguas residuales urbanas, que vuelven a los ríos sin cumplir los parámetros mínimos de calidad para los diferentes usos aguas abajo.

Los residuos sólidos generados e inadecuadamente tratados en los principales centros poblados de la cuenca son otra fuente de contaminación del agua que condiciona su uso para las comunidades y familias asentadas aguas abajo de estas poblaciones.

Por otra parte, la principal fuente de contaminación del agua en la cuenca es originada por la actividad minera, debido a que el drenaje superficial y subterráneo de las minas, desmontes y pilas de colas por lo general desembocan en los ríos sin control alguno. Esta situación está afectando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas utilizadas para el consumo humano con consecuencias graves para la salud humana.

### Acciones/medidas propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

#### MEJORAR EL ACCESO, LA EFICIENCIA Y CALIDAD DE AGUA POTABLE

La disponibilidad de agua potable, tanto en cantidad como en calidad, se ve deteriorada por la contaminación y uso ineficiente en la producción agrícola, minera, industrial, entre otras. Esta situación disminuye la oferta de agua potable. Por otro lado, la tiene un incremento poblacional, lo que conlleva a una mayor demanda de agua. Es de vital importancia, mejorar el acceso, eficiencia y calidad del agua potable.

#### COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

La cosecha de agua se enfoca a captar el agua de lluvia mediante los techos de las casas y almacenar el agua en tanques. Está dirigido para consumo humano y eventualmente para consumo animal. Esta línea de acción se orienta al área rural donde se tiene mayor escasez de agua.

#### CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA

Es importante y obligatorio bajo la norma ambiental vigente, realizar la clasificación de los cuerpos

de agua en la cuenca, que debido a su importancia geográfica, ambiental, productiva es considerada estratégica.

## MONITOREO DE LA CALIDAD Y CAUDAL HÍDRICO

El Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR) ha realizado varias campañas de toma de muestra de aguas y posterior análisis fisicoquímico y biológico de los principales cursos de río de la cuenca del río Cotagaita. Lo que constituye una base de datos importante para la gestión de la calidad de agua.

## FORTALECER LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL MUNICIPAL

Se cuenta con la Ley N° 755 que norma el manejo y gestión integral de los residuos sólidos, desde su generación hasta la disposición final en rellenos sanitarios. Según esta ley, los GAMs son los responsables de la gestión de los residuos sólidos. Asimismo, establece que se deben elaborar los Programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

El tratamiento de aguas residuales urbanas forma parte de toda la gestión de dotación de agua potable y alcantarillado. En la cuenca del río Cotagaita se tienen dos poblaciones importantes en cuanto a cantidad poblacional: Cotagaita y Atocha. Las cuales no cuentan con plantas tratamiento de aguas residuales urbanas que realicen el tratamiento de las aguas residuales y se dé cumplimiento a la normativa vigente.

### 5.2.2.2 Agua para riego

La cuenca Cotagaita cuenta con 5.823 Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) y tiene una superficie cultivada en verano de 2.550,7 ha, de las cuales 99,1% es superficie con riego.

Según el diagnóstico de la cuenca, existen más de 230 sistemas de riego de diferentes dimensiones en operación y más de 27 sistemas proyectados (pre-inversión e inversión) en diferentes planes que se concentran principalmente en los municipios de Cotagaita y Tupiza, que muestra la importante demanda de agua para la agricultura por el potencial productivo.

El maíz es el principal cultivo de verano, con una superficie cultivada de 1.691,1 ha y una producción de 55.945,6 quintales; sin embargo, también se produce uva y durazno, con una superficie cultivada de 145,5 ha y una producción de 11.984 quintales de uva y una superficie cultivada de 295,5 ha y una producción de 14.387,9 quintales de durazno, según el Censo Agropecuario 2013.

## Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para riego

La inadecuada gestión del agua en la cuenca también repercute en la disponibilidad de agua para riego. Existe un déficit de agua para la producción de los principales cultivos que se concentran en las riberas de los ríos.

En determinadas épocas del año se incrementa la demanda de agua para riego y otros usos, así disminuye la oferta debido a la variabilidad climática acentuada por el cambio climático. El déficit de agua para riego tiene su efecto principalmente para la producción y la productividad de las áreas más productivas de la cuenca.

Sin embargo, el problema más importante para el riego y otros usos del agua en la cuenca es la contaminación minera, cuyos desmontes y pilas de colas por lo general desembocan en los cursos de estos ríos sin control. Las aguas contaminadas de los principales centros mineros que fluyen por los cauces son aprovechadas aguas abajo para riego y consumo humano con los riesgos que implica para la salud humana.

El efecto de las aguas residuales y residuos sólidos de los principales centros poblados tiene el mismo efecto sobre las aguas condicionando sus usos aguas debajo de los puntos de contaminación.

## Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

### APOYO A SISTEMAS DE USO EFICIENTE DEL AGUA COMO LOS SISTEMAS DE RIEGO TECNIFICADO

En época de estiaje, la disponibilidad de agua decrece grandemente, haciendo difícil la producción agrícola y los sistemas de riego que operan en la cuenca rebajan sus caudales. Es por este motivo que se proponen el uso de sistemas de riego tecnificado, que tengan un uso eficiente del agua, como, por ejemplo, sistemas de riego a goteo o por aspersión.

### APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS AGROPRODUCTIVAS BAJO ENFOQUE DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

Esta línea de acción plantea la ejecución de varios proyectos de manejo y conservación de suelos y de recuperación de suelos agrícolas que fueron afectados por la contaminación minera. Se enmarcan bajo el enfoque de gestión integral del agua y manejo integral de cuenca. Por otro lado, se ha visto en los últimos años un uso desmedido y no técnico de plaguicidas en la agricultura, por lo que se deben realizar campañas de capacitación en su uso y manejo.

### 5.2.2.3. Agua para otros usos productivos (minería)

La actividad minera en la cuenca Cotagaita es considerable. Los centros mineros más importantes son: Chorolque, Chocaya, Tazna, Churquini y la planta de concentración de Telamayu.

Esta actividad requiere también agua para su operación, incrementando la presión sobre los recursos hídricos en la cuenca, pero el principal problema de la minería radica en la contaminación generada, la acumulación y disposición de colas y precipitados en los lechos de río está afectando gravemente la calidad hídrica hasta el punto de condicionarlas para el uso humano y de riego.

**Centro minero Tazna:** El distrito minero de Tazna se halla a 4780 msnm, a 35 km al norte de Atocha. Las principales minas de este distrito son Tazna-Rosario, Farellón Nuevo, Farellón Viejo y Deseada que se encuentran en el cerro Tazna a una altura de 5054 msnm.

**Centro minero Chorolque:** Se encuentra en el cantón Guadalupe-Santa Bárbara, provincia NorChichas del departamento de Potosí. Está conformado por varias minas y dos plantas procesadoras. Se encuentra aproximadamente a 30 km al Este de Atocha y es accesible mediante un camino secundario.

**Distrito minero de Chocaya:** Está localizado aproximadamente a 20 km al Noroeste de la localidad de Atocha, en el cantón Chocaya, provincia Nor Chichas del departamento de Potosí.

**Planta de concentración de Telamayu:** Era la principal planta metalúrgica de la Empresa Minera Quechisla, con una instalación capaz de tratar estaño, plata, plomo y zinc que eran obtenidos de las minas de Chocaya, Animas y Siete Suyos. Antes de la paralización de sus operaciones, Telamayu realizó diferentes actividades de apoyo a las operaciones mineras de COMIBOL.

### Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para la actividad minera

La contaminación de las aguas de la cuenca de los ríos Cotagaita y Tupiza es originada principalmente por la actividad minera, debido a que el drenaje superficial y subterráneo de las minas, desmontes y pilas de colas desembocan en los cursos de estos ríos sin control.

Este proceso contaminante se acentúa en las partes altas de los ríos, debido a la descarga directa de aguas ácidas y sólidos en suspensión a los cauces principales, ignorando todas las medidas de control que han sido establecidas por la reglamentación de la Ley del Medio Ambiente. El problema se agrava más porque dichas fuentes de contaminación, que

resultan ser los centros de operación minera, al encontrarse bajo la administración de cooperativas mineras, no consideran los problemas ambientales dentro de sus programas y costos de operación, mostrando un panorama de abandono, por cuanto desarrollan una minería incipiente artesanal y de subsistencia (GAD Potosí, 2006).

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

#### CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA

Es obligatorio bajo la norma ambiental vigente realizar la clasificación de cuerpos de agua de una cuenca, que debido a su importancia geográfica, ambiental, productiva sea considerada estratégica.

#### MONITOREO DE LA CALIDAD Y CAUDAL HÍDRICO

El VRHR ha realizado varias campañas de toma de muestra de aguas y posterior análisis físico químico y biológico de los principales cursos de río de la cuenca del río Cotagaita. Lo que constituye una base de datos importante para la gestión de la calidad de agua.

#### PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES MINEROS

Para establecer medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales mineros, es importante contar con un diagnóstico de la contaminación para luego proponer medidas de adecuación ambiental. Por otro lado, es importante evaluar el grado de cumplimiento de la normativa ambiental y determinar cuáles son los factores del poco cumplimiento.

### 5.2.2.4. Agua para el ecosistema

El déficit de agua para los diferentes usos en la cuenca del río Cotagaita, inclusive el ecosistema se hace más evidente en la época seca. La demanda de agua para los usos principales (consumo humano, riego, pecuaria, minería) se incrementa ocasionando una disminución de los caudales de los ríos de la cuenca.

Este déficit de agua afecta negativamente al ecosistema de la cuenca del río Cotagaita. No solamente el ecosistema es afectado, sino que también se deterioran las funciones ambientales que prestan. Por otra parte, la pérdida de diversidad biológica, a consecuencia de la destrucción de los hábitats naturales, la agricultura intensiva o la contaminación son otros efectos negativos de la disminución de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad.

Las aguas residuales urbanas e industriales (minería) en la cuenca no son adecuadamente tratadas, ocasionando la contaminación de los ríos. Esta contaminación se manifiesta en la pérdida de la biodiversidad y el deterioro de las funciones ambientales que brinda la cuenca.

En los afluentes principales de las subcuencas, no existe vegetación acuática superior, ni de macrófitos ni de musgos, con una excepción en las cabeceras de la subcuenca Limeta, con muy poca pendiente y agua cristalina durante todo el año, que es una excepción, por su elevada eutrofización. La ausencia de vegetación acuática es otro signo de la inestabilidad de los ríos. Pero se observan algas filamentosas en la mayoría de los lechos, principalmente en los brazos laterales con velocidad del agua reducida, y durante la época seca con niveles bajos de agua, también en los lechos principales. Esto indica, un posible proceso de eutrofización en muchos de los ríos de la cuenca.

Otro factor que afecta la disponibilidad de agua en la cuenca Cotagaita es la degradación de las áreas de recarga hídrica de las fuentes de agua permanentes (vertientes, ojos de agua), principalmente a causa de la pérdida de la cobertura vegetal en las cabeceras de cuenca, fondos de quebrada y áreas de recarga.

La cobertura vegetal natural está disminuyendo debido a una tala indiscriminada, el sobrepastoreo y la habilitación de nuevas áreas de cultivo, asimismo, se utiliza para leña y elaboración de carbón para uso familiar. Sin embargo, se puede encontrar áreas reducidas de vegetación arbórea, arbustiva, herbácea y gramínea, distribuidas en los diferentes pisos altitudinales de la cuenca.

La disminución de la cobertura vegetal está influyendo en la conservación del ecosistema, reducción de los hábitats para la vida silvestre, los medios naturales de protección del suelo y el almacenamiento del agua, los mismos que cumplen un rol importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico de la cuenca.

El total de deforestación entre 2010 y 2018 es de 170 Km, que corresponde a 12,22% de la superficie total. Esta tasa de deforestación podría deberse al incremento de la población y mayor uso de los recursos forestales, a causa del incremento de la actividad minera en la cuenca del río Cotagaita.

La progresiva pérdida de la cobertura vegetal ha agravado los procesos erosivos y ha provocado la disminución de la capacidad de infiltración de los suelos, consecuentemente la recarga de los acuíferos y el caudal de las vertientes ha disminuido en los últimos años. La mayor variabilidad por efecto del cambio climático ha acentuado la problemática de disminución de la disponibilidad de agua para el ecosistema y demás usos.

## Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

### DESARROLLO SOSTENIBLE AGROPRODUCTIVO BAJO ENFOQUE DE GESTIÓN DE CUENCAS

La degradación de suelos está afectando de manera significativa la producción agropecuaria en la zona alta y media de la cuenca disminuyendo el rendimiento de los cultivos básicos y la producción generadora de ingresos, motivo por el cual es necesario promover el desarrollo de una agricultura resiliente al clima que prevea entre otras acciones la conservación de suelos para mantener, recuperar y/o mejorar las condiciones de fertilidad y reducir los procesos erosivos.

### PRODUCCIÓN PECUARIA CON MENOR AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE (GANADO CAPRINO Y OTRAS ESPECIES)

En las partes altas de la cuenca predomina el ganado camélido y en menor proporción el ovino, y en las partes bajas predomina el ganado caprino, ovino y bovino. Es importante ejecutar acciones de manejo de praderas, manteniendo la carga animal adecuada, especialmente para el ganado caprino.

### MANEJO Y RECUPERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

Se ha incrementado el uso para leña y elaboración de carbón vegetal a partir de los árboles de keñua y churquis presentes en la cuenca. Esto ha llevado a una pérdida de estos bosques nativos por lo que es necesario su manejo y/o conservación.

### PROTECCIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA

Las áreas de recarga son de suma importancia en el ciclo hidrológico y desarrollo de los ecosistemas de la cuenca. Son en estas zonas donde el agua de lluvia se infiltra en el suelo y alimentan a manantiales y "ojos de agua".

### 5.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica

Además del cambio climático, es evidente que existen otras condicionantes en la cuenca que generan un importante grado de incertidumbre sobre la disponibilidad de los recursos hídricos para los diferentes usos. La disponibilidad de agua no depende solo del resultado del ciclo hidrológico, donde la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración, además del uso del suelo, la cobertura vegetal y el estado de conservación de la cuenca, sino también de los cambios tecnológicos y socioeconómicos que vayan a producirse en el futuro.

### 5.3.1. Factores demográficos

La población de la cuenca Cotagaita se encuentra distribuida en los municipios de Atocha, Cotagaita, Tomave y Tupiza. Es necesario poner de manifiesto que dentro de la cuenca se encuentra parte del municipio de Uyuni, siendo este espacio territorial sin ningún asentamiento poblacional.

En el diagnóstico de la cuenca no existe información sobre el crecimiento demográfico ni sobre los procesos de migración externa, ni interna. Se presume que la situación es similar a otras cuencas rurales, existe una migración hacia los centros urbanos más importantes, incrementándose la demanda de agua para consumo humano. Con el crecimiento de la población también aumenta la contaminación por aguas residuales y residuos sólidos.

Los principales retos vinculados a los factores demográficos están relacionados con la ampliación de la cobertura de los servicios de agua potable, el mejoramiento de la calidad de agua para consumo humano y la ampliación de la cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales.

Será fundamental también proteger las áreas de recarga hídrica de las fuentes de agua, estas acciones permitirán asegurar la disponibilidad de agua.

### 5.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica

El diagnóstico institucional refleja una débil coordinación y concurrencia entre el Gobierno Nacional, Departamental y Municipal, en relación con la gestión del agua y manejo integral de cuencas.

El GAD Potosí y los gobiernos municipales tiene debilidades técnicas, logísticas, institucionales y operativas que no cumplen sus funciones para responder de la mejor manera las demandas de los usuarios a través de una adecuada gestión integral del agua y recursos naturales en la cuenca.

El diagnóstico de la cuenca también resalta la problemática de información incipiente, dispersa y de difícil acceso. Existe un conjunto de instituciones públicas (ministerios, gobernación, municipios, universidades) y privadas (ONGs, fundaciones) que han desarrollado estudios sobre diferentes temas vinculados a la problemática ambiental y de recursos hídricos en la cuenca Cotagaita que se encuentran dispersos o son de difícil acceso.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

## CONFORMACIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA PLATAFORMA INTERINSTITUCIONAL DE GESTIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO COTAGAITA

La gobernanza del agua en la cuenca será fortalecida a través de la implementación del Plan Director de la Cuenca del río Cotagaita, con la activa participación del Gobierno Departamental de Potosí y los cinco Gobiernos Autónomos Municipales (Cotagaita, Tupiza, Atocha, Uyuni y Tomave) apoyada por el nivel central, en estrecha interrelación con sectores productivos (agropecuarios, mineros, etc.) e instituciones de investigación y otras instituciones con experiencia técnica.

La Plataforma Interinstitucional se constituye en el espacio de articulación, diálogo, coordinación e impulsor para la implementación y desarrollo del Plan Director de la Cuenca del río Cotagaita.

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO COTAGAITA

Es importante contar con un sistema de monitoreo para evaluar el grado de cumplimiento y ejecución de las líneas estratégicas, líneas de acción y actividades específicas del PDC. Este sistema de monitoreo estará a cargo de la Unidad de Gestión del PDC Cotagaita.

## EJECUTAR PROGRAMAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA A NIVEL INSTITUCIONAL

Es importante ejecutar acciones de educación ambiental hídrica a nivel institucional, para lograr la toma de conciencia por parte de los funcionarios públicos y de instituciones no gubernamentales. Por otro lado, se debe difundir los objetivos y metas del PDC Cotagaita a nivel de la población en general que habita en la cuenca del río Cotagaita.

## FORTALECIMIENTO DE INSTANCIAS DEPARTAMENTALES Y MUNICIPALES DE GESTIÓN AMBIENTAL Y CUENCAS

Para coadyuvar con el logro de los objetivos y resultados del PDC Cotagaita, las instancias técnicas a nivel departamental y municipal deben de contar con la capacidad técnica y logística para participar activamente en la su implementación.

### 5.3.3. Cambio climático

Los efectos del cambio climático se manifiestan en la cuenca principalmente en las variables de temperatura y precipitación. Al igual que en otras

regiones del país, se percibe una distribución irregular de la precipitación durante el año, con una concentración de lluvia en pocos meses, con lluvias intensas y de corta duración, por otra parte, el periodo seco se ha prolongado con consecuencias negativas para los diferentes usuarios del agua en la cuenca.

Otro efecto negativo del cambio climático es una mayor recurrencia e intensidad de los eventos extremos, asociados principalmente a la escasez y exceso de agua en la cuenca, que ocasionan daños y pérdidas en los sistemas y medio de vida de las comunidades asentadas en la cuenca del río Cotagaita.

En la cuenca se presentan los siguientes riesgos asociados al cambio climático:

- Inundaciones y riadas; las intensas precipitaciones y concentración en áreas específicas, originan grandes descargas de agua, dando lugar a desbordes y daños materiales aguas abajo, arrastrando materiales que desembocan aguas abajo provocando riadas.
- Granizada; al igual que las heladas su ocurrencia no es posible pronosticarla, generalmente ocurre entre los meses de octubre y marzo, sin embargo, los meses de mayor probabilidad de ocurrencia son octubre y noviembre. Generan grandes pérdidas en la producción agropecuaria y frutícola en la cuenca del río Cotagaita.
- Heladas; ocurren entre los meses de junio a septiembre. Generan grandes pérdidas en la producción agrícola y vitivinícola.
- Sequía; afecta de manera negativa al sector agropecuario y provocando déficit de agua para consumo humano y riego.

#### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cotagaita

## GESTIÓN DE RIESGOS HIDROLÓGICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

En la gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático, el énfasis está en los aspectos de prevención, a través de la promoción de una adecuada gestión de riesgos, la introducción de técnicas e infraestructura climático resiliente, la alerta temprana hidrológica, el respeto a las franjas de seguridad en los márgenes de los ríos, el desarrollo de capacidades y actitudes de prevención en la población como también de las autoridades y la implementación de proyectos de protección contra sequías e inundaciones. Estas medidas se complementan con acciones de carácter emergente como respuesta inmediata a las inundaciones y las sequías.

Por lo tanto, es importante contar con un sistema de alerta temprana integrada que alerte sobre la ocurrencia de estos fenómenos climáticos adversos y que permita reducirla vulnerabilidad frente a los riesgos hidrológicos.

### MEJORAR LA ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA A CAMBIOS CLIMÁTICOS (PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES Y PLAN DE CONTINGENCIAS)

La gestión de riesgos a nivel nacional está regulada por la Ley 602 de riesgos, cuyo principal objetivo es regular el marco institucional y competencial para la gestión de riesgos que incluye la reducción del riesgo a través de la prevención, mitigación y recuperación y la atención de desastres y/o emergencias a través de la preparación, alerta, respuesta y rehabilitación ante riesgos de desastres ocasionados por amenazas naturales, socio-naturales, tecnológicas y antrópicas, así como vulnerabilidades sociales, económicas, físicas y ambientales.

#### 5.4. Indicadores de monitoreo del PDC Cotagaita

A continuación, se detallan las líneas estratégicas, acciones estratégicas e indicadores propuestos en el documento del PDC Cotagaita:

Tabla 12. Líneas estratégicas, estrategias e indicadores del PDC Cotagaita

| LÍNEA ESTRATÉGICA   | INDICADOR   | LÍNEA DE ACCIÓN   | INDICADORES   |
|---|---|---|---|
| Gestión integral del agua para la vida.                                   | Al finalizar el tercer año de implementación del PDC, se ha mejorado la calidad hídrica en al menos dos microcuencas intervenidas.                                  | Clasificación de cuerpos de agua.   | Al tercer año se cuenta con el 80% de los cuerpos de agua clasificados en la cuenca del río Cotagaita.  |
|   |   | Monitoreo de la calidad hídrica.  | Al cuarto año al menos el 75% de los cursos principales tienen registros de monitoreo de calidad hídrica.   |
|   |   | Prevención y mitigación de impactos ambientales mineros.  | Al cuarto año de implementación el 50% de las actividades mineras se han adecuado ambientalmente y cumplen con lo estipulado en sus planes de acción ambiental.   |
|   |   | Recuperar la calidad hídrica de la cuenca.  | Al segundo año de implementación del PDC el 100% de los GAMs y GAD Potosí han considerado en sus POAs acciones estratégicas del Plan Director (Cotagaita, Tupiza, Tomave y Atocha).                         |
|   |   | Innovación de tecnologías limpias.  | Al tercer año se han implementado por lo menos 2 proyectos piloto de tecnologías limpias en actividades mineras.  |
|   |   | Tratamiento de aguas ácidas.  | Al cuarto año al menos el 75% de las emisiones de aguas ácidas provenientes de actividades mineras se enmarcan en el tratamiento de las mismas.   |
| Desarrollo sostenible agro productivo bajo enfoque de gestión de cuencas. | Al finalizar el tercer año el 40% de las unidades productivas de la cuenca conoce y aplica algún sistema de producción en base a resiliencia en gestión de cuencas. | Apoyo a la implementación de prácticas agro-productivas bajo enfoque de manejo integral de cuencas. | Al cuarto año al menos el 75% de los productores agropecuarios realizan buenas prácticas agropecuarias y buenas prácticas de manejo de plaguicidas y fertilizantes químicos- en base a datos de línea base. |
|   |   | Ganadería sostenible.   | Al tercer año se cuentan con 5 proyectos piloto ejecutados y al cuarto año se cuenta con su evaluación pos-ejecución.   |
|   |   | Tecnologías de uso eficiente del agua.  | Al tercer año se cuenta con un sistema de riego pilotos sobre experiencias y propuestas de sistemas eficientes para el uso del agua en la cuenca del río Cotagaita.   |
|   |   | Uso correcto de plaguicidas y disposición final adecuada de fitosanitarios.                         | Al segundo año el 70% de los productores disponen sus envases utilizados de plaguicidas adecuadamente.  |
|   |   | Remediación de terrenos agrícolas a través de sistemas de manejo de suelos.                         | Al cuarto año el 40% de los productores aplican sistemas de manejo de suelos.   |

| LÍNEA ESTRATÉGICA   | INDICADOR  | LÍNEA DE ACCIÓN   | INDICADORES   |
|---|--|---|---|
| Desarrollo de la gestión integral del agua Acciones Estratégicas. | Al finalizar el cuarto año de ejecución del PDC, los actores de la cuenca han incrementado sus capacidades con enfoque de gestión integral del agua en un 50%. | Protección de áreas de recarga hídrica y fuentes de agua.   | Al cuarto año el 40% de las áreas de recarga cuentan con planes de manejo y protección.   |
|   |  | Mejorar el acceso, la eficiencia y calidad de agua para consumo humano.   | Al quinto año se ha mejorado y/o ampliado en un 50% la cobertura de agua de consumo humano en comparación con datos de línea de base.   |
|   |  | Fortalecer la gestión integral de residuos sólidos a nivel municipal (reducción del vertido de residuos sólidos domiciliarios y otros en los cursos de ríos). | Al tercer año cada municipio implementa un programa municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos y al cuarto año se encuentran en proceso de implementación en cada Municipio. |
|   |  | Tratamientos de aguas residuales urbanas .  | Al cuarto año cada municipio cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas (Cotagaita Atocha).   |
|   |  | Investigación aplicada en gestión integral del agua en procesos de producción minera.   | Al tercer año de implementación del PDC se ejecuta al menos un proyecto piloto con tecnologías limpias por municipio.   |
| Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático.               |  | Investigación aplicada en gestión integral del agua en procesos de producción minera.   | Al tercer año de implementación del PDC se ejecuta al menos un proyecto piloto con tecnologías limpias por municipio.   |
|   | Al cuarto año de ejecución del PDC se cuenta con un sistema de alerta temprana en pleno funcionamiento.  | Prevención de desastres naturales y plan de contingencias.  | Al primer año de implementación del PDC se han fortalecido las UGRs y se cuentan con planes de contingencia.  |
|   |  | Cosecha de agua.  | Hasta el cuarto año se han implementado al menos dos proyectos de cosecha de agua en cada municipio.  |
|   |  | Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana.   | Al tercer año se cuenta con un balance hídrico de oferta y demanda local a una escala detallada.  |

| LÍNEA ESTRATÉGICA   | INDICADOR   | LÍNEA DE ACCIÓN  | INDICADORES  |
|---|---|--|--|
| Fortalecimiento institucional y normativo de la cuenca del río Cotagaita. | Al finalizar el primer año de implementación del plan se ha conformado la plataforma interinstitucional y se encuentra en pleno funcionamiento. | Conformación y puesta en operación de una plataforma interinstitucional de gestión de la cuenca del río Cotagaita.                         | Al primer año de implementación del PDC se ha conformado la Plataforma interinstitucional y a partir del segundo año se encuentra en pleno funcionamiento.                             |
|   |   | Implementación de un sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación de la implementación del Plan Director de la cuenca del río Cotagaita. | En el segundo año se cuenta con el sistema de monitoreo funcionando en plenitud y genera reportes semestrales y anuales.   |
|   |   | Ejecutar programas de educación ambiental en gestión integral del agua a nivel institucional.  | El 80% de los actores de la cuenca conocen los objetivos del PDC y cuentan con capacidades para implementar la gestión hídrica y ambiental hasta el tercer año de implementado el PDC. |
|   |   | Fortalecimiento de instancias departamentales y municipales de gestión ambiental y cuencas.  | El 100% de las instancias departamental y municipal se encuentran fortalecidas al finalizar el tercer año.   |
|   |   | Formación de líderes y tomadores de decisiones en gestión integral del agua.   | El 100% de los líderes locales se encuentran capacitados en gestión integral del agua al finalizar el segundo año.   |

Fuente: TENTARA, 2018

## 5.5. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cotagaita

En la siguiente tabla se presenta la propuesta de indicadores de seguridad hídrica para la cuenca Cotagaita, considerando las brechas actuales para la seguridad hídrica que se verifican en esta cuenca, las medidas propuestas en su Plan Director y los indicadores ya previstos para el monitoreo y evaluación del Plan Director de la cuenca.

Tabla 13. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cotagaita

| Dimensión / Condicionantes         | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC   | Indicadores previstos en el Sistema de M&E   | Índices/Indicadores propuestos   |
|------------------------------------|---|--|--|--|
| Agua para consumo humano.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit hídrico.</li> <li>Contaminación por aguas residuales</li> <li>Contaminación por residuos sólidos.</li> <li>Contaminación del agua por actividades mineras.</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar el acceso, la eficiencia y calidad de agua potable.</li> <li>Cosecha de agua de lluvia.</li> <li>Clasificación de cuerpos de agua.</li> <li>Monitoreo de la calidad y caudal hídrico.</li> <li>Fortalecer la gestión integral de residuos sólidos a nivel municipal.</li> <li>Tratamiento de aguas residuales urbanas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).</li> </ul>  | <p>1.1. Índice seguridad hídrica necesidades humanas básicas (SHnhb).</p> <p>1.1.1. % de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.</p> <p>1.1.2. Indicador de escasez hídrica (Snhb).</p> <p>1.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vnhb).</p>   |
| Agua para uso productivo: Riego.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit de agua para el riego.</li> <li>Contaminación minera.</li> <li>Contaminación por aguas residuales.</li> <li>Contaminación por residuos sólidos.</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyo a sistemas de uso eficiente del agua (riego tecnificado).</li> <li>Apoyo a la implementación de prácticas agroproductivas bajo enfoque MIC.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de desarrollo sostenible agroproductivo con enfoque de cuencas (IDSA).</li> <li>Índice de desarrollo de la gestión integral del agua (IDGIA).</li> </ul> | <p>2.1. Índice de seguridad hídrica subsistencia familiar (SHsf).</p> <p>2.1.1. % de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (según instrumentos de planificación formalizados, ejm: PDC).</p> <p>2.1.2. Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (Ssf).</p> <p>2.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vsf).</p> |
| Agua para uso productivo: Minería. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Drenaje superficial y subterráneo de las minas, desmontes y pilas de colas desembocan en los ríos sin control alguno.</li> <li>Minería artesanal con limitada tecnología.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación de cuerpos de agua.</li> <li>Monitoreo de la calidad y caudal hídrico.</li> <li>Prevención y mitigación de impactos ambientales mineros.</li> </ul>   |  | <p>2.2. Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas (SHpe).</p> <p>2.2.1. Indicador de escasez hídrica (Spe) .</p> <p>2.2.2. Indicador de vulnerabilidad (Vpe).</p>   |

| Dimensión / Condicionantes   | Brechas para la SH   | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E   | Índices/Indicadores propuestos   |
|------------------------------|--|---|--|--|
| Agua para el medio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los caudales de los ríos de la cuenca.</li> <li>Deterioran las funciones ambientales (captación, regulación, depuración).</li> <li>Pérdida de diversidad biológica.</li> <li>Degradación de las áreas de recarga hídrica.</li> <li>Pérdida de la cobertura vegetal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo sostenible agro-productivo bajo enfoque de gestión de cuencas.</li> <li>Producción pecuaria con menor afectación al medio ambiente.</li> <li>Manejo y recuperación de la cobertura vegetal.</li> <li>Protección de áreas de recarga hídrica.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de la gestión de la calidad del agua para la vida (IGCA).</li> </ul> | <p><b>3.1.</b> Índice de seguridad hídrica saneamiento (SHsb).</p> <p><b>3.1.1.</b> % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura.</p> <p><b>3.2.</b> Índice de seguridad hídrica calidad hídrica (SHch).</p> <p><b>3.2.1.</b> Índice de control de la contaminación hídrica (Icch).</p> <p><b>3.2.1.1.</b> % de aguas residuales tratadas de manera segura.</p> <p><b>3.2.1.2.</b> Grado de avance en el alcance de los indicadores de la calidad hídrica definidos para cuerpos de agua priorizados.</p> <p><b>3.2.2.</b> Índice de Gestión de Calidad Hídrica (Igch).<br/>Evalúa el grado de avance en la gestión de la calidad hídrica sobre la base de los siguientes coindicadores.</p> <p><b>3.3.</b> Índice de seguridad hídrica protección de los ecosistemas (SHeco).</p> <p><b>3.3.1.</b> Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales).</p> <p><b>3.3.2.</b> Indicador escasez hídrica ecosistemas (Seco) .</p> <p><b>3.3.3.</b> Indicador de vulnerabilidad (Veco).</p> <p><b>3.4.</b> Índice seguridad hídrica MIC (SHmic).</p> <p><b>3.4.1.</b> Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida.</p> |

| Dimensión / Condicionantes    | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E  | Índices/Indicadores propuestos  |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Riesgos asociados a los RRHH. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit hídrico (sequía) en gran parte del año y un exceso de agua (riadas) durante la época húmeda..</li> <li>Mayor recurrencia e intensidad de eventos extremos (heladas y granizadas).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático.</li> <li>Mejorar la adaptación y resiliencia a cambios climáticos (prevención de desastres naturales y plan de contingencias).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de Gestión de riesgos hidrológicos y cambio climático (IGRH-CC).</li> </ul> | <p>F2.1. Índice seguridad hídrica ante sequía (SHsq).</p> <p>Basado en la determinación de: Fracción de la población que no es abastecida de agua potable, sistemas de prevención de sequía, Agua almacenada, Proporción de agricultura de secano, Clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada</p> <p>F2.2. Índice seguridad hídrica ante excesos de agua (SHea).</p> <p>Basado en la determinación de: Infraestructura para el control de excesos de agua, Sistemas de prevención de excesos de agua, Impacto económico debido a excesos de agua, Clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.</p>  |
| Gestión de los RRHH.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Débil coordinación y concurrencia.</li> <li>Debilidades técnicas, logísticas, institucionales y operativas.</li> <li>Información dispersa y de difícil acceso.</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Conformación y operación de una plataforma interinstitucional .</li> <li>Implementación de un sistema de monitoreo del PDC.</li> <li>Ejecutar programas de educación ambiental .</li> <li>Fortalecimiento de instancias departamentales y municipales de gestión ambiental y cuencas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de Fortalecimiento institucional y normativo (IFIN).</li> </ul>             | <p>F1.1. Índice de gobernabilidad hídrica (IGH).</p> <p>Basado en la determinación de los siguientes aspectos en la cuenca: Establecimiento de una Instancia técnica; Gestión de información y conocimiento; Grado de funcionamiento de plataforma; Planificación de la inversión pública; Grado de integralidad del PDC; Grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC.</p> <p>F1.2. Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca (ICG).</p> <p>Basado en la determinación de la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio - productivas (GAD's, GAM's, EPSA's, CAPyS, OGC's, organizaciones de regantes).</p> <p>F1.3. Grado de aplicación de la GIRH.</p> <p>Indica hasta qué punto se aplica la GIRH mediante la evaluación de sus cuatro elementos clave: un entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.</p> |

Fuente: elaboración propia.

# VI. INDICADORES DE SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA CUENCA DEL RÍO CACHIMAYU

## 6.1. Características de la cuenca

La cuenca del Río Cachimayu se encuentra en la cabecera de la macrocuenca del río de La Plata, en la divisoria con la macrocuenca del río Amazonas. Los caudales de la cuenca desembocan al río Pilcomayo y finalmente al río de la Plata, descargando en el Océano Atlántico en la Argentina. El espacio territorial de la cuenca del río Cachimayu culmina en la confluencia con el río Pilcomayo, encerrando un área de 1.667,23 km<sup>2</sup>, cuyo sistema fluvial hídrico presenta cursos principales que transitan de Norte a Sur.

La cuenca Cachimayu ocupa un espacio bi-departamental, entre los departamentos de Potosí y Chuquisaca; tiene una superficie total de 1.667,23 km<sup>2</sup>, 42% corresponden a Chuquisaca y 58% a Potosí. El recurso hídrico superficial es la fuente predominante dentro de la cuenca Cachimayu, siendo la fuente de mayor aprovechamiento para agricultura, ganadería y consumo humano. La dinámica fluvial dentro de la cuenca está dominada por la estacionalidad del clima, causando una gran variabilidad de los caudales.

La característica principal de la cuenca Cachimayu es que los límites físicos de la cuenca caen fuera de los

límites administrativos departamentales. El territorio de la cuenca abarca un total de cuatro municipios: dos municipios del departamento de Chuquisaca (Sucre, Yotala) y dos municipios del departamento de Potosí (Ocurí, Ravelo).

La parte alta de la cuenca (cabecera) pertenece administrativamente al departamento de Potosí (58%) y presenta una densidad poblacional baja (6,3% de la población total de la cuenca), desde la visión administrativa y de derechos tradicionales de los recursos, se genera un escenario complejo entre los actores de la cuenca, las subcuencas y los usos.

Las precipitaciones anuales varían entre 900 mm en el Noreste, hasta valores de 400 mm al Sur de la cuenca. El régimen hidrológico se caracteriza por una estación seca (mayo a octubre) y una estación húmeda (diciembre a marzo), caracterizada por un corto ciclo de lluvias y un largo periodo de estiaje (clima semiárido).

En el periodo 1978 y 2018, la cuenca Cachimayu presenta una temperatura promedio espacial máxima de 21°C, media de 13°C y mínima de 4°C. La variabilidad espacial de la temperatura está ligada directamente con la elevación existente.

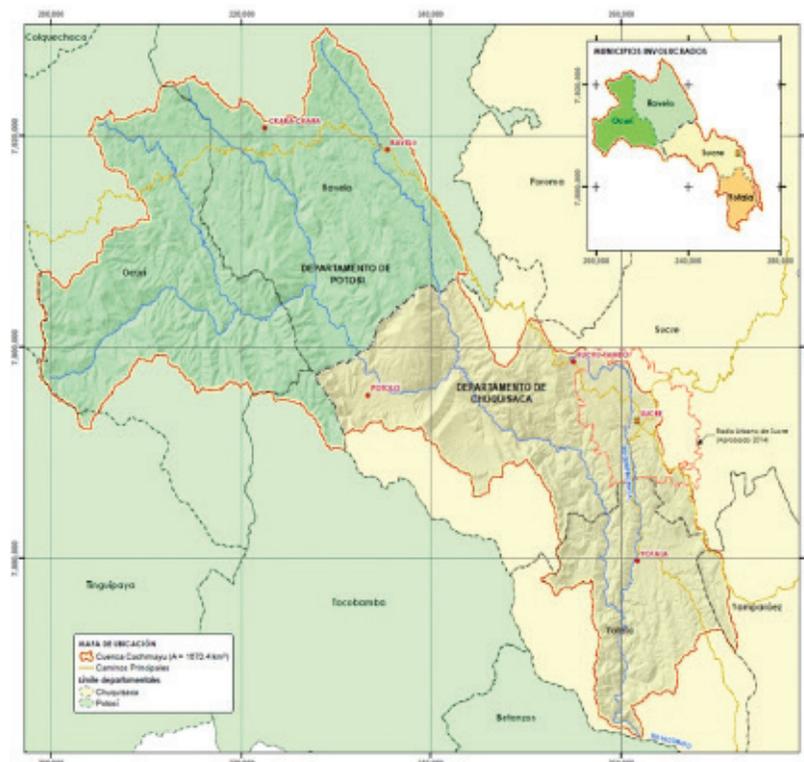


Figura 16. Cuenca del río Cachimayu

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Código Pfafstetter           | 8668   |
| Departamentos                | Potosí y Chuquisaca  |
| Municipios                   | Sucre, Yotala, Ocurí, Ravelo   |
| Subcuencas                   | 9 subcuencas: Ñujchu, Yotala, parte baja Ravelo, Ravelo, Sacopaya, Corral Mayu, Tomuyo, Percas Mayu, Maragua                           |
| Cursos Principales de río    | Tomuyo, Ravelo, Cachimayu, Quirpinchaca y Yotala   |
| Red Hídrica                  | Ríos Corhuariri, Yurimata, Percas Mayu, Tomoyo, Ravelo, Tawarreja, Corral Mayu, Chillcani, Teja Huasi, Cachimayu, Quirpinchaca, Yotala |
| Área                         | 1670,20 km <sup>2</sup>  |
| Perímetro                    | 430,61 km  |
| Elevación                    | 2325 msnm (mínima) 4633 msnm (máxima)  |
| Longitud cauce principal     | 124,20 km  |
| Características de la cuenca | Pendiente media cauce principal 1,86%<br>Índice de compacidad 2,97 / Índice de forma 1,27  |
| Población nivel urbano       | 272.777 habitantes (88,9%)   |
| Población urbana intermedia  | 7.143 habitantes (2,3%)  |
| Población rural              | 26.858 habitantes (8,8%)   |
| Población total en la cuenca | 306.778 habitantes   |
| Productos cultivados         | Papa, maíz, cebada, trigo, oca, papaliza, haba y tarwi   |
| Ganado predominante          | Ovino, caprino, vacuno   |

## 6.2. Situación de los recursos hídricos en la cuenca

### 6.2.1. Disponibilidad del agua (calidad y cantidad)

A partir de la escurrentía, se puede evidenciar que la subcuenca Ravelo es la que tiene mayor oferta hídrica, el mayor coeficiente de escurrentía de 0,4 y el mayor caudal específico de 11,5 L/s/km<sup>2</sup>. Con una precipitación promedio de 885 mm al año, la cuenca produce una escurrentía promedio anual de aproximadamente 3,22 m<sup>3</sup>/s. La variación mensual de la escurrentía está directamente relacionada con la ocurrencia de lluvias (noviembre a abril), teniendo los picos de escurrentías mayores a 10 m<sup>3</sup>/s en los meses de enero y febrero, y valores bajos de aproximadamente 0,5 m<sup>3</sup>/s en los meses de junio y septiembre.

En la dirección Noroeste, siguiendo a la cuenca Ravelo, la oferta hídrica de las subcuencas de Corral Mayu, Percas Mayu y Maragua disminuye, y se presentan caudales promedio anuales entre 1,5 a 1,3 m<sup>3</sup>/s. Se observa también que el caudal específico en estas subcuencas disminuye de 8,8 L/s/km<sup>2</sup> en la subcuenca de Corral Mayu, 6,6 L/s/km<sup>2</sup>, en la subcuenca de Percas Mayu llegando hasta 5,8 L/s/km<sup>2</sup> en la subcuenca de Maragua. En estas subcuencas, también se ve marcada la variación mensual, presentándose picos de 3 y 5 m<sup>3</sup>/s en los meses de enero y febrero, y valores bajos uniformes de 0,2 y 0,3 m<sup>3</sup>/s en la época invierno.

Desde los orígenes del río Percas Mayu (subcuenca Tomuyo) recorriendo hacia el Sur, el curso principal del margen oeste pasando por los ríos Tomuyo, Ravelo, Cachimayu, finalmente conformando el río Yotala, las subcuencas presentan una producción hídrica similar, con caudales específicos anuales promedio de 5,1 y 5,6 L/s/km<sup>2</sup> y coeficientes de escurrentía entre 0,28 y 0,29. A partir de las escurrentías promedio anuales, se evidencia una relación con su superficie, pues las subcuencas de Sacopaya y Ravelo Bajo presentan caudales aproximados de 1,1 m<sup>3</sup>/s, mientras que las subcuencas de Tomoyo y Ñucchu presentan valores de 0,3-0,4 m<sup>3</sup>/s.

La subcuenca Yotala tiene un caudal específico de 5,1 l/s/km<sup>2</sup>, semejante a la cuenca de Ñucchu y un poco menor que la subcuenca Ravelo Bajo. Si bien esta subcuenca presenta una precipitación y evapotranspiración semejante a la subcuenca Ravelo Bajo, su escurrentía promedio de 1,1 m<sup>3</sup>/s es menor debido a un menor coeficiente de escurrentía (0,26) que incidiría en la recarga de acuíferos que actualmente son aprovechados en la cuenca. La variación estacional de la escurrentía es también evidente con picos de hasta 3 m<sup>3</sup>/s en época de lluvias y caudales de 0,2-0,3 m<sup>3</sup>/s.

Cabe mencionar que además de su oferta hídrica, la subcuenca Yotala recibe aguas trasvasadas de la subcuenca Ravelo y de las subcuencas Cajamarca para satisfacer la demanda de agua de la ciudad de Sucre. En total, esta subcuenca recibe un caudal de

0,36 m<sup>3</sup>/s de Ravelo y un aproximado de 0,03 m<sup>3</sup>/s (25 l/s) de Cajamarca. Sin embargo, este caudal no es constante y está influido por la disponibilidad del caudal, el estado de funcionamiento y la capacidad de las obras de toma y de conducción.

## 6.2.2. Usos del agua

### 6.2.2.1 Agua para consumo humano

La cobertura de agua para consumo en las comunidades rurales y centros urbanos intermedios de la cuenca Cachimayu es limitada. Cerca de 65% de las familias que habitan en comunidades rurales recibe el servicio de agua a través de cañerías conectadas a una red; el resto de las familias es abastecido mediante piletas públicas, agua de lluvia, ríos, vertientes o acequias. También una pequeña proporción de viviendas se abastece de pozos o norias sin bomba. En los centros urbanos intermedios, la población que recibe el abastecimiento de agua a través de una red de distribución y sus acometidas domiciliarias alcanza a 77%.

En la gran mayoría de los casos, la dotación de agua para consumo es baja, cubriendo apenas las necesidades de alimentación e higiene de manera precaria, principalmente en la época de estiaje donde es necesario un alto racionamiento, teniendo que recurrir la población a otras fuentes, como pozos a orillas de los ríos, aguas de los ríos y quebradas. Existe la preocupación manifiesta de los pobladores de que con el transcurso de los años va disminuyendo la cantidad de agua que producen las vertientes, debido al cambio climático.

En cuanto a la ciudad de Sucre, si bien el servicio de agua potable demuestra un desempeño y cobertura aceptable, este es relativo solo al área de licencia de ELAPAS. En realidad, actualmente entre el 85% al 87% de la población es atendida, dejando alrededor de 17% de la población sin acceso directo al servicio, que debe recurrir a la dotación mediante cisternas. A este grupo pertenecen sobre todo nuevas urbanizaciones que no están regularizadas.

### Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para consumo humano

#### Problemática población urbana

Actualmente, la situación del servicio se puede resumir en los siguientes aspectos:

- La fuente aún sigue siendo vulnerable a un eventual período de estiaje que pueda presentarse, sin descartar una probable intervención en la cuenca alta que pueda afectar el caudal de captación.

- Actualmente el servicio de agua cubre 83% de la población, dejando un 17% sin acceso directo al servicio. Existen urbanizaciones fuera de esta área que no están regularizadas, situación que no permite realizar una ampliación, sin previamente realizar el trámite de Autorización de Ampliación de Áreas de Servicios.
- Aún persiste el problema con algunas zonas altas en cuanto a un suministro racionado y con deficiencias de presión especialmente en la época de estiaje. Sin embargo, una mayor parte de las zonas tiene continuidad que en promedio es del 97.7% (junio 2018).

#### Problemática urbana intermedia

- Las aguas son de vertientes, su mantenimiento es precario, en la mayoría se realiza mantenimiento correctivo. El agua es escasa, principalmente en época de estiaje, se acentúa a medida que transcurren los años. Los usuarios perciben la disminución de caudal por el cambio climático.
- Ningún sistema realiza el proceso de desinfección, si se requiere con carácter preventivo.
- El costo no cubre una operación y mantenimiento adecuados. Cuando se requiere un mantenimiento más significativo del sistema no es posible, y se debe recurrir al municipio.
- Solo el municipio de Yotala cuenta con medidores domiciliarios, el resto no tiene, es una debilidad para el cobro justo del servicio de agua y su uso racional.
- La gestión del servicio en ninguno de los casos es sostenible, por la cantidad de usuarios principalmente.

#### Problemática rural

- Por las características de la cuenca Cachimayu, los sistemas de abastecimiento captan aguas de vertientes ubicadas en las partes medias y altas de montaña. Las captaciones no cuentan con protección y son vulnerables a la contaminación. El agua de estas vertientes generalmente es limitada para la demanda. Durante la época de lluvia en la mayor parte de las comunidades, se produce incremento de la turbiedad por el tipo de captación, generalmente se colmata.
- Ninguna comunidad realiza el proceso de desinfección del agua.
- La continuidad del servicio está comprometida por la escasez de agua y en la época de estiaje

se ven obligados a recurrir a fuentes alternativas como pozos a orillas del río y aguas de río.

- Las tarifas no cubren los costos de operación y mantenimiento adecuados.
- Ninguna de las comunidades tiene medidores domiciliarios, lo cual, es una debilidad para el cobro justo del servicio de agua y su uso racional.

La contaminación es un problema importante que afecta la disponibilidad de agua en la cuenca Cachimayu, las causas se enuncian a continuación:

- Descargas directas sin tratamiento y con tratamiento parcial del sistema de alcantarillado. Sucre cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, pero no se trata la totalidad de las aguas generadas en la ciudad. Una parte es descargada sin tratamiento.
- Los centros poblados urbanos intermedios no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Descargas de redes de alcantarillado que tienen cámaras sépticas que no funcionan adecuadamente, por falta de mantenimiento.
- Descargas directas de redes de alcantarillado a las quebradas en sectores donde no es posible su conexión al sistema central de alcantarillado sanitario por dificultades con el relieve del terreno.
- Con relación a la basura, existen sistemas de recolección en Ravelo, Ocurí y Yotala, se recoge la basura en camionetas y volquetas, y se dispone la basura a cielo abierto.
- La disposición final de la basura se realiza en un botadero a cielo abierto. Usualmente, se incinera la basura almacenada aproximadamente una vez al mes.
- Algunas poblaciones no tienen sitios para la disposición final, la basura es quemada o llevada a terrenos baldíos.

### Acciones/medidas propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

#### SISTEMAS DE DOTACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO

Esta acción considera la implementación de sistemas de agua potable en toda la cuenca y la ampliación de su cobertura de servicio, se constituye en una necesidad primordial el poder satisfacer las demandas de consumo de la población asentada en el área de la cuenca. A continuación, se detallan las medidas planteadas:

- Sucre III agua potable ciudad de Sucre
- Implementación de sistemas de agua potable en centros poblados intermedios
- Implementación de sistemas de agua potable en comunidades rurales

#### CLASIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO DE CUERPOS DE AGUA

Esta acción está orientada a contar con una clasificación de los cuerpos de agua de la cuenca, tomando como referencia los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, priorizando los diversos usos y los criterios de protección y conservación de la calidad de los recursos hídricos. Las medidas específicas a ser desarrolladas son las siguientes:

- Inventario de los cuerpos de agua de la cuenca Cachimayu
- Clasificación de los cuerpos de agua de la cuenca Cachimayu

#### MONITOREO DE LA CALIDAD HÍDRICA

El monitoreo de calidad del agua es el control de los parámetros de interés de un curso de agua, siguiendo un orden y metodología rigurosos, para conocer su calidad y cantidad; y así poder tomar decisiones más informadas sobre cómo gestionarlo. Como parte del Plan Director de la cuenca del río Cachimayu, se han previsto las siguientes medidas:

- Establecimiento de la red de monitoreo de la calidad hídrica de la cuenca Cachimayu
- Implementación de dos campañas anuales de monitoreo de la calidad hídrica de la cuenca Cachimayu

#### ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Esta medida considera la implementación de medidas de saneamiento básico, las cuales son importantes para la salubridad y reducción de la contaminación ocasionada por el crecimiento de la población. Los servicios de alcantarillado sanitario tienen un impacto directo en la calidad de vida de la población beneficiaria en aspectos relacionados principalmente con la salud y el medio ambiente. Las enfermedades de origen hídrico son las principales responsables de la ocurrencia de episodios de diarrea, morbilidad y mortalidad de los niños.

La ausencia de sistemas de alcantarillado en centros poblados está asociada generalmente con

la proliferación de roedores, alimañas e insectos portadores y transmisores de enfermedades de carácter endémico. A esto, se suma el deterioro del medio ambiente por la contaminación de ríos, quebradas, el manto acuífero, los olores y el paisajismo.

Las medidas planteadas dentro de esta línea de acción son las siguientes:

- Sucre IV alcantarillado sanitario ciudad de Sucre
- Implementación de sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento de aguas residuales para centros poblados intermedios

## PREVENCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Las medidas planteadas son las siguientes:

- Implementación de rellenos sanitarios para centros poblados intermedios

### 6.2.2.2 Agua para riego

Durante la fase de diagnóstico se ha realizado el inventario de sistemas de riego en toda la cuenca del río Cachimayu. Se ha logrado identificar 95 sistemas de riego y microriego, cuyas fuentes de agua son las tomas en los ríos, las represas, vertientes y galerías filtrantes.

Según el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, en la cuenca Cachimayu se han identificado 16.332 hectáreas con cobertura de uso agrícola múltiple, de esta superficie 4.757 hectáreas se encuentran bajo influencia de sistemas de riego, es decir, pertenecen a una determinada fuente de agua que permiten aplicaciones de riego parcial, donde la producción se realiza con riego deficitario generalmente.

### Problemática relacionada con la disponibilidad de agua (calidad y cantidad) para riego

Las principales causas de orden técnico que ocasionan un déficit de agua para la producción agrícola en la cuenca están relacionadas con el mal estado que presenta la infraestructura de riego, así como con deficiencias de diseño que resultan en su inadecuado funcionamiento. Es el caso de los sistemas de riego cuyas fuentes de agua son las presas, que han tenido problemas de carácter técnico en la fase inicial de su operación, principalmente relacionados con la sedimentación y roturas de tubería en la red de riego. Similares problemas tienen varios sistemas de microriego que no están operando debido a problemas en las captaciones, conducción y la red de distribución.

Otro problema relacionado con la escasez de agua para la producción es la baja cobertura y eficiencia de muchos sistemas de riego, debido a que en la mayoría de estos se aplican métodos de riego por gravedad (inundación, surcos y pocetas).

También constituye un problema la baja capacidad de almacenamiento de los embalses que existen en la cuenca, situación agravada por la sedimentación o colmatación de estas estructuras, lo que reduce su capacidad de almacenamiento/regulación y en consecuencia, la disponibilidad de agua para riego.

La baja disponibilidad de agua en las fuentes especialmente en la época de estiaje; los periodos prolongados de sequía, así como la ocurrencia de lluvias torrenciales y riadas que ocasionan el arrastre de sedimentos, la ocurrencia de deslizamientos y otros eventos que ocasionan daños a la infraestructura de riego, también constituyen factores que contribuyen a la escasez de agua para la producción.

Finalmente, el déficit de agua para riego también se relaciona con el crecimiento de los principales centros poblados y urbanos, lo que genera competencia por el recurso; la ampliación de la frontera agrícola, principalmente de áreas bajo riego; la intensificación de la producción, la sobreexplotación de pozos y cauces naturales de agua.

Cabe mencionar la baja disposición de los usuarios para realizar aportes para la operación y mantenimiento adecuado de los sistemas de riego existentes, así como la existencia de conflictos por el uso y acceso al agua diferentes niveles: entre la ciudad de Sucre y municipios - comunidades vecinas; entre comunidades rurales; entre propietarios de tierras donde se localizan las fuentes de agua y usuarios; así como por intereses de grupos colectivos y familias.

A futuro y tomando en cuenta los impactos del cambio climático, se espera que la escasez de agua para la producción se torne más crítica, debido al incremento de la población demandante de agua, la construcción de nuevos sistemas de riego que tienden a intensificar la producción bajo riego, la reducción de los caudales de las fuentes de agua (ríos y vertientes) y la mayor evapotranspiración de los cultivos que resulta en una mayor demanda de agua.

Por otra parte, la contaminación por aguas residuales inadecuadamente tratadas está afectando la calidad del agua, principalmente en la parte media y baja de la cuenca, condicionando su uso para consumo humano y riego.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

## SISTEMA DE DOTACIÓN DE AGUA PARA RIEGO

Durante el proceso de elaboración del Plan Director de la Cuenca Cachimayu, se han identificado cuatro tipologías de proyectos que se describen a continuación:

- Sistemas de riego estratégicos
- Sistemas de riego de dimensión media, de competencia municipal
- Sistemas de riego menores
- Sistemas de riego familiares

## REÚSO DE AGUAS RESIDUALES

El reúso de agua residual es una solución al problema de la escasez de agua puesto que se liberan recursos de agua para otros usos o para su conservación.

- Reúso de aguas de la PTAR Campanario para floricultura.

## PROYECTOS/MEDIDAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

Estas medidas buscan revertir los procesos erosivos de los suelos destinados a la agricultura, implementando para ello medidas físicas de protección de suelos, como construcción de terrazas de banco, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, zanjas de coronamiento, en combinación con prácticas agronómicas como establecimiento de barreras vivas, incorporación de abonos orgánicos, manejo orgánico de cultivos, siembra en curvas de nivel. Contribuyen a mejorar la infiltración del agua de escorrentía superficial, reducir los procesos de erosión laminar y en surcos, mejorar la fertilidad del suelo y diversificar la producción, permitiendo de esta manera el uso sostenible del recurso suelo en la cuenca del río Cachimayu.

- Formulación y ejecución de proyectos de manejo, conservación y recuperación del potencial productivo de suelos

### 6.2.2.3. Agua para otros usos productivos (minería)

En la subcuenca Maragua existen actividades mineras que, aunque a pequeña escala, merecen atención, pues ya empiezan a contaminar los recursos hídricos de esta subcuenca, situación que a futuro puede agravarse por la ampliación de esta actividad, constituyendo un riesgo para la población que aguas abajo accede a este recurso para fines de consumo y productivos.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

## GESTIÓN DE RESIDUOS DE EXPLOTACIÓN MINERA

Un aspecto que en particular preocupa es que, aunque el río Maragua confluye con el río Ravelo aguas debajo del sitio de ubicación de la captación del canal Ravelo (que actualmente dota de agua la ciudad de Sucre) y del futuro sitio de ubicación de la presa Tumpeka, sí afecta a la captación del sistema de bombeo Fisculco, que ya está iniciando sus operaciones de dotación de agua a Sucre, además de varios otros sistemas de dotación de agua, incluyendo al futuro sistema multipropósito Socapampa - Yotala. En el PDC se plantean las siguientes acciones específicas:

- Estudio de evaluación de los procesos de contaminación minera en la subcuenca Maragua
- Implementación de diques de cola en zonas mineras de la subcuenca Maragua

### 6.2.2.4. Agua para el ecosistema

El déficit de agua en la cuenca se manifiesta en las vertientes y otras fuentes de agua que, por efecto del cambio climático presentan caudales base cada vez más bajos, que en muchos casos han llegado a secarse afectando de manera directa a las familias que viven en la cuenca, la flora, la fauna silvestre y a los ecosistemas en general. Esta escasez de agua se torna crítica para los ecosistemas ante la prioridad que se otorga a otros usos del agua y ante la debilidad institucional que existe para planificar y aplicar normativas en torno a la gestión integral y sustentable de los recursos hídricos.

A futuro se prevé que el problema de déficit de agua para los ecosistemas se torne más crítico, por los efectos del cambio climático que determinarán una disminución de caudales en las fuentes de agua existentes, la ampliación de la frontera agrícola, la mayor demanda de agua para consumo y la pérdida progresiva de la capacidad de regulación hidrológica de la cuenca, ante los procesos que se evidencian de degradación del suelo y de cobertura vegetal.

La pérdida progresiva de las funciones hídricas ambientales de la cuenca del río Cachimayu, en particular la disminución de su capacidad de regulación hidrológica está relacionada principalmente con la degradación de los suelos agrícolas y no agrícolas, y con la pérdida de la cobertura vegetal.

El principal problema de degradación identificado en la cuenca es la erosión de los suelos agrícolas y no agrícolas, que afecta con mayor severidad a las subcuencas Ravelo y Perkas Mayu, donde se ha verificado la existencia de una gran cantidad de cárcavas. Esta situación es agravada por prácticas agro-productivas como la siembra en laderas con

pendientes elevadas, la aplicación inadecuada de métodos de riego por gravedad y el uso intensivo de suelos, entre otras. En suelos no agrícolas, la tala indiscriminada y deforestación, así como el pastoreo extensivo no controlado ocasionan la pérdida de la cobertura vegetal y la consecuente erosión de los suelos desprotegidos.

Otros problemas que se han identificado respecto a la degradación de los suelos agrícolas son:

- i) Procesos de compactación como consecuencia del uso intensivo de maquinaria agrícola en suelos frágiles y de la aplicación desmedida de gallinaza como abono
- ii) la pérdida del contenido de materia orgánica de los suelos y alteraciones de su pH, a causa del uso excesivo e indiscriminado de fertilizantes químicos y productos fitosanitarios
- iii) la contaminación de tierras agrícolas debido al riego con aguas contaminadas, principalmente por descargas urbanas, presentándose también el caso de la salinización de los suelos, conocida localmente como "capa rosa", a consecuencia del riego con aguas naturalmente salinas.

Por otra parte, tanto los suelos agrícolas como no agrícolas se ven afectados por procesos de contaminación ocasionados por la disposición inadecuada de basura, desechos plásticos y otros residuos sólidos, problema que se acentúa en las cercanías de centros poblados y comunidades concentradas, como Yotala, Ravelo, Ocurí, Maragua y Potolo.

Como ya se mencionó, la pérdida de la cobertura vegetal se debe principalmente al pastoreo extensivo no controlado y a la tala indiscriminada de especies nativas e introducidas, principalmente con el fin de habilitar nuevas tierras, obtener leña y madera para la construcción, prácticas depredadoras que son asociadas con el poco interés y motivación de las familias por la forestación y reforestación.

Los problemas de degradación de los suelos y pérdida de la cobertura vegetal tienden a intensificarse a futuro, por el crecimiento de la frontera agrícola con el consecuente incremento de la agricultura atemporal e intensificación de la agricultura bajo riego, así como por el incremento previsto de la población urbana de Sucre y de ciudades intermedias como Ravelo, Yotala, Ocuri, por lo que se espera un incremento significativo de la producción de basura y de descarga de aguas residuales.

La contaminación por aguas residuales y residuos sólidos también tiene sus efectos negativos sobre el ecosistema, la flora y la fauna.

## Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

### PROYECTOS/MEDIDAS DE FORESTACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

De manera general, estas medidas de forestación y reforestación están orientadas a incrementar la cobertura vegetal con fines de protección, conservación y restauración de ecosistemas degradados y aprovechamiento forestal sostenible en la cuenca.

Al reponer la cobertura vegetal en áreas degradadas, se busca proteger los suelos de la erosión hídrica, disminuyendo el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y el arrastre de sedimentos hacia la parte baja y los cauces naturales. Asimismo, las raíces de los árboles y arbustos establecidos permitirán mejorar las condiciones de infiltración del agua en el suelo, restableciendo las funciones naturales de captación, almacenamiento y regulación, principalmente de las cabeceras y áreas de recarga de la cuenca del río Cachimayu.

- Formulación y ejecución de proyectos de forestación/reforestación en áreas degradadas

### PROYECTOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS Y MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS (GIRH/MIC)

Los proyectos GIRH/MIC han sido priorizados con la finalidad de abordar la compleja problemática de degradación de los recursos naturales, que ocasiona la pérdida progresiva de las funciones hídrico-ambientales de la cuenca del río Cachimayu. Para afrontar esta situación se plantean propuestas integrales que contribuyan al restablecimiento de las condiciones naturales de la cuenca, a través del manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, posibilitando el mejoramiento de la disponibilidad de agua, la protección de áreas de recarga hídrica y la recuperación de áreas degradadas, la recuperación del potencial productivo de los suelos, el mejoramiento de la productividad y de los ingresos de las familias campesinas.

- Formulación y ejecución de Proyectos de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) y Manejo Integral de Cuencas (GIRH)

### ACCIONES DE PROTECCIÓN Y MANEJO DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA

Esta medida se ha priorizado con la finalidad de contribuir a resolver la problemática de disminución del caudal de las vertientes. Esta problemática de escasez de agua es agravada por los efectos negativos del cambio climático y la degradación de áreas de

recarga hídrica, debido a la pérdida de la cobertura vegetal y procesos erosivos por acciones antrópicas, que ocasionan la disminución de la capacidad de infiltración del suelo y una menor recarga de los acuíferos.

La disminución prematura de la capacidad de almacenamiento de los embalses y consecuentemente la disminución de la disponibilidad de agua para riego y otros usos, es otro de los problemas identificados en la cuenca. En respuesta a esta problemática se ha priorizado la implementación de proyectos de manejo de cuencas de aporte de represas, con la finalidad de prolongar la vida útil de los embalses y garantizar la disponibilidad de agua para diferentes usos.

- Formulación y ejecución de proyectos de protección de áreas de recarga hídrica y fuentes de agua
- Elaboración y ejecución de proyectos de manejo de cuencas de aporte de represas

### 6.3. Factores condicionantes (incertidumbre) para la seguridad hídrica

#### 6.3.1. Factores demográficos

En el espacio territorial de la cuenca del río Cachimayu tiene una composición de población caracterizada donde se distinguen tres categorías: un centro poblado altamente concentrado que es la ciudad de Sucre, otros de concentración y tamaño menor denominados urbano intermedio, que suman 10; y por último las comunidades rurales dispersas (191 comunidades) con menos de 400 habitantes, que de acuerdo al Censo 2012 (modificado para Sucre), suma una población total de 307.721 habitantes en toda la cuenca; cerca de 90% de dicha cifra se concentra en el área urbana de la ciudad de Sucre y el resto de la población ocupa un amplio espacio rural.

Solo el 6,5% del total de la población de la cuenca está asentada en territorio del departamento de Potosí, es decir, 19.845 habitantes (entre rural y urbano intermedio); mientras que el 93,5 % de la población pertenece al departamento de Chuquisaca (siendo mayoritariamente pertenecientes a la ciudad de Sucre - subcuenca Yotala). La población chuquisaqueña dentro de la cuenca suma 287.541 habitantes (según INE 2012 con Sucre corregido).

La tasa de crecimiento poblacional es de 3,1% para el periodo 2012-2016, para el periodo 2017-2021, el índice de crecimiento declina a 2,60 y seguidamente a 2,30 para el periodo 2022 a 2026 y así sucesivamente cada 6 años hasta un índice de crecimiento de 1,10% para el periodo de 2045 a 2050. Estas tendencias de decrecimiento de la tasa anual se asumen luego de analizar la evolución de las tasas intercensales

desde el Censo de 1950, se puede apreciar que este índice crece hasta el año 2001, luego sufre una disminución para el siguiente censo, es decir el crecimiento inicialmente acelerado, sufre una desaceleración, lo que en términos demográficos se conoce como la estabilización del crecimiento o saturación del área.

La tendencia nos muestra además un crecimiento de la población en el centro urbano más grande de la cuenca (ciudad de Sucre) y los centros urbanos intermedios, consecuentemente la demanda de servicios - agua potable y saneamiento básico - se incrementará. Asimismo, se incrementará la generación de aguas residuales y residuos sólidos.

#### 6.3.2. Gobernanza del agua y capacidades institucionales para la gestión de la seguridad hídrica

Gran parte de la problemática relativa a: la escasez de agua para los diferentes usos; la contaminación de los recursos hídricos; la degradación de las funciones hídrico-ambientales de la cuenca y a las condiciones de vulnerabilidad frente a amenazas hidrológicas y climáticas, está relacionada con debilidades que tienen las diferentes instituciones involucradas (gobernaciones, municipios, entidades operadoras, organizaciones productivas y comunales, etc.) para desarrollar e impulsar una gestión efectiva y sustentable de los recursos hídricos y de otros recursos naturales de la cuenca.

Gran parte de la problemática relativa a: la escasez de agua para los diferentes usos; la contaminación de los recursos hídricos; la degradación de las funciones hídrico-ambientales de la cuenca y a las condiciones de vulnerabilidad frente a amenazas hidrológicas y climáticas, está relacionada con debilidades que tienen las diferentes instituciones involucradas (gobernaciones, municipios, entidades operadoras, organizaciones productivas y comunales, etc.) para desarrollar e impulsar una gestión efectiva y sustentable de los recursos hídricos y de otros recursos naturales de la cuenca.

Estas debilidades de las entidades que tienen competencias, mandatos, intereses y/o actuaciones en torno a los recursos hídricos y ambientales de la cuenca, están referidos a la limitada capacidad de varias de estas instancias para:

- i) La gestión estratégica e integral de estos recursos (procesos de planificación y monitoreo de toda la cuenca; articulación, coordinación y acción interinstitucional efectiva)
- ii) La generación, regulación, control y fiscalización de normativas de protección y aprovechamiento de los recursos naturales
- iii) La gestión y financiamiento de programas y proyectos de aprovechamiento hídrico, productivos, GIRH/MIC y ambientales

- iv) La administración, control, operación y mantenimiento de sistemas existentes de aprovechamiento hídrico y saneamiento básico
- v) La gestión de riesgos hidrológicos
- vi) Y como consecuencia de la gestión de riesgos hidrológico, la generación de información; difusión, comunicación y educación ambiental e hídrica de la población, aspecto este último de gran importancia, considerando que gran parte de la problemática hídrica y ambiental de la cuenca, tiene su origen en acciones, malas prácticas, comportamientos y actitudes de sus habitantes.

### Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

#### FORTALECIMIENTO DE LA GOBERNANZA Y LA GESTIÓN INTERINSTITUCIONAL DE LA CUENCA

Esta línea de acción está orientada a operativizar y fortalecer a la Plataforma Interinstitucional de la Cuenca del río Cachimayu, como instancia de coordinación interinstitucional e intersectorial, y espacio de buena gobernanza y gestión participativa de los recursos hídricos y ambientales de la cuenca.

El “fortalecimiento y asesoramiento a la plataforma de gestión de cuencas”; considera medidas referidas a eventos de fortalecimiento al Directorio, al Consejo Técnico y al Consejo Social, con temáticas puntuales y relevantes para el nivel y ámbito de trabajo que tendrán estas instancias de la plataforma.

#### FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES INSTITUCIONALES PARA LA GESTIÓN HÍDRICO - AMBIENTAL DE LA CUENCA

La referida línea de acción está orientada a fortalecer a las diferentes entidades que se constituyen como actores clave de la cuenca, en el ejercicio de sus propios roles, mandatos, competencias y actuaciones en torno a los recursos hídricos, para su buen desempeño en relación con la gestión hídrica y ambiental de la cuenca.

Las “acciones de fortalecimiento y asesoramiento a GADs, GAMs, organizaciones productivas, sociales y de servicios”, incluyen: capacitación a técnicos de GADs y GAMs en planificación estratégica; elaboración, seguimiento y evaluación de proyectos de inversión; elaboración de PTDis para una planificación con enfoque de cuencas; y temas técnicos puntuales como el monitoreo de la calidad hídrica.

A través de esta acción se busca impulsar un mayor conocimiento, comprensión, conciencia e involucramiento de la población en torno a la problemática hídrica ambiental de la cuenca. Las “acciones de difusión, sensibilización y educación en temáticas hídrico - ambientales”, comprenden: eventos de comunicación por medios masivos, para familiarizar a la población con la cuenca, su problemática y necesidades de gestión, generar conciencia y promover participación, además de difundir otros aspectos puntuales, tales como las funciones y roles de la plataforma, y los procesos de gestión para la implementación del PDC.

#### DESARROLLO Y OPERATIVIZACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA

En esta línea de acción se desarrollará y operativizará un sistema como instrumento de generación y procesamiento de información, y de apoyo a la toma de decisiones en torno a la gestión hídrica y ambiental de la cuenca.

#### DESARROLLO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES PARA EL MEJOR CONOCIMIENTO DEL SISTEMA CUENCA

Esta línea de acción tiene por finalidad establecer e implementar una agenda de estudios e investigaciones estratégicas como soporte para la gestión hídrica y ambiental de la cuenca.

Entre los estudios e investigaciones a ser desarrolladas, se plantean: la inventariación y caracterización de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica con fines de protección aprovechamiento; estudios específicos de evaluación y análisis de riesgos hidrológicos (avenidas, disminución de caudales, etc.); estudios referentes a riesgos climatológicos (sequías, granizadas y heladas); inventariación de las fuentes de contaminación, investigaciones específicas relacionadas con el análisis, validación y calibración del potencial de erosión de la cuenca; monitoreo de los procesos de sedimentación en embalses de la cuenca; estudios referidos a la actividad minera y su influencia en las subcuencas localizadas aguas abajo, investigaciones sobre reutilización de aguas residuales y lodos en la producción agrícola bajo riego y estudios para la definición de caudales ecológicos y funciones ecosistémicas en la cuenca.

#### 6.3.3. Cambio climático

La problemática asociada a los riesgos hidro-climáticos en la cuenca del río Cachimayu, se presenta principalmente bajo dos contextos: el de la ciudad de Sucre y el de las zonas rurales de la cuenca.

Los eventos adversos más recurrentes en la ciudad de Sucre son las inundaciones y los deslizamientos. Con respecto a las inundaciones, normalmente se presentan como consecuencia de la aportación abundante y repentina de agua de lluvia, superior a la que puede drenar el sistema de colectores pluviales.

La topografía accidentada de la ciudad de Sucre, la intensidad de las precipitaciones y un deficiente sistema de drenaje ocasionan que varios sectores de la ciudad se vean constantemente amenazados, principalmente puntos de confluencia de calles que se convierten en colectores superficiales, colapsando por completo las bocas de tormenta y el sistema de alcantarillado que además es mixto: de aguas residuales y pluviales. Este problema es muy recurrente y a través de los años ha causado grandes pérdidas.

Con respecto a la ocurrencia de deslizamientos, cabe mencionar que el área urbana del municipio de Sucre se asienta sobre áreas que presentan una topografía accidentada, con ríos y quebradas (cuenca Quirpinchaca) que atraviesan la ciudad, sumado al crecimiento desordenado del área urbana, sin control ni planificación, ha determinado la existencia de áreas vulnerables a este tipo de eventos.

En cuanto a la problemática asociada a los riesgos hidro-climáticos en las áreas rurales de la cuenca del río Cachimayu, es importante destacar que la producción agropecuaria se constituye como la principal actividad económica en estas zonas. Esta actividad es altamente vulnerable ante amenazas climáticas frecuentes tales como heladas (tempranas o tardías), granizadas, periodos de sequía y lluvias torrenciales que generan crecidas de los ríos que llegan a afectar a estructuras de protección de parcelas ubicadas en las riberas de los ríos, principalmente en la subcuenca Sacopaya y en la parte baja de Corral Mayu.

Bajo escenarios de cambio climático se espera que el problema se agrave, por la previsión de una mayor intensidad de las precipitaciones en el futuro, que generarán mayores crecidas de los ríos, presencia de eventos de granizadas y heladas más frecuentes, de mayor intensidad y fuera de época.

Entre los eventos extremos climatológicos existentes en la cuenca Cachimayu se distinguen con predominancias las siguientes: sequías, heladas, granizadas e inundaciones.

Debido al relieve montañoso y a las pendientes moderadas a fuertes encontradas en la cuenca, en la cuenca Cachimayu predominan los eventos de riadas sobre las inundaciones. Sin embargo, se evidenciaron inundaciones en los valles y zonas con baja pendiente como es en el caso de la ciudad de Sucre, cuya amenaza aumenta debido a la impermeabilización de su superficie.

## Acciones propuestas en el Plan Director de la cuenca del río Cachimayu

### SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Dentro de esta línea, se plantean las siguientes medidas:

- **Implementación y puesta en operación del sistemas de alerta temprana, en los municipios de la cuenca del río Cachimayu (Sucre, Yotala, Ravelo, Ocurí).** El objetivo de la alerta temprana es dar poder a las personas y a las comunidades, amenazadas por riesgo de desastres, para actuar con el tiempo suficiente y de una manera apropiada y así reducir la posibilidad de daño personal, pérdida de vidas y daño a la propiedad o su entorno.
- **Fortalecimiento de la red meteorológica en la cuenca Cachimayu.** Se considera el fortalecimiento / complementación de la red meteorológica existente en la cuenca, para satisfacer las demandas de información de los diferentes usuarios, actores y sectores presentes en este espacio territorial.

### PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS HIDROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS

Esta acción específica considera la prevención y reducción de riesgos hidrológicos y climáticos a nivel de toda la cuenca, para lo cual se plantea:

- **Elaboración/actualización de planes de gestión de riesgos municipales (Sucre, Yotala, Ravelo, Ocurí).** Se apoyará a los gobiernos municipales en la elaboración de planes de gestión de riesgos municipales, que constituirán documentos estratégicos y orientadores a ser desarrollados bajo un enfoque integral de toda la cuenca, a ser insertados en el Planes Territoriales de Desarrollo de cada ETA.
- **Proyectos de prevención y reducción de riesgos hidrológicos y climáticos.** Las características naturales de la cuenca del río Cachimayu, propia de cuencas de montaña con topografía accidentada, pendientes pronunciadas y materiales geológicamente poco consolidados, sumada a la escasa cobertura vegetal y los procesos acelerados de erosión, generan grandes volúmenes de agua que escurren por las laderas y confluye en los cauces naturales generando avenidas extremas que provocan desbordamientos que afectan áreas de cultivo, infraestructura y población.

#### 6.4. Indicadores de monitoreo del PDC Cachimayu

La tabla a continuación presenta un resumen de los indicadores de monitoreo formulados en el marco del PDC de la cuenca Cachimayu.

Tabla 14. Indicadores para el monitoreo del PDC Cuenca Cachimayu

| Líneas estratégicas  | Línea de acción   | Indicadores de Resultado   |
|--|---|--|
| LE.1. Gestión de la oferta, acceso y riesgo hidrológicos.        | LA.1.1. Gestión estratégica para los usos múltiples del agua.   | Índice de gestión estratégica y sustentable de los recursos hídricos de la cuenca.   |
|  | LA.1.2. Gestión de sistemas de aprovechamiento hídrico.   | Índice de satisfacción de demandas de aprovechamiento hídrico.   |
|  | LA.1.3. Gestión de riesgo hidrológicos y climáticos.  | Índice de gestión de riesgo hidrológicos y climáticos.   |
| LE.2. Gestión de la calidad hídrica y ambiental.                 | LA.2.1. Gestión Estratégica de la calidad hídrica.  | Índice de recuperación de la calidad hídrica (Indicador MED-PNC).  |
|  | LA.2.2. Gestión de sistemas de saneamiento básico.  | Índice de acceso a servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales.  |
|  | LA.2.3. Gestión integral de residuos sólidos.   | Índice de gestión de residuos sólidos  |
| LE.3. Gestión de las funciones hídrico ambiental de la cuenca.   | LA.3.1. Reducción de los procesos de degradación de suelos y pérdida de la cobertura vegetal.                             | Índice de gestión de las funciones hídrico ambientales de cuenca.  |
|  | LA.3.2. Recuperación de la capacidad de regulación hidrológica de la cuenca.  |  |
| LE.4. Fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades. | LA.4.1. Fortalecimiento de la gobernanza y la gestión interinstitucional de la cuenca.                                    | Nº de acciones concurrentes del PDC referendadas por acuerdos / convenios intergubernativos e interinstitucionales.                |
|  | LA.4.2. Fortalecimiento de capacidades institucionales para la gestión hídrico - ambiental de la cuenca.                  | Nº de entidades públicas y organizaciones de la sociedad civil que han mejorado sus capacidades para la gestión hídrico ambiental. |
|  | LA.4.3. Educación y comunicación hídrica - ambiental.   | % de la población que demuestra conocimiento y un cambio de actitud en la temática hídrico ambiental.                              |
| LE.5. Gestión de información y conocimiento.                     | LA.5.1. Desarrollo y operativización de un sistema de información sobre los recursos hídricos y ambientales de la cuenca. | Nº de entidades públicas y privadas que acceden al SATD como soporte para la toma de decisiones.                                   |
|  | LA.5.2. Estudios e investigaciones para el mejor conocimiento del sistema cuenca.   | Nº de estudios e investigaciones desarrollados, que contribuyen al mejor conocimiento del sistema cuenca.                          |

Fuente: PDC Cachimayu

## 6.5. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cachimayu

En la siguiente tabla se presenta la propuesta de indicadores de seguridad hídrica para la cuenca Cachimayu, considerando las brechas actuales para la seguridad hídrica que se verifican en esta cuenca, las medidas propuestas en su Plan Director, y los indicadores ya previstos para el monitoreo y evaluación del Plan Director de la cuenca.

Tabla 15. Indicadores de Seguridad Hídrica - Cuenca Cachimayu

| Dimensión / Condicionantes         | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E  | Índices/Indicadores propuestos  |
|------------------------------------|---|---|---|---|
| Agua para consumo humano.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit hídrico para consumo humano (población urbana, urbana intermedia y rural).</li> <li>Limitado tratamiento del agua para consumo.</li> <li>Contaminación por aguas residuales .</li> <li>Contaminación por residuos sólidos.</li> <li>Contaminación del agua por actividades mineras.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de dotación de agua para consumo.</li> <li>Clasificación y ordenamiento de cuerpos de agua .</li> <li>Monitoreo de la calidad hídrica .</li> <li>Alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales .</li> <li>Prevención, tratamiento y disposición de residuos sólidos .</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de satisfacción de demandas de aprovechamiento hídrico.</li> <li>Índice de gestión estratégica y sustentable de los recursos hídricos.</li> </ul> | <p>1.1. Índice seguridad hídrica necesidades humanas básicas (SHnhb).</p> <p>1.1.1. % de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene.</p> <p>1.1.2. Indicador de escasez hídrica (Snhb).</p> <p>1.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vnhb).</p>  |
| Agua para uso productivo: Riego.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit de agua para el riego .</li> <li>Contaminación minera.</li> <li>Contaminación por aguas residuales y residuos sólidos.</li> <li>Colmatación de embalses.</li> <li>Baja cobertura y eficiencia de sistemas de riego.</li> <li>Limitada operación y mantenimientos.</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de dotación de agua para riego.</li> <li>Reuso de aguas residuales.</li> <li>Proyectos/medidas de manejo y conservación de suelos.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de satisfacción de demandas de aprovechamiento hídrico.</li> <li>Índice de gestión estratégica y sustentable de los recursos hídricos.</li> </ul> | <p>2.1. Índice de seguridad hídrica subsistencia familiar (SHsf).</p> <p>2.1.1. % de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (según instrumentos de planificación formalizados, ej.: PDC).</p> <p>2.1.2. Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica (Ssf) .</p> <p>2.1.3. Indicador de vulnerabilidad (Vsf).</p> |
| Agua para uso productivo: Minería. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación por desmontes y pilas de colas que desembocan en los ríos sin control alguno.</li> <li>Minería artesanal con limitada tecnología.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de evaluación de los procesos de contaminación minera.</li> <li>Implementación de diques de cola.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de satisfacción de demandas de aprovechamiento hídrico.</li> </ul>  | <p>2.2. Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas (SHpe).</p> <p>2.2.1. Indicador de escasez hídrica (Spe).</p> <p>2.2.2. Indicador de vulnerabilidad (Vpe).</p>   |

| Dimensión / Condicionantes   | Brechas para la SH   | Medidas/acciones previstas en el PDC  | Indicadores previstos en el Sistema de M&E  | Índices/Indicadores propuestos  |
|------------------------------|--|---|---|---|
| Agua para el medio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los caudales de los ríos.</li> <li>Deterioro de las funciones ambientales (captación, regulación, depuración).</li> <li>Pérdida de diversidad biológica</li> <li>Degradación de las áreas de recarga hídrica.</li> <li>Pérdida de la cobertura vegetal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectos/medidas de forestación y conservación de la cobertura vegetal.</li> <li>Proyectos de gestión integral de recursos hídricos y manejo integral de cuencas (GIRH/MIC).</li> <li>Acciones de protección y manejo de áreas de recarga hídrica.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de acceso a los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.</li> <li>Índice de gestión de los residuos sólidos.</li> <li>Índice de la recuperación de la calidad hídrica (Indicador MED-PCN).</li> <li>Índice de gestión de las funciones hídrico-ambientales de la cuenca.</li> </ul> | <p>3.1. Índice de seguridad hídrica saneamiento (SHsb).</p> <p>3.1.1. % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura</p> <p>3.1. Índice de seguridad hídrica calidad hídrica (SHch).</p> <p>3.2.1. Índice de seguridad hídrica control de la contaminación hídrica (Icch).</p> <p>3.2.1.1.% de aguas residuales tratadas de manera segura.</p> <p>3.2.1.2. Grado de avance en el alcance de los indicadores de la calidad hídrica definidos para cuerpos de agua priorizados.</p> <p>3.2.2. Índice de Gestión de Calidad Hídrica (IgcH)<br/>Evalúa el grado de avance en la gestión de la calidad hídrica sobre la base de los siguientes coindicadores.</p> <p>3.3. Índice de seguridad hídrica protección de los ecosistemas (SHeco).</p> <p>3.3.1. Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales).</p> <p>3.3.2. Indicador escasez hídrica ecosistemas (Seco).</p> <p>3.3.3. Indicador de vulnerabilidad (Veco).</p> <p>3.4. Índice seguridad hídrica MIC (SHmic).</p> <p>3.4.1. Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida.</p> |

| Dimensión / Condicionantes    | Brechas para la SH  | Medidas/acciones previstas en el PDC   | Indicadores previstos en el Sistema de M&E   | Índices/Indicadores propuestos  |
|-------------------------------|---|--|--|---|
| Riesgos asociados a los RRHH. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit hídrico (sequía) en gran parte del año y un exceso de agua (riadas, inundaciones y deslizamientos) durante la época húmeda.</li> <li>Mayor recurrencia e intensidad de eventos extremos (heladas y granizadas).</li> </ul> | <p>SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación y operación de Sistemas de alerta temprana.</li> <li>Fortalecimiento de la red meteorológica.</li> </ul> <p>PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS HIDROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración/ actualización de Planes de gestión de riesgos.</li> <li>Proyectos de prevención y reducción de riesgos hidrológicos y climáticos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de gestión de riesgos hidrológicos y climáticos.</li> </ul>  | <p>F2.1. Índice seguridad hídrica ante sequía (SHsq).</p> <p>Basado en la determinación de: Fracción de la población que no es abastecida de agua potable, sistemas de prevención de sequía, Agua almacenada, Proporción de agricultura de secano, Clasificación de sequía y probabilidad de ocurrencia acumulada</p> <p>F2.2. Índice seguridad hídrica ante excesos de agua (SHea).</p> <p>Basado en la determinación de: Infraestructura para el control de excesos de agua, Sistemas de prevención de excesos de agua, Impacto económico debido a excesos de agua, Clasificación de humedad y probabilidad de ocurrencia acumulada.</p>  |
| Gestión de los RRHH.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Débil coordinación y concurrencia.</li> <li>Debilidades técnicas, logísticas, institucionales y operativas.</li> <li>Información dispersa y de difícil acceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecimiento de la gobernanza y la gestión interinstitucional.</li> <li>Fortalecimiento de capacidades institucionales para la gestión hídrico - ambiental.</li> <li>Educación y comunicación hídrica - ambiental.</li> <li>Desarrollo y operativización de un sistema de información.</li> <li>Desarrollo de estudios e investigaciones.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de acciones concurrentes del PDC refrendadas por acuerdos.</li> <li>Nº de entidades públicas y organizaciones que han mejorado sus capacidades.</li> <li>% de población que demuestra cambio de actitud.</li> <li>Nº de estudios e investigaciones desarrolladas.</li> <li>Nº de entidades públicas y privadas que acceden al SATD.</li> </ul> | <p>F1.1. Índice de gobernabilidad hídrica (IGH).</p> <p>Basado en la determinación de los siguientes aspectos en la cuenca: Establecimiento de una Instancia técnica; Gestión de información y conocimiento; Grado de funcionamiento de plataforma; Planificación de la inversión pública; Grado de integralidad del PDC; Grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC.</p> <p>F1.2. Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca (ICG).</p> <p>Basado en la determinación de la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio - productivas (GAD's, GAM's, EPSA's, CAPyS, OGC's, organizaciones de regantes).</p> <p>F1.3. Grado de aplicación de la GIRH.</p> <p>Indica hasta qué punto se aplica la GIRH mediante la evaluación de sus cuatro elementos clave: un entorno propicio, las instituciones y la participación, los instrumentos de gestión y la financiación.</p> |

Fuente: elaboración propia.

## VII. REFLEXIONES FINALES

---

Las presiones sobre los recursos hídricos, como el crecimiento demográfico, la contaminación, el cambio climático; así como también la necesidad de este recurso para diversas actividades, sobre todo para la preservación de la vida, ponen en evidencia la necesidad de los países de abordar la seguridad hídrica.

Para Bolivia, la seguridad hídrica es de suma relevancia y está expresada en las diferentes políticas públicas para la gestión de recursos naturales como también en los planes de desarrollo. Explícitamente, la seguridad hídrica es el fin mayor del Plan Plurinacional para la Gestión Integral de Recursos Hídricos 2021-2025.

Sin duda alguna, lograr la seguridad hídrica supone esfuerzos importantes de parte de las entidades nacionales en todos los niveles. Asimismo, implica la inversión de recursos para la implementación de acciones orientadas a alcanzar la seguridad hídrica, y al mismo tiempo requiere de mediciones que permitan a los tomadores de decisión conocer los avances con relación a las acciones orientadas a alcanzar la seguridad hídrica.

En este sentido, y considerando la importancia de la seguridad hídrica para el país, este trabajo es una propuesta desarrollada en el marco del Proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation, que contribuye a la construcción de herramientas y mecanismos para el monitoreo y evaluación de la seguridad hídrica en Bolivia a nivel de cuencas hidrográficas.

La propuesta de indicadores de seguridad hídrica que se presenta está adecuada al contexto boliviano, en una escala de cuenca. Responde a los avances con relación a indicadores desarrollados en el marco del Plan Nacional de Cuencas, y se alinea a los compromisos internacionales como los ODS y CND. El planteamiento se basa en proponer indicadores relativamente fáciles de medir y toma en cuenta las limitaciones locales. Al ser una propuesta es sujeta de ser mejorada permanentemente, sin embargo, se considera que se constituye en un aporte significativo para la implementación de la política nacional para los recursos hídricos.

# VIII BIBLIOGRAFÍA

Academia de Ingeniería de México (2018). Seguridad hídrica en México.

Agencia Nacional de Aguas (ANA), Ministerio del Desarrollo Regional Brasil (2019). *Plan Nacional de Seguridad Hídrica Brasil*.

Agencia Nacional de Aguas (ANA) (2019). *ODS 6 en Brasil Visión de ANA sobre Indicadores*.

Bretas F., Casanova G., Crisman T., Embid A. (2020). *Agua Para El Futuro Estrategia de Seguridad Hídrica para América Latina y el Caribe*. BID.

CAF (2019). *Plan Nacional De Seguridad Hídrica 2015-2050 Agua Para Todos*. Panamá.

CEPAL (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.

CRHIAM (2020). *Seguridad hídrica derechos de agua, escasez, impactos y percepciones ciudadanas en tiempos de cambio climático*. Universidad de Concepción. Chile.

Fasciolo Graciela, Puebla Patricia, Mendoza Valeria, Cifuentes Olga (2011). *Construcción de Indicadores de Gestión de Cuencas: Marco Teórico, Ejemplos y Casos*.

Fuster R., Escobar C., Astorga K., Silva K. y Aldunce P. (2017). *Estudio de Seguridad Hídrica en Chile en un contexto de Cambio Climático para elaboración del Plan de Adaptación de los recursos hídricos al Cambio Climático*. Universidad de Chile.

GIZ (2021). *Encuentro Nacional "PNC - ODS 6.5.1: Hacia La Seguridad Hídrica En Bolivia*.

MPD (2016). *Plan Nacional de Desarrollo Económico y social*.

MMAyA (2016). *Plan Sectorial de Desarrollo Integral de Medio Ambiente y agua*.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2018). *Diagnóstico integral participativo de la cuenca Cotagaita y análisis de la problemática en la cuenca*.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2018). *Documento consensuado de la propuesta estratégica de los lineamientos estratégicos e institucionales del Plan Director de la Cuenca Cotagaita y su visión estratégica*.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2018). *Elaboración del documento base del Programa Plurianual del Plan Director de la Cuenca Cotagaita*.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2020). *Diagnóstico integral participativo de la cuenca del río Cachimayu - PDC Cachimayu*. CES.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2021). *Formulación de Líneas Estratégicas e Institucionales y la Estrategia de implementación - PDC Cachimayu*. CES.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2020). *Tendencias de la cuenca del río Cachimayu (uso de suelo y erosión)*. CES.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2017). *Estudio de Factibilidad del Proyecto "Manejo Integral de la Cuenca del Río Ravelo"*. GFA

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2021). *Elaboración del Documento Base del Programa Plurianual del Plan Director de la Cuenca Suches*. HELVETAS.

P. Naswa, S. Traerup, C. Bouroncle, C. Medellín, P. Imbach, B. Louman y J. Spensley (2015). *Buenas prácticas para el diseño e implementación de sistemas nacionales de monitoreo para la adaptación al cambio climático*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, Programa Hidrológico Internacional PHI (2014). *Octava Fase "Seguridad Hídrica: Respuestas A Los Desafíos Locales, Regionales, y Mundiales" Plan Estratégico*.

Pacheco Balanza, D. (2017) *Gestión de sistemas de vida. Política pública para Vivir Bien en Equilibrio y Armonía con la Madre Tierra*.

Paris Marta-UNESCO (2020). *La seguridad hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Manual de capacitación para tomadores de decisión*.

Peixoto da Silva Heraldo y de Moraes Andrade Semara. *Definición de Indicadores de Referencia para la Gestión del uso Sustentable del Agua en Brasil*.

Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*. CEPAL, GIZ.

Polioproto F. Martínez (2013). *Los retos de la seguridad hídrica*.

Sadoff, Claudia y Muller, Mike - Global Water Partnership Comité Técnico TEC (2010). *La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y respuestas Esenciales*.

Salinas, A. (2021). *Guía sobre Seguridad Hídrica para la Planificación a Nivel de Cuenca*. GIZ.

SEMARNAT (2017). *Índices de Seguridad Hídrica (ISH). Informe final*.

Tushaar Shah - Global Water Partnership Comité Técnico TEC (2016). *Aumentando la seguridad hídrica: la clave para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

Eelco van Beek y Wouter Lincklaen Arriens/Global Water Partnership Technical Committee TEC (2014). *Water Security: Putting the Concept into Practice*.

UNESCO (2020). *Agua y cambio climático - Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos*.

UN WATER (2017). *Guía para el monitoreo integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 sobre agua y saneamiento. Metas e indicadores mundiales*.

UN WATER (2017). *Guía para el monitoreo integrado del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6. Buenas prácticas para los sistemas de monitoreo nacionales*.

## ANEXO I

### Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 1.1. Necesidades humanas básicas (NBH)

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- %PAS:** Porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene (%)
- Snbh:** Índice de escasez hídrica de necesidades humanas básicas (%)
- Vnbh:** Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%)

| Indicador 2.1.1<br>%SR |              | Indicador 1.1.2<br>Snbh |              | Indicador 1.1.3<br>Vnbh |              |
|------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación | Valor                   | Calificación | Valor                   | Calificación |
| >80%                   | 3            | >90%                    | 3            | >100%                   | 3            |
| 50-80%                 | 2            | 50-90%                  | 2            | 50-100%                 | 2            |
| <50%                   | 1            | <50%                    | 1            | <50%                    | 1            |

| Indicador 1.1.2<br>Snbh |              |           |
|-------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor          | Calificación | Categoría |
| 7-9                     | 3            | Baja      |
| 4-6                     | 2            | Moderada  |
| 1-3                     | 1            | Alta      |

### Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 2.1. Actividades productivas de subsistencia familiar

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- %SR:** Porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego (%)
- Ssf:** Índice de escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%)
- Vsf:** Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%)

| Indicador 2.1.1<br>%SR |              | Indicador 2.1.2<br>Ssf |              | Indicador 2.1.3<br>Vsf |              |
|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación | Valor                  | Calificación | Valor                  | Calificación |
| >80%                   | 3            | >90%                   | 3            | >100%                  | 3            |
| 50-80%                 | 2            | 50-90%                 | 2            | 50-100%                | 2            |
| <50%                   | 1            | <50%                   | 1            | <50%                   | 1            |

| Indicador 1.1.2<br>Snbh |              |           |
|-------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor          | Calificación | Categoría |
| 7-9                     | 3            | Baja      |
| 4-6                     | 2            | Moderada  |
| 1-3                     | 1            | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 2.2. Necesidades de actividades productivas extractivas de agua

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- SHpe:** Índice de seguridad hídrica de actividades productivas extractivas (%)  
**Spe:** Índice de escasez hídrica para actividades productivas extractivas (%)  
**Vpe:** Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas (%)

| Indicador 2.2.1<br>Spe |              |
|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación |
| >90%                   | 3            |
| 50-90%                 | 2            |
| <50%                   | 1            |

| Indicador 2.2.2<br>Vpe |              |
|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación |
| >100%                  | 3            |
| 50-100%                | 2            |
| <50%                   | 1            |

| Índice Subdimensión 2.2<br>SHpe |              |           |
|---------------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor                  | Calificación | Categoría |
| 5-6                             | 3            | Baja      |
| 3-4                             | 2            | Moderada  |
| 1-2                             | 1            | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 2.3. Satisfacción de necesidades de actividades productivas no extractivas de agua

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- SHhe:** Índice de seguridad hídrica de actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%)  
**She:** Índice de escasez hídrica para actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%)  
**Vhe:** Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas no extractivas - hidroeléctricas (%)

| Indicador 2.3.1<br>She |              |
|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación |
| >90%                   | 3            |
| 50-90%                 | 2            |
| <50%                   | 1            |

| Indicador 2.3.2<br>Vhe |              |
|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación |
| >100%                  | 3            |
| 50-100%                | 2            |
| <50%                   | 1            |

| Índice Subdimensión 2.3<br>SHhe |              |           |
|---------------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor                  | Calificación | Categoría |
| 5-6                             | 3            | Baja      |
| 3-4                             | 2            | Moderada  |
| 1-2                             | 1            | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 3.1. Control de la contaminación por Saneamiento deficiente

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

**SHsb:** Índice de seguridad hídrica para saneamiento (%)  
**%PSS:** Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura

| Indicador 3.1.1.<br>%PSS |              |
|--------------------------|--------------|
| Valor                    | Calificación |
| <50%                     | 3            |
| 50-80%                   | 2            |
| >80%                     | 1            |

| Índice Subdimensión 3.1<br>SHsb |           |           |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| Valor                           | Categoría | Categoría |
| 3                               | Baja      | Baja      |
| 2                               | Moderada  | Moderada  |
| 1                               | Alta      | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 3.2. Control de la contaminación

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

**SHch:** Índice de seguridad hídrica de control de la contaminación  
**lcch:** Índice de control de la contaminación hídrica (%)  
**Igch:** Índice de gestión de calidad hídrica (%)

| Indicador 3.2.1<br>lcch |              |
|-------------------------|--------------|
| Valor                   | Calificación |
| >80%                    | 3            |
| 50-80%                  | 2            |
| <50%                    | 1            |

| Indicador 3.2.2<br>Igch |              |
|-------------------------|--------------|
| Valor                   | Calificación |
| >80%                    | 3            |
| 50-80%                  | 2            |
| <50%                    | 1            |

| Índice Subdimensión 3.2.<br>SHch |              |           |
|----------------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor                   | Calificación | Categoría |
| 5-6                              | 3            | Baja      |
| 3-4                              | 2            | Moderada  |
| 1-2                              | 1            | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 3.3. Protección y conservación de los ecosistemas

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- SCME:** Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has)  
**Seco:** Índice de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%)  
**Veco:** Índice de vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%)

| Indicador 3.3.1<br>SCME |              | Indicador 3.3.2<br>Seco |              | Indicador 3.3.3<br>Veco |              |
|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Valor                   | Calificación | Valor                   | Calificación | Valor                   | Calificación |
| <50%                    | 3            | >90%                    | 3            | >100%                   | 3            |
| 50-80%                  | 2            | 50-90%                  | 2            | 50-100%                 | 2            |
| >80%                    | 1            | <50%                    | 1            | <50%                    | 1            |

| Índice Subdimensión 3.3<br>SHeco |              |           |
|----------------------------------|--------------|-----------|
| $\Sigma$ Valor                   | Calificación | Categoría |
| 7-9                              | 3            | Baja      |
| 4-6                              | 2            | Moderada  |
| 1-3                              | 1            | Alta      |

## Método de evaluación del estado de Seguridad Hídrica para la subdimensión 3.4. Manejo Integral de Cuencas

Rangos son arbitrarios y están establecidos a modo de ejemplo.

- SHmic:** Índice de seguridad hídrica de manejo integral de cuencas  
**ISA:** Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (has)

| Indicador 3.4.1<br>ISA |              |
|------------------------|--------------|
| Valor                  | Calificación |
| <5.000 ha              | 3            |
| 5.000-50.000 ha        | 2            |
| >50.000 ha             | 1            |

| Índice Subdimensión 3.4<br>SHmic |           |
|----------------------------------|-----------|
| Valor                            | Categoría |
| 3                                | Baja      |
| 2                                | Moderada  |
| 1                                | Alta      |

## ANEXO II

|  |             |  |                  |   |            |      |
|--|-------------|--|------------------|---|------------|------|
| <b>Indicador 1.1.1:</b>                                |             | <b>% de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene</b>  |                  |   |            |      |
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta |             | Dimensión 1  |                  | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos |            |      |
|  |             | Subdimensión 1.1   |                  | Necesidades humanas básicas (NHB)                               |            |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              |             | Línea estratégica:   |                  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                         |            |      |
|  |             | Línea de acción:   |                  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                         |            |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           |             | <p>ODS: Indicadores 6.1.1 y 6.2.1.</p> <p>NDC: Meta 1</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 1.3.3.2</p>  |                  |   |            |      |
| Interpretación   |             | Mide el grado de satisfacción de las demandas humanas básicas de agua para consumo e higiene que se verifican en la cuenca, sin afectar los caudales ecológicos requeridos por los ecosistemas.  |                  |   |            |      |
| Método de cálculo                                      |             | $\%PAS = \frac{PRAS+PUAS}{PRT+PUT} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%PAS: Porcentaje de la población que accede a un volumen suficiente de agua segura para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene</p> <p>PRAS: Población rural de la cuenca con acceso a agua segura (N° de habitantes)</p> <p>PUAS: Población urbana de la cuenca con acceso a agua segura (N° de habitantes)</p> <p>PRT: Población rural total de la cuenca (N° de habitantes)</p> <p>PUT: Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes)</p> |                  |   |            |      |
| Frecuencia de medición                                 |             | anual  | Unidad de medida |   | Porcentaje |      |
| Línea base   |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |                  |   |            |      |
|  |             | PRAS: xx habitantes  |                  | %PAS: xx %  |            |      |
|  |             | PUAS: xx habitantes  |                  |   |            |      |
|  |             | PRT: xx habitantes   |                  |   |            |      |
|  |             | PUT: xx habitantes   |                  |   |            |      |
| Evolución del indicador                                | Año         | 2022   | 2023             | 2024  | 2025       | 2025 |
|  | Planificado | xx %   | xx %             | xx %  | xx %       | xx % |
|  | Reportado   |  |                  |   |            |      |
| Responsables del reporte de la información             |             | -  |                  |   |            |      |
| Información complementaria                             |             | Los criterios para establecer si la población tiene acceso a "agua segura", son los siguientes: (i) el recurso proviene de una fuente de agua mejorada (ii) está disponible en el hogar en todo momento y (iii) se trata de agua no contaminada (de buena calidad).  |                  |   |            |      |

| Indicador 1.1.2:                                       |  | Indicador de escasez hídrica para necesidades humanas básicas (Snhb) |      |            |      |      |
|--|--|--|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión 1  | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos      |      |            |      |      |
|  | Subdimensión 1.1   | Necesidades humanas básicas (NHB)                                    |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                              |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                              |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:  |  |      |            |      |      |
| Interpretación   | Escasez hídrica para necesidades humanas básicas establecida como la proporción entre la demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano (Dnhb Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. |  |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Snhb = \frac{Dnhb}{QT}$ <p>Donde:</p> <p><b>Snhb:</b> Índice de escasez hídrica de necesidades humanas básicas (%)</p> <p><b>Dnhb:</b> Demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano, equivalente al volumen anual de agua destinada al abastecimiento (Hm3)</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3)</p>  |  |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida   |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):   |  |      |            |      |      |
|  | Dnhb: xx (Hm3)   | Snhb = xx %  |      |            |      |      |
|  | QT: xx (Hm3)s  |  |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022   | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %   | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |  |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |  |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |  |  |      |            |      |      |

| Indicador 1.1.3:                                       |   | Indicador de vulnerabilidad (Vnhb)                              |             |            |      |      |
|--|---|---|-------------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión 1   | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad para usos humanos |             |            |      |      |
|  | Subdimensión 1.1  | Necesidades humanas básicas (NHB)                               |             |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                         |             |            |      |      |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                         |             |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:   |   |             |            |      |      |
| Interpretación   | <p>La vulnerabilidad hídrica para necesidades humanas básicas establecida como la proporción entre la demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano (Dnhb Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |   |             |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Vnhb = \frac{Dnhb}{QT85\%}$ <p>Donde:</p> <p><b>Vnhb:</b> Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%)</p> <p><b>Dnhb:</b> Demanda asignada para abastecimiento de agua para consumo humano, equivalente al volumen anual de agua destinada al abastecimiento (Hm3)</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3)</p>   |   |             |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida  |             | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):  |   |             |            |      |      |
|  | Dnhb: xx (Hm3)  |   | Vnhb = xx % |            |      |      |
|  | QT85%: xx (Hm3)s  |   |             |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022  | 2023        | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %  | xx %        | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado   |   |             |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |   |             |            |      |      |
| Información complementaria                             |   |   |             |            |      |      |

|  |             |   |      |   |      |            |
|--|-------------|---|------|---|------|------------|
| Indicador 2.1.1:                                       |             | % de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego   |      |   |      |            |
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta |             | Dimensión 2   |      | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables |      |            |
|  |             | Subdimensión 2.1  |      | Actividades productivas de subsistencia familiar                                  |      |            |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              |             | Línea estratégica:  |      | (Del Plan Director de la cuenca)  |      |            |
|  |             | Línea de acción:  |      | (Del Plan Director de la cuenca)  |      |            |
| Contribución al reporte de otros indicadores           |             | NDC: Meta 3<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 3.2.9.1   |      |   |      |            |
| Interpretación   |             | Mide los avances en relación a la dotación de agua para riego en la cuenca, en términos de "superficie regada", respecto a las previsiones que al respecto se tienen en documentos formales de planificación estratégica (por ejemplo: en los Planes directores de cuenca), sin afectar los caudales ecológicos requeridos por los ecosistemas  |      |   |      |            |
| Método de cálculo                                      |             | $\%SR = \frac{SR}{SPR} * 100$ <p>Donde:</p> <p><b>%SR:</b> Porcentaje de superficie efectivamente regada en relación a superficie prevista bajo riego</p> <p><b>SR:</b> Superficie a nivel de toda la cuenca (has) que cuenta con riego para fines agroproductivos de escala familiar</p> <p><b>SPR:</b> Superficie a nivel de toda la cuenca, prevista bajo riego (has) para fines agroproductivos de escala familiar, en documentos formales de planificación estratégica (por ejemplo: en los Planes Directores de Cuenca)</p> |      |   |      |            |
| Frecuencia de medición                                 |             | anual   |      | Unidad de medida  |      | Porcentaje |
| Línea base   |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):  |      |   |      |            |
|  |             | SR: xx has  |      | %SR: xx %   |      |            |
|  |             | SPR: xx has   |      |   |      |            |
| Evolución del indicador                                | Año         | 2022  | 2023 | 2024  | 2025 | 2025       |
|  | Planificado | xx %  | xx % | xx %  | xx % | xx %       |
|  | Reportado   |   |      |   |      |            |
| Responsables del reporte de la información             |             | -   |      |   |      |            |
| Información complementaria                             |             |   |      |   |      |            |

| Indicador 2.1.2:                                       |  | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica actividades productivas de subsistencia familiar (Ssf) |      |            |      |      |
|--|--|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables   |      |            |      |      |
|  | Subdimensión   | Actividades productivas de subsistencia familiar  |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:   |   |      |            |      |      |
|  | NDC:   |   |      |            |      |      |
|  | PDES 2021 - 2025:  |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | <p>Escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias) (Dsf Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas.</p> <p>Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca</p> |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Ssf = \frac{Dsf}{QT}$ <p>Donde:</p> <p>Ssf: Índice de escasez hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%)</p> <p>Dsf: consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias), equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades de subsistencia familiar (Hm3)</p> <p>QT: Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3)</p>  |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):   |   |      |            |      |      |
|  | Dsf: xx (Hm3)  | Ssf = xx %  |      |            |      |      |
|  | QT: xx (Hm3)s  |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |  |   |      |            |      |      |

| Indicador 2.1.3:                                       |   | Indicador de vulnerabilidad hídrica actividades productivas de subsistencia familiar (Vsf) |      |            |      |      |
|--|---|--|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión   | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables          |      |            |      |      |
|  | Subdimensión  | Actividades productivas de subsistencia familiar   |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>  |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>  |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:  |  |      |            |      |      |
|  | NDC:  |  |      |            |      |      |
|  | PDES 2021 - 2025:   |  |      |            |      |      |
| Interpretación   | <p>La vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias) (Dsf Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> <p>Estos rangos deben establecerse en función a la línea base de cada cuenca.</p> |  |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Vsf = \frac{Dsf}{QT85\%}$ <p>Donde:</p> <p><b>Vsf:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas de subsistencia familiar (%)</p> <p><b>Dsf:</b> consumo real de agua por parte de las actividades de subsistencia (agropecuarias), equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades de subsistencia familiar (Hm3)</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3)</p>  |  |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida   |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):  |  |      |            |      |      |
|  | Dsf: xx (Hm3)   | Vsf = xx %   |      |            |      |      |
|  | QT85%: xx (Hm3)s  |  |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022   | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %   | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado   |  |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |  |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |   |  |      |            |      |      |

| Indicador 2.2.1:                                       |   | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica actividades productivas extractivas de agua (Spe) |      |            |      |      |
|--|---|--|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión   | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables  |      |            |      |      |
|  | Subdimensión  | Necesidades de actividades productivas extractivas de agua   |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | (Del Plan Director de la cuenca)   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:  | (Del Plan Director de la cuenca)   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:  |  |      |            |      |      |
|  | NDC:  |  |      |            |      |      |
|  | PDES 2021 - 2025:   |  |      |            |      |      |
| Interpretación   | Escasez hídrica para actividades productivas extractivas de agua establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades extractivas de agua (Dpe Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. |  |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $V_{sf} = \frac{D_{sf}}{QT_{85\%}}$ <p>Donde:</p> <p><b>Spe:</b> Índice de escasez hídrica para actividades productivas extractivas de agua (%)</p> <p><b>Dpe:</b> consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua, equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades extractivas de agua (Hm3)</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3)</p>                                 |  |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida   |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):  |  |      |            |      |      |
|  | Dpe: xx (Hm3)   | Spe = xx %   |      |            |      |      |
|  | QT: xx (Hm3)s   |  |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022   | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %   | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado   |  |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |  |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |   |  |      |            |      |      |

| Indicador 2.2.2:                                       |  | Indicador de vulnerabilidad para actividades productivas extractivas de agua (Vpe) |            |            |      |      |
|--|--|--|------------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables  |            |            |      |      |
|  | Subdimensión   | Necesidades de actividades productivas extractivas de agua                         |            |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>  |            |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>  |            |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:  |  |            |            |      |      |
| Interpretación   | <p>La vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas de agua establecida como la proporción entre consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua (Dpe Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |  |            |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $V_{pe} = \frac{D_{pe}}{QT_{85\%}}$ <p>Donde:</p> <p><b>Vpe:</b> Vulnerabilidad hídrica para actividades productivas extractivas de agua (%)</p> <p><b>Dpe:</b> consumo real de agua por parte de las actividades productivas extractivas de agua, equivalente al volumen anual de agua destinada a actividades extractivas de agua (Hm3)</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3)</p>  |  |            |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida   |            | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):   |  |            |            |      |      |
|  | Dpe: xx (Hm3)  |  | Vpe = xx % |            |      |      |
|  | QT85%: xx (Hm3)s   |  |            |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022   | 2023       | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %   | xx %       | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |  |            |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |  |            |            |      |      |
| Información complementaria                             |  |  |            |            |      |      |

|  |             |   |      |   |      |            |
|--|-------------|---|------|---|------|------------|
| Indicador 2.3.1:                                       |             | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica hidroeléctricas (She)  |      |   |      |            |
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta |             | Dimensión   |      | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables |      |            |
|  |             | Subdimensión  |      | Necesidades de actividades productivas no extractivas de agua                     |      |            |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              |             | Línea estratégica:  |      | (Del Plan Director de la cuenca)  |      |            |
|  |             | Línea de acción:  |      | (Del Plan Director de la cuenca)  |      |            |
| Contribución al reporte de otros indicadores           |             | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:   |      |   |      |            |
| Interpretación   |             | Escasez hídrica hidroeléctricas establecida como la proporción entre el volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Dhe Hm3) y la oferta total de recursos hídricos (QT Hm3). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. |      |   |      |            |
| Método de cálculo                                      |             | $She = \frac{Dhe}{QT}$ <p>Donde:</p> <p>She: Índice de escasez hídrica hidroeléctricas (%)</p> <p>Dhe: volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Hm3)</p> <p>QT: Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (Hm3)</p>  |      |   |      |            |
| Frecuencia de medición                                 |             | anual   |      | Unidad de medida  |      | Porcentaje |
| Línea base   |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):  |      |   |      |            |
|  |             | Dhe: xx (Hm3)   |      | She = xx %  |      |            |
|  |             | QT: xx (Hm3)s   |      |   |      |            |
| Evolución del indicador                                | Año         | 2022  | 2023 | 2024  | 2025 | 2025       |
|  | Planificado | xx %  | xx % | xx %  | xx % | xx %       |
|  | Reportado   |   |      |   |      |            |
| Responsables del reporte de la información             |             | -   |      |   |      |            |
| Información complementaria                             |             |   |      |   |      |            |

| Indicador 2.3.2:                                       |   | Indicador de vulnerabilidad (V-HE)  |      |            |      |      |
|--|---|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión   | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables |      |            |      |      |
|  | Subdimensión  | Necesidades de actividades productivas no extractivas de agua                     |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:   |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | <p>La vulnerabilidad hídrica para hidroeléctricas establecida como la proporción entre el volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Dhe Hm3) y la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% Hm3).</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $V_{he} = \frac{D_{he}}{QT_{85\%}}$ <p>Donde:</p> <p>V<sub>he</sub>: Vulnerabilidad hídrica de necesidades humanas básicas (%)</p> <p>D<sub>he</sub>: volumen turbinado de agua como parte de las actividades hidroeléctricas (Hm3)</p> <p>QT85%: Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3)</p>  |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):  |   |      |            |      |      |
|  | Dhe: xx (Hm3)   | She = xx %  |      |            |      |      |
|  | QT85%: xx (Hm3)s  |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado   |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |   |   |      |            |      |      |

| Indicador 3.1.1:                                       |   | % de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura |      |            |      |      |
|--|---|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión   | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas         |      |            |      |      |
|  | Subdimensión  | Control de la contaminación por Saneamiento deficiente                              |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS: Indicador 6.2.1.<br>NDC: Meta 2<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 1.3.3.3  |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | Mide los avances respecto a la atención de las necesidades de servicios adecuados de saneamiento de la población urbana y rural de toda la cuenca   |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $\%PSS = \frac{PRSS+PUSS}{PRT+PUT} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%PSS: Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura</p> <p>PRSS: Población rural de la cuenca que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura (N° de habitantes)</p> <p>PUSS: Población urbana de la cuenca que utiliza servicios de saneamiento gestionados de manera segura (N° de habitantes)</p> <p>PRT: Población rural total de la cuenca (N° de habitantes)</p> <p>PUT: Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes)</p> |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):  |   |      |            |      |      |
|  | PRSS: xx habitantes   |   |      | %PSS: xx % |      |      |
|  | PUSS: xx habitantes   |   |      |            |      |      |
|  | PRT: xx habitantes  |   |      |            |      |      |
|  | PUT: xx habitantes  |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado   |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             | Los criterios para establecer si la población tiene acceso a "servicios de saneamiento gestionados de manera segura", son los siguientes: (i) la población utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas (ii); estas instalaciones no se comparten con otras familias (iii); los excrementos se tratan y eliminan de forma segura in situ o se transportan para ello a otro lugar.   |   |      |            |      |      |

| Indicador 3.2.1.1:                                     |  | % de aguas residuales tratadas de manera segura                             |      |            |      |      |
|--|--|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas |      |            |      |      |
|  | Subdimensión   | Control de la contaminación   |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS: Indicador 6.3.1<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.3.1.1   |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | Mide los avances en la cuenca, respecto al tratamiento de aguas residuales tanto de origen urbano como industrial  |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $\%ART = \frac{PART}{TPAR} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%ART: % de aguas residuales tratadas de manera segura</p> <p>PART: Número de puntos de vertido de aguas residuales de origen urbano o industrial, en los cuales se aplican medidas de tratamiento</p> <p>TPAR: Número total de puntos de vertido de aguas residuales de origen urbano o industrial, en la cuenca.</p> |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |   |      |            |      |      |
|  | PART: xx puntos de vertido de aguas residuales, con tratamiento  | %ART: xx %  |      |            |      |      |
|  | TPAR: xx puntos de vertido de aguas residuales   |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             | Este indicador deberá ser evaluado e interpretado de manera conjunta con los indicadores 3.2.1.2 y 3.2.2   |   |      |            |      |      |

| Indicador 3.2.1.2:                                     |   | Índice de recuperación de la calidad hídrica                                |  |      |      |      |
|--|---|---|--|------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión   | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas |  |      |      |      |
|  | Subdimensión  | Control de la contaminación   |  |      |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |  |      |      |      |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |  |      |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS: Indicador 6.3.2<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.3.1.1<br>MED-PNC: Indicador 4  |   |  |      |      |      |
| Interpretación   | Mide la desviación de la calidad hídrica establecida a partir de mediciones en campañas de monitoreo, respecto a la definida en la clasificación del cuerpo de agua. (Indicador adoptado del MED - PNC)   |   |  |      |      |      |
| Método de cálculo                                      | $\Delta CH = \frac{(\Delta B + \Delta O + \Delta I)}{3}$ <p>Donde:</p> <p><math>\Delta CH</math>: Índice de recuperación de la calidad hídrica</p> <p><math>\Delta B</math>: Desviación de los parámetros básicos</p> <p><math>\Delta O</math>: Desviación de los constituyentes orgánicos</p> <p><math>\Delta I</math>: Desviación de los constituyentes inorgánicos</p> |   |  |      |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | Anual, a partir de que se efectúe la clasificación de cuerpos de agua en la cuenca  | Unidad de medida  | Índice, Variable continua con rango de 1 a 0 |      |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):  |   |  |      |      |      |
|  | $\Delta B$ : xx   | $\Delta CH$ : xx  |  |      |      |      |
|  | $\Delta O$ : xx   |   |  |      |      |      |
|  | $\Delta I$ : xx   |   |  |      |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022  | 2023   | 2024 | 2025 | 2025 |
|  | Planificado   | xx %  | xx %   | xx % | xx % | xx % |
|  | Reportado   |   |  |      |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -   |   |  |      |      |      |
| Información complementaria                             | Una condición para la aplicación de este indicador, es contar con una clasificación de los cuerpos de agua de la cuenca<br><br>Respecto a la interpretación del indicador, una mayor aproximación del índice a un valor cero, significará mayores avances en cuanto a la recuperación de la calidad hídrica de los cuerpos de agua evaluados                              |   |  |      |      |      |

| Indicador 3.2.2:                                       |  | Índice de Gestión de Calidad Hídrica (IGCH)                                 |      |  |      |      |
|--|--|---|------|--|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas |      |  |      |      |
|  | Subdimensión   | Control de la contaminación   |      |  |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |      |  |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>                                     |      |  |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | MED-PNC: Indicador 4   |   |      |  |      |      |
| Interpretación   | Mide los esfuerzos de los diferentes actores clave de la cuenca, orientados a impulsar un proceso coordinado de caracterización, clasificación y definición de acciones para la conservación y restauración de la calidad de los cuerpos de agua de la cuenca (Indicador adoptado del MED - PNC)   |   |      |  |      |      |
| Método de cálculo                                      | $IGCH = (i*0,1) + \frac{(ii*0,15)}{2} + \frac{(iii*0,25)}{4} + \frac{(iv*0,25)}{4} + \frac{(v*0,25)}{4}$ <p>Donde:</p> <p>IGCH: Índice de gestión de la calidad hídrica</p> <p>i: Identificación de micro-/subcuencas con prioridad de gestión de la calidad hídrica</p> <p>ii: Decisión política de encaminar el proceso de Clasificación de Cuerpos de Agua</p> <p>iii: Caracterización del estado de situación de la calidad hídrica de los cuerpos de agua</p> <p>iv: Clasificación de los cuerpos de agua y formulación de un plan de acción consensuado</p> <p>v: Implementación del Plan de acción para la restauración y protección de los cuerpos de agua</p> |   |      |  |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |      | Índice, Variable continua con rango de 0 a 1 |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |   |      |  |      |      |
|  | i: xx  | IGCH: xx  |      |  |      |      |
|  | ii: xx   |   |      |  |      |      |
|  | iii: xx  |   |      |  |      |      |
|  | iv: xx   |   |      |  |      |      |
|  | v: xx  |   |      |  |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023 | 2024   | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx  | xx   | xx   | xx   | xx   |
|  | Reportado  |   |      |  |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |      |  |      |      |
| Información complementaria                             | Los criterios sectoriales para la calificación de las variables propuestas, se detallan en el Anexo 2, pág. 188 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020"  |   |      |  |      |      |

|  |             |  |        |   |  |     |
|--|-------------|--|--------|---|--|-----|
| Indicador 3.3.1:                                       |             | Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (bofedales, humedales)   |        |   |  |     |
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta |             | Dimensión  |        | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas |  |     |
|  |             | Subdimensión   |        | Protección y conservación de los ecosistemas                                |  |     |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              |             | Línea estratégica:   |        | (Del Plan Director de la cuenca)  |  |     |
|  |             | Línea de acción:   |        | (Del Plan Director de la cuenca)  |  |     |
| Contribución al reporte de otros indicadores           |             | <p>ODS: Indicadores 6.6.1; 15.1.2.; 15.4.1</p> <p>NDC: Meta 8</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicadores de las Acciones 8.4.2.1 y 8.4.2.2</p>   |        |   |  |     |
| Interpretación   |             | Mide los avances en cuanto a esfuerzos de conservación y recuperación de ecosistemas de la cuenca, relacionados con el agua (bofedales, humedales)   |        |   |  |     |
| Método de cálculo                                      |             | <p style="text-align: center;"><b>SCME= SCE+SME</b></p> <p>Donde:</p> <p><b>SCME:</b> Superficie conservada o bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has)</p> <p><b>SCE:</b> Superficie conservada de ecosistemas relacionados con el agua (has)</p> <p><b>SME:</b> Superficie bajo manejo integrado de ecosistemas relacionados con el agua (has), que permite la conservación de sus características de extensión, cantidad y calidad del agua</p> |        |   |  |     |
| Frecuencia de medición                                 |             | Quinquenal   |        | Unidad de medida  |  | has |
| Línea base   |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |        |   |  |     |
|  |             | SCE: xx has  |        | SCME: xx has  |  |     |
|  |             | SME: xx has  |        |   |  |     |
| Evolución del indicador                                | Año         | 2022   | 2026   |   |  |     |
|  | Planificado | xx has   | xx has |   |  |     |
|  | Reportado   |  |        |   |  |     |
| Responsables del reporte de la información             |             | -  |        |   |  |     |
| Información complementaria                             |             | <p>Los parámetros a ser considerados para la calificación de este indicador, son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La extensión territorial de los ecosistemas,</li> <li>- La cantidad de agua de estos ecosistemas</li> <li>- La calidad del agua (en relación al indicador 3.2.1.2)</li> </ul>  |        |   |  |     |

| Indicador 3.3.2:                                       |  | Indicador de satisfacción de las necesidades hídricas o de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (Seco) |      |            |      |      |
|--|--|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas                                       |      |            |      |      |
|  | Subdimensión   | Protección y conservación de los ecosistemas  |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:   |   |      |            |      |      |
|  | NDC:   |   |      |            |      |      |
|  | PDES 2021 - 2025:  |   |      |            |      |      |
|  | MED-PNC:   |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | Escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos establecida como la proporción entre el caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s), respecto a la oferta total de recursos hídricos descrita por el caudal medio anual de la cuenca (m3/s) y a la disponibilidad de agua superficial para los usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s). En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca adquiere mayor riesgo de escasez hídrica, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca no tiene riesgo inminente de escasez hídrica para las necesidades humanas básicas. |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Seco = \frac{Deco}{QT - Quc}$ <p>Donde:</p> <p><b>Seco:</b> Índice de escasez hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%)</p> <p><b>Deco:</b> caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s),</p> <p><b>QT:</b> Oferta total de recursos hídricos al año, equivalente al volumen de escurrimiento anual de la cuenca (m3/s)</p> <p><b>Quc:</b> Disponibilidad de agua superficial para usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s)</p>   |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):   |   |      |            |      |      |
|  | Deco: xx (m3/s)  | Seco = xx %   |      |            |      |      |
|  | QT: xx (m3/s)  |   |      |            |      |      |
| Quc: xx (m3/s)   |  |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |  |   |      |            |      |      |

| Indicador 3.3.3:                                       |  | Indicador de vulnerabilidad ecosistemas naturales acuáticos (Veco)                |      |            |      |      |
|--|--|---|------|------------|------|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, para usos productivos sustentables |      |            |      |      |
|  | Subdimensión   | Necesidades de actividades productivas extractivas de agua                        |      |            |      |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |      |            |      |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:  |   |      |            |      |      |
| Interpretación   | <p>La vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos establecida como la proporción entre el caudal ecológico a nivel de cuenca (Deco m3/s), respecto a la disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th, disponibilidad que es excedida el 85% de las veces (QT85% m3/s) y a la disponibilidad de agua superficial para los usos consuntivos a nivel de cuenca (Quc m3/s)</p> <p>En la medida que este valor se acerca a 1 se establece que la cuenca es más vulnerable, en la medida que este valor se acerca a 0 se establece que la cuenca es menos vulnerable.</p> |   |      |            |      |      |
| Método de cálculo                                      | $Veco = \frac{Deco}{QT85\% - Quc}$ <p>Donde:</p> <p><b>Veco:</b> Índice de vulnerabilidad hídrica ecosistemas naturales acuáticos (%)</p> <p><b>Deco:</b> caudal ecológico a nivel de cuenca (m3/s),</p> <p><b>QT85%:</b> Disponibilidad de agua bajo condiciones de sequía o bajo caudal medio anual dada por el percentil 15th (Hm3)</p> <p><b>Quc:</b> Disponibilidad de agua superficial para usos consuntivos a nivel de cuenca (m3/s)</p>  |   |      |            |      |      |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |      | Porcentaje |      |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: Balance hídrico actualizado al 2020):   |   |      |            |      |      |
|  | Deco: xx (m3/s)  | Veco = xx %   |      |            |      |      |
|  | QT85%: xx (m3/s)   |   |      |            |      |      |
|  | Quc: xx (m3/s)   |   |      |            |      |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023 | 2024       | 2025 | 2025 |
|  | Planificado  | xx %  | xx % | xx %       | xx % | xx % |
|  | Reportado  |   |      |            |      |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |      |            |      |      |
| Información complementaria                             |  |   |      |            |      |      |

|  |  |   |        |        |        |        |
|--|--|---|--------|--------|--------|--------|
| Indicador 3.4.1:                                       |  | Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida |        |        |        |        |
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Dimensión  | Conservación / restauración de las funciones ambientales de los ecosistemas                     |        |        |        |        |
|  | Subdimensión   | Manejo Integral de Cuencas  |        |        |        |        |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |        |        |        |        |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i>   |        |        |        |        |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | <p>ODS: Indicadores 15.1.1; 15.2.1; 15.3.1; 15.4.1</p> <p>NDC: Meta 5</p> <p>PDES 2021 - 2025: Indicadores de las Acciones 81.1.1., 8.1.2.1., 8.1.2.2., 8.1.2.3. y 8.5.3.1</p> <p>MED-PNC: Indicador 2.2</p>   |   |        |        |        |        |
| Interpretación   | Mide los avances respecto a los esfuerzos de protección y restauración de zonas de vida degradadas, en proceso o con amenaza de degradación a causa de usos no apropiados, a través de su manejo y aprovechamiento sustentable en concordancia con su aptitud  |   |        |        |        |        |
| Método de cálculo                                      | <p style="text-align: center;"><b>ISA=AF+ACSA+ARP</b></p> <p>Donde:</p> <p>ISA: Incremento de la superficie de áreas con manejo y/o aprovechamiento sostenible en zonas de vida (has)</p> <p>AF: Áreas forestadas, reforestadas y agroforestales (has)</p> <p>ACSA: Áreas con medidas de conservación de suelos y agua (terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, clausuras, sistemas silvopastoriles u otros sistemas de manejo que permitan la revegetación) (has)</p> <p>ARP: Áreas con resoluciones de protección (has)</p> |   |        |        |        |        |
| Frecuencia de medición                                 | anual  | Unidad de medida  |        | has    |        |        |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |   |        |        |        |        |
|  | AF: xx has   | ISA: xx has   |        |        |        |        |
|  | ACSA: xx has   |   |        |        |        |        |
|  | ARP: xx has  |   |        |        |        |        |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022  | 2023   | 2024   | 2025   | 2025   |
|  | Planificado  | xx has  | xx has | xx has | xx has | xx has |
|  | Reportado  |   |        |        |        |        |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |        |        |        |        |
| Información complementaria                             |  |   |        |        |        |        |

| Indicador F 1.1:                                       |   | Índice de Gobernabilidad Hídrica        |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
|--|---|---|------|--|------|-------|---------|--------|---------|--------|-------|--------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Factor condicionante  | Gestión de los recursos hídricos        |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
|  | Dimensión   | Gobernanza / gobernabilidad hídrica     |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i> |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
|  | Línea de acción:  | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i> |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | NDC: Meta 6<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la Acción 8.5.2.1<br>MED-PNC: Indicador 1   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Interpretación   | Mide los avances respecto a procesos que vayan consolidando la gobernabilidad, buena gobernanza y la gestión sustentable de recursos hídricos en la cuenca (Adoptado del MED - PNC)   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Método de cálculo                                      | $IGH = \frac{i*15\%}{3} + \frac{ii*20\%}{4} + \frac{iii*20\%}{4} + \frac{iv*20\%}{4} + \frac{v*12\%}{3} + \frac{vi*13\%}{3}$ <p>Donde:</p> <p>IGH: Índice de Gobernabilidad Hídrica</p> <p>i: Establecimiento o designación de una Instancia técnica responsable de la Gestión de Cuenca</p> <p>ii: Gestión de información y conocimiento a nivel de cuenca</p> <p>iii: Grado de funcionamiento de la plataforma interinstitucional de gestión de la cuenca</p> <p>iv: Planificación de la inversión pública para la gestión sustentable de la cuenca estratégica</p> <p>v: Grado de integralidad del PDC: involucramiento de distintos sectores y subsectores</p> <p>vi: Grado de cumplimiento de la programación plurianual del PDC</p> |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Frecuencia de medición                                 | anual   | Unidad de medida                        |      | Índice, variable continua con rango de 0 a 1 |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC): <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td>i: xx</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">IGH: xx</td> </tr> <tr> <td>ii: xx</td> </tr> <tr> <td>iii: xx</td> </tr> <tr> <td>iv: xx</td> </tr> <tr> <td>v: xx</td> </tr> <tr> <td>vi: xx</td> </tr> </table>   |   |      |  |      | i: xx | IGH: xx | ii: xx | iii: xx | iv: xx | v: xx | vi: xx |
| i: xx  | IGH: xx   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| ii: xx   |   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| iii: xx  |   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| iv: xx   |   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| v: xx  |   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| vi: xx   |   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Evolución del indicador                                | Año   | 2022                                    | 2023 | 2024   | 2025 | 2025  |         |        |         |        |       |        |
|  | Planificado   | xx %                                    | xx % | xx %   | xx % | xx %  |         |        |         |        |       |        |
|  | Reportado   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Responsables del reporte de la información             | -   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |
| Información complementaria                             | Los criterios sectoriales para la calificación de las variables propuestas, se detallan en el Anexo 2, pág. 170 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020"   |   |      |  |      |       |         |        |         |        |       |        |

| Indicador F 1.2:                                       |  | "Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca" |      |      |  |      |
|--|--|--|------|------|--|------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Factor condicionante   | Gestión de los recursos hídricos   |      |      |  |      |
|  | Dimensión  | Capacidad institucional  |      |      |  |      |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | (Del Plan Director de la cuenca)   |      |      |  |      |
|  | Línea de acción:   | (Del Plan Director de la cuenca)   |      |      |  |      |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS: Indicador 6.b.1<br>MED-PNC: Indicador 7   |  |      |      |  |      |
| Interpretación   | Mide la capacidad de entidades públicas, privadas y organizaciones socio-productivas (GAD's, GAM's, EPSA's, CAPyS, OGC's, organizaciones de regantes) para la Gestión estratégica, Gestión operativa y Coordinación con otras instancias en torno al aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos   |  |      |      |  |      |
| Método de cálculo                                      | $ICGH = \frac{EPC + ECC + OGCC + OUAC}{TAC}$ <p>Donde:</p> <p>ICGH: Índice de Capacidad de gestión hídrico-ambiental de actores clave de la cuenca</p> <p>EPC: N° de entidades públicas con capacidad institucional para impulsar en su jurisdicción la gestión hídrico-ambiental (GADs, GAMs). (Se adopta la metodología aplicada en el MED del PNC. Anexo 2, pág. 201 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020")</p> <p>ECC: N° de EPSA y CAPyS que reportan un buen desempeño como prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario (reporte de autoridad sectorial o de la Unidad de Gestión de Cuenca - UGC)</p> <p>OGCC: N° de Organismos de Gestión de Cuencas (OGC) que demuestran capacidad para la Gestión Hídrico Ambiental (Se adopta la metodología aplicada en el MED del PNC. Anexo 2, pág. 175 del documento: "Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017 - 2020")</p> <p>OUAC: N° de organizaciones de usuarios del agua (por ejemplo, organizaciones de regantes), que demuestran capacidades para la conservación y uso sostenible de los recursos hídricos</p> <p>TAC: N° total de actores identificados como clave para la gestión hídrico ambiental en la cuenca</p> |  |      |      |  |      |
| Frecuencia de medición                                 | bianual  | Unidad de medida   |      |      | Índice, variable continua con rango de 0 a 1 |      |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):   |  |      |      |  |      |
|  | EPC: xx<br>ECC: xx<br>OGCC: xx<br>OUAC: xx<br>TAC: xx  | ICGH: xx   |      |      |  |      |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022   | 2024 | 2026 |  |      |
|  | Planificado  | xx   | xx % | xx % | xx %   | xx % |
|  | Reportado  |  |      |      |  |      |
| Responsables del reporte de la información             | -  |  |      |      |  |      |
| Información complementaria                             |  |  |      |      |  |      |

| Indicador F 1.3:                                       |  | Grado de aplicación de la GIRH          |        |            |  |         |         |         |        |          |
|--|--|---|--------|------------|--|---------|---------|---------|--------|----------|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Factor condicionante   | Gestión de los recursos hídricos        |        |            |  |         |         |         |        |          |
|  | Dimensión  | Gestión del agua                        |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i> |        |            |  |         |         |         |        |          |
|  | Línea de acción:   | <i>(Del Plan Director de la cuenca)</i> |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS: Indicador 6.5.1<br>NDC: Meta 6<br>PDES 2021 - 2025: Indicador de la acción 8.5.2.1<br>MED-PNC: Indicadores 1 y 7  |   |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Interpretación   | Evalúa hasta qué punto se aplica la GIRH a nivel de la cuenca, mediante la evaluación de cuatro elementos clave: entorno propicio; instituciones y participación; instrumentos de gestión y financiación. (Adoptado de la "Metodología de Monitoreo del indicador 6.5.1 de los ODS", para el nivel de cuenca/acuífero)   |   |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Método de cálculo                                      | $GAG = \frac{EP+IP+IG+F}{4}$ <p>Donde:</p> <p><b>GAG:</b> Grado de aplicación de la GIRH (porcentaje)</p> <p><b>EP:</b> Entorno propicio: estado del Plan de gestión de la cuenca/ acuífero, basado en la GIRH (Porcentaje)</p> <p><b>IP:</b> Instituciones y participación: Estado de las Organizaciones a nivel de cuencas/acuíferos para conducir la implementación de planes de GIRH, o similares (Porcentaje)</p> <p><b>IG:</b> Instrumentos de Gestión: Estado de los instrumentos de gestión de cuencas/ acuíferos que apoyan a la GIRH (Porcentaje)</p> <p><b>F:</b> Financiamiento: Presupuestos subnacionales o de cuencas para inversión incluyendo infraestructura de recursos hídricos (porcentaje)</p> |   |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Frecuencia de medición                                 | bianual  | Unidad de medida                        |        | Porcentaje |  |         |         |         |        |          |
| Línea base   | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC): <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 20%;">EP: xx%</td> <td style="width: 20%;">IP: xx%</td> <td style="width: 20%;">IG: xx%</td> <td style="width: 20%;">F: xx%</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">GAG: xx%</td> </tr> </table>  |   |        |            |  | EP: xx% | IP: xx% | IG: xx% | F: xx% | GAG: xx% |
| EP: xx%  | IP: xx%  | IG: xx%                                 | F: xx% | GAG: xx%   |  |         |         |         |        |          |
| Evolución del indicador                                | Año  | 2022                                    | 2024   | 2026       |  |         |         |         |        |          |
|  | Planificado  | xx                                      | xx %   | xx %       |  |         |         |         |        |          |
|  | Reportado  |   |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Responsables del reporte de la información             | -  |   |        |            |  |         |         |         |        |          |
| Información complementaria                             | <p>Los criterios para la calificación de las variables propuestas, se detallan en el documento: "Cuestionario de Países para el Indicador 6.5.1: Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos"</p> <p>Para cuencas transfronterizas, pueden incorporarse para la evaluación criterios adicionales que, para este tipo de cuencas, se plantean en el "Cuestionario de Países para el Indicador 6.5.1: Grado de implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos"</p>   |   |        |            |  |         |         |         |        |          |

| Factor F 2.1:  | Índice seguridad hídrica ante sequía (SHsq)   |   |
|--|---|---|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta | Factor condicionante  | Riesgos asociados a los recursos hídricos |
|  | Dimensión   | Sequía                                    |
| Componentes del PDC sobre los que reporta              | Línea estratégica:  | (Del Plan Director de la cuenca)          |
|  | Línea de acción:  | (Del Plan Director de la cuenca)          |
| Contribución al reporte de otros indicadores           | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:   |   |
| Interpretación   | El indicador propuesto en esta dimensión debe permitir medir los objetivos de Seguridad Hídrica que se deben alcanzar para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos de sequías   |   |
| Método de cálculo                                      | <p>Fracción de la población que no es abastecida de agua potable (Pnap).</p> <p>Se propone estimar la cantidad de habitantes que no poseen sistemas de aprovisionamiento de agua para uso doméstico y que se abastecen de manera particular. Se asume que los habitantes que se autoabastecen de agua son más susceptibles a la sequía ya que son independientes, no pertenecen a alguna organización que facilite la obtención de recursos para poder mejorar su infraestructura (profundizar pozos, cambiar bombas, por ejemplo) y no poseen sistemas de acumulación que les de autonomía ante eventos de esta índole. Este subindicador permite tener una noción del nivel de inseguridad en el suministro de agua para consumo humano.</p> $\%Pnap = \frac{PRnap + PUnap}{PRT + PUT} * 100$ <p>Donde:</p> <p><b>%Pnap:</b> Porcentaje de la población que no es abastecida de agua potable para satisfacer sus necesidades básicas de consumo e higiene</p> <p><b>PRAS:</b> Población rural de la cuenca que no tiene acceso a agua segura (N° de habitantes)</p> <p><b>PUAS:</b> Población urbana de la cuenca que no tiene acceso a agua segura (N° de habitantes)</p> <p><b>PRT:</b> Población rural total de la cuenca (N° de habitantes)</p> <p><b>PUT:</b> Población urbana total de la cuenca (N° de habitantes)</p> |   |

| Factor F 2.1:            | Índice seguridad hídrica ante sequía (SHsq)   |
|--------------------------|---|
| <p>Método de cálculo</p> | <p>Proporción Agua almacenada / regulada (%Salm).</p> <p>La utilización de embalses hace posible manejar el agua y planificar la actividad para darle mayor seguridad a la agricultura. Si bien, los efectos de una sequía prolongada podrían sentirse incluso con la existencia de embalses, este subindicador daría una noción de cuán preparada podría estar una cuenca para enfrentar un evento como ese.</p> $\%Salm = \frac{Calm}{CTalm} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%Salm: Proporción de agua almacenada en la cuenca (%)</p> <p>Calm: Volumen anual de almacenamiento de agua en la cuenca (Hm3)</p> <p>CTalm: Volumen capacidad instalada de almacenamiento de agua en la cuenca (Hm3)</p>   |
|                          | <p>Proporción de agricultura de secano (%Sasec).</p> <p>En la agricultura de secano, que depende de las precipitaciones y no de embalses, "el impacto de la sequía es directo e inmediato" y es en donde se presentan los primeros cambios, provocando pérdidas o limitando su capacidad. Es por este motivo que es importante conocer qué proporción del área cultivada corresponde a agricultura de secano. El subindicador propuesto para esto estima la superficie de área agrícola de secano (Sasec) respecto de la superficie cultivada total (STa), como indicador de que tan susceptible es la actividad agrícola a los efectos de la sequía en una cuenca:</p> $\%Sasec = \frac{Sasec}{STa} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%Sasec: Proporción de agricultura a secano en la cuenca (%)</p> <p>Sasec: Superficie de área agrícola de secano en la cuenca (ha)</p> <p>STa: Superficie total cultivada en la cuenca (ha)</p> |

*Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).*

Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que “refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos”. Ambos se calculan de la misma forma y una de las maneras de hacerlo es utilizando un programa gratuito elaborado por The National

Drought Mitigation Center del Departamento de Meteorología Agrícola de la Universidad de Nebraska-Lincoln.

<https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx><sup>4</sup>

El cálculo del IPE se basa en el registro de precipitación a largo plazo para el período deseado. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades, y a continuación esta se transforma en una distribución normal de modo que el IPE medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997).

- Los valores positivos de IPE indican precipitaciones superiores al valor de la mediana, y los valores negativos indican precipitaciones inferiores al valor de la mediana.
- La sequía, según el IPE, empieza cuando el valor del IPE es igual o inferior a -1,0 y concluye cuando el valor se convierte en positivo.

La metodología de cálculo del IPE se detalla en la publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)

[https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO\\_standardized\\_precipitation\\_index\\_user\\_guide\\_es\\_2012.pdf](https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf)

| Frecuencia de medición                     |             | bianual  | Unidad de medida |      | Porcentaje |           |
|--|-------------|--|------------------|------|------------|-----------|
| Línea base                                 |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC): |                  |      |            |           |
|  |             | %Pnap: xx%   |                  |      |            | SHsq: xx% |
|  |             | %Salm: xx%   |                  |      |            |           |
|  |             | %Sasec: xx%  |                  |      |            |           |
|  |             | IPE / ICE: xx%   |                  |      |            |           |
| Evolución del indicador                    | Año         | 2022   | 2024             | 2026 |            |           |
|  | Planificado | xx   | xx %             | xx % |            |           |
|  | Reportado   |  |                  |      |            |           |
| Responsables del reporte de la información |             | -  |                  |      |            |           |
| Información complementaria                 |             |  |                  |      |            |           |

<sup>4</sup> Programa SPI Generator. La aplicación SPI Generator sirve para generar datos SPI (Standard Precipitation Index) e ilustrar cómo interactuar con la SPI DLL (Dynamically Linked Library). La aplicación lee los datos de precipitación y admite diferentes escalas de tiempo y tipos de datos (semanales, mensuales). Genera datos SPI y, opcionalmente, datos de frecuencia y período de sequía. Además de ejecutarse como una GUI de Windows (Interfaz Gráfica de Usuario) también puede ejecutarse desde la línea de comandos.

| Factor F 2.2: Índice seguridad hídrica ante sequía (SHea) |   |   |
|---|---|---|
| Dimensiones de Seguridad Hídrica sobre los que reporta    | Factor condicionante  | Riesgos asociados a los recursos hídricos |
|   | Dimensión   | Sequía                                    |
| Componentes del PDC sobre los que reporta                 | Línea estratégica:  | (Del Plan Director de la cuenca)          |
|   | Línea de acción:  | (Del Plan Director de la cuenca)          |
| Contribución al reporte de otros indicadores              | ODS:<br>NDC:<br>PDES 2021 - 2025:<br>MED-PNC:   |   |
| Interpretación  | El indicador propuesto en esta dimensión debe permitir medir los objetivos de Seguridad Hídrica que se deben alcanzar para aumentar la resiliencia de la población frente a eventos extremos de relacionados con el exceso del agua tales como inundaciones, aludes y aluviones.  |   |
| Método de cálculo   | <p><b>Infraestructura para el control de excesos de agua (ICea).</b></p> <p>Si bien, el número de obras existente no implica directamente una reducción efectiva de riesgos, si puede ser indicativo del nivel de preparación para la mitigación (tanto en severidad como en frecuencia) de eventos de esta índole. El subindicador propuesto para esto corresponde al número de obras de contención, estabilización de cauces, control de la erosión, conducción de flujos, etc. (Noc) por superficie de la cuenca (Sc).</p> $ICea = \frac{Noc}{Sc}$ <p>Donde:</p> <p><b>ICea:</b> Proporción de infraestructura para el control de exceso de agua en la cuenca (Unidades/Km2)</p> <p><b>Noc:</b> Número de obras de contención, estabilización de cauces, control de la erosión, conducción de flujos (unidades)</p> <p><b>Sc:</b> Superficie de la cuenca (Km2)</p> <hr/> <p><b>Sistemas de prevención de excesos de agua (SPea).</b></p> <p>Contar con sistemas de pronósticos y de alerta temprana para eventos extremos relacionados al agua permite a la población estar mejor preparada y tomar medidas anticipadas ante la ocurrencia de dichos eventos. Como subindicador para evaluar el nivel de prevención que posee un área se propone estimar el número de estaciones de monitoreo hidrometeorológicas y sedimentológicas (EMhs) por superficie de la cuenca (Sc)</p> $SPea = \frac{EMhs}{Sc}$ <p>Donde:</p> <p><b>SPea:</b> Proporción de sistemas de prevención de excesos de agua en la cuenca (Unidades/Km2)</p> <p><b>EMhs:</b> número de estaciones de monitoreo hidrometeorológicas y sedimentológicas (unidades)</p> <p><b>Sc:</b> Superficie de la cuenca (Km2)</p> |   |

|  |             |   |      |                  |  |            |
|--|-------------|---|------|------------------|--|------------|
| Factor F 2.2:                              |             | Índice seguridad hídrica ante sequía (SHea)   |      |                  |  |            |
| Método de cálculo                          |             | <p>Índices de precipitación estandarizado (IPE) y de caudales estandarizados (ICE).</p> <p><i>Ambos índices indican el número de desviaciones estándar, respecto de la media, de la precipitación caída o del caudal, respectivamente, durante un período dado. Estos índices cuantifican el déficit o superávit de precipitación o de caudal en diferentes periodos de tiempo, lo que “refleja el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos”. Ambos se calculan de la misma forma y una de las maneras de hacerlo es utilizando un programa gratuito elaborado por The National Drought Mitigation Center del Departamento de Meteorología Agrícola de la Universidad de Nebraska-Lincoln</i></p> <p><a href="https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx">https://www.drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx</a><sup>5</sup></p> <p>El cálculo del IPE se basa en el registro de precipitación a largo plazo para el período deseado. Dicho registro a largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidades, y a continuación esta se transforma en una distribución normal de modo que el IPE medio para la localidad y el período deseado sea cero (Edwards y McKee, 1997).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores positivos de IPE indican precipitaciones superiores al valor de la mediana, y los valores negativos indican precipitaciones inferiores al valor de la mediana.</li> <li>• La sequía, según el IPE, empieza cuando el valor del IPE es igual o inferior a -1,0 y concluye cuando el valor se convierte en positivo.</li> </ul> <p>La metodología de cálculo del IPE se detalla en la publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)</p> <p><a href="https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf">https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf</a></p> |      |                  |  |            |
| Frecuencia de medición                     |             | bianual   |      | Unidad de medida |  | Porcentaje |
| Línea base                                 |             | Al 2021, se reportan los siguientes datos (Fuente: diagnóstico PDC):  |      |                  |  |            |
|  |             | ICea: xx%   |      | SHea: xx%        |  |            |
|  |             | SPea: xx%   |      |                  |  |            |
|  |             | IPE / ICE: xx%  |      |                  |  |            |
| Evolución del indicador                    | Año         | 2022  | 2024 | 2026             |  |            |
|  | Planificado | xx  | xx % | xx %             |  |            |
|  | Reportado   |   |      |                  |  |            |
| Responsables del reporte de la información |             | -   |      |                  |  |            |
| Información complementaria                 |             |   |      |                  |  |            |

<sup>5</sup> Programa SPI Generator. La aplicación SPI Generator sirve para generar datos SPI (Standard Precipitation Index) e ilustrar cómo interactuar con la SPI DLL (Dynamically Linked Library). La aplicación lee los datos de precipitación y admite diferentes escalas de tiempo y tipos de datos (semanales, mensuales). Genera datos SPI y, opcionalmente, datos de frecuencia y período de sequía. Además de ejecutarse como una GUI de Windows (Interfaz Gráfica de Usuario) también puede ejecutarse desde la línea de comandos.







**HELVETAS Swiss Intercooperation Bolivia**

c. Gabriel René Moreno N° 1367  
Edificio Taipi. Oficina 1. Pisos 2 y 3  
Urbanización San Miguel, Bloque H. Zona Calacoto  
Casilla 2518  
Telef./Fax: (591 - 2) 279 44 87 / 279 08 26 / 277 27 16  
La Paz, Bolivia  
[www.helvetas.org/bolivia](http://www.helvetas.org/bolivia)  
[bolivia@helvetas.org](mailto:bolivia@helvetas.org)

-  @Helvetas.bo
-  @HelvetasBolivia
-  Helvetas Bolivia
-  helvetas\_bolivia
-  helvetas-bolivia

